

Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site de Vichy (03)

Rapport final
BRGM/RP-61476-FR
Février 2013



Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site de Vichy (03)

Rapport final

BRGM/RP-61476-FR

Février 2013

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM PSP08AUV10

P. Vigouroux - C. Gironde

Avec la collaboration de

S. Leconte

Vérificateur :

Nom : P. Rocher

Date : 18/03/2013

Signature :



Approbateur :

Nom : Y. Siméon

Date : 21/03/2013

Signature :



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

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.



Mots clés : Eau souterraine - Protection - Qualité - Ressource - Géologie - Vichy - Allier

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

Vigouroux P., Gironde C., avec la collaboration de **Leconte S.** (2013) - Projet PRESCRIRE. Préserver et protéger les ressources en eau souterraine. Le site de Vichy (03). Rapport final. BRGM/RP-61476-FR, 67 p., 24 ill., 3 ann..

© BRGM, 2013, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Le projet PRESCRIRE, mis en œuvre à l'initiative du Commissariat à l'Aménagement, au Développement et à la Protection du Massif Central (DATAR), en relation avec les Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée & Corse, ainsi qu'avec le Conseil Régional de Bourgogne, est conduit par le BRGM Auvergne dans le cadre de ses missions de Service public.

Le projet PRESCRIRE, inscrit dans la logique de la Directive Cadre sur l'Eau, a pour objectif **l'amélioration de la connaissance de la ressource et de sa protection**. Orienté sur une vingtaine d'études de cas (appelés sites « test »), le projet vise à l'édition, en fin de projet, d'un guide méthodologique sur ce sujet.

Chaque site « test » est partenaire du projet au sens technique et financier. Il apporte, selon ses propres caractéristiques, une composante à la réflexion qui est menée. L'objectif est de montrer et de faire comprendre par l'exemple (celui du site « test » étudié) l'importance relative de telle ou telle action lorsqu'il est question de préserver la qualité des ressources et de protéger les gisements.

Le présent rapport concerne le site « test » de Vichy (03) pour lequel la composante majeure apportée à la réflexion porte sur la problématique de la gestion de l'exploitation des eaux souterraines dans des systèmes hydrothermaux complexes soumis à une protection établie au titre d'une DIP.

L'exemple du site « test » de Vichy montre que la gestion d'usages multiples dans un contexte hydrogéologique complexe nécessite d'acquérir une connaissance scientifique affirmée du fonctionnement du système pour permettre de gérer, en toute sécurité, plusieurs exploitations. Il est ainsi nécessaire de promouvoir des moyens conséquents, en termes de recherche, pour caractériser les systèmes, s'ils sont complexes, lorsque l'on veut décider en connaissance de cause d'une exploitation optimale d'un gisement.

Sur le plan de la communication, l'exemple du site test de Vichy montre qu'un ancrage dans l'inconscient collectif de la notion de DIP et de la nécessité de protéger un site donné peut s'acquérir dans le temps, avec une sensibilisation toujours renouvelée, et à tous les niveaux (autorités et grand public).

Il est recommandé au site de Vichy de maintenir l'information sur sa DIP et sur la protection de ses eaux minérales. Il est recommandé en outre de chercher les voies d'une concertation entre usagers des eaux souterraines pour promouvoir une connaissance plus affirmée du fonctionnement du gisement, via un important projet de recherche, et permettre ainsi de développer, dans toute la mesure du possible, l'exploitation de nouvelles ressources, en toute sécurité.

Sommaire

1. Avant-propos : le projet PRESCRIRE	9
1.1. CONTEXTE GENERAL DU PROJET	9
1.2. CONTEXTE PARTENARIAL DU PROJET	9
1.3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU PROJET	10
1.4. APPROCHE THEORIQUE DE LA NOTION DE PROTECTION	11
1.5. ETUDE DU SITE « TEST » : MODALITES PRATIQUES	12
2. Le site de Vichy	13
2.1. PRESENTATION GENERALE DU SITE DE VICHY	13
2.1.1. Contexte géographique	13
2.1.2. Contexte économique	14
2.2. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE	14
2.2.1. Contexte géologique	14
2.2.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrominéral	17
2.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL	21
2.3.1. Données générales sur le secteur de Vichy	21
2.3.2. Données générales sur la commune de Vichy	26
2.4. LE SITE DANS LE CONTEXTE DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU	27
2.4.1. Contexte général	27
2.4.2. Masses d'eau du secteur de Vichy	29
2.5. COMMUNICATION/SENSIBILISATION	35
2.6. ASPECT REGLEMENTAIRE	35
2.6.1. Dans le secteur de Vichy	35
2.6.2. Au niveau des émergences d'eau minérale	39
3. Apport spécifique du site « test » étudié au projet PRESCRIRE	41
3.1. NOTION D'APPORT SPECIFIQUE	41
3.2. APPORT SPECIFIQUE DU SITE DE VICHY	42
3.2.1. Protection des eaux minérales de Vichy au plan technique	42

3.2.2. Protection des eaux minérales de Vichy au plan de la communication et des usages.....	46
3.3. APPORT DU SITE « TEST » ETUDIE / RECOMMANDATIONS	46
4. Conclusion.....	49

Liste des illustrations

Illustration 1 : Carte de situation du territoire couvert par le projet PRESCRIRE.....	10
Illustration 2 : Schéma d'un gisement d'eau souterraine.....	11
Illustration 3 : Localisation de la commune de Vichy en région Auvergne	13
Illustration 4 : Carte de localisation des établissements thermaux de Vichy.....	14
Illustration 5 : Carte géologique simplifiée du secteur de Vichy	15
Illustration 6 : Coupe schématique géologique du bassin de Vichy (cf. illustration 8 pour la localisation) (d'après Decros, 1963, modifié)	17
Illustration 7 : Principales caractéristiques des sources exploitées pour le thermalisme (source : Banque de données du Sous-Sol).....	19
Illustration 8 : Localisation des sources exploitées pour le thermalisme.....	19
Illustration 9 : Composition chimique des sources exploitées pour le thermalisme (source : Annales des Mines, 1998)	20
Illustration 10 : Carte de l'occupation des sols dans le secteur de Vichy.....	21
Illustration 11 : Stations d'épuration dans le secteur de Vichy	22
Illustration 12 : Sites BASIAS dans le secteur de Vichy.....	23
Illustration 13 : Sites BASOL dans le secteur de Vichy.....	24
Illustration 14 : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement dans le secteur de Vichy.....	25
Illustration 15 : Carte de situation du site étudié par rapport aux masses d'eau souterraines	30
Illustration 16 : Objectifs d'état des masses d'eau souterraine du secteur de Vichy (source : Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2009).....	32
Illustration 17 : Etat chimique 2010 des masses d'eau souterraine (source : Agence de l'Eau Loire-Bretagne)	33
Illustration 18 : Objectifs DCE concernant les masses d'eau superficielle du secteur de Vichy (source : eaufrance)	34
Illustration 19 : Localisation des masses d'eau superficielle principales et de leurs bassins versant (source : eaufrance, modifié)	35
Illustration 20 : Zones de protection liée au patrimoine naturel dans le secteur de Vichy	36
Illustration 21 : Carte des zones de protection liée au patrimoine naturel dans le secteur de Vichy	36

Illustration 22 : Carte des périmètres de protection établis au titre de l'AEP dans le secteur de Vichy (source : ARS)	39
Illustration 23 : Dates des arrêtés et décrets relatifs aux sources utilisées pour le thermalisme	43
Illustration 24 : Localisation des périmètres de protection de Vichy et de Cusset.....	44

Liste des annexes

Annexe 1. Eléments de bibliographie	51
Annexe 2. Programme de mesures secteur Allier aval, Dore, Sioule.....	55
Annexe 3. Recherche interdisciplinaire relative à un hydrosystème complexe.....	59

Liste des abréviations

AEP	Alimentation en Eau Potable
ARS	Agence Régionale de Santé
DCE	Directive Cadre sur l'Eau
DIP	Déclaration d'Intérêt Public
DPP	Délimitation de Périmètre de Protection
EH	Equivalent Habitant
HA	Hydrogéologue Agréé
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
ME	Masse d'eau
MEDDE	Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
PLU	Plan Local d'Urbanisme
PNR	Parc Naturel Régional
PPI / PPR / PPE	Périmètre de Protection Immédiat / Rapproché / Eloigné
PSE	Périmètre Sanitaire d'Emergence
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
STEP	STation d'EPuration des eaux usées
ZICO	Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

1. Avant-propos : le projet PRESCRIRE

1.1. CONTEXTE GENERAL DU PROJET

Le projet PRESCRIRE (Protection des Ressources en Eaux Souterraines. Connaissances et Recherches sur les Impluviums au Regard des Enjeux pour l'alimentation en eau potable et des retombées économiques dans le Massif Central) a pour objectif **l'amélioration de la connaissance de la ressource et de sa protection**. Il s'agit d'étudier les notions de préservation de la qualité des ressources en eau souterraine et de protection des gisements afin d'apporter des éléments d'appréciation quant aux actions à engager pour maintenir le bon état qualitatif de ressources en eau souterraine non altérées par des pollutions anthropiques.

Ce projet s'inscrit dans la logique de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour ce qui concerne le maintien du bon état des ressources en eau souterraine.

Le projet PRESCRIRE, qui se déroule sur la période 2010 à 2014, est orienté sur des études de cas (une vingtaine au total). Il vise à l'édition, en fin de projet, d'un guide méthodologique à usage des acteurs (exploitants, décideurs) en charge de promouvoir le développement durable de l'exploitation de ressources en eau souterraine de qualité.

1.2. CONTEXTE PARTENARIAL DU PROJET

Le projet PRESCRIRE a été initié par le Commissariat à l'Aménagement, au Développement et à la Protection du Massif Central (DATAR), en relation avec les Agences de l'Eau Adour-Garonne, Loire-Bretagne et Rhône-Méditerranée & Corse, ainsi qu'avec le Conseil Régional de Bourgogne. Il est mis en œuvre par le BRGM Auvergne, qui participe au financement du projet dans le cadre de ses missions de Service public (projet PSP08AUV10).

Outre ces partenariats institutionnels, le projet PRESCRIRE a proposé aux nombreux gestionnaires de sites à enjeu « eau souterraine » du Massif Central de s'engager dans la réflexion menée.

Plusieurs sites ont été volontaires pour apporter leur contribution à la démarche, dont le site thermal de Vichy, via la Compagnie de Vichy qui constitue ainsi un partenaire à part entière du projet PRESCRIRE.

Chaque partenaire est sollicité pour apporter, selon les caractéristiques de son site, une composante majeure à la réflexion sur les notions de préservation de la ressource et de protection des gisements. Pour chaque site étudié, la réflexion est axée sur un thème technique spécifique, propre au contexte local.

Le projet vise à montrer et à faire comprendre par l'exemple (celui du site « test » étudié) pourquoi telle ou telle action engagée est importante à prendre en compte lorsque l'on veut agir pour préserver la qualité des ressources et protéger les gisements.

L'objectif du projet est de tirer parti de chacun des 20 cas étudiés que constituent les sites partenaires et de valoriser, en fin de projet, toutes les réflexions issues de ces études de cas afin de consolider, dans un guide méthodologique, l'expérience acquise.

Pour le site de Vichy, la composante majeure apportée à la réflexion menée par le projet PRESCRIRE a été la problématique de la gestion de l'exploitation des eaux souterraines, en terme de qualité, à l'aide de dispositifs réglementaires jugés contraignants au regard de nouveaux usages.

1.3. CONTEXTE GEOGRAPHIQUE DU PROJET

Le projet PRESCRIRE concerne l'ensemble du Massif Central (au sens géologique du terme). Les entités suivantes sont ainsi impliquées, pour tout ou partie, dans le projet (cf. illustration 1) :

- 4 Agences de l'Eau : Adour-Garonne, Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée & Corse et Seine-Normandie ;
- 6 régions administratives : Auvergne, Bourgogne, Languedoc-Roussillon, Limousin, Midi-Pyrénées et Rhône-Alpes ;
- 22 départements : Allier, Ardèche, Aude, Aveyron, Cantal, Corrèze, Côte-d'Or, Creuse, Gard, Haute-Loire, Haute-Vienne, Hérault, Loire, Lot, Lozère, Nièvre, Puy-de-Dôme, Rhône, Saône-et-Loire, Tarn, Tarn-et-Garonne et Yonne.

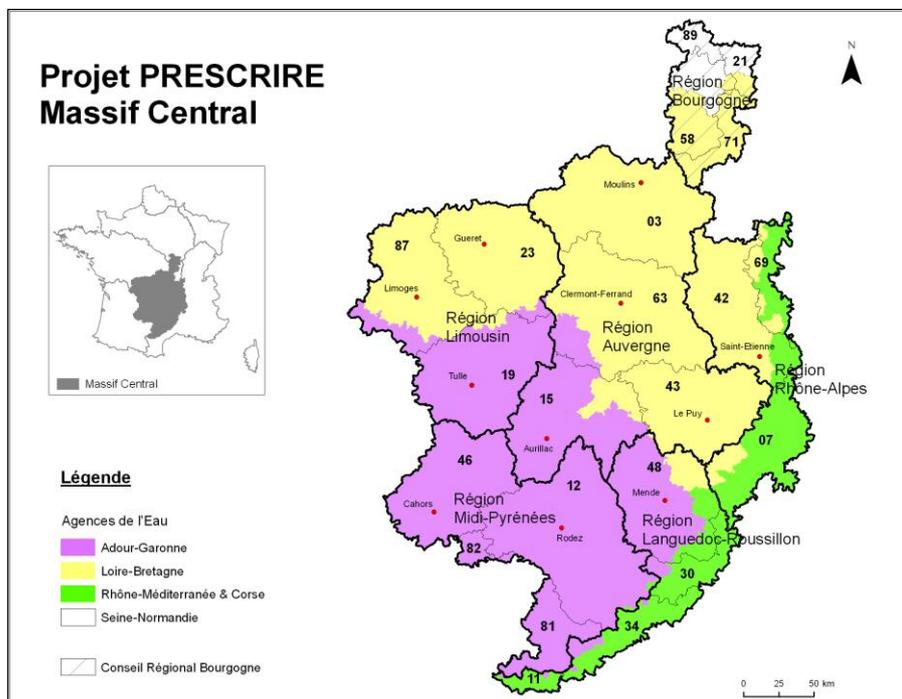


Illustration 1 : Carte de situation du territoire couvert par le projet PRESCRIRE

1.4. APPROCHE THEORIQUE DE LA NOTION DE PROTECTION

Les notions de préservation de la qualité d'une eau souterraine et de protection d'un gisement nécessitent de préciser d'une part le concept de gisement et d'autre part le principe de cycle d'une eau souterraine.

Un gisement d'eau souterraine est constitué par 3 secteurs distincts :

- l'impluvium, secteur où l'eau de pluie entre dans le système ;
- la zone de transit, secteur parcouru par l'eau qui s'est infiltrée, en souterrain, entre l'impluvium et la zone où cette eau est captée pour être utilisée ;
- la zone d'émergence, secteur de captage de l'eau souterraine pour un usage donné.

L'illustration 2 ci-après permet de visualiser cette notion de gisement. Le cycle d'une eau souterraine est le circuit suivi par la molécule d'eau de pluie depuis l'impluvium jusqu'à la zone d'émergence, en passant par la zone de transit.

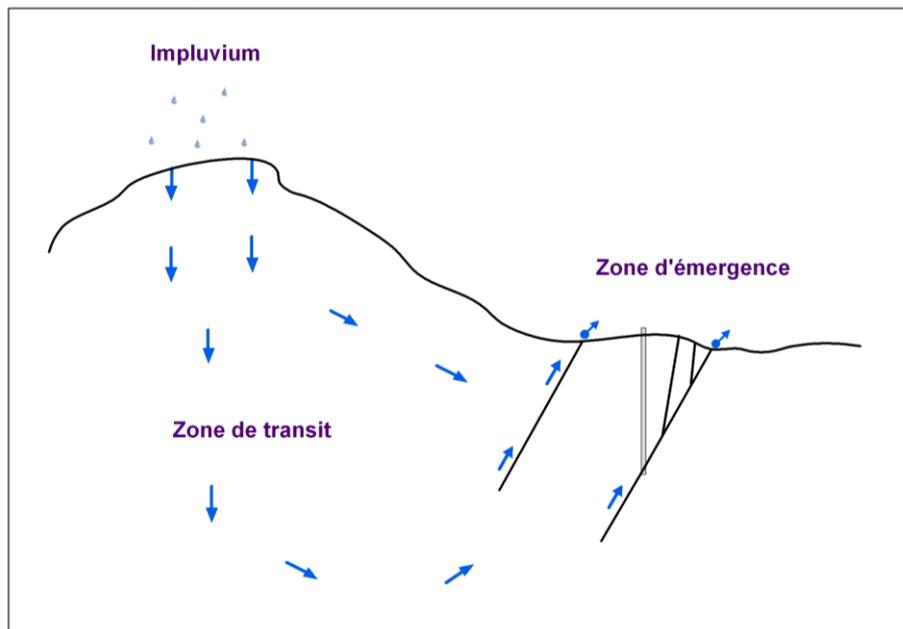


Illustration 2 : Schéma d'un gisement d'eau souterraine

Cette illustration n'est qu'un schéma et chacun des 3 secteurs ainsi représenté est nécessairement à relativiser d'un site à l'autre.

Il convient de relativiser, en particulier, la zone de transit selon que l'on est en présence d'une eau à minéralisation marquée, témoin de circulations longues et/ou profondes, ou d'une eau peu minéralisée, témoin de circulations rapides et/ou sub-superficielles. Pour les sites d'eau minérale, on parlera de circuit hydrominéral et, pour les sites d'Alimentation en Eau Potable (AEP), on parlera tout simplement de circuit hydrogéologique.

Le raisonnement quant à la protection d'un gisement pourra être sensiblement distinct selon que l'on est en présence d'une zone de transit profonde ou plus superficielle.

Cependant, quel que soit le cas, la préservation de la qualité de l'eau et la protection d'un gisement en un site donné nécessitent de s'intéresser à l'ensemble du circuit que parcourt l'eau.

1.5. ETUDE DU SITE « TEST » : MODALITES PRATIQUES

Selon les dispositions retenues par le comité de pilotage du projet, le partenariat d'un gestionnaire de site « test » avec le projet PRESCRIRE est acté par la signature d'une convention entre ce gestionnaire et le BRGM, pour le compte du projet. La première étape de ce partenariat est une réunion de démarrage de l'étude du site concerné.

Pour le site de Vichy, la réunion de démarrage du projet a eu lieu le 27 juin 2012. Cette réunion, et les concertations diverses qui ont suivi, ont permis de préciser l'axe d'investigation spécifique à valoriser localement pour abonder la réflexion engagée par le projet. Il a été retenu de travailler sur la problématique de la gestion de la qualité d'une eau minérale protégée depuis très longtemps par un périmètre de protection établi au titre d'une DIP, au regard de nouveaux usages en matière d'exploitation d'eau souterraine.

Suite à la réunion de cadrage évoquée ci-dessus, les actions suivantes ont été entreprises pour l'étude du site « test » de Vichy :

- compilation et synthèse des données publiques disponibles concernant l'approche hydrogéologique et communication pour le site de Vichy ;
- caractérisation de la problématique et échange d'appréciation sur l'importance de la protection des eaux souterraines établie avec le bénéficiaire du périmètre de protection établi au titre de la DIP (La Compagnie de Vichy) ;
- rédaction du rapport d'étude du site de Vichy.

Le présent rapport constitue le produit livré de l'étude du site de Vichy réalisée dans le cadre du projet PRESCRIRE.

Après cet avant-propos, dont l'objectif est de préciser le contexte de réalisation de l'étude du site de Vichy, les deux chapitres qui suivent sont, avant une conclusion générale, une présentation des données disponibles pour qualifier le site de Vichy quant à la préservation de la ressource et la protection du gisement, puis une présentation des apports spécifiques de la réflexion menée sur le site de Vichy pour le projet.

