

Document public



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne

Module 4 - Année 3

Rapport final

BRGM/RP-61681-FR

Décembre 2012



Préfecture de la région Aquitaine
Secrétariat général pour les affaires régionales



Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne

Module 4 - Année 3

Rapport final

BRGM/RP-61681-FR
Décembre 2012

Étude réalisée dans le cadre du projet
de Service public du BRGM 11EAU25

O. Cabaret, T. Gutierrez, J. Perrin



Vérificateur :

Nom : V. BAILLY-COMTE

Date : 21/11/2012

Approbateur :

Nom : N. LENOTRE

Date : 19/02/2013

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 : Karst, Géologie, Hydrogéologie, Piézométrie, Débit des sources, Hydrochimie, Traçages, Analyse en Composantes Principales, Secondaire, Dordogne

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

Cabaret O., Gutierrez T. et Perrin J. (2012) - Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne - Module 4 - Année 3. Rapport final. BRGM/RP-61681-FR, 82 p., 45 fig., 6 ann.

Synthèse

En Dordogne, les terrains carbonatés du Jurassique et du Crétacé répondent largement aux besoins pour l'alimentation en eau potable. Cependant, la nature plus ou moins karstique des aquifères rend difficile la gestion des ressources en eau. Les gestionnaires sont en effet confrontés à la variabilité des débits et de la qualité des eaux, aux difficultés de protection liées notamment à l'identification des bassins d'alimentation et à la vulnérabilité vis-à-vis de pollutions.

Le travail présenté dans ce rapport est réalisé dans le cadre de l'année 3 du module 4 de la convention régionale « Gestion des Eaux souterraines en région Aquitaine » pour la période 2008-2013 concernant la connaissance générale des karsts aquitains. Il a pour objectif d'étudier plus spécifiquement les karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne.

Cette étude est financée par l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, le BRGM, le Conseil Régional et le Conseil Général de la Dordogne.

L'objectif du projet est double. Il devra d'une part, répondre aux besoins de connaissances sur le fonctionnement général des aquifères carbonatés de Dordogne et d'autre part, mettre en place une méthodologie d'étude des systèmes karstiques qui puisse être transposable à d'autres aquifères carbonatés du Bassin aquitain et appropriable par les acteurs locaux. Pour cela, le projet s'articule autour de deux volets complémentaires. Le premier concerne l'histoire géologique et structurale de Dordogne qui permettra *in fine* d'identifier les périodes favorables à la karstification des réservoirs du Secondaire. Le second volet traite des aspects hydrogéologiques visant à comprendre le fonctionnement des systèmes karstiques.

Suite à la synthèse bibliographique reprenant les connaissances actuelles en géologie et hydrogéologie du département de la Dordogne ainsi que les concepts de base d'étude du karst, le travail réalisé au cours de cette première année s'est essentiellement focalisé sur la récupération, la bancarisation et l'analyse quantitative et qualitative des données :

Pour le **volet géologique**, l'homogénéisation de la carte géologique à l'échelle 1/50 000 et un premier recensement des caractéristiques structurales (failles, fractures, plis, ...) de la Dordogne ont été réalisés.

Pour le **volet hydrogéologique**, un état des lieux des données quantitatives et qualitatives a été établi. Il a consisté à identifier et répertorier au sein d'une base de données toutes les informations obtenues en surface ou en profondeur se rapportant au karst et à son fonctionnement : suivis piézométriques des forages et sources, suivis physico-chimiques (principalement les ions majeurs, éléments traces, conductivité, température, turbidité) des différents ouvrages, données des stations météorologiques (précipitations, températures, évapotranspiration) et essais de traçages.

Cette base de données a permis de réaliser un premier bilan des données disponibles et utiles à l'étude. Si le nombre de données reste important, leur qualité est très variable. De ce bilan ressort le besoin de compléter les connaissances actuelles à partir de nouvelles données présentes dans la littérature (recherche, collecte et intégration), l'équipement notamment de sources en vue de l'application d'outils permettant de caractériser le fonctionnement des systèmes et enfin, l'implication de l'ensemble des acteurs dans la récupération et la bancarisation des données au sein d'une base qui puisse être accessible et utilisable par tous.