2. Le site de Vichy

2.1. PRESENTATION GENERALE DU SITE DE VICHY

2.1.1. Contexte géographique

La commune de Vichy se situe dans la partie nord du Massif Central en région Auvergne dans le département de l'Allier (03) (cf. illustration 3). Localisée dans la plaine en rive droite de l'Allier à une altitude moyenne de 263 m, elle est située à la limite de la Limagne Bourbonnaise à l'ouest et de la montagne Bourbonnaise à l'est. La commune se trouve sur le territoire de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

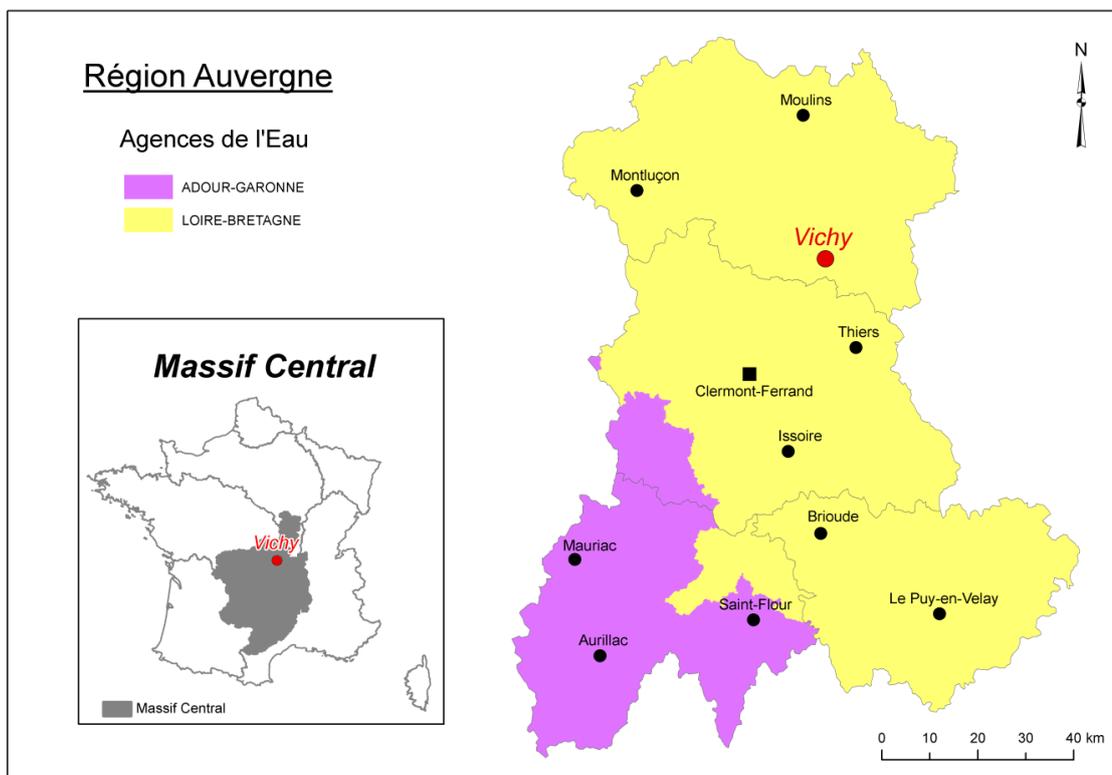


Illustration 3 : Localisation de la commune de Vichy en région Auvergne

La ville est localisée dans le sud du département à une quarantaine de kilomètres au nord-est de Clermont-Ferrand. Elle appartient à la communauté d'agglomérations Vichy Val d'Allier et compte 25 090 habitants (données INSEE 2009) pour une superficie de 5,85 km². La ville est située immédiatement en rive droite de l'Allier et est également traversée dans sa partie nord par le Sichon, affluent de l'Allier.

2.1.2. Contexte économique

L'activité concernée par le projet PRESCRIRE pour ce site correspond à l'activité thermale. Cette dernière comprend 2 établissements situés en zone urbaine à l'est de la ville à environ 200 m de l'Allier (cf. illustration 4). La Compagnie de Vichy est concessionnaire de l'Etat jusqu'au 31 décembre 2030 des deux établissements thermaux. La station thermale a accueilli 6 457 curistes en 2010 (nombre de curistes assurés sociaux 18 jours ; données CNETH).

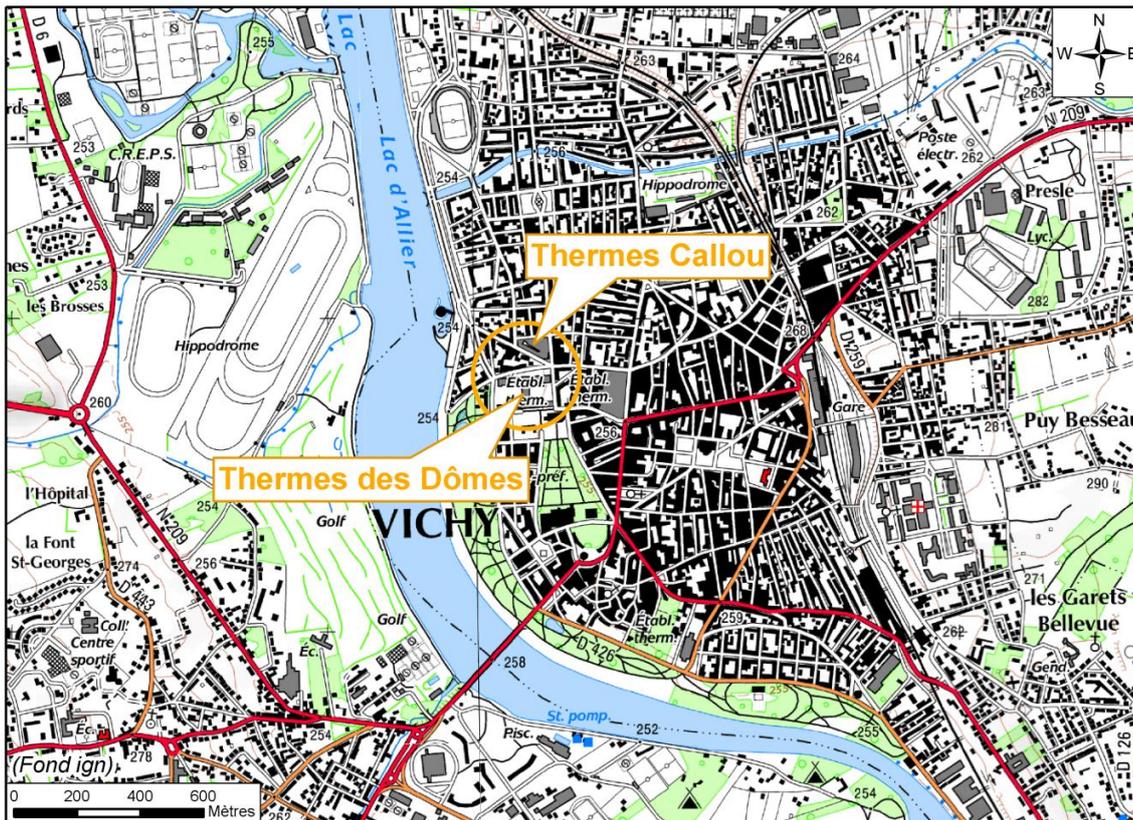


Illustration 4 : Carte de localisation des établissements thermaux de Vichy

2.2. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

2.2.1. Contexte géologique

La description du contexte géologique du secteur d'étude est basée sur les rapports BRGM RP-53095-FR et RP-52644-FR.

La commune de Vichy se trouve dans le fossé d'effondrement de la Limagne, qui atteint presque 30 km de largeur dans ce secteur. Elle est bordée de reliefs importants : le plateau des Dômes à l'ouest et les monts de la Madeleine et du Forez à l'est qui coïncident à l'emplacement de failles verticales de direction N-S (cf. illustration 5).

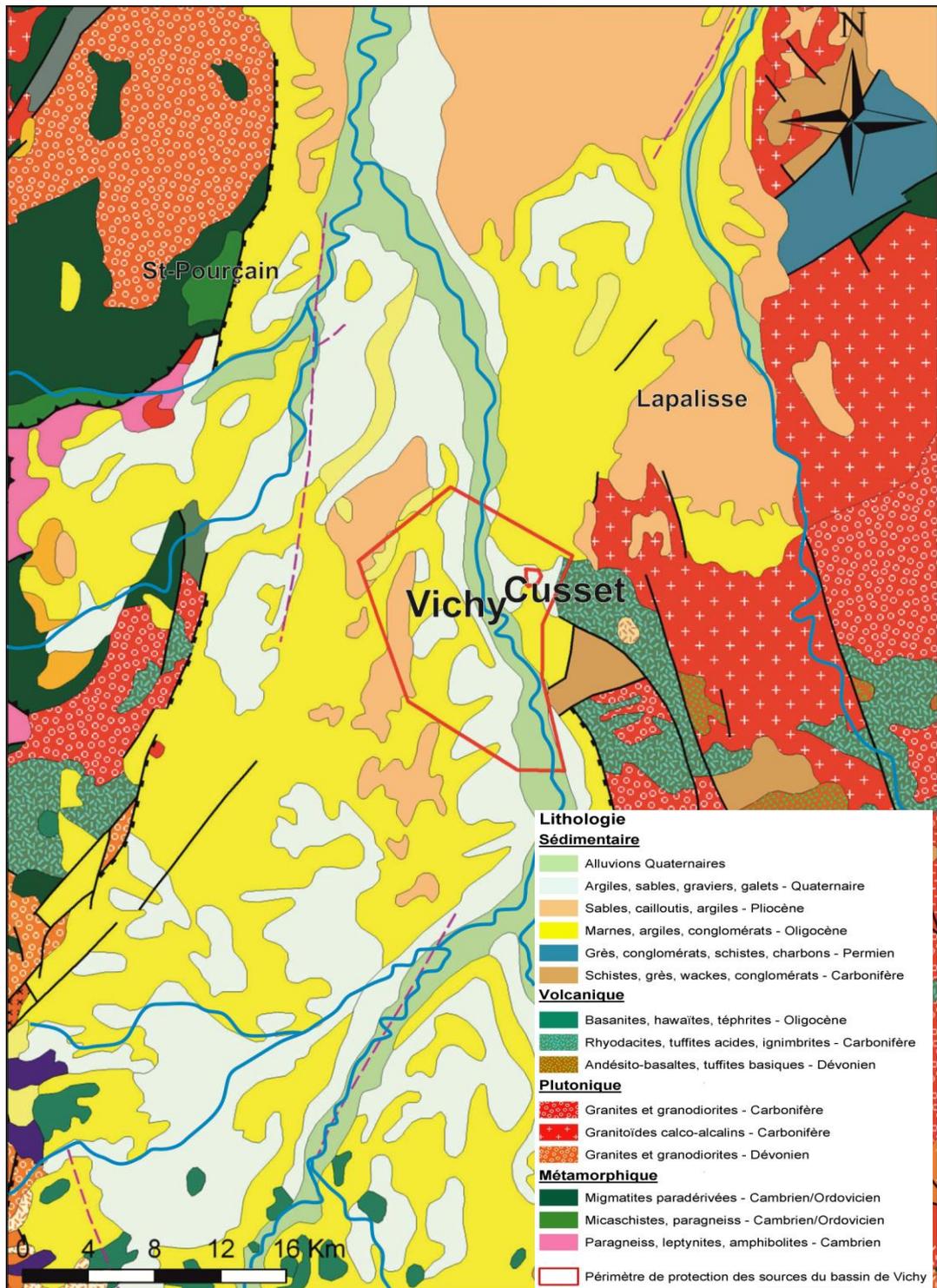


Illustration 5 : Carte géologique simplifiée du secteur de Vichy (d'après la carte géologique de la France à 1/1 000 000, BRGM)

L'histoire géologique de ce bassin est initiée au Cambrien, par la mise en place de formations granitiques. L'époque viséenne est ensuite marquée par l'intrusion des granites des Bois Noirs et du granite de type Mayet-de-Montagne. Puis, durant l'ère secondaire, ces formations sont affectées d'une intense pénéplanation.

L'effondrement du bassin de la Limagne débute à l'Eocène. Ce rifting est dû à l'influence de la tectonique alpine participant à l'apparition d'un fossé subsident d'orientation N-S. Au sein de ce fossé, quelques bassins et sillons s'individualisent et subissent un comblement actif jusqu'à l'Oligocène, aboutissant à des remplissages sédimentaires de puissance et nature variées. Les formations sédimentaires déposées indiquent un environnement essentiellement de type lacustre, fluviatile et terrestre. Au Miocène, la subsidence se ralentit et les formations sédimentaires sont entaillées par l'érosion. Au Plio-quadernaire, l'érosion fluviatile forme des dépôts alluvionnaires le long des cours d'eau et confère au bassin son modelé actuel.

Les accidents affectant les formations dans la région de Vichy présentent des directions principalement N-S. Les épisodes de déformations s'étagent de l'époque hercynienne pour le socle, jusqu'à la période actuelle pour le sédimentaire :

- Epoque hercynienne (N-S) ;
- Au Tertiaire : trois orientations principales (SO-NE : faille d'Aigueperse ; N-S : seuil bordier du sillon de Vichy ; NNO-SSE : horst de la Montagne Bourbonnaise et du Forez) ;
- Eocène : rejeux des directions N-S et NNO-SSE ;
- Stampien basal : réactivation de la faille d'Aigueperse ;
- Oligocène et Miocène : rejeux des accidents précédents ;
- Plio-quadernaire : présence de failles actives (N-S : faille de Clermont-Fd, seuil bordier occidental, faille d'Aigueperse) et d'autres supposées actives (N-S : faille de St-Pourçain-sur-Sioule, faille bordière de l'est de la Limagne de Vichy à Thiers).

Les sources du bassin de Vichy sont captées dans les terrains sédimentaires du fossé de la Limagne. Plusieurs de ces sources sont des émergences naturelles artésiennes captées en centre-ville. D'autres sont des forages situés dans la plaine, ils captent en profondeur l'eau thermique. Les formations géologiques, d'épaisseur très variable, rencontrées sur la zone d'étude sont représentées par les lithologies suivantes (cf. illustration 6) :

- alluvions récentes ;
- alternance de marnes bariolées imperméables ;
- calcaires ;
- grès ;
- lentilles sableuses ;
- substratum granitique.

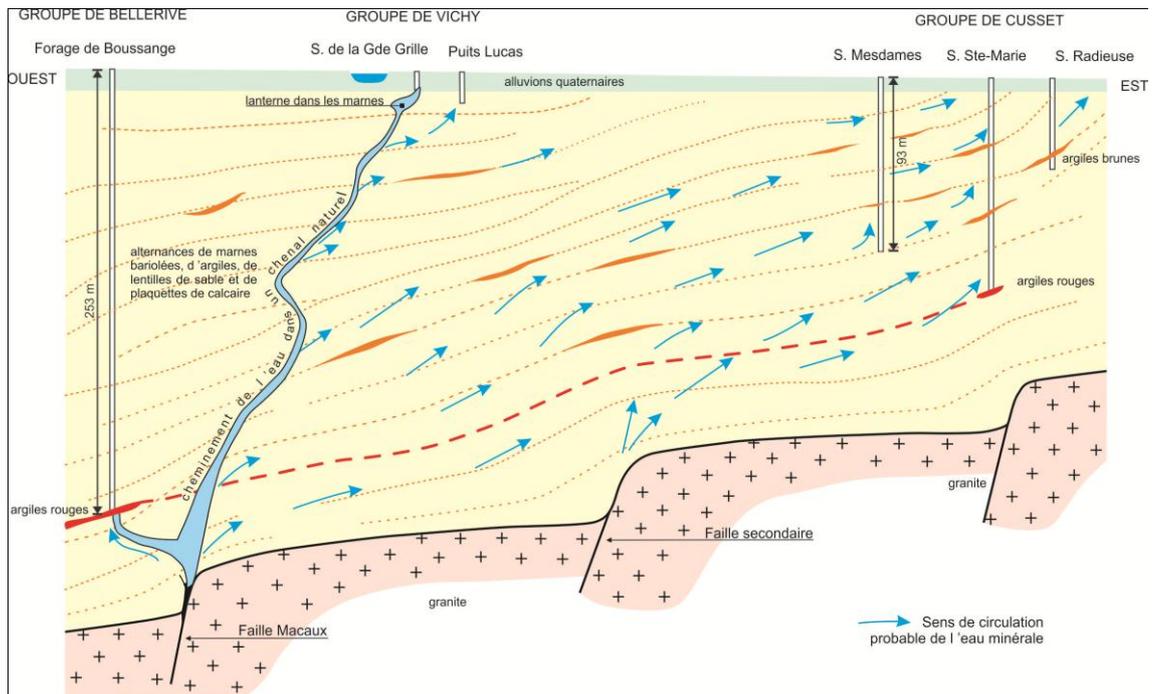


Illustration 6 : Coupe schématique géologique du bassin de Vichy (cf. illustration 8 pour la localisation) (d'après Decros, 1963, modifié)

2.2.2. Contexte hydrogéologique et circuit hydrominéral

Le fonctionnement hydrogéologique du secteur de Vichy est globalement connu. Il a fait l'objet de nombreuses études concernant l'amélioration des connaissances des ressources en eau souterraine de la région. Les informations relatives au contexte hydrogéologique sont présentées dans les paragraphes suivants.

Les formations aquifères de la région sont représentées par les ensembles suivants :

- alluvions récentes de l'Allier ;
- formations sédimentaires oligocènes ;
- formations altérées des granites.

La principale formation aquifère du bassin de Vichy est représentée par les alluvions récentes de la rivière Allier qui recouvrent les sédiments de la Limagne sur une épaisseur de 5 à 8 m. Ces alluvions sont en relation hydraulique avec l'Allier qui peut représenter une source d'alimentation ou de drainage, en fonction des conditions de pompage. Elles sont donc relativement vulnérables en cas de pollution de la rivière. Les champs captant (AEP) de la région sont pour la plupart implantés dans cette formation et sous l'influence des pompages. Il peut y avoir localement des venues d'eau minérale depuis les marnes, calcaires et formations détritiques oligocènes sous-jacentes, ayant pour conséquence l'enrichissement des eaux captées pour l'AEP en éléments indésirables comme le fluor ou l'arsenic.

Les sédiments oligocènes constituent le réservoir des eaux minérales naturelles du bassin de Vichy. Les marnes et argiles assurent globalement une protection naturelle des eaux minérales. Cependant, elles peuvent être vulnérables dans certains secteurs, conséquence de la perméabilité de fissure des calcaires pouvant provoquer un transfert rapide des eaux météoriques vers l'aquifère. L'extension du gisement thermominéral du bassin de Vichy est importante (cf. Bertin et Rouzaire, 2004). Les secteurs favorables à l'émergence des sources sont alignés selon les directions structurales principales du bassin de Vichy, NO-SE et NS.

Les formations altérées (altérites) des granites représentent la dernière formation aquifère, à faible potentiel de production. Elle est relativement vulnérable du fait des pratiques agricoles développées à proximité.

a) Impluvium et zone de transit

L'impluvium des eaux du bassin de Vichy est mal connu. Cependant, il est admis que le schéma global de circulation des eaux minérales est caractérisé par une infiltration d'eau météorique dans les formations de socle (granite) où elles s'enrichissent en gaz carbonique et acquièrent leur thermalité et une partie de leur minéralisation. Leur ascension se ferait ensuite à la faveur de la faille bordière de la Limagne puis elles seraient piégées dans les formations sédimentaires constituant le fossé de Vichy où elles obtiendraient leur minéralisation définitive par dissolution des formations encaissantes. La partie finale du schéma ascensionnel se fait grâce à des cheminements particuliers via les pendages des formations marneuses, des failles, cavités et lentilles sableuses, ainsi qu'à la faveur du CO₂ (gaz lift). Quelques mélanges avec des eaux de subsurface peuvent se produire (Célestins ...).

b) Zone d'émergence

- **Sources**

Les sources d'eau minérale sont présentes en nombre important dans le secteur, notamment sur les communes de Vichy, Bellerive-sur-Allier, Cusset, Abrest, Saint-Yorre et Hauterive. De nombreuses sources ont également été abandonnées.

A l'heure actuelle, 9 sources sont exploitées pour le thermalisme (soins, buvettes, fabrication des boues) par la Compagnie de Vichy. Environ une dizaine de sources sont exploitées pour l'embouteillage sur la commune de Saint-Yorre, dont la source des Célestins, et pour le thermalisme. Les sources embouteillées appartiennent à la Société Commerciale des Eaux Minérales du Bassin de Vichy (SCBV), hormis la source des Célestins.