Ce premier travail a également permis d'identifier des données qui, même si elles restent ponctuelles et difficiles d'accès (information disponible dans la littérature), s'avèrent pertinentes pour la compréhension générale du fonctionnement karstique. Il s'agit notamment d'informations relatives aux forages non productifs, à la localisation des pertes et bulides¹ ou encore à la datation des eaux. Ces données, qui interviennent en complément des informations classiques identifiées précédemment, apportent un appui supplémentaire à la caractérisation des aquifères.

Une interprétation préliminaire des données hydrogéologiques a de plus montré :

- une chimie contrastée entre les eaux issues de forages et de sources probablement associée à un temps de résidence plus long pour les eaux de forage ;
- des traceurs naturels (température, turbidité, nitrates) prometteurs pour identifier les forages captant des eaux influencées par des écoulements de type karstique.

En année 2 de ce module, l'accent sera porté notamment sur l'étude du développement et de l'évolution des karsts de Dordogne qui nécessite d'intégrer l'histoire structurale et morphologique du secteur d'étude et d'identifier les périodes favorables à la mise en place du karst depuis le Jurassique. La poursuite de l'inventaire hydrogéologique permettra, en complément, de préciser le fonctionnement des aquifères du Secondaire en particulier par une analyse des données piézométriques, des débits de source et des caractéristiques chimiques des eaux.

¹ Dénomination locale pour des sources se caractérisant par un bouillonnement sous l'action d'arrivées d'eaux tièdes ascendantes et qui s'accompagnent de bulles de gaz

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| 1. Introduction..... | 9 |
| 2. Contexte général et objectifs | 11 |
| 2.1. ETAT DES CONNAISSANCES..... | 11 |
| 2.1.1. Le cadre géologique et tectonique de la Dordogne | 11 |
| 2.1.2. Connaissances hydrogéologiques de Dordogne..... | 13 |
| 2.2. KARST : CONCEPTS DE BASE | 19 |
| 2.3. OBJECTIFS | 22 |
| 2.4. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE..... | 23 |
| 3. Volet géologique et structural | 25 |
| 3.1. LA CARTE GÉOLOGIQUE HOMOGENÉISÉE DE LA DORDOGNE : PRESENTATION DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL | 26 |
| 3.2. AUTRES AVANCÉES DU VOLET GÉOLOGIQUE | 30 |
| 3.3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 30 |
| 4. Volet hydrogéologique | 33 |
| 4.1. MÉTHODES D'ÉTUDE DU KARST | 33 |
| 4.1.1. Analyse du fonctionnement du système en termes de transfert | 33 |
| 4.1.2. Analyse du fonctionnement du système en termes de transit | 35 |
| 4.2. INVENTAIRE DES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES..... | 40 |
| 4.2.1. Suivis piézométriques des forages | 40 |
| 4.2.2. Débits des sources | 42 |
| 4.2.3. Données météorologiques..... | 44 |
| 4.2.4. Base de données des traçages | 46 |
| 4.2.5. Suivis physico-chimiques..... | 48 |
| 4.2.6. Autres données hydrogéologiques..... | 51 |
| 4.3. PREMIÈRES ANALYSES | 57 |
| 4.3.1. Faciès chimiques – Diagrammes de Piper..... | 57 |
| 4.3.2. Origine de la minéralisation | 59 |
| 4.3.3. Hydrochimie | 61 |
| 4.3.4. Distribution spatiale des paramètres par aquifère et nature d'ouvrages..... | 64 |
| 4.3.5. Temps de séjour : Relation C.O.T - Mg^{2+} et Relation C.O.T – Mg^{2+}/Ca^{2+} | 64 |
| 4.3.6. Relations entre paramètres physico-chimiques et profondeur des points d'eau . | 68 |
| 4.3.7. Analyse en Composantes Principales (ACP) | 70 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.8. Analyse Factorielle Discriminante (AFD) | 72 |
| 4.4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 74 |
| 5. Conclusion..... | 77 |
| 6. Bibliographie | 79 |