Le tableau ci-après regroupe les principales caractéristiques des sources exploitées pour le thermalisme (cf. illustration 7) et leur localisation est présentée par l'illustration 8.

Sources	Commune	Usages	Coordonnées L2E (m)		Alt. (m)	N° BSS	Type captage
			X	Y			
Antoine	Bellerive-sur-Allier	Soins	683385	2122632	277.5	06466X0122	Forage 500 m prof.
Boussange			682205	2125636	260	06466X0096	Forage 255,4 m prof.
Grande Grille	Vichy	Buvette	683729	2125716	257	06467X0128	Puits 9,65 m prof.
Hopital			683808	2125238		06467X0129	Puits 3,5 m prof.
Lucas			683851	2125710		06467X0130	Puits 15,1 m prof.
Nouvelle Chomel			683730	2125690	253.3	06467X0225	Forage 62,4 m prof.
Célestins			684007	2124965	256	06467X0126	Forages
Dôme			Abrest	Préparation des boues	683745	2122638	259
Lys	683771	2122627			06467X0030	Forage 156,0 prof.	

Illustration 7 : Principales caractéristiques des sources exploitées pour le thermalisme (source : Banque de données du Sous-Sol)

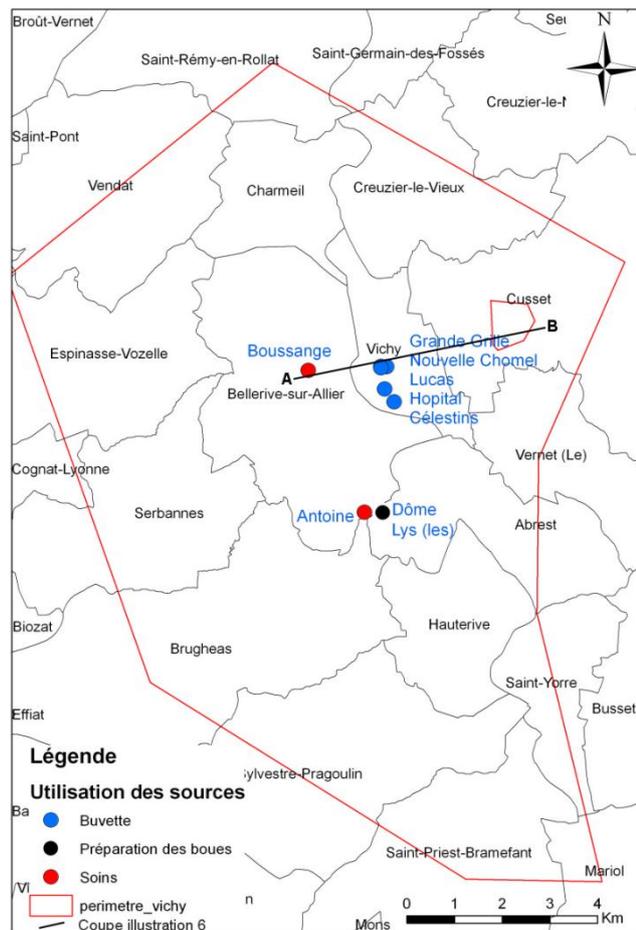


Illustration 8 : Localisation des sources exploitées pour le thermalisme

• **Caractéristiques physico-chimiques du fluide hydrothermal**

Les eaux minérales de Vichy sont de type bicarbonaté sodique, carbogazeuses avec des minéralisations comprises entre 5 et 8 g/l. Les teneurs en gaz et les températures sont variables selon les sources (variations dues notamment à des mélanges avec d'autres eaux de subsurface).

La composition chimique des eaux ainsi que la température des 9 sources exploitées pour le thermalisme sont regroupées dans l'illustration 9.

Sources	Antoine	Boussange	Célestins	Grande Grille	Hopital	Lucas	Nouvelle Chomel	Dôme	Lys	
Date d'analyse	05/10/94	05/10/94	10/08/87	11/08/87	10/08/87	05/02/79	05/10/94	05/02/79	05/02/79	
Résidu sec (mg/l)	4112	5184	-	5004	5100	5156	5040	4943	4812	
Conductivité (µS/cm)	5180	6490	4518	6341	6464	5903	6400	5692	5612	
T °C	73	42,9	23,1	40,8	33,2	27,8	43,4	65,5	60,5	
mg/l	Ca	32	132	97	101	155	171	108	49,3	56,2
	Mg	8,6	10,2	9,7	10,8	11,7	11,8	10,4	9	8,7
	Na	1690	1980	1305	1890	1875	1860	1950	1877	1837
	K	82	99	70	94	98	102	98	108	108
	SO4	197	211	137	189	182	177	225	183	181
	Cl	319	386	262	368	364	337	386	342	337
	HCO3	3940	4799	3282	4630	4781	4865	4719	4529	4453
SiO2	95,8	60,7	37,3	59,8	43,5	33,5	61,7	49,5	42,8	
Autres éléments	As, Si, F	As, F	F, Fe, Li, As	F, Li, As	F, Li, Fe, As	F, Li, Fe, As	F, Li, Fe, As	Li	Li	

Illustration 9 : Composition chimique des sources exploitées pour le thermalisme (source : Annales des Mines, 1998)

Les eaux de Vichy sont minéralisées avec une conductivité élevée (entre 4000 et 6000 µS/cm) et présentent des teneurs élevées en bicarbonate et en sodium (respectivement autour de 4000 mg/l et 1800 mg/l pour les sources utilisées pour le thermalisme).

Les eaux minérales de Vichy sont gazeuses (CO₂), avec des teneurs en gaz variables selon les sources. La composition isotopique du carbone du CO₂ permet d'indiquer que le gaz carbonique contenu dans ces eaux est d'origine profonde.

L'arsenic et le fluor sont présents en concentrations non négligeables dans les eaux du bassin de Vichy (parfois supérieures aux limites fixées pour l'AEP).

Concernant la radioactivité des sources, elle n'est pas négligeable mais la plupart des sources peuvent être utilisées sans restriction.

2.3. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

2.3.1. Données générales sur le secteur de Vichy

a) Occupation du sol

L'illustration 10 ci-après permet de visualiser l'occupation des sols dans le secteur de Vichy. On note différents types de zones :

- une forte présence de zones urbaines au niveau de Vichy, Cusset, Bellerive-sur-Allier, avec la présence de zones industrielles et commerciales ;
- la présence de nombreuses zones de prairies ;
- quelques zones de forêts, à l'est et à l'ouest.

Les zones d'émergence et de captage se situent en zone urbaine sur les communes de Vichy et de Bellerive-sur-Allier, non loin de l'Allier. Elles ne disposent donc pas d'une très bonne protection au point de vue environnemental.

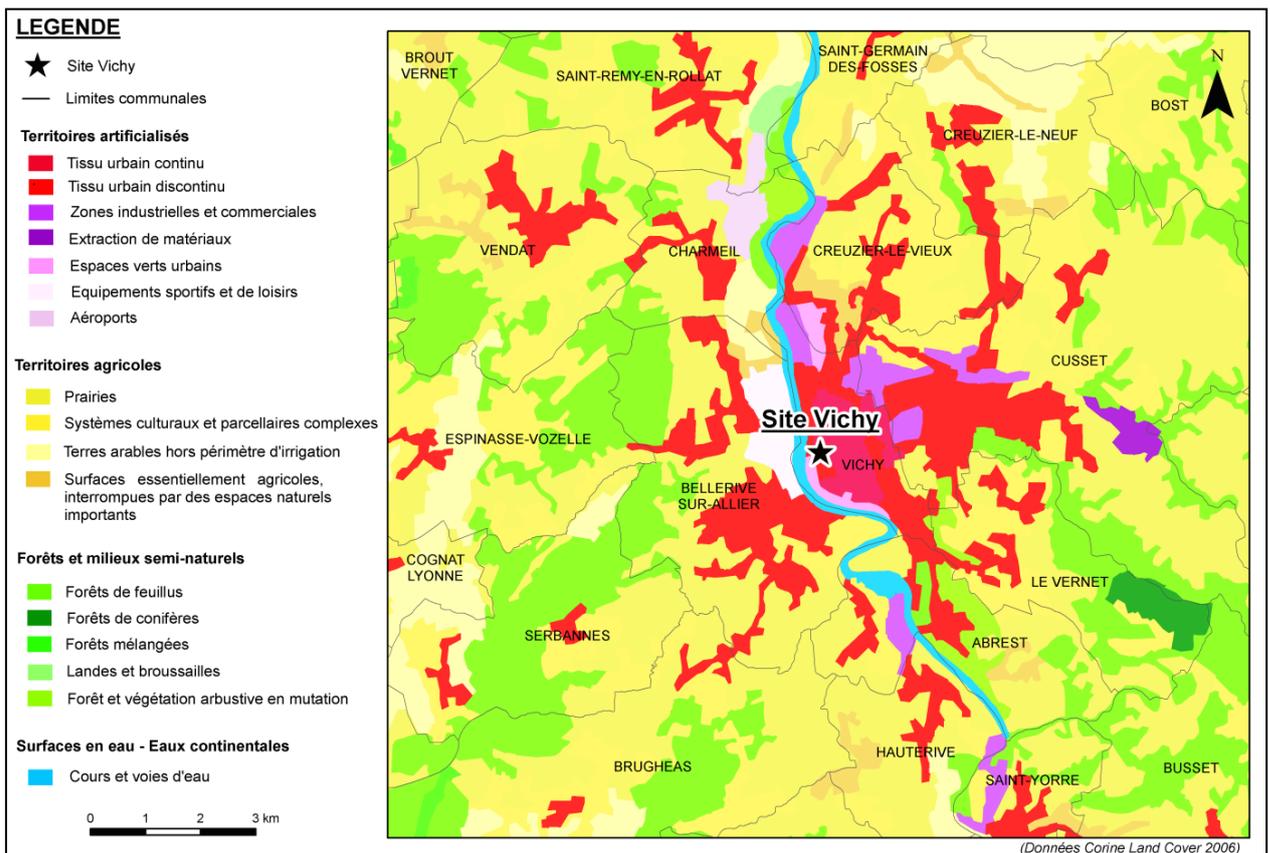


Illustration 10 : Carte de l'occupation des sols dans le secteur de Vichy

b) Assainissement

La carte suivante recense les stations d'épuration existantes dans le secteur de Vichy (cf. illustration 11).

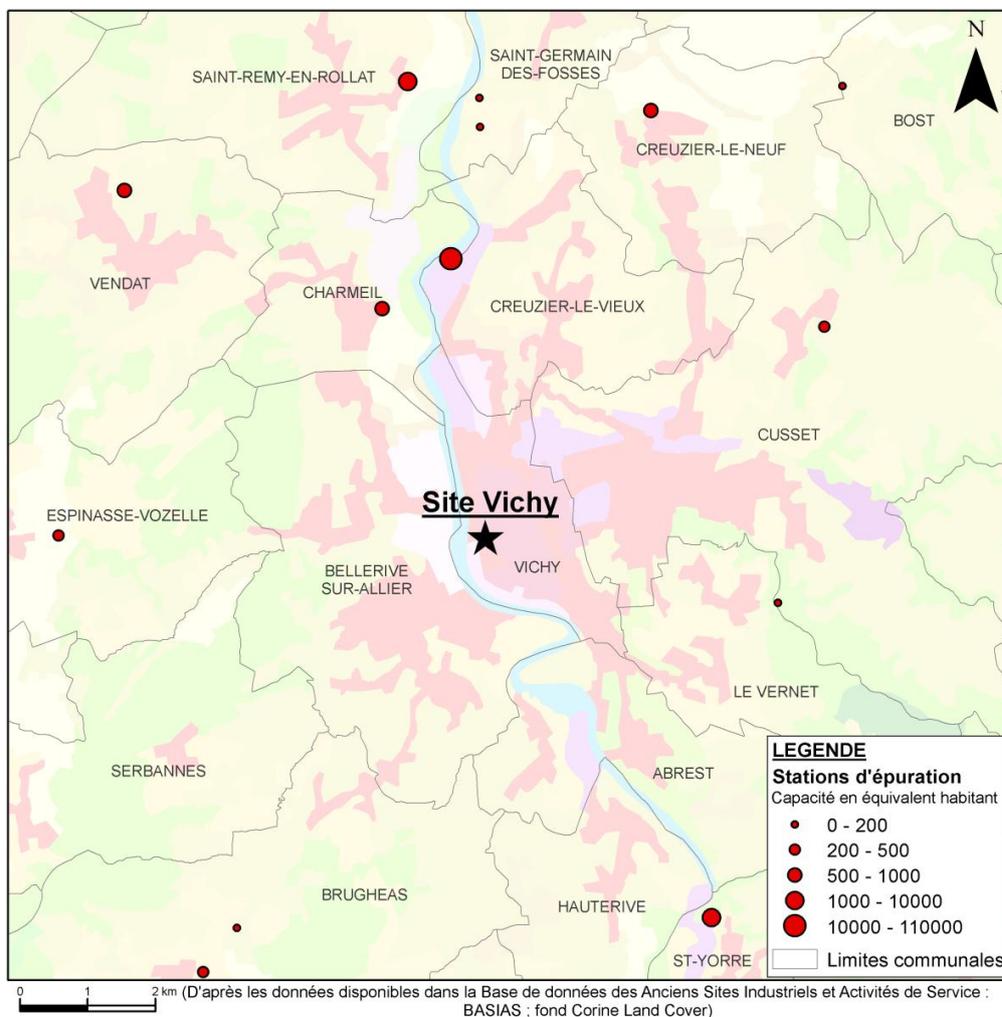


Illustration 11 : Stations d'épuration dans le secteur de Vichy

Les stations ont des capacités variables, la plus grande étant celle située sur la commune de Creuzier-le-Vieux. Cette dernière est dimensionnée pour 107 000 équivalents habitants (EH) et reçoit les eaux usées des communes de Vichy, Bellerive-sur-Allier, Cusset, Abrest, Hauterive, Le Vernet, Serbannes, Creuzier-le-Vieux et une partie de Brugheas. Les rejets se font dans l'Allier, en aval du site thermal.

Selon les données du portail d'information sur l'assainissement communal du Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, toutes les stations d'épuration du secteur répondaient aux normes d'équipement et de performance en 2010.

c) Sites industriels

Sites BASIAS et BASOL

L'illustration 12 permet de visualiser les sites BASIAS présents dans le secteur de Vichy. Ils correspondent aux sites répertoriés dans la base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service.

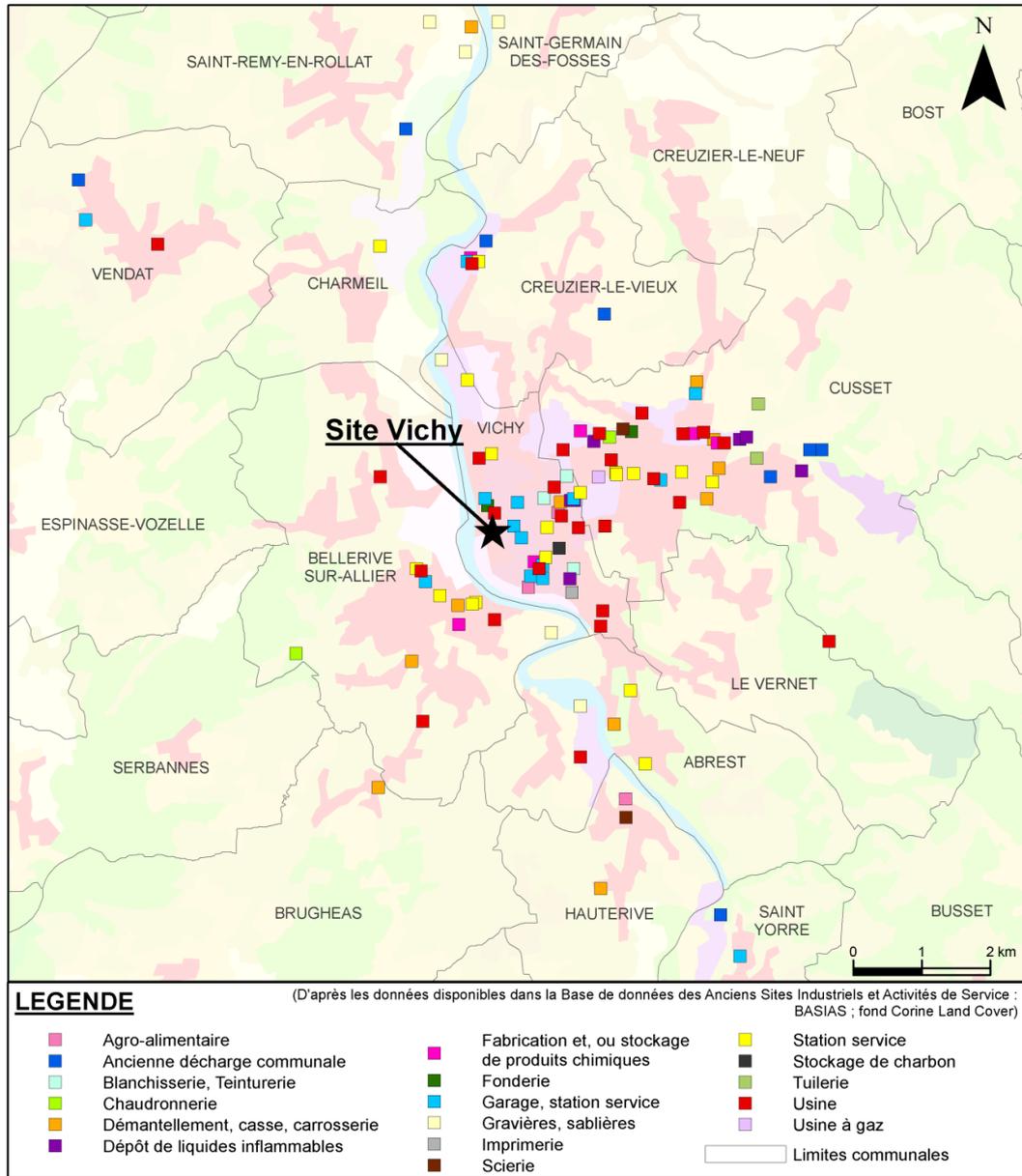


Illustration 12 : Sites BASIAS dans le secteur de Vichy

De nombreux sites BASIAS sont présents dans le secteur, notamment sur les communes de Vichy, Cusset et Bellerive-sur-Allier. On note la présence de plusieurs stations-service, garages, casses et usines.

Les sites BASOL correspondent à ceux répertoriés dans la Base de données sur les Sites et Sols pollués ou potentiellement pollués appelant à une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. Les sites BASOL dans le secteur sont indiqués sur la carte ci-après (illustration 13).

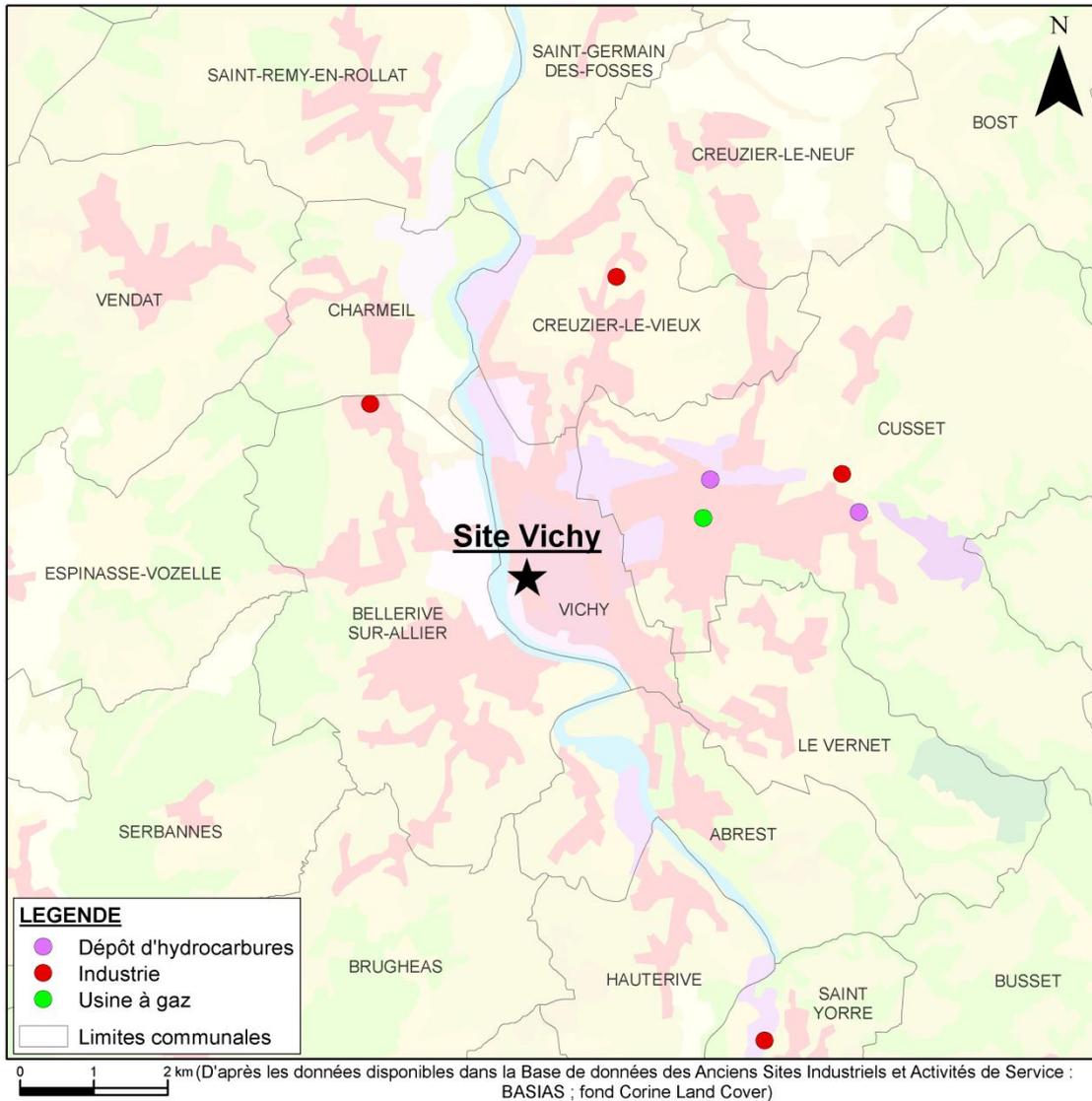


Illustration 13 : Sites BASOL dans le secteur de Vichy

Peu de sites BASOL sont présents dans le secteur de Vichy. On note une usine à gaz, deux dépôts d'hydrocarbures et des industries. Ils sont assez éloignés des zones d'exploitation et de captage de l'eau minérale.

ICPE

Les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) sont des exploitations industrielles ou agricoles susceptibles de créer des risques ou de provoquer des pollutions ou nuisances, notamment pour la sécurité et la santé des riverains. Les ICPE présentes dans le secteur de Vichy sont indiquées sur la carte suivante (illustration 14).

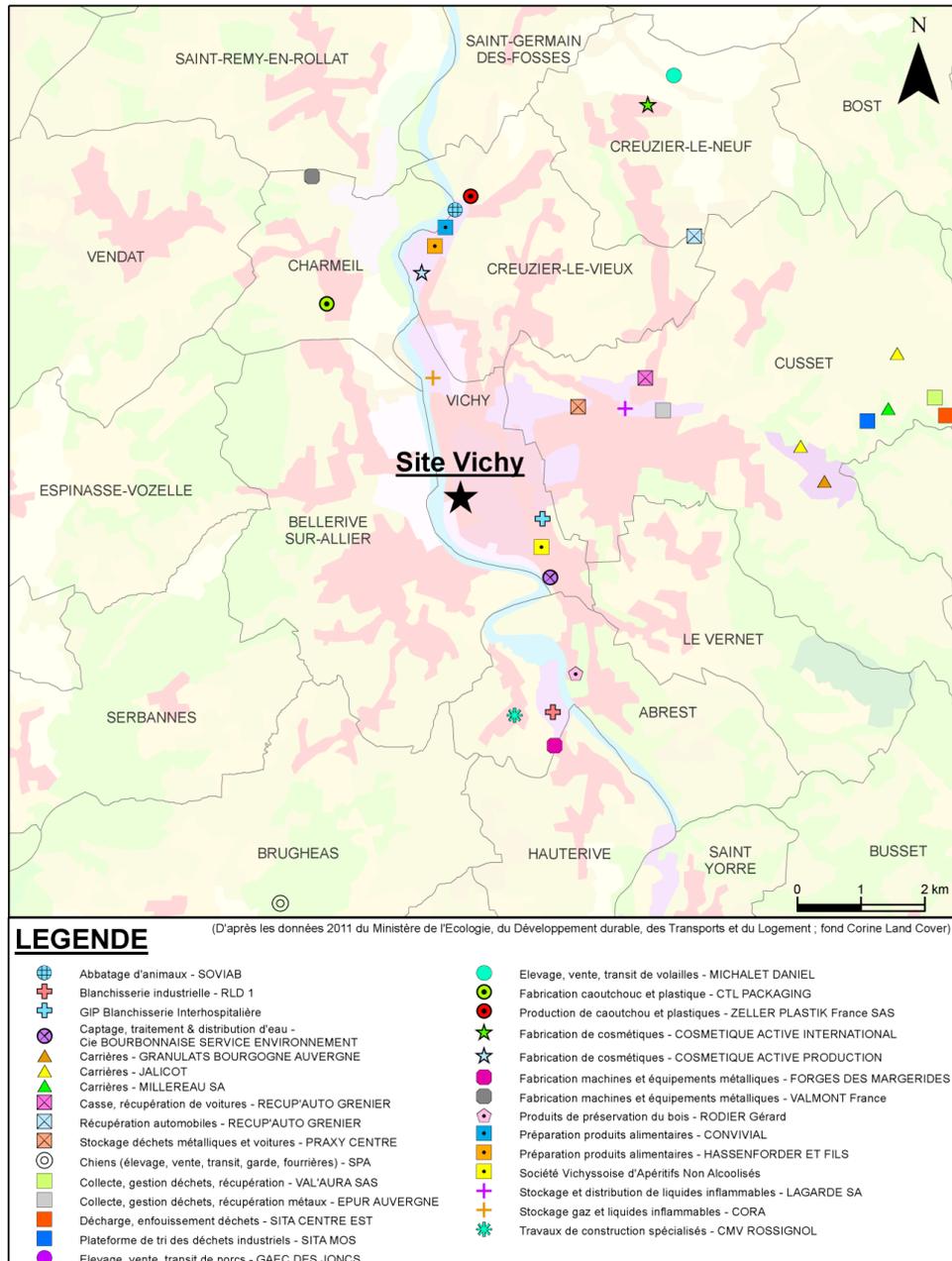


Illustration 14 : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement dans le secteur de Vichy

Les ICPE présentes dans le secteur sont assez diverses : carrières, usines, usines agroalimentaires, sites de collecte de déchets, casses, blanchisseries...Le site de stockage et de distribution de liquides inflammables sur la commune de Cusset est classé Seveso (seuil AS).

2.3.2. Données générales sur la commune de Vichy

a) Zones urbanisées

La ville de Vichy s'étend sur environ 1,5 km de large pour environ 2 km de long. La ville de Cusset à l'est touche quasiment celle de Vichy. Le site thermal de Vichy est situé en pleine zone urbaine non loin de l'Allier.

Se trouvent notamment sur la commune :

- un casino à environ 400 m au sud de l'établissement thermal des Dômes ;
- l'aérodrome de Vichy-Charmeil, en rive gauche de l'Allier, à 3-4 km au nord de Vichy ;
- un centre hospitalier au sud de la ville de Vichy ;
- en rive gauche de l'Allier face à la ville de Vichy : l'hippodrome de Vichy-Bellerive, un golf et un parc omnisports.

Il n'existe aucune voie express dans l'agglomération de Vichy. La ville est éloignée des axes autoroutiers, la plus proche est l'A719 située à 16 km à l'ouest (elle rejoint l'A71). La RD2209 est le principal axe de circulation depuis Gannat jusqu'à Creuzier-le-Neuf (à l'ouest de Vichy). Deux ponts principaux permettent de franchir l'Allier, un tout au nord de la ville et l'autre dans la partie centrale de la ville. Une ligne ferroviaire traverse la ville du nord au sud dans sa partie est, à environ 900 m des Thermes des Dômes.

b) Activités agricoles et industrielles

Les activités agricoles représentent un risque de pollution pour l'environnement, notamment par l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires. Les alentours de Vichy sont essentiellement des prairies et l'activité agricole y est peu importante.

Côté industries, les activités des filières cosmétiques, plasturgie, mécanique et agro-alimentaire sont assez développées. De nombreux sites BASIAS et ICPE sont présents dans le secteur (cf. 2.3.1.).

c) Assainissement

Le réseau d'assainissement de Vichy est géré par la communauté d'agglomération Vichy Val d'Allier qui dispose de la compétence assainissement pour les 23 communes qui la composent.

La station d'épuration de la commune est située en bordure de l'Allier dans la zone industrielle de Vichy-Rhue (commune de Creuzier-le-Vieux) à 3-4 km au nord de Vichy (cf. 2.3.1.). Elle est dimensionnée pour 107 000 EH et le débit entrant était de

26100 m³/j en 2010. Elle dispose d'un système de traitement à boues activées et déverse les effluents traités à proximité de la station dans l'Allier. Les boues sont destinées en majeure partie à l'épandage.

La communauté d'agglomération Vichy Val d'Allier gère également l'assainissement non collectif qui représente environ 3 000 installations sur l'ensemble des 23 communes (source : site internet Vichy Val d'Allier).

d) Réseau hydrographique

L'Allier, d'une longueur de 425 km, est le plus gros cours d'eau du secteur et longe la ville de Vichy à l'ouest. Il prend sa source en Lozère, au pied du Moure de la Gardille à 1 485 m d'altitude et se jette dans la Loire vers Nevers à 167 m d'altitude. Une petite rivière, le Sichon se jette dans l'Allier en rive droite au nord de Vichy.

2.4. LE SITE DANS LE CONTEXTE DE LA DIRECTIVE CADRE SUR L'EAU

2.4.1. Contexte général

a) Directive Cadre sur l'Eau et les outils de gestion de l'eau

- **Directive Cadre sur l'Eau**

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 est une directive européenne qui vise à donner une cohérence à l'ensemble de la législation avec une politique communautaire globale dans le domaine de l'eau. Elle concerne les eaux douces, saumâtres ou salées, superficielles ou souterraines, de transition et côtières. Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen, avec une perspective de développement durable.

La DCE fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles et souterraines. L'objectif général est d'atteindre d'ici 2015 le bon état des différents milieux sur tout le territoire européen. Les grands principes de la DCE sont les suivants :

- une gestion par bassin versant ;
- la fixation d'objectifs par « masse d'eau » ;
- une planification et une programmation avec une méthode de travail spécifique et des échéances ;
- une analyse économique des modalités de tarification de l'eau et une intégration des coûts environnementaux ;
- une consultation du public dans le but de renforcer la transparence de la politique de l'eau.

- **Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE)**

Les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), institués par la loi sur l'eau de 1992 et modifiés suite à la DCE, sont des documents de planification de la gestion de l'eau. Ils fixent pour 6 ans les orientations fondamentales qui permettent d'atteindre les objectifs attendus pour 2015 en matière de « bon état » des eaux.

Les SDAGES sont au nombre de 12, un pour chaque bassin hydrographique pour la France métropolitaine et d'outre-mer. Ils sont accompagnés d'un programme de mesures qui identifie les actions opérationnelles à réaliser pour atteindre les objectifs des SDAGE au niveau de chaque bassin.

Les collectivités, les départements, les régions, l'Etat et ses établissements publics ne pourront aménager leur territoire, imaginer de grands travaux, sans tenir compte de la référence que constitue le SDAGE. Il s'impose aux décisions de l'Etat en matière de police des eaux, notamment des déclarations d'autorisations administratives (rejets, urbanisme...), de même qu'il s'impose aux décisions des collectivités, établissements publics ou autres usagers en matière de programme pour l'eau.

- **Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)**

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) est un document de planification de la gestion de l'eau à l'échelle d'une unité hydrographique cohérente (bassin versant, aquifère, ...). Il fixe des objectifs généraux d'utilisation, de mise en valeur, de protection quantitative et qualitative de la ressource en eau et il doit être compatible avec le SDAGE. Le SAGE est un document élaboré par les acteurs locaux (élus, usagers, associations, représentants de l'Etat...) réunis au sein de la Commission Locale de l'Eau (CLE). Ces acteurs locaux établissent un projet pour une gestion concertée et collective de l'eau. La définition d'un SAGE n'est pas une obligation au titre de la DCE.

b) Notion de masse d'eau

La notion de masse d'eau a été introduite par la DCE. Elle constitue le référentiel cartographique élémentaire de la DCE. Une masse d'eau est une « *unité hydrographique (eau de surface) ou hydrogéologique (eau souterraine) cohérente, présentant des caractéristiques assez homogènes et pour laquelle on peut définir un même objectif* » (Etat des lieux, 2004).

Une masse d'eau est relativement homogène du point de vue de la géologie, de la morphologie, du régime hydrologique, de la topographie et de la salinité. Sont distinguées les masses d'eau côtières, les masses d'eau de transition (estuariens), les cours d'eau, les plans d'eau (dont la superficie est supérieure à 50 hectares), les masses d'eau souterraines (nappes), les masses d'eau fortement modifiées (recalibrées, rectifiées...) et les masses d'eau artificielles (créées par l'Homme). Un

même cours d'eau peut être divisé en plusieurs masses d'eau si ses caractéristiques diffèrent de l'amont à l'aval.

Ces masses d'eau servent d'unité d'évaluation de la qualité des eaux. L'état (écologique, chimique ou quantitatif) est évalué pour chaque masse d'eau. On distingue :

- les masses d'eau naturelles de surface (rivières, lacs, étangs, eaux littorales et estuariennes) pour lesquelles sont fixés à la fois un objectif de bon état écologique et un objectif de bon état chimique ;
- les masses d'eau souterraine pour lesquelles sont fixés à la fois un objectif de bon état quantitatif et un objectif de bon état chimique.

L'état global se fixe sur le paramètre le plus déclassant : un seul paramètre ne respectant pas le bon état entraîne le déclassement de la masse d'eau.

Les résultats sont à prendre avec une très grande précaution car les réseaux de mesures sont encore en déploiement, les données sont parfois incomplètes, la représentativité des points de mesures est à consolider et l'incertitude de la mesure biologique est mal prise en compte. Ces résultats sont donc toujours à considérer avec les autres éléments de connaissance de la masse d'eau, en particulier les éléments de la caractérisation du risque, surtout dans le cadre de la définition et de la mise en œuvre des actions.

2.4.2. Masses d'eau du secteur de Vichy

a) Description de la masse d'eau souterraine

Le secteur de Vichy se trouve en quinconce sur plusieurs masses d'eaux souterraines (cf. Illustration 15). Il s'agit des quatre entités suivantes :

- FRGG051 intitulée Sables, argiles et calcaires du Tertiaire de la Plaine de la Limagne ;
- FRGG052 intitulée Alluvions Allier amont ;
- FRGG128 intitulée Alluvions Allier aval ;
- FRGG143 intitulée Madeleine BV Allier.

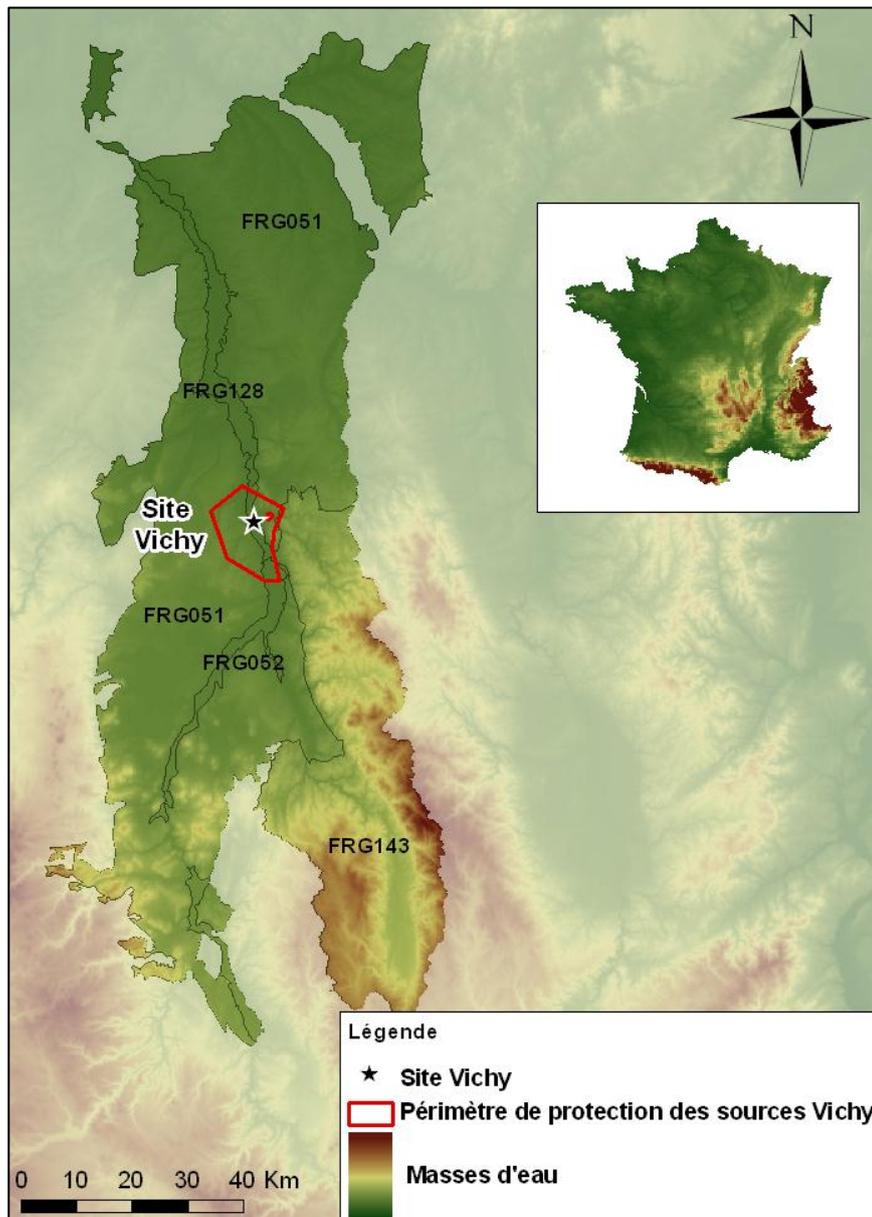


Illustration 15 : Carte de situation du site étudié par rapport aux masses d'eau souterraines

Le périmètre de protection des sources de Vichy recoupe ces quatre masses d'eau souterraine. L'importance de chacune d'elle est toute relative étant donné que le secteur de Vichy ne concerne qu'une petite partie de leurs superficies respectives. La description de ces masses d'eau est faite par ordre d'importance (considération de la surface des masses d'eau souterraine dans le périmètre de protection).

Les données ci-après proviennent des documents du SDAGE du bassin Loire-Bretagne et du SAGE Allier Aval, ainsi que du site internet sur le portail de l'eau « eaufrance ».

• Masse d'eau souterraine "FRGG051"

La masse d'eau souterraine principalement concernée en terme de superficie par rapport au périmètre de protection des sources correspond à la masse d'eau FRGG051 « Sables, argiles et calcaires du Tertiaire de la Plaine de la Limagne ». Elle présente une surface totale estimée à 5_368 km² et s'étend sur 4 départements : la Nièvre, l'Allier, le Puy-de-Dôme et la Haute-Loire. Au vu de sa surface, le site de Vichy ne correspond qu'à une petite partie de la masse d'eau (cf. illustration 15). L'importance des données suivantes est donc toute relative par rapport au site étudié.