Liste des illustrations

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Carte géologique schématique de la Dordogne (Source BRGM : Carte vectorisée de la France au 1 / 1 000 000 ème) | 13 |
| Figure 2 : Coupe géologique schématique traversant l'Entre-Deux-Mers, le Bergeracois et le Périgord Blanc entre Mourens (33) et Coubjours (24) (Platel et al., 2010)..... | 15 |
| Figure 3 : Coupe géologique schématique traversant le Ribéracois, la Double, le Périgord Noir et les Causses de Gramat et de Limogne, entre Chatignac (16) et Laburgade (46) (Platel et al., 2010)..... | 16 |
| Figure 4 : Schéma conceptuel d'un aquifère karstique (d'après Mangin, 1975) | 20 |
| Figure 5 : Carte de l'assemblage des cartes géologiques au 1/50 000 ème de la Dordogne. | 26 |
| Figure 6 : Comparaison des cartes papiers n° 759, 760, 783 et 784 et de la carte homogénéisée autour de Thenon (Dordogne). | 27 |
| Figure 7 : Carte géologique homogénéisée de la Dordogne (Légende développée en Annexe 1) | 29 |
| Figure 8 : Décomposition de la récession (Corbier, 1999) | 34 |
| Figure 9 : Synthèse de l'origine et du type de renseignement apporté par les principaux marqueurs présents dans les eaux des systèmes karstiques (Dörfliger et al., 2010) | 39 |
| Figure 10 : Répartition spatiale des 108 forages avec chroniques piézométriques..... | 41 |
| Figure 11 : Localisation des sources dont le niveau d'eau est suivi et nombre d'années de mesures..... | 42 |
| Figure 12 : Séries chronologiques des sources suivies par le BRGM | 43 |
| Figure 13 : Date d'installation des stations météorologiques | 45 |
| Figure 14 : Répartition spatiale des stations météorologiques..... | 46 |
| Figure 15 : Carte des traçages de Dordogne | 47 |
| Figure 16 : Répartition spatiale des 143 ouvrages de Dordogne | 49 |
| Figure 17 : Nombre de mesures d'ions majeurs (HCO_3^-) pour les 143 ouvrages sur la période 1990-2012 | 50 |
| Figure 18 : Répartition temporelle de HCO_3^- des deux ouvrages les plus suivis de Dordogne | 50 |
| Figure 19 : Délimitation des bassins d'alimentation (BA) ou des périmètres de protection éloignée (PPE) de certains ouvrages de Dordogne | 52 |
| Figure 20 : Localisation des stations hydrologiques de Dordogne..... | 53 |
| Figure 21 : Carte de répartition des pertes et bulides sur le bassin aval du Céou (Fradet, 1985)..... | 54 |
| Figure 22 : Exemple de « bulide » à la source de Creyssac..... | 55 |
| Figure 23 : Localisation de Bulides..... | 56 |
| Figure 24 : Diagramme de Piper pour les eaux du Crétacé | 58 |

| | |
|---|----|
| Figure 25 : Diagramme de Piper pour les eaux du Jurassique | 59 |
| Figure 26 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Crétacé en fonction de la concentration en Ca^{2+} | 60 |
| Figure 27 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Crétacé en fonction de la concentration en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ | 60 |
| Figure 28 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Jurassique en fonction de la concentration en Ca^{2+} | 61 |
| Figure 29 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Jurassique en fonction de la concentration en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ | 61 |
| Figure 30 : Tableau de synthèse des analyses physico-chimiques pour les nappes du Secondaire de Dordogne (Période d'observation : 1995-2011) | 62 |
| Figure 31 : Ouvrages présentant des dépassements temporaires ou permanents des normes de potabilité et éléments concernés | 63 |
| Figure 32 : Distribution de la température moyenne et de la turbidité maximum observée dans les forages de l'aquifère du Bathonien-Calovo-Oxfordien. Le forage 07595X0022/F capte de -23 à -185 mNGF. Le forage 07831X0009/F capte de -187 à -434 mNGF. | 64 |
| Figure 33 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg^{2+} pour les ouvrages de Dordogne | 65 |
| Figure 34 : Relation Mg/Ca – Carbone Organique Total pour les ouvrages de Dordogne | 65 |
| Figure 35 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg^{2+} pour les ouvrages crétacés de Dordogne | 66 |
| Figure 36 : Relation Mg/Ca - Carbone Organique Total pour les ouvrages crétacés de Dordogne | 66 |
| Figure 37 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg^{2+} pour les ouvrages jurassiques de Dordogne | 67 |
| Figure 38 : Relation Mg/Ca - Carbone Organique Total pour les ouvrages jurassiques de Dordogne | 67 |
| Figure 39 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et température de l'eau souterraine. La droite représente un gradient géothermique local ($3^\circ\text{C}/100\text{ m}$). L'ovale identifie quatre forages profonds anormalement froids..... | 69 |
| Figure 40 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et concentration en nitrates. Les mêmes ouvrages identifiés sur la Figure 42 sont entourés avec un forage additionnel (07345X0018/F)..... | 69 |
| Figure 41 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et oxygène dissous. Les eaux sont bien oxygénées (proche ou à saturation) en nappe libre puis l'oxygène est progressivement consommé en nappe captive. Toutefois certains forages profonds montrent des concentrations significatives (2 des 4 forages identifiés en figure 41 sont entourés, pas de données d'oxygène pour les 2 autres). | 70 |
| Figure 42 : Résultats de l'ACP : a) contribution des paramètres chimiques aux deux premiers axes factoriels ; b) projection des points d'observation sur les deux premiers axes factoriels. | 71 |
| Figure 43 : AFD pour la variable qualitative : état de confinement (nappe libre, captive ou indéterminé) . | 72 |
| Figure 44 : AFD pour la variable qualitative : géologie du réservoir (Jurassique, Crétacé, Indéterminé)... | 73 |
| Figure 45 : AFD pour la variable qualitative : type d'ouvrage (forage, puits, source) | 73 |

Liste des annexes

| | | |
|----------|---|-----|
| Annexe 1 | Légende des formations de la carte homogénéisée de la Dordogne au 1/50 000 ^{ème} & tableau descriptif..... | 83 |
| Annexe 2 | Liste des 108 forages disposant de chroniques piézométriques | 93 |
| Annexe 3 | Liste des stations météorologiques de Dordogne et paramètres mesurés..... | 97 |
| Annexe 4 | Liste des traçages et caractéristiques associées..... | 101 |
| Annexe 5 | Cartes de répartition des ouvrages disposant de mesures physico-chimiques et nombre de mesures par ouvrage..... | 107 |
| Annexe 6 | Liste des stations hydrologiques de Dordogne et mesures associées | 113 |

1. Introduction

L'année 1 de ce module (année 3 de la convention régionale « Gestions des Eaux souterraines en région Aquitaine » 2008-2013) vise à améliorer l'état des connaissances sur les karsts aquitains en étudiant plus spécifiquement les karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne. En effet, dans ce département, les formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé renferment de nombreux aquifères qui sont exploités soit au niveau de leurs exutoires soit par forages et qui permettent de répondre aux besoins en eau des populations. Cependant la nature plus ou moins karstique de ces formations engendre une vulnérabilité particulière des aquifères qui implique une gestion spécifique de ces ressources.

Le présent rapport fait état des avancées réalisées au cours de la première année du module. Il présente, dans un premier temps, une synthèse bibliographique du contexte général de l'étude en revenant sur les connaissances actuelles concernant les aspects géologiques, structuraux et hydrogéologiques de la Dordogne ainsi que sur les concepts de base applicables aux systèmes karstiques. Ce bilan permet, *in fine*, de préciser les objectifs de l'étude et la méthodologie employée.

Dans un second temps, le développement du rapport s'articule autour des deux volets :

- le premier traite des aspects géologiques et structuraux qui ont pour vocation finale de synthétiser l'histoire géologique à la fois sédimentaire et structurale de la Dordogne et permettre d'identifier les périodes favorables à la karstification des réservoirs du Secondaire,
- le second se concentre sur les aspects hydrogéologiques. Il s'attache à comprendre le fonctionnement général des réservoirs du Jurassique et du Crétacé et plus précisément le comportement des systèmes karstiques.

Chaque volet présente tout d'abord le travail réalisé au cours de cette première année puis établit les propositions de recherche qui seront développées au cours de la seconde année sur la base des recommandations prises en accord avec le comité de pilotage du module. Celui-ci réunit des membres du BRGM, de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, du Conseil Général de la Dordogne, des universités de Paris 6 et de Bordeaux 1 et enfin du Comité départemental de Spéléologie de Dordogne.