La masse d'eau FRGG051 est constituée de formations sédimentaires, de nature marno-calcaire d'origine lacustre ne favorisant pas l'existence de ressources significatives. La Loire et l'Allier constituent des limites naturelles pour cette masse d'eau souterraine. Au sud de l'Allier, la nappe est classée d'après la DREAL "imperméable en grand" et est surmontée d'une couche épaisse de sédiments. Cette nappe est soumise à une pression agricole importante, affectant localement la qualité de la masse d'eau.

• Masse d'eau souterraine "FRGG143"

La seconde masse d'eau concernée est "Madeleine BV Allier" (code FRGG143). Une très infime partie de cette nappe est comprise sur la surface du périmètre de protection des sources de Vichy, mais comme il n'est pas exclu que cette zone puisse alimenter le système hydrothermal, elle est donc considérée. Il s'agit de formations de socle d'une surface totale de 1 740 km².

• Masses d'eau souterraine "FRGG128" et "FRGG052"

Les autres masses d'eau comprises dans le périmètre de protection des sources thermales de Vichy sont les masses d'eau souterraine FRGG128 "Alluvions Allier Aval" et FRGG052 "Alluvions Allier Amont" (ces masses d'eaux sont distinguées pour des raisons administratives à cause d'une limite départementale mais il s'agit en réalité de la même formation). La première présente une surface totale estimée à 249 km² et s'étend sur les départements de l'Allier, la Nièvre et le Cher. La seconde de 168 km² et s'étend sur le Puy-de-Dôme et la Haute-Loire. Au vu de sa surface, le site de Vichy ne correspond qu'à une petite partie de ces masses d'eau (cf. illustration 15). L'importance des données suivantes est donc toute relative par rapport au site étudié. Elles sont constituées d'alluvions récentes (argiles, sables, graviers) qui se répartissent de part et d'autre de la rivière sur des épaisseurs et largeurs variables. L'Allier joue un rôle prépondérant dans le maintien du niveau de ces nappes dont le niveau piézométrique correspond au niveau de la rivière. Les eaux de ces masses d'eau souterraine sont en relation directe avec les eaux de la rivière. De nombreux dépassements des normes nitrates sont répertoriés au niveau de la masse d'eau « Alluvions Allier Amont », et une grande partie de sa superficie est donc classée en zone vulnérable.

Objectifs du SDAGE

D'après le SDAGE Loire-Bretagne, les objectifs de bon état (quantitatif et chimique) des masses d'eau sont présentés par l'illustration 16. Concernant la masse d'eau FRGG051, le bon état est prévu pour 2015. Les masses d'eau FRGG143, FRGG052 et FRGG128 bénéficient d'un délai pour l'atteinte de l'objectif de bon état, prévu en 2021.

Nom ME	Code ME	Objectif état chimique	Délai état chimique	Objectif état quantitatif	Délai état quantitatif	Objectif état global	Délai état global	Critères de report ¹
Sables, argiles et calcaires du Tertiaire de la Plaine de la Limagne	FRGG051	Bon état	2015	Bon état	2015	Bon état	2015	
Madeleine BV Allier	FRGG143	Bon état	2021	Bon état	2015	Bon état	2021	CN
Alluvions Allier Amont	FRGG052	Bon état	2021	Bon état	2015	Bon état	2021	CN
Alluvions Allier Aval	FRGG128	Bon état	2021	Bon état	2015	Bon état	2021	CD ; FT

Illustration 16 : Objectifs d'état des masses d'eau souterraine du secteur de Vichy (source : Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2009)

b) Points de suivi de la masse d'eau souterraine

En 2010 d'un point de vue chimique, les masses d'eau FRGG051 et FRGG143 sont qualifiées en "Bon état", tandis que les masses d'eau alluvionnaires sont qualifiées en "Etat médiocre" (présence de nitrates et phytosanitaires, cf. illustration 17). D'un point de vue quantitatif, toutes les masses d'eau concernées par cette étude étaient en bon état en 2009.

¹ CN : Conditions Naturelles ; CD : Coûts Disproportionnés ; FT : Faisabilité Technique

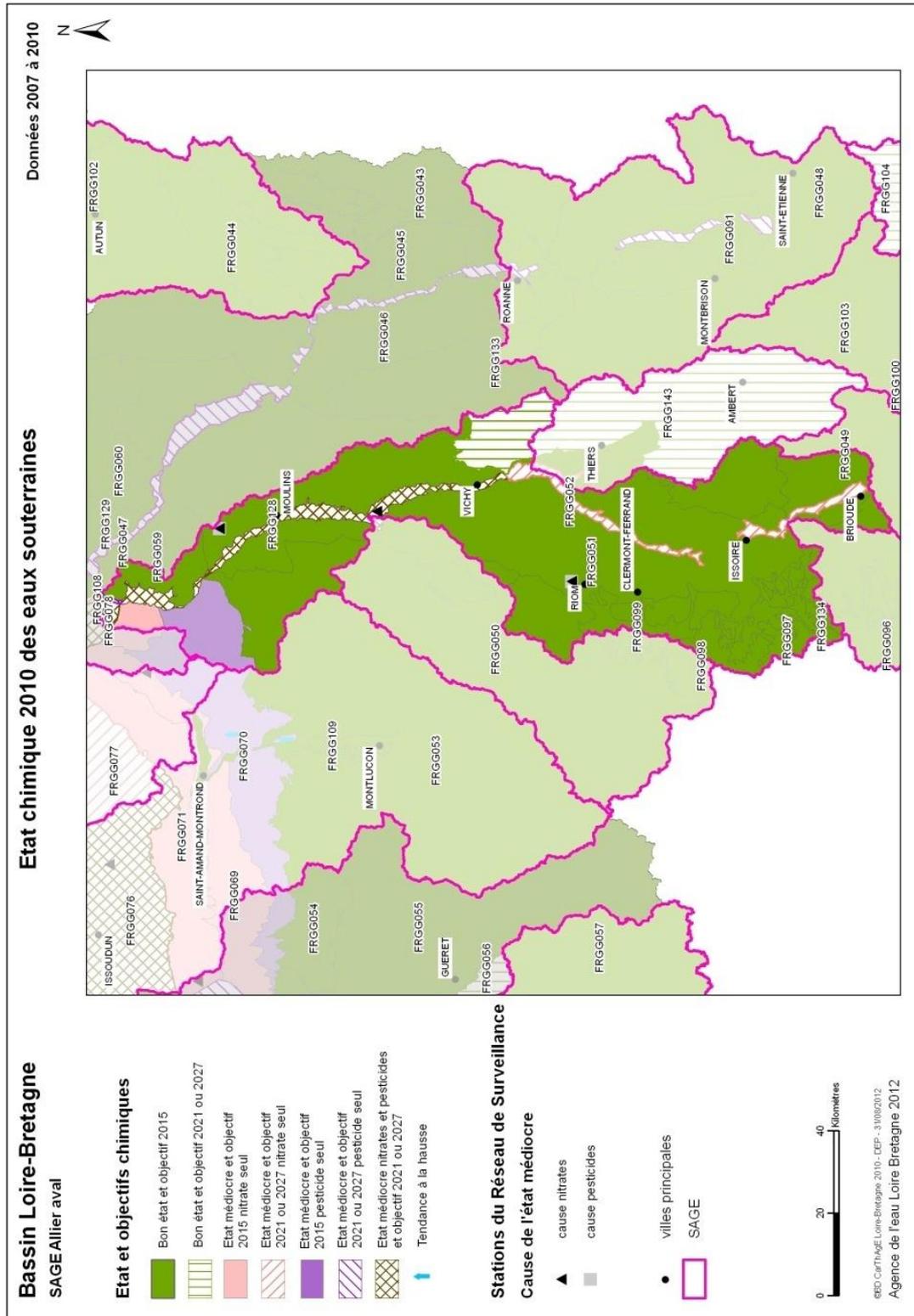


Illustration 17 : Etat chimique 2010 des masses d'eau souterraine (source : Agence de l'Eau Loire-Bretagne)

Par ailleurs, le site de Vichy est concerné par le programme de mesures élaboré dans le SAGE du bassin Allier Aval. Il s'agit d'un SAGE prioritaire dont les principaux enjeux sont :

- la gestion concertée de la plaine alluviale ;
- la gestion qualitative de la ressource en eau ;
- la gestion de la ressource en eau de la Chaîne des Puys.

L'état d'avancement en est à la phase d'élaboration (rédaction et validation du SAGE).

c) Contexte spécifique du site de Vichy

Concernant les masses d'eau superficielle, plusieurs entités ont également été identifiées sur la commune de Vichy. Il s'agit des masses d'eau présentées par les illustrations 18 et 19 ci-après. Les objectifs concernant leur état chimique et écologique sont indiqués dans le tableau, ainsi que le délai fixé pour atteindre cet objectif.

Nom ME	Code ME	Objectif état chimique	Délai état chimique	Objectif état écologique	Délai état écologique	Objectif état global	Délai état global	Critères de report ¹
Le Sichon et ses affluents depuis la source jusqu'à sa confluence avec l'Allier	FRGR 0275	Bon état	2027	Bon état	2015	Bon état	2027	
Le Jolan et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec le Sichon	FRGR 1731	Bon état	2015	Bon état	2021	Bon état	2021	CD ; FT
L'Allier de la confluence de l'Auzon jusqu'à Vichy	FRGR 0143a	Bon état	2027	Bon état	2021	Bon état	2027	CD ; FT
Le Sarmon et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Allier	FRGR 1707	Bon état	2027	Bon état	2015	Bon état	2027	
Le Beron et ses affluents depuis la source jusqu'à la confluence avec l'Allier	FRGR 1733	Bon état	2027	Bon état	2021	Bon état	2027	CD ; FT

Illustration 18 : Objectifs DCE concernant les masses d'eau superficielle du secteur de Vichy (source : eaufrance)



Illustration 19 : Localisation des masses d'eau superficielle principales et de leurs bassins versant (source : eaufrance, modifié)

d) Programme de mesures du sous-bassin "Allier aval, Dore, Sioule"

Plus généralement, des programmes de mesures sont indiqués pour les sous-bassins versant. La zone des sources du bassin de Vichy se situe dans le sous-bassin intitulé « secteur Allier aval, Dore, Sioule ». Les mesures à réaliser pour ce secteur afin d'atteindre les objectifs du SDAGE sont indiquées en annexe 2.

2.5. COMMUNICATION/SENSIBILISATION

Il n'existe pas à ce jour d'action spécifique de communication quant à la protection de la ressource thermique du site de Vichy. Aucune action de sensibilisation à la nécessité de protéger la ressource n'a été engagée de manière spécifique auprès de la population, mais il semble exister une conscience collective sur cette nécessité (cf. chapitre 3 : apport spécifique sur ce sujet).

2.6. ASPECT REGLEMENTAIRE

2.6.1. Dans le secteur de Vichy

a) Protection liée au patrimoine naturel

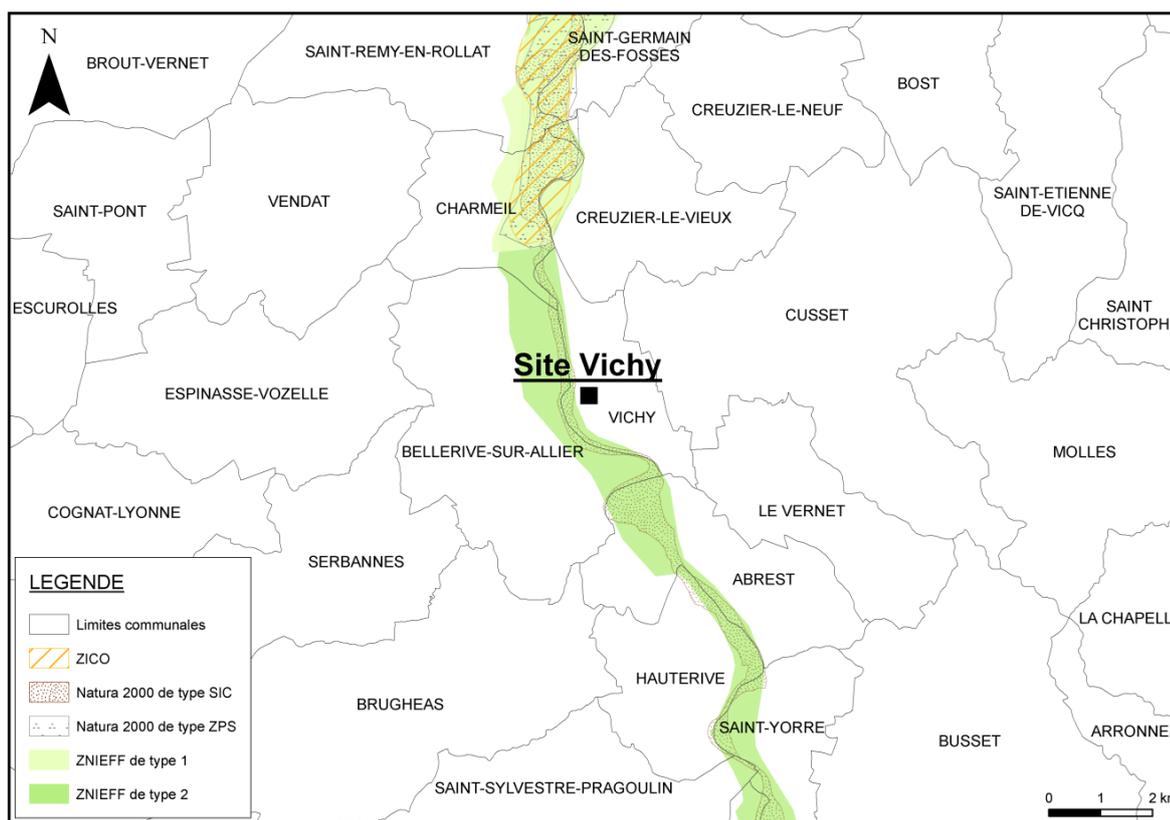
Un inventaire du patrimoine naturel français a été effectué par le Muséum National d'Histoire Naturelle. Celui-ci a donné lieu à la délimitation de zones géographiques en fonction de la richesse du patrimoine naturel qu'elles possèdent. Les objectifs d'une telle délimitation sont de mieux connaître le patrimoine français et de le protéger par une gestion adaptée des milieux naturels et des paysages.

Le secteur de Vichy est concerné par les zones présentées dans l’illustration 20.

Type d’entité	Nom de l’entité	
Zone Naturelle d’Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)	type 1	Val d’Allier Pont Boutiron-Pont de Chazeuil
	type 2	Val d’Allier
Zone d’Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO)	Val d’Allier Bourbonnais	
Site du réseau Natura 2000	type ZIC	Vallée de l’Allier Sud
	type ZPS	Val d’Allier Bourbonnais

Illustration 20 : Zones de protection liée au patrimoine naturel dans le secteur de Vichy (source : Muséum National d’Histoire Naturelle)

La localisation et l’étendue de ces zones sont précisées par la carte de l’illustration 21.



(Données du Muséum national d’Histoire naturelle)

Illustration 21 : Carte des zones de protection liée au patrimoine naturel dans le secteur de Vichy

Le secteur de Vichy n'est pas concerné par les zones de protection liées au patrimoine naturel français excepté le long de l'Allier où l'on retrouve des zones Natura 2000, ZICO et ZNIEFF. La commune n'est située dans aucun parc naturel régional.

- **Réglementation liée aux PNR**

Un Parc Naturel Régional (PNR) est créé par des collectivités territoriales. Son territoire est reconnu par l'Etat et classé par un décret ministériel pour 12 ans maximum.

Chaque PNR dispose d'une charte, signée par les collectivités locales, qui définit les orientations et les actions d'aménagement, de protection et de mise en valeur de ce territoire. Cette charte est consultée et prise en compte lors de l'établissement de documents d'urbanisme tels que les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) ou les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU).

- **Réglementation liée aux ZNIEFF**

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) jouent un rôle d'inventaire du patrimoine naturel mais ne possèdent pas de valeur juridique directe pour la protection des espaces naturels.

Ces zones constituent des outils d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire car elles doivent être considérées lors de la réalisation d'études d'impact et de documents d'urbanisme.

Il existe deux types de ZNIEFF :

- les ZNIEFF de type 1 sont définies (d'après les DREAL) comme des secteurs de superficie généralement limitée qui abritent au moins une espèce ou un milieu naturel remarquable ou rare (ex : loutre, tourbière...)
- les ZNIEFF de type 2 sont définies (d'après les DREAL) comme de grands ensembles naturels riches, peu modifiés par l'Homme ou offrant des potentialités biologiques importantes (massifs forestiers, plateaux). Les zones de type 2 peuvent inclure des zones de type 1.

- **Réglementation liée aux ZICO**

Les Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux (ZICO), aussi appelées Zones d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux, abritent des espèces d'oiseaux sauvages reconnues d'importance communautaire ou européenne. Elles n'ont pas de portée juridique directe. Certaines d'entre elles peuvent être désignées comme Zone de Protection Spéciale (ZPS), cette appellation permettant aux ZICO qui en bénéficient d'être intégrées au réseau Natura 2000.

- **Réglementation liée aux sites Natura 2000**

Le réseau Natura 2000 est un réseau européen qui regroupe des zones pour la conservation de certains types d'habitats naturels et certains types d'habitats

d'espèces (Zones Spéciales de Conservation, ZSC), et des zones pour la conservation d'espèces d'oiseaux ciblées (Zones de Protection Spéciale, ZPS).

Pour chaque site Natura 2000, l'Etat définit des objectifs de gestion durable (revus tous les 6 ans) pour le territoire concerné. Cette gestion doit concilier la protection du patrimoine naturel classé et les activités anthropiques.

b) Protection liée à des captages AEP

Les captages AEP (Alimentation en Eau Potable) disposent de périmètres de protection immédiate (PPI), rapprochée (PPR) et (dans la plupart des cas) éloignée (PPE) régis par des réglementations particulières.

- Réglementation liée au périmètre de protection immédiate (PPI)

Un périmètre de protection immédiate délimite une zone où toute activité est strictement interdite et où aucun produit toxique ne peut être stocké.

Un périmètre de protection immédiate est très généralement de dimension réduite (quelques centaines de m² au plus) et concerne une section de terrain située aux alentours proches du captage.

- Réglementation liée au périmètre de protection rapprochée (PPR)

Un périmètre de protection rapprochée délimite une zone où toutes les activités potentiellement polluantes sont interdites ou soumises à une réglementation rigoureuse. Il peut s'agir de rejets, d'épandage (compost, produits phytosanitaires, boues de stations d'épuration,...), de zones de stockage (produits dangereux), de la construction et de la modification de voies de communication, d'exploitation de matériaux ou encore de la création ou de l'agrandissement de cimetières.

- Réglementation liée au périmètre de protection éloignée (PPE)

L'établissement d'un périmètre de protection éloignée n'est pas obligatoire. Ce périmètre peut être mis en place pour limiter les activités pouvant polluer la ressource captée, grâce à une réglementation spécifique.

Dans un périmètre de protection éloignée, aucun projet ne peut être interdit mais tout projet doit prouver qu'il ne présente pas de risque environnemental pour les captages.

Secteur de Vichy

Les périmètres de protection établis au titre de l'AEP dans le secteur de Vichy sont reportés sur la carte de l'illustration 22.

D'un point de vue général, il est intéressant de disposer de ces informations afin d'apprécier la protection relative d'un secteur donné en lien avec des protections mises en place pour l'AEP. Il existe plusieurs périmètres de protection des captages AEP dans le secteur, dont certains d'une superficie assez importante (à proximité de l'Allier notamment).