2. Contexte général et objectifs

2.1. ETAT DES CONNAISSANCES

Afin de replacer les objectifs du projet dans leur contexte, un état des connaissances sur les aspects géologiques, tectoniques et hydrogéologiques de la Dordogne est effectué sur la base des connaissances acquises lors de travaux antérieurs, principalement ceux de Platel (1996), Mauroux et al. (2003) et Platel et al. (2010).

2.1.1. Le cadre géologique et tectonique de la Dordogne

La Dordogne se situe sur la bordure Nord du Bassin aquitain. Ce bassin, ouvert au Permien est toujours actif de nos jours. Il montre deux domaines structuraux principaux présentant de fortes différences :

- le Bassin Nord aquitain, faiblement déformé avec certains niveaux lacunaires (Paléocène, Crétacé inf.),
- le Bassin Sud aquitain, fortement déformé et influencé par l'orogénèse pyrénéenne. Il a été le siège d'une subsidence plus marquée et d'une mer plus profonde ayant permis un enregistrement sédimentaire plus continu qu'au Nord (exemple du Crétacé inf. et du Paléocène).

Le Bassin aquitain est caractérisé par une alternance ou une cohabitation de phases de subsidence et de compression (diverses phases de compression liées aux Pyrénées depuis le Crétacé sup. à nos jours).

Tout au long de son histoire géologique, le Bassin aquitain va être le siège d'une « compétition » entre les domaines continentaux et marins en fonction des mouvements tectoniques, des variations du niveau marin et des apports sédimentaires. Il va alors servir de double réceptacle :

- Venant du domaine continental, le bassin va recevoir les produits de démantèlement du Massif Central et de la chaîne pyrénéenne (galets, graviers, sables, silts, argiles, tourbes, ainsi que des niveaux localisés d'évaporites et de calcaires lacustres). Lorsque ces séries auront une composante argilo-sableuse dominante, le terme de « Molasse » sera utilisé en Aquitaine.
- Venant du domaine marin, le bassin va recevoir les débris grossiers des organismes marins (débris de coquilles, de polypiers, tests de foraminifères, ...), des clastes de sédiments antérieurs ainsi que des dépôts fins (boues calcaires (micrites), argiles).

La jonction entre les deux domaines va fluctuer dans le bassin et permettre l'apparition de faciès mixtes (sables, calcaires, argiles) souvent imbriqués les uns dans les autres rendant, dans le détail, l'ensemble complexe.

D'une façon simplifiée, 4 grands ensembles paléogéographiques sont reconnus en Aquitaine, ce qui vaut également pour la Dordogne :

- Le Permo-Trias, essentiellement continental, affleure peu. Il se retrouve au nord-est du département et se compose principalement de grès et d'argiles à niveaux d'évaporites.
- Le Jurassique-Crétacé est principalement marin. Il enregistre dans les dépôts le témoignage de deux transgressions principales : Le Dogger-Malm (Jurassique) et le Crétacé supérieur. Les dépôts sont de type plate-forme carbonatée.
- Le Tertiaire voit la juxtaposition des deux domaines continentaux et marins avec des fluctuations de la ligne de rivage dans le bassin. Les dépôts sont majoritairement représentés par des « molasses continentales » où s'intercalent des épisodes de carbonates côtiers ou marneux lagunaires.
- Au Plio-Quaternaire, on observe le retour au domaine continental généralisé connu actuellement.

En Dordogne, quatre grandes zones géologiques peuvent être identifiées (Figure 1) :

- Le SW du département (Eymet, Bergerac et Mussidan) est composé essentiellement de molasses tertiaires : sables et argiles à intercalations de niveaux de calcaires lacustres (figuré jaune et orange) ;
- La région centrale du département (Sarlat, Périgueux, Brantome, Ribérac) est composée principalement par la série carbonatée du Crétacé supérieur ;
- Une bande au NE du département (Nontron, Thiviers, Terrasson) et un petit secteur au Sud de Domme sont composés de carbonates jurassiques ;
- La bordure septentrionale (au Nord de Thiviers et Terrasson) est constituée par le Permo-Trias et le socle paléozoïque.

Du point de vue tectonique, la Dordogne se caractérise par des pendages régionaux de couches orientés NE-SW de quelques degrés vers le SW. Le bassin est découpé en failles normales E-W (N110°E à N150°E). Ces failles ont partiellement joué en inverse et pourraient être héritées de fractures plus anciennes dites hercyniennes (âge paléozoïque) comme le sont les failles d'orientation N-S a priori décrochantes orientées N10°E et N170°E.

Les plis observés en Dordogne correspondent à une ondulation de la couverture. Les plis forment des dômes avec des versants très faiblement pentus (quelques degrés seulement). La direction principale est orientée E-W à SE-NW (La Tour Blanche et Mareuil par exemple) mais il existe des structures N-S sans doute liées à des jeux de failles.

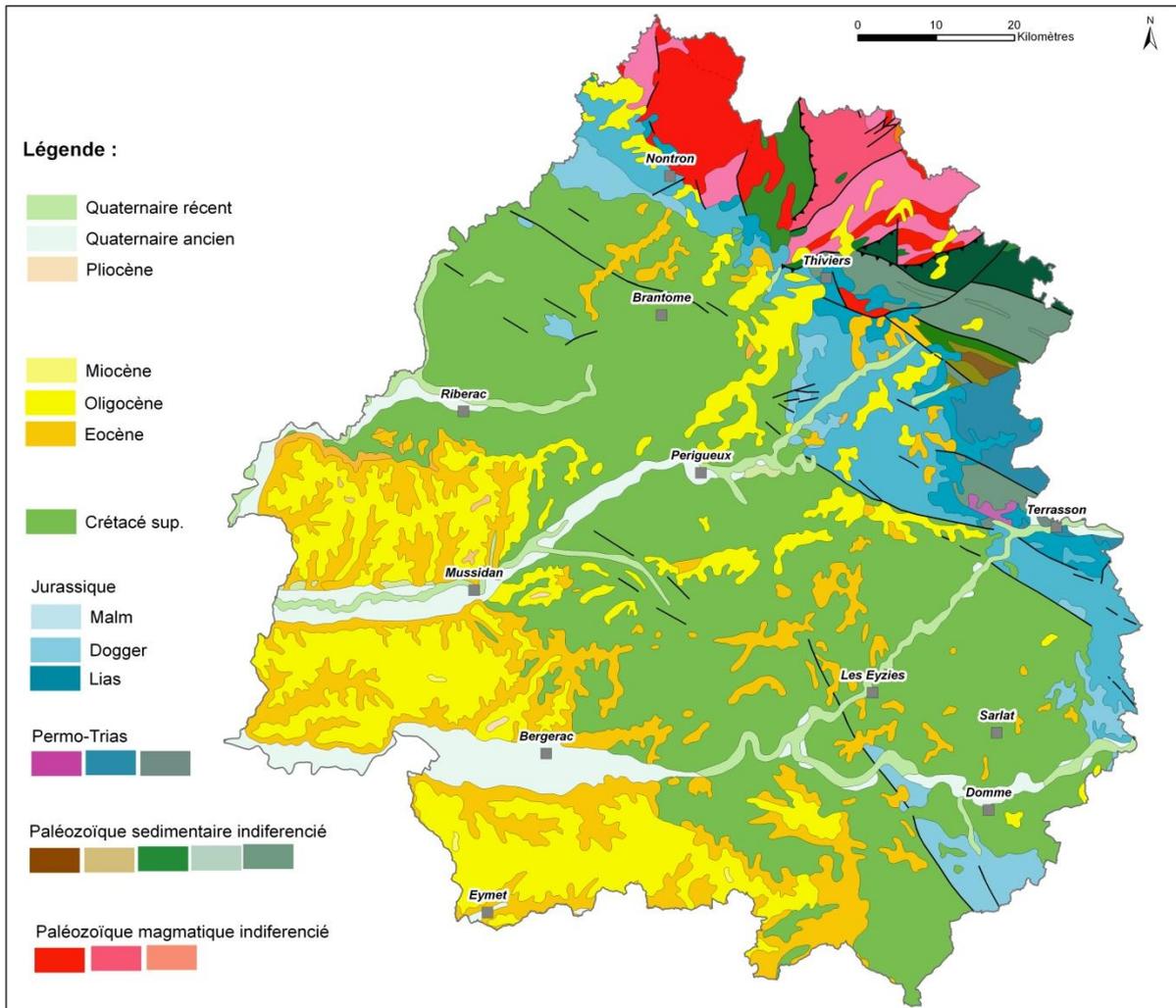


Figure 1 : Carte géologique schématique de la Dordogne (Source BRGM : Carte vectorisée de la France au 1 / 1 000 000 ème)