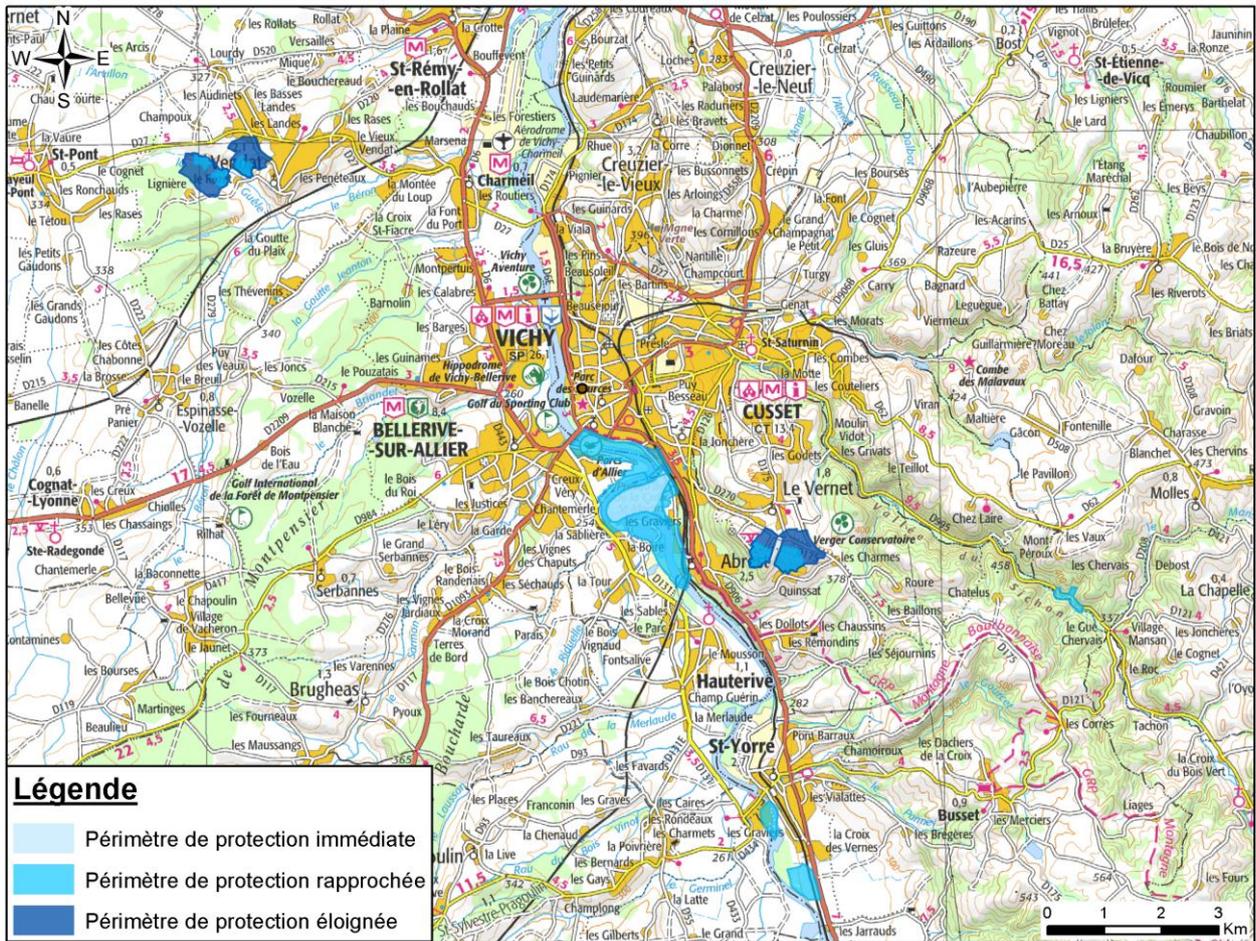


Illustration 22 : Carte des périmètres de protection établis au titre de l'AEP dans le secteur de Vichy (source : ARS)

2.6.2. Au niveau des émergences d'eau minérale

Le site de Vichy bénéficie de protections établies au titre de plusieurs Déclarations d'Intérêt Public (DIP). Ce point fait l'objet du chapitre 3 du rapport. L'analyse de la protection des sources d'eau thermale de Vichy constitue en effet le point d'analyse spécifique qui est valorisé dans le cadre du projet PRESCRIRE.

3. Apport spécifique du site « test » étudié au projet PRESCRIRE

3.1. NOTION D'APPORT SPECIFIQUE

Il convient de rappeler que le projet PRESCRIRE a pour objet d'apprécier les conditions de préservation de la qualité de la ressource en eau souterraine et de protection du gisement sur la base de l'analyse de plusieurs sites « test ». Vichy est un de ces sites « test ».

Pour chaque site « test » analysé, il a été retenu d'identifier un point fort spécifique, de manière à illustrer, à partir de l'exemple², l'intérêt de réaliser telle ou telle investigation ou de mener telle ou telle action pour faire avancer la problématique.

Divers points forts ont émergé des réflexions entreprises entre les partenaires du projet PRESCRIRE (exploitants, institutions, collectivités, équipe de projet BRGM) et les experts thématiques du BRGM (géologues, structuralistes, géochimistes, hydrogéologues, ...).

La connaissance, clé de la compréhension d'un système, concerne de multiples domaines. Les experts consultés ont permis d'apporter leur expérience (de recherche notamment) à la notion de caractérisation d'un contexte hydrogéologique dans son environnement (naturel et anthropique). Quelques points forts spécifiques ont ainsi d'ors et déjà été listés pour guider la démarche. On citera :

- analyse isotopique pour juger de la présence ou non d'éventuels mélanges entre eaux aux durées de transit distinctes (eau ancienne et eau récente) ;
- définition de la signature isotopique élémentaire d'une ressource locale pour disposer d'éléments d'appréciation quant au secteur de recharge du gisement ;
- analyses chimiques pour apprécier le transit en profondeur et les conditions d'acquisition de la minéralisation (contact eau/roche) ;
- analyse physico-chimique de détail (éléments traces) du fluide exploité et calage des résultats sur le fond géochimique régional pour juger de la présence ou non d'une anomalie géochimique (naturelle) locale ;
- étude de la caractérisation structurale d'un contexte local d'émergence pour apprécier l'extension relative d'un secteur d'émergence ;
- étude cartographique géologique à l'échelle locale pour caractériser les différents faciès et pour relativiser le rôle des différents horizons ;

² Chaque site « test » a contribué, par son implication dans la réflexion menée par le projet et financièrement, à la réalisation d'investigations complémentaires (sommaires et très ciblées) destinées à illustrer une composante spécifique des notions de préservation et de protection.

- analyse en laboratoire d'échantillons de roches (microscope polarisant) pour caractériser la composition des roches et apprécier leur structure interne ;
- essais d'interférence entre ouvrages par approche numérique spécifique (diagnostic, modélisation des données numériques) pour apprécier la compartimentation hydrogéologique locale (géométrie, perméabilité, flux) ;
- analyse de la perception sociétale de la (des) commune (s) impliquée (s) dans un secteur à protéger, pour apprécier la nécessité relative de communiquer sur la notion de protection et sur les contraintes environnementales ;
- étude d'un mode de communication / sensibilisation de l'environnement humain d'un site à protéger à l'aide d'un outil de vulgarisation (plaquette) ;
-

Cette liste, non exhaustive, ne constitue qu'une première énumération de points forts qui pourront, très probablement, être pris en compte dans le cadre de l'analyse des sites « test », selon les particularités locales.

3.2. APPORT SPECIFIQUE DU SITE DE VICHY

Le partenariat établi dans le cadre du projet PRESCRIRE avec le gestionnaire du site « test » de Vichy s'est avéré tout particulièrement intéressant du fait d'une protection très ancienne établie à partir d'une DIP et d'un périmètre associé. Cette procédure, spécifique aux eaux minérales, pour un site à activité anthropique forte, est en effet un exemple pertinent pour apprécier le mode de fonctionnement d'une telle protection réglementaire.

L'apport spécifique du site a ainsi concerné :

- l'évaluation de l'intérêt relatif d'un périmètre de protection dans un contexte urbain, au regard des connaissances hydrogéologiques disponibles ;
- l'impact d'un tel périmètre au regard d'autres activités utilisatrices des eaux souterraines avec, en particulier, la notion de conflit d'usage que peut induire un tel périmètre de protection ;
- les modalités de l'ancrage dans la "vie courante" de la protection réglementaire en place et de la manière dont cette protection est intégrée à tous les projets qui touchent le secteur.

3.2.1. Protection des eaux minérales de Vichy au plan technique

Sur le plan technique, le site de Vichy dispose du plus ancien périmètre de protection établi au titre d'une DIP. Il est à ce titre très intéressant de l'analyser pour comprendre pourquoi et comment il a été défini.

Le périmètre de protection des sources de Vichy est né de ce qui a parfois été appelé "la guerre des sources". Il s'est agi à l'époque de contrôler les multiples exploitations anarchiques de l'eau minérale du secteur réalisées en de nombreux sites, sans sécurité particulière pour la qualité des eaux extraites et pour le gisement.

Le tableau ci-après récapitule les dates des arrêtés d'autorisation d'exploiter pour les sources utilisées pour le thermalisme, ainsi que les dates des décrets instituant le périmètre de protection (cf. illustration 23).

Sources	Communes	AMA	DIP	DPP
Antoine	Bellerive-sur-Allier	29/03/1996		
Boussange	Bellerive-sur-Allier	29/03/1996	04/08/1929	17/04/1930
Célestins	Vichy	05/04/1989	23/01/1861	17/05/1874
Nouvelle Chomel	Vichy	29/03/1996		
Grande-Grille	Vichy	05/04/1989	23/01/1861	17/05/1874
Hôpital	Vichy	05/04/1989	23/01/1861	17/05/1874
Lucas	Vichy		23/01/1861	17/05/1874
Dôme	Abrest	06/09/1899	03/07/1934	
Lys	Abrest	07/07/1908	04/08/1929	17/04/1930

AMA : Arrêté Ministériel d'Autorisation d'exploiter à l'émergence

DIP : Décret de Déclaration d'Intérêt Public

DPP : Décret instituant un Périmètre de Protection

Illustration 23 : Dates des arrêtés et décrets relatifs aux sources utilisées pour le thermalisme

Il existe 2 périmètres de protection emboîtés :

- celui de Cusset (76 ha 66 a) inclus dans celui de Vichy, datant de 1879 ;
- celui de Vichy (15600 ha) datant de 1874 et modifié en 1895, 1901, 1907 et 1930. Le décret de DIP date de 1861 et celui de DPP de 1874.

Le périmètre le plus large concerne entièrement ou en partie les communes suivantes : Vichy, Bellerive-sur-Allier, Vendat, Charmeil, St-Remy-en-Rollat, Creuzier-le-Vieux, Cusset, Espinasse-Vozelle, Serbannes, Brugheas, Hauterive, Abrest, Le Vernet, Saint-Yorre, Mariol, St-Sylvestre-Pragoulin, St-Priest-Bramefant.

Les deux périmètres sont délimités sur la carte présentée sur la page suivante (illustration 24).

La protection en place concerne la sécurité d'exploitation des sources qui alimentent les établissements thermaux gérés par la Compagnie de Vichy, mais également les sources exploitées pour l'embouteillage par la Société Commerciale des Eaux Minérales du Bassin de Vichy (SCBV).

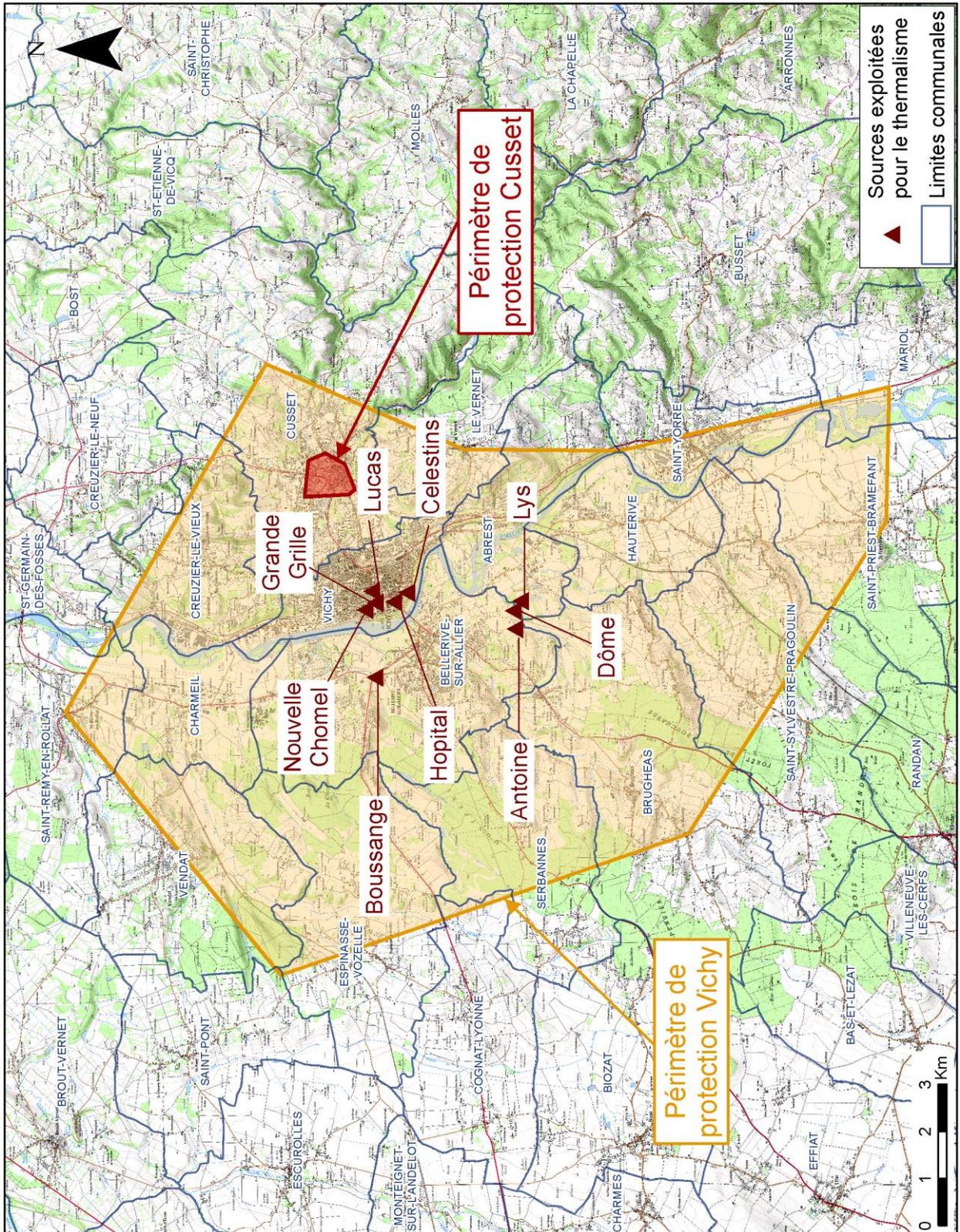


Illustration 24 : Localisation des périmètres de protection de Vichy et de Cusset

La protection établie est jugée importante et reconnue utile par l'exploitant des eaux thermales du secteur (La Compagnie de Vichy) car, dans un contexte urbain très dense, où se situent plusieurs sources, le périmètre permet d'éviter tous travaux souterrains susceptibles de modifier la pression relative des aquifères. Le maintien d'une sous-pression en centre-ville permet d'éviter toute inversion de flux au niveau des sources exploitées. Le maintien de l'artésianisme jaillissant constitue une sécurité d'exploitation indispensable au bon fonctionnement des installations. Ceci est vrai également dans le secteur des sources Dôme ou Lys.

Pour ce qui concerne les forages d'exploitation de la ressource en profondeur (cf. forages Boussange et Antoine), il convient de rappeler que l'exploitation de ces niveaux se fait dans un gisement dont on ne connaît que peu de chose quant au fonctionnement et à la géométrie. Ainsi il est difficile de juger de l'adéquation et de la pertinence du périmètre en place et du risque relatif, vis-à-vis de la ressource thermique, d'exploitation d'eau souterraine depuis des niveaux producteurs plus superficiels.

La difficulté dans la gestion actuelle du système hydrothermal de Vichy vient du fait qu'en l'absence d'une connaissance précise du fonctionnement du système hydrothermal, il n'est pas aisé de juger si telle ou telle exploitation de niveaux aquifères peu profonds (c'est-à-dire d'une profondeur faible au regard des venues thermales profondes), interfère ou non, et de manière durable³, avec des exploitations d'eau thermique autorisées. A ce titre, divers projets, notamment de géothermie très basse température, ont des difficultés à se développer dans cet environnement sécuritaire que représente le périmètre de protection en place.

Pour lever les incertitudes au plan technique, il conviendrait de procéder à une caractérisation très précise de tout le système avec modélisation globale de l'ensemble des phénomènes afin de pouvoir simuler différents scénarii et apprécier par simulation si tel ou tel projet est compatible avec la protection globale du gisement.

Un tel modèle, très complexe à concevoir, nécessite de réaliser un véritable projet de recherche interdisciplinaire (géologie + géophysique + hydrogéologie + géochimie + modélisation) pour aboutir à un outil d'aide à la décision, à l'attention des décideurs, et promouvoir une gestion globale sécurisée des eaux souterraines du bassin de Vichy.

La démarche préconisée pour un tel projet de recherche est explicitée, sur le principe et sur la base d'exemples virtuels, en annexe 3. Un tel projet nécessite, au vue de la complexité du bassin de Vichy, des moyens très conséquents.

Ce paragraphe sur l'approche technique relative au périmètre de protection du bassin de Vichy montre que, pour ce type de gisement très complexe, pour lesquels de nombreux enjeux d'exploitation d'eau souterraine existent, seule une connaissance approfondie du fonctionnement du système peut permettre de décider, de manière sereine et pertinente, des capacités de production relative de différents horizons aquifères.

³ La caractérisation de l'impact d'une exploitation de niveaux peu profonds sur un gisement thermal profond peut nécessiter des suivis de très longue durée. Le caractère durable d'une interférence entre différents niveaux producteurs (ou l'absence d'interférence) n'est pas, ainsi, aisé à définir.

A ce titre, le projet souligne l'importance de promouvoir des projets de recherche d'ampleur, à l'échelle d'une entité hydrogéologique globale.

3.2.2. Protection des eaux minérales de Vichy au plan de la communication et des usages

La protection des eaux minérales du bassin de Vichy date de la fin du dix-neuvième siècle. La communication autour de la nécessité et de l'intérêt de protéger les sources d'eau minérale est très ancienne et, au fil du temps, le concept même de protection s'est ancré dans les esprits.

Une véritable "conscience collective" est née de l'information et de la sensibilisation à la protection qui est faite depuis plus d'un siècle. Personne, semble-t-il, n'ignore qu'il existe une DIP et un périmètre de protection pour le secteur de Vichy, que ce soit les services publics, les entreprises ou même les habitants.

Cette conscience collective fait que tout le monde sait qu'il convient de prendre des précautions lorsqu'il s'agit de réaliser des travaux souterrains. Les différents porteurs de projets sont habitués à prendre en compte cette composante au niveau des études d'impact.

Au plan des usages, la protection dont bénéficie le bassin de Vichy constitue une certaine entrave au développement de projets qui souhaitent valoriser les niveaux aquifères peu profonds. Le principe de précaution est appliqué pour toute demande de travaux souterrains formulée par les maîtres d'ouvrage. Ce "frein" relatif à la validation de nombreuses initiatives, qui visent à utiliser le sous-sol pour diverses activités (géothermiques notamment), se comprend mais, dans certains secteurs, on peut se demander s'il est totalement justifié. A ce titre, seule une meilleure compréhension du fonctionnement du gisement avec, peut-être, une redéfinition des limites du périmètre de protection permettra demain de faire évoluer la situation.

Au titre de la redéfinition du périmètre de protection, on pourrait par exemple envisager une délimitation en 3D, c'est-à-dire avec des niveaux d'interdiction différentiels selon la profondeur considérée, selon les secteurs.

Une telle redéfinition n'est pas envisageable aujourd'hui car cela signifie une connaissance 3D du système aux plans de la géométrie et du comportement hydraulique, ce qui n'est pas le cas au stade actuel des connaissances.

3.3. APPORT DU SITE « TEST » ETUDIE / RECOMMANDATIONS

Le partenariat établi avec le site « test » de Vichy dans le cadre du projet PRESCRIRE a permis de présenter la problématique de la mise en place d'une protection sur un territoire donné, de surface importante, au regard d'autres projets envisagés sur ce territoire avec une composante sous-sol notable.

Le projet PRESCRIRE a bénéficié de l'expérience du site de Vichy qui est le plus ancien et le plus grand périmètre de protection établi en faveur d'une activité économique majeure (cf. établissement thermal).

L'étude du site test de Vichy est exemplaire pour illustrer comment une disposition réglementaire remarquable (il n'existe qu'une quarantaine de périmètres de protection établis au titre de DIP en France) parvient, avec le temps, à s'ancrer dans les esprits et à induire des comportements responsables vis-à-vis de la protection du sous-sol.