2.1.2. Connaissances hydrogéologiques de Dordogne

En Dordogne, l'alimentation en eau potable provient de trois types de ressources (CG24, 2008) :

- Les prises d'eau en rivière. Soumises à des problèmes qualitatifs nécessitant un traitement, elles permettent cependant de fournir des volumes d'eau importants ;
- Les nappes superficielles. Elles ont un renouvellement généralement rapide mais elles offrent aussi une vulnérabilité importante aux pollutions de surface. Elles sont souvent insuffisantes en période d'étiage, ce qui conduit à leur abandon. Il s'agit des alluvions du Quaternaire (les nappes sont captées dans les vallées par des puits peu profonds) et des formations calcaires affleurantes du Jurassique et du Crétacé (sources) ;
- Les nappes profondes. Avec des réserves plus importantes et mieux préservées des pollutions superficielles, elles constituent une ressource stratégique de l'AEP. Il s'agit des sables de l'Éocène et des formations carbonatées du Jurassique et du Crétacé.

Les formations du Secondaire fournissent, de par leurs qualités aquifères, des volumes d'eau très importants. On notera toutefois sur l'ensemble de la Dordogne que la disponibilité des

ressources du Crétacé à des profondeurs inférieures à celles du Jurassique explique l'importance des prélèvements réalisés dans ce réservoir (69 %).

L'ensemble sédimentaire est constitué d'un épais bloc carbonaté depuis le Pliensbachien (Lias) jusqu'au Maastrichtien (Crétacé terminal), séparé par quelques niveaux argileux d'épaisseurs généralement faibles. La série est affectée de failles dont les rejets, même modestes (de l'ordre de 30 à 40 m), peuvent mettre en contact différents aquifères. On peut distinguer dans cet ensemble 5 grands aquifères séparés par des aquitards, appelés également épontes (Figure 2 et Figure 3).

Aquitard tertiaire

L'aquitard qui recouvre le Crétacé est constitué soit par des molasses argileuses et sablo-argileuses soit par des colluvions résiduelles constituées d'argiles rouges à silex. L'épaisseur varie de plusieurs mètres jusqu'à 360 m environ à l'Ouest du département. Le Tertiaire présente une tendance plus sableuse à la base et sur les bordures Est du bassin. Il constitue par endroits des aquifères poreux (sables de l'Eocène inférieur à moyen). Les argiles de la base de l'Eocène inf. sont parfois peu épaisses et mettent en contact l'aquifère sableux avec les calcaires sous-jacents.

Des niveaux de calcaires lacustres s'intercalent dans les molasses de l'Eocène supérieur, l'Oligocène et le Miocène basal. Ces niveaux sont constitués de calcaires clairs fins noduleux épais de 5 à 10m. Ils peuvent être karstifiés mais constituent des réseaux anecdotiques.

Aquifère du Campanien-Maastrichtien

Épais de 40 m à 160 m, cet aquifère est constitué d'un calcaire crayeux et bioclastique plus ou moins argileux (Campanien sup.) puis de calcaires crayeux tuffoïdes bioclastiques (Maastrichtien) souvent très altérés.

Son sommet présente une surface durcie (lacune du Paléocène). De ce fait, une dolomitisation secondaire est possible (celle-ci est visible en Gironde) et une forte karstification de ces niveaux a eu lieu dès la base du Tertiaire lors de leur exondation. L'exondation s'est traduite également par une forte érosion qui a entaillé la série et fait disparaître le Maastrichtien et le Campanien terminal sur une partie importante du territoire formant une paléosurface comblée par les dépôts argileux kaoliniques et sableux de l'Eocène inf.

Aquitard du Campanien inf.

Cet aquitard est formé des marnes et marno-calcaires de la base du Campanien sur 165 m d'épaisseur environ. Plus précisément, sa base présente un marno-calcaire crayeux à silex (Campanien 1 : 115 m) et passe à des marnes sableuses à silex (Campanien 2 à la base du Campanien 3 : 50 m environ).