L'étude permet d'expliquer l'intérêt d'une procédure DIP/DPP ancienne, mais également les difficultés à faire vivre son application dans le cadre d'une évolution de l'usage des eaux souterraines (cf. géothermie).

Il ressort de l'étude du site test de Vichy que, bien qu'ancienne, la procédure de DIP/DPP est un atout de nos jours pour protéger un territoire, mais que sa mise en application nécessite une connaissance approfondie du fonctionnement du gisement concerné, à défaut de quoi le principe de précaution risque de l'emporter sur le droit à disposer du sous-sol pour d'autres usages.

Sur la base des réflexions menées pour ce site, il est recommandé, pour Vichy :

- de maintenir ses actions de communication et de sensibilisation à la nécessité de protéger un gisement sensible. La sensibilisation est déjà certes ancrée dans les esprits et dans le mode de fonctionnement local, mais il convient de rester vigilant sur l'application des contraintes imposées ;
- de rechercher les partenariats entre usagers du sous-sol du secteur pour acquérir une meilleure connaissance du fonctionnement du gisement et, sur cette base, de permettre l'ouverture (si elle est jugée possible) à d'autres projets relatifs à la valorisation des ressources du sous-sol.

4. Conclusion

L'étude du site « test » de Vichy réalisée dans le cadre du programme PRESCRIRE a permis de noter les différentes composantes qui caractérisent la préservation de la qualité des eaux thermales de Vichy et la protection du gisement.

Il ressort de l'analyse du site de Vichy les points essentiels suivants :

- le circuit hydrominéral des eaux de Vichy est particulièrement complexe. Les eaux thermales sont exploitées via des sources qui émergent en surface, en centre-ville avec une protection liée essentiellement à la sous-pression locale (et à l'absence de travaux souterrains) et par des forages qui exploitent une composante minéralisée profonde, bien protégée des niveaux superficiels ;
- le périmètre de protection établi au titre de la DIP est le plus ancien et le plus important (en surface) de France. Ce périmètre permet, compte tenu des contraintes qu'il impose aux travaux dans le sous-sol, une protection efficace des eaux minérales exploitées pour l'usage thermal ;
- la nécessité (et l'obligation) de protéger le sous-sol du secteur, en lien avec l'existence du périmètre de protection établi depuis plus d'un siècle, est ancré dans l'inconscient collectif. A ce titre, la protection des eaux souterraines du secteur est efficace. En contrepartie, le principe de précaution étant appliqué, peu (ou pas) de projets relatifs à une utilisation du sous-sol (notamment la géothermie) trouvent les moyens de se réaliser.

Dans ce contexte, et compte-tenu de la situation particulière de Vichy, le programme PRESCRIRE a été orienté sur la problématique de la gestion de l'exploitation des eaux souterraines dans des systèmes hydrothermaux complexes soumis à une protection établie au titre d'une DIP.

L'exemple du site « test » de Vichy montre que la gestion d'usages multiples dans un contexte hydrogéologique complexe nécessite d'acquérir une connaissance scientifique affirmée du fonctionnement du système pour permettre de gérer, en toute sécurité, plusieurs exploitations.

En d'autres termes, l'étude du site de Vichy montre qu'il est nécessaire de promouvoir des moyens conséquents pour caractériser les systèmes, s'ils sont complexes, lorsque l'on veut décider en connaissance de cause d'une exploitation optimale. Cela nécessite (le site test de Vichy en est un exemple) de promouvoir des projets de recherche interdisciplinaires (géologie + géophysique + hydrogéologie + géochimie + modélisation) pour disposer des outils de simulations nécessaires aux prises de décision attendues en matière de développement de certains projets liés aux eaux souterraines.

Il est recommandé au site de Vichy de maintenir une sensibilisation forte autour de l'existence même du périmètre de protection, mais également de chercher à mieux comprendre son hydrosystème pour permettre à d'autres projets, en lien avec les eaux souterraines, d'émerger, dans le respect de l'usage thermal en place. L'objectif est d'œuvrer à l'élaboration d'un schéma de gestion concertée de la ressource.

Annexe 1.

Eléments de bibliographie

Bertin C. et Rouzaire D. (2004) - Amélioration de la connaissance des ressources en eau souterraine des sites thermaux en Auvergne - Site du bassin de Vichy (03). Rapport BRGM RP-53095-FR, 169 p.

Genter A. avec la collaboration de Giot D., Lieutenant N., Nehlig P., Rocher Ph., Roig J.-Y., Chevremont Ph., Guillou-Frottier L., Martelet G., Bitri A., Perrin J., Serrano O., Courtois N., Vigouroux Ph., Négrel Ph., Serra H. et Petelet-Giraud E. (2003) - Méthodologie de l'inventaire géothermique des Limagnes : projet COPGEN. Compilation des données. Rapport BRGM RP-52644-FR, 122 p.

Pomerol C. et Ricour J. (1992) - Terroirs et thermalisme de France. Editions BRGM.

Inventaire des sources d'eau minérales naturelles en France (1998) - Annales des Mines.

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

Vigouroux P. (2005) - Guide qualité pour la ressource en eau minérale et thermale. BRGM Editions. Collection scientifique et technique.

Sites de données environnementales consultés :

- Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service (BASIAS) <http://basias.brgm.fr/> ;
- Base de données sur les Sites et Sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif (BASOL) <http://basol.ecologie.gouv.fr/> ;
- Base de données des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr ;
- Portail d'information sur l'assainissement communal <http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/> ;
- Portail de l'eau, Service public d'information sur l'eau <http://www.eaufrance.fr>.

Annexe 2.

Programme de mesures secteur Allier aval, Dore, Sioule

ALLIER ET LOIRE AMONT

Secteur Allier aval, Dore, Sioule



SAGE

- Allier aval
- Dore
- Sioule
- Loire Amont

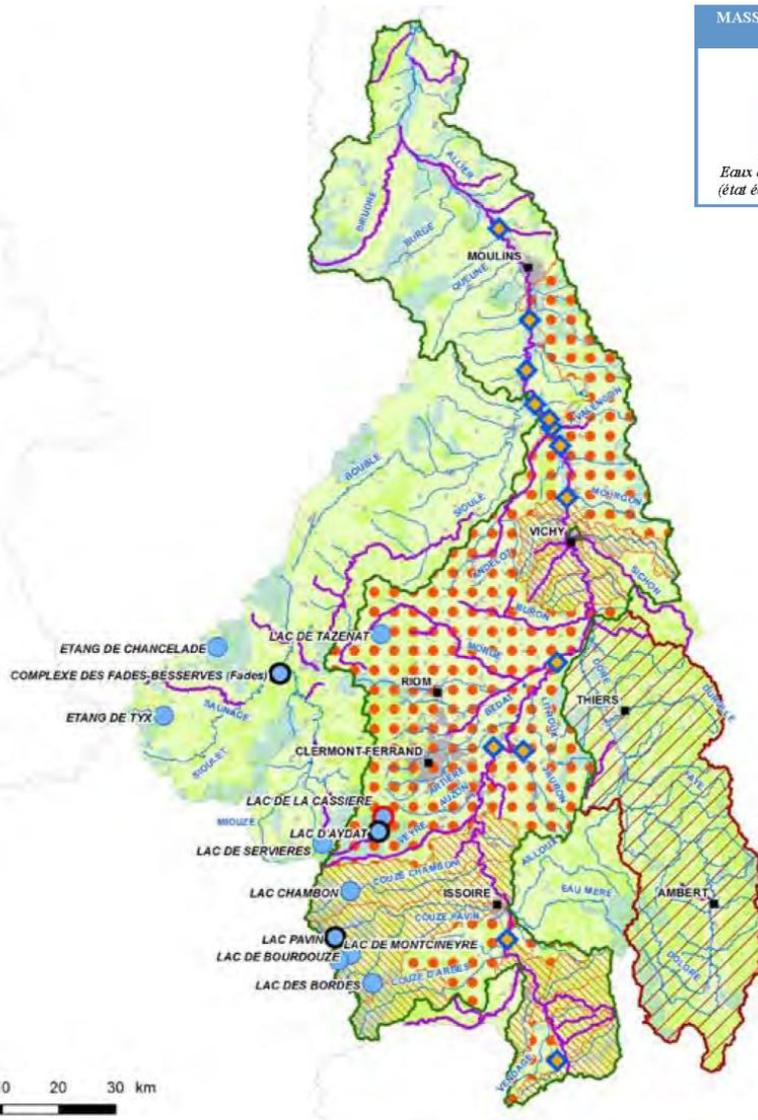
ENJEUX MAJEURS POUR LE PROGRAMME DE MESURES

Morphologie

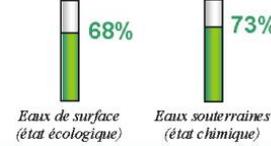
-Enfoncement de la ligne d'eau
-Dynamique d'érosion, transport, dépôt de sédiments

Pollutions d'origine agricole
-Qualité des eaux superficielles et souterraines
-Drainage

Zones humides
Restauration :
-Patrimoine et biodiversité
-Fonctions épuratoires et régulatrices



MASSES D'EAU AVEC OBJECTIF BON ETAT 2015



plans d'eau	Occupation des sols (Corine Land Cover) IFEN - 2006	zones artificialisées
cours d'eau		zones agricoles
zones humides		zones et milieux semi-naturels

AELB 2009, réalisation ECODECISION - COPIES ET REPRODUCTIONS INTERDITES IGN BD CARTO 2006 BD CARTAGE Loire Bretagne 2008

Zone application	Codes	Intitulé de la mesure	Maîtrise d'ouvrage	Coût (M€)	Mise en œuvre
POLLUTIONS COLLECTIVITES et INDUSTRIELS					
	01B1	Améliorer la collecte, le stockage et transfert des eaux usées vers les stations d'épuration (temps de pluie)	Collectivités	21	R
	02C3	Améliorer le traitement des rejets collectifs des agglomérations < 2000 EH	Collectivités	0,97	R
	06E1	Mettre en conformité des stations industrielles pour maîtriser les rejets de micropolluants	Industriels	-	R
	08B6 08E1	Réduire les apports en pesticides par les collectivités et par les infrastructures publiques - Elaborer des plans de désherbage communaux - Utiliser des techniques alternatives	Collectivités	3,6	C
PLANS D'EAU					
	05A1	Etudes et/ou mise en œuvre de mesures spécifiques sur les plans d'eau afin de réduire l'eutrophisation - Etude du fonctionnement du plan d'eau (définition des mesures préventives et curatives) - Gestion optimisée du plan d'eau - Travaux curage, décantation et/ou valorisation en queue de retenue	Collectivités /Propriétaires	1,8	C
	05A2				
POLLUTIONS D'ORIGINE AGRICOLE					
	08B2 08B3	Améliorer l'animation/coordination à une échelle de bassin versant dans le domaine agricole Réaliser des diagnostics d'exploitation	Agriculteurs	3,1	C
	08D2	Equiper des exploitations agricoles pour maîtriser les pollutions ponctuelles par les pesticides	Agriculteurs	22	C
	08E30	Améliorer les pratiques agricoles	Agriculteurs	47	F/C
		- Planter des cultures intermédiaires en période de risque - Limiter les transferts par des dispositifs tampon - Améliorer les pratiques agricoles pesticides et/ou utiliser les techniques alternatives - Améliorer les pratiques agricoles de fertilisation - Faire évoluer les systèmes de production (agriculture biologique, systèmes fourragers économes en intrants...)			
HYDROLOGIE					
	09E1	Mettre en place une gestion volumétrique collective Mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle	Etat /Collectivités	0,21	C
MORPHOLOGIE					
	11A3	Animer et planifier les travaux - Mettre en place ou pérenniser une structure d'animation - Développer des démarches de maîtrise foncière le long des cours d'eau	Collectivités /Propriétaires	2,2	C
	13A2	Restaurer la morphologie du lit mineur pour restaurer les habitats aquatiques	Collectivités /Propriétaires	25	C
	13A3	Restaurer les biotopes et les biocénoses - Découler, restaurer, créer des frayères à salmonidés - Gérer les espèces envahissantes, embâcles, atterrissements	Collectivités /Propriétaires	13	C
	13B1 13B2 13B3	Intervenir sur les berges et la ripisylve - Gérer les espèces envahissantes, restaurer - Restaurer par génie végétal, relautage et stabilisation de berges, plantations	Collectivités /Propriétaires	12	C
	13C2 13C3	Gérer, aménager ou supprimer les ouvrages existants Améliorer la gestion hydraulique, modifier les ouvrages, créer des vannes de fond, aménager des passes à poissons...	Collectivités /Propriétaires	0,98	C
	13D1	Améliorer la connectivité latérale Reconnecter et restaurer des bras morts, prairies humides, créer des frayères à brochet...	Collectivités /Propriétaires	2,6	C
	ZONES HUMIDES				
	14C1 14C2 14D1	Gérer, entretenir et restaurer les zones humides - Mettre en place des conventions de gestion - contractualisation (dont mesures agro-environnementales zones humides) - Acquérir des zones humides - Restaurer les fonctionnalités des zones humides	Collectivités/ Propriétaires/ Agriculteurs	12	C/F

Mesure non zonée à appliquer en fonction d'enjeux locaux spécifiques.

Captages prioritaires : les mesures pertinentes sur les pollutions d'origine agricole s'appliquent à l'aire d'alimentation de ces captages

R : dispositions réglementaires

F : incitations financières

C : accords négociés

Annexe 3.

Recherche interdisciplinaire relative à un hydrosystème complexe

Recherche interdisciplinaire relative à un hydrosystème complexe

Le principe d'une recherche interdisciplinaire repose sur le fait que tout phénomène complexe nécessite certes d'aborder chacune des composantes qui le caractérise mais, qu'en outre, il est judicieux de travailler sur les interactions qui existent entre ces différentes composantes.

Chaque composante qui caractérise un phénomène complexe constitue une pièce du puzzle de la compréhension de ce phénomène. Elle est nécessaire mais non suffisante à la compréhension du phénomène dans sa globalité. L'apport spécifique de chaque composante se doit d'être confronté à celui des autres composantes.

C'est ce concept qui est développé dans le cadre des recherches interdisciplinaires sur les hydrosystèmes complexes. Les composantes en cause, pour les eaux minérales, sont les disciplines qui caractérisent les études de gisement avec la **géologie** comme base fondamentale, l'**hydrogéologie** comme outil d'appréciation de la dynamique des écoulements, la **géochimie** comme outil de compréhension de la qualité acquise et la **modélisation** comme outil intégrateur, voire de gestion, à différents niveaux.

Le synoptique de la figure 1 permet d'apprécier le concept d'une recherche interdisciplinaire telle qu'elle est mise en œuvre par l'unité de recherche NRE du BRGM pour l'étude d'un hydrosystème complexe.

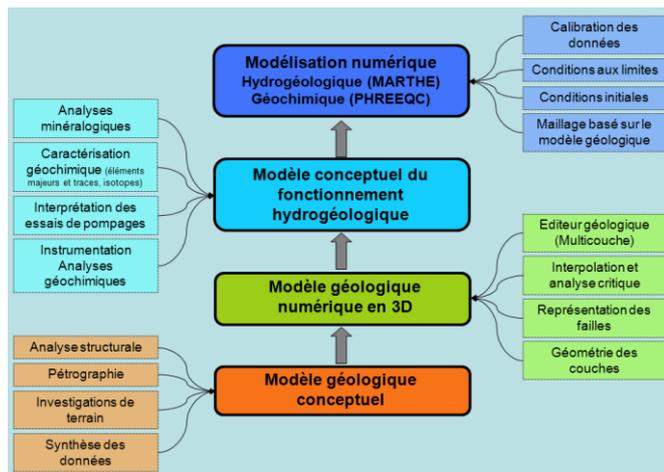


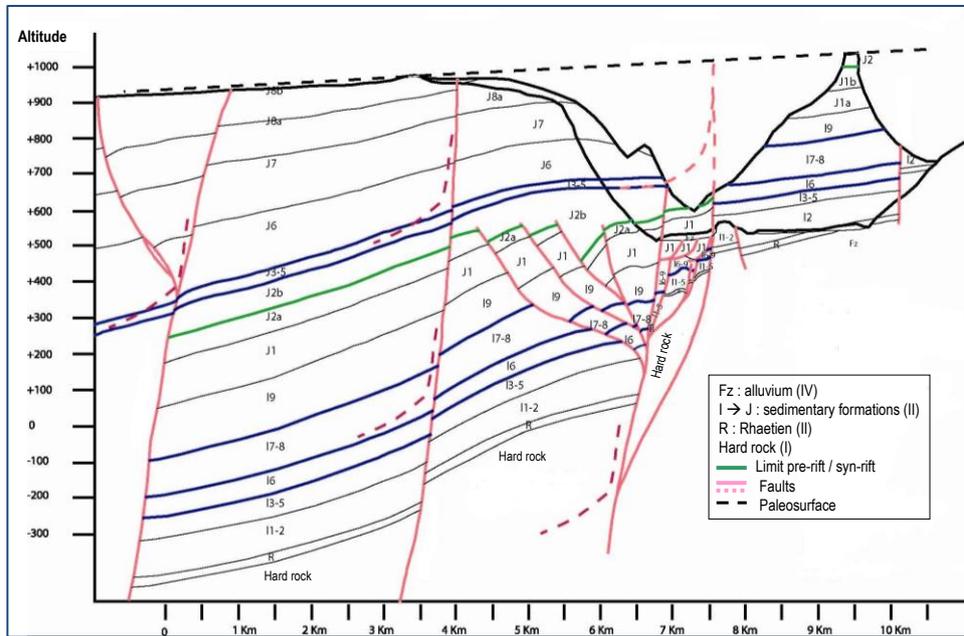
Figure 1 : Synoptique d'une recherche interdisciplinaire pour hydrosystème complexe - ©Brgm

Toutes les disciplines en cause participent à l'assemblage global de ce qui permet de caractériser, in fine, un gisement hydrominéral. Sans entrer dans le détail de toutes les facettes qui composent le schéma, quelques notions majeures d'importance spécifique des différentes disciplines sont explicitées ci-après.

Les disciplines en jeu pour la compréhension d'un hydrosystème complexe :

La **géologie** constitue la discipline de base pour l'analyse d'un site hydrominéral. Un travail de terrain conséquent (affleurements, indices structuraux) couplé à une compilation de l'ensemble des données disponibles et/ou à l'acquisition, si besoin, de données complémentaires (lame-mince, pétrographie) doit être mené sur le secteur

concerné pour permettre d'élaborer un modèle géologique conceptuel initial (cf. exemple en figure 2).



Le modèle géologique conceptuel élaboré peut, dès qu'il est suffisamment consolidé, être transposé sous forme numérique 2D, voire 3D, si les données le permettent⁴ (cf. exemple en figure 3).

Le modèle en version initiale permet de simuler un certain nombre de scénarios avec différentes contraintes géométriques (failles, biseautage de certaines formations ...). Il s'appuie essentiellement sur les observations de terrain et les données géologiques disponibles (forages, géophysique).

L'approche géologique peut être conduite jusqu'à une modélisation complexe à l'aide, par exemple de modèles géologiques complets à l'image de GDM⁵ (cf. exemple en figure 3). L'objectif de l'approche géologique est de disposer d'une géométrie de référence du contexte local, notamment sous forme numérique, pour pouvoir vérifier, par comparaison avec les autres approches (hydrogéologie et géochimie), que la référence établie correspond à la réalité.

⁴ L'élaboration d'un modèle géologique 3D requière une somme de données très conséquente à défaut de quoi les hypothèses de travail ne présentent pas une consolidation suffisante pour avancer dans la réflexion. En d'autre terme, le calage du modèle doit être aussi puissant que possible pour que la modélisation soit pertinente.

⁵ GDM est un de ces logiciels, issu du savoir-faire du BRGM dans la reconnaissance géologique. GDM sert à la gestion, la représentation et la modélisation des données géologiques. Il permet de faire des vues 3D, des coupes, des cartes et des logs de sondages.

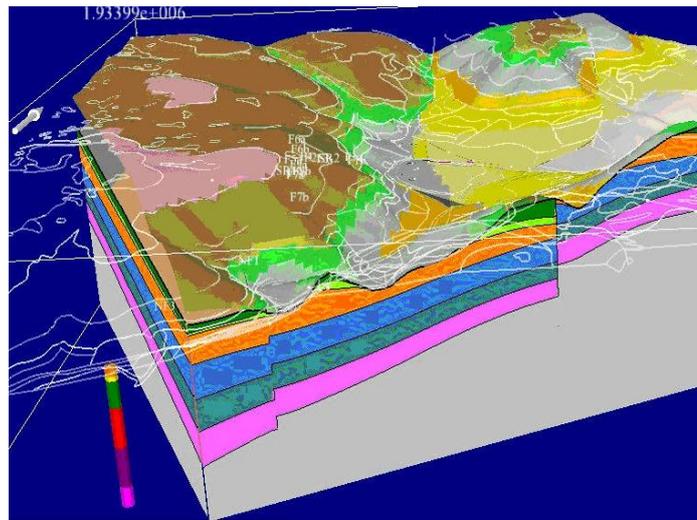


Figure 3 : Géologie – Visualisation 3D d'un gisement - ©Brgm

L'**hydrogéologie** est une deuxième discipline⁶ à prendre en compte dans le cadre d'une démarche interdisciplinaire. Elle revêt plusieurs formes : (i) le bilan hydrogéologique permet de quantifier les principaux flux d'eau d'un gisement ; (ii) l'analyse de la piézométrie permet de comprendre les écoulements souterrains ; (iii) l'étude des relations pluie-débit ou pluie-piézométrie permet d'appréhender l'impact de la recharge sur l'état du réservoir ; (iv) les pompages d'essais permettent de caractériser le comportement hydrodynamique du réservoir au droit des ouvrages. Dans ce dernier cas, il s'agit de transposer un contexte hydrogéologique observé en un modèle hydrodynamique théorique paramétré (cf. exemple en figure 4). Il s'agit en outre de procéder au calage des courbes observées sur des courbes théoriques (cf. exemple en figure 5) qui représentent chacune d'elle, avec leurs algorithmes propres, un modèle hydrodynamique spécifique.

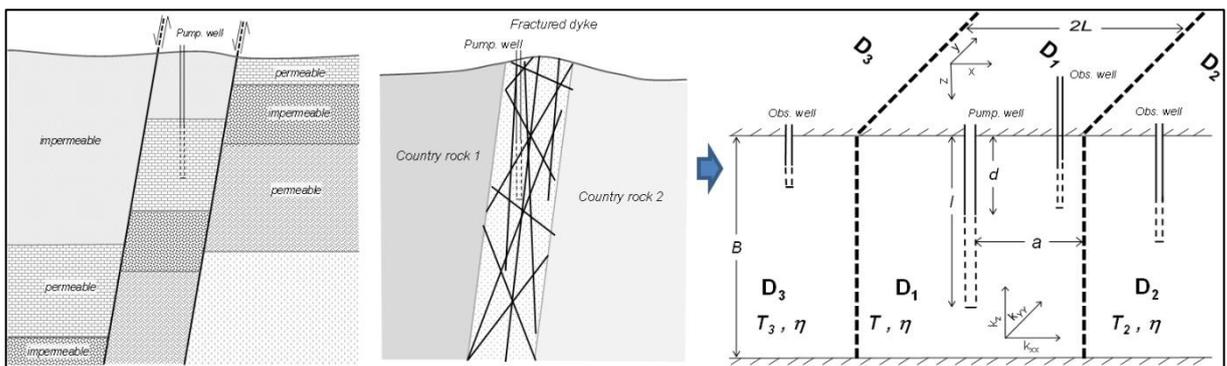


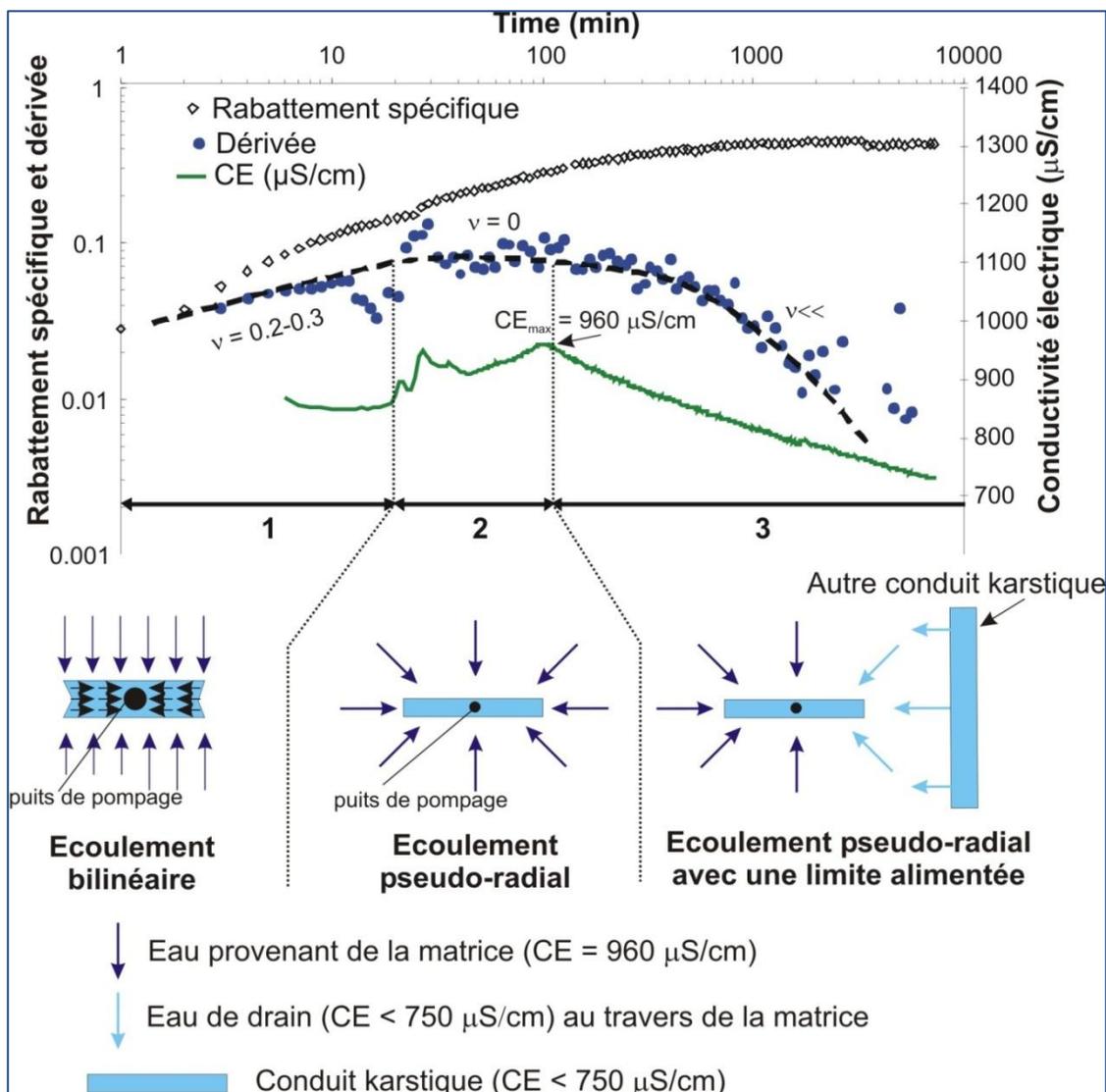
Figure 4 : Hydrogéologie – Paramétrage théorique du comportement hydrodynamique observé - ©Brgm

La méthode basée sur les dérivées (cf. exemple en figure 5) est désormais appliquée car elle permet de définir le modèle hydrodynamique conceptuel de référence pour un site donné.

⁶ Il n'y a pas d'ordre prédéfini dans la prise en compte des différentes disciplines qui composent une démarche interdisciplinaire. Chaque discipline a son importance et seule l'interaction entre les diverses disciplines permet de générer le niveau de réflexion requis pour conduire à un résultat pertinent.

L'analyse de la courbe des dérivées permet d'établir un diagnostic qui consiste à identifier les différents régimes d'écoulement et d'en déduire les propriétés du forage (effet de capacité, effet de skin, ...), de l'aquifère (isotrope, anisotrope, fracture verticale, double porosité, etc.), de sa géométrie (effets de limites), des éventuelles relations entre l'aquifère capté et les aquifères de sub-surface (effet de drainance, aquifère multicouche par exemple) et, éventuellement, de mettre en évidence des écoulements fractionnalisés comme par exemple ceux liés à la forte perméabilité d'un drain karstique.

L'objectif de l'approche hydrogéologique est de transposer un contexte hydraulique local sous forme numérique (cf. exemple en figure 6), de disposer ainsi d'un calage de référence et de vérifier, par comparaison avec les autres approches (géologie et géochimie), que le concept retenu est en phase avec la réalité.



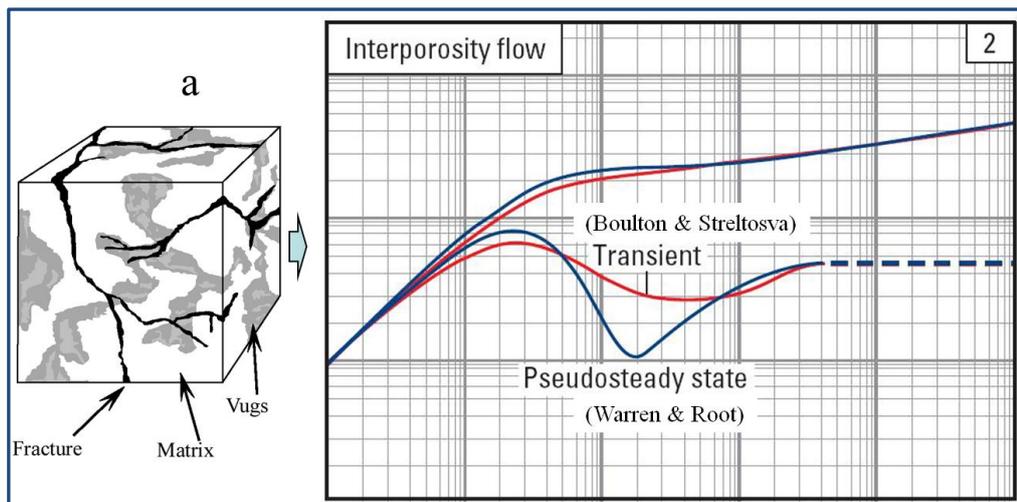


Figure 6 : Hydrogéologie – Evolution du rabattement et de la dérivée d'un aquifère double porosité - ©Brgm

La **géochimie** est une troisième discipline tout particulièrement pertinente à utiliser pour l'étude d'un hydrosystème complexe. L'hydrogéochimie et la géochimie isotopique offrent une panoplie d'outils d'analyse et d'interprétation des phénomènes hydrogéochimiques. Ces méthodes indirectes permettent de mieux caractériser et retracer les différentes histoires que les eaux ont subies au cours de leur trajet dans le milieu. Les sources et les mécanismes qui conduisent à la minéralisation des eaux peuvent être appréciés (nature géologique, profondeur et intensité des interactions entre l'eau et la(les) roche(s), identification et parfois quantification des mélanges, âge de l'eau...).

Les isotopes du Sr et du Nd dans les eaux souterraines sont, par exemple, d'excellents traceurs de l'origine lithologique des interactions eau/roche (cf. exemple en figure 7). La caractérisation des différents pôles géochimiques constitutifs d'un fluide minéral donné et la nature des processus géochimiques majeurs peuvent être étudiées (cf. exemple en figure 8). L'approche géochimique peut être conduite jusqu'à une modélisation hydrogéochimique à l'aide de modèles spécifiques, à l'image de PHREEQC⁷ pour, par exemple, mieux contraindre les températures d'équilibre des eaux au sein des réservoirs profonds et identifier les processus qui peuvent modifier le chimisme de l'eau lors de sa remontée (précipitation, dilution) .

Les caractérisations géochimiques et isotopiques permettent d'apporter des éléments de connaissance et de contrainte lors de l'élaboration du schéma conceptuel de structure et de fonctionnement construit sur la base des apports des autres disciplines (géologie et hydrogéologie).

⁷ Développé et diffusé par l'US Geological Survey, le modèle hydrogéochimique PHREEQC est utilisé pour simuler des réactions chimiques et le transfert dans les eaux.

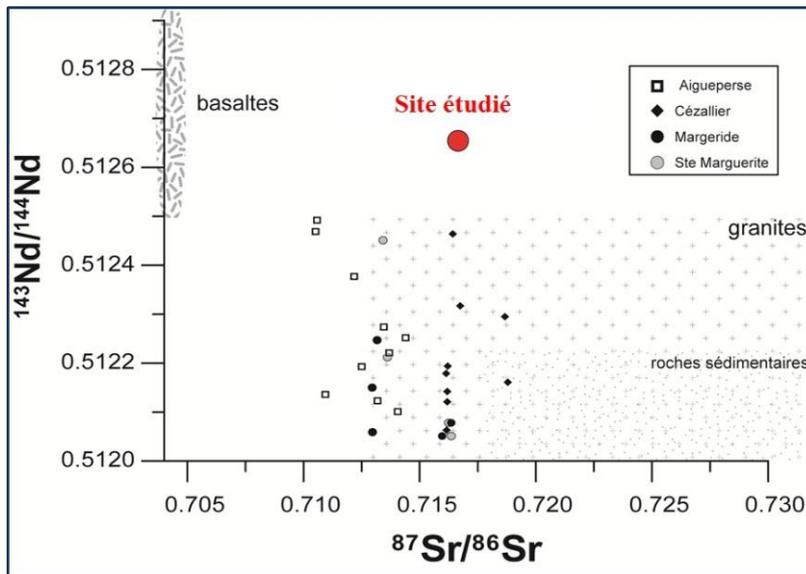


Figure 7 : Géochimie – Interaction eau/roche - Caractérisation isotopique d'un site dans le contexte lithologique local (roches sédimentaires, granites, basaltes) - ©Brgm

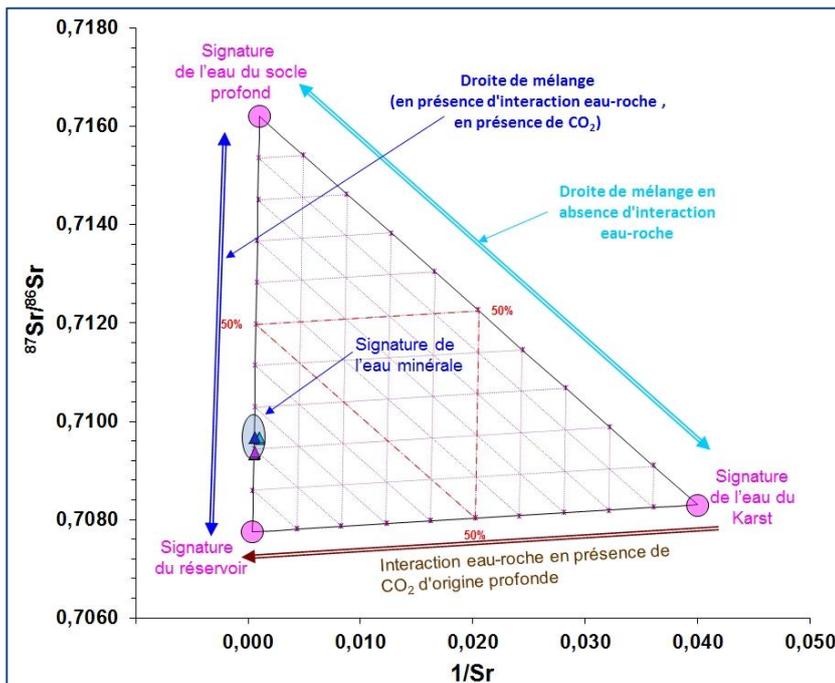


Figure 8 : Géochimie – Caractérisation des pôles géochimiques constitutifs d'un fluide minéral, estimation des mélanges - ©Brgm

La **modélisation** numérique constitue la quatrième discipline importante non seulement pour améliorer la compréhension du fonctionnement d'un gisement, mais également pour tester des scénarios de gestion. Elle peut être de type global en s'attachant à la simulation de relations pluie-débit ou pluie-niveau au moyen de modèles simples (fonctions de transfert, cascades de réservoirs), ou être déterministe en s'appliquant à simuler les écoulements souterrains au sein d'un gisement au moyen d'un modèle discrétisé.

Cette dernière approche constitue alors une intégration de l'ensemble des résultats acquis par les autres disciplines, au sein d'un modèle hydrogéologique numérique. Il intègre de façon explicite la structure du réservoir, ses propriétés hydrodynamiques et son fonctionnement hydrogéologique grâce à une discrétisation du milieu au sein d'un réseau de mailles (exemple figure 9, modèle MARTHE⁸).

Une fois parfaitement calé et validé sur les observations passées, le modèle peut alors être utilisé en simulation pour tester et optimiser des scénarios de gestion du gisement (pompages par exemple).

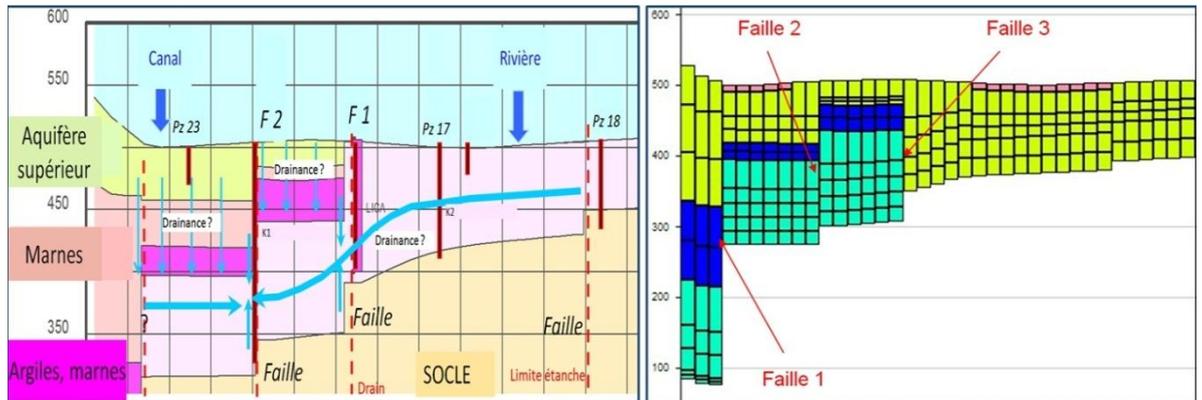


Figure 9 : Modélisation numérique - Transposition d'un modèle hydrogéologique conceptuel à un modèle numérique 2D (logiciel MARTHE) - ©Brgm

Conclusion - Intérêt d'une approche interdisciplinaire

Chaque discipline des géosciences (géologie, hydrogéologie, géochimie et modélisation numérique) apporte sa contribution à la compréhension du fonctionnement d'un hydrosystème complexe. Chaque discipline a ses propres limites et les résultats émis sont contraints par certaines hypothèses.

Le couplage des disciplines, objet de l'approche interdisciplinaire, permet de renforcer la pertinence d'analyse d'un site donné. En effet, le principe même de l'approche interdisciplinaire est de confronter les contraintes et limites relatives de chaque composante pour faire avancer la réflexion et disposer ainsi, in fine, d'une représentation de l'hydrosystème étudié aussi fiable que possible.

L'approche interdisciplinaire d'un projet de recherche utilise un mode itératif par lequel contraintes et hypothèses de chaque discipline sont confrontées autant de fois que nécessaire pour que l'approche finale réponde de la manière aussi réelle que possible aux observations disponibles.

⁸ Conçu et réalisé au BRGM pour la modélisation hydrodynamique et hydrodispersive des écoulements souterrains en milieu poreux, le code de calcul MARTHE est destiné à modéliser les problèmes d'écoulement et de transport rencontrés dans des contextes variés.



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Centre scientifique et technique

3, avenue Claude Guillemin
BP 36009
45060 Orléans cedex 2 - France
Tél. : 02 38 64 34 34

Direction Régionale Auvergne

Campus des Cézeaux
12, avenue des Landais
63170 Aubière - France
Tél. : 04 73 15 23 00