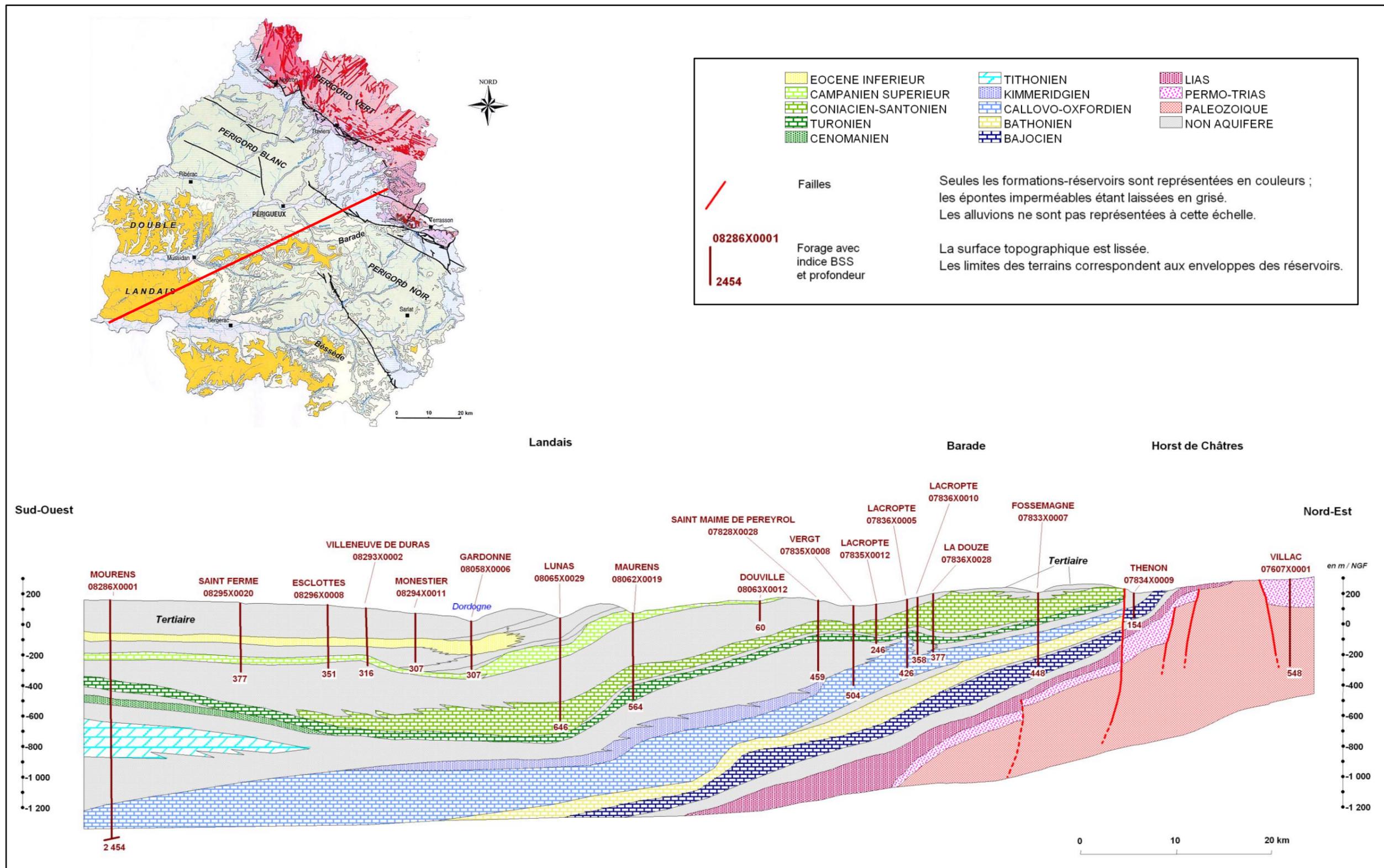


Figure 2 : Coupe géologique schématique traversant l'Entre-Deux-Mers, le Bergeracois et le Périgord Blanc entre Mourens (33) et Coubjours (24) (Platel et al., 2010)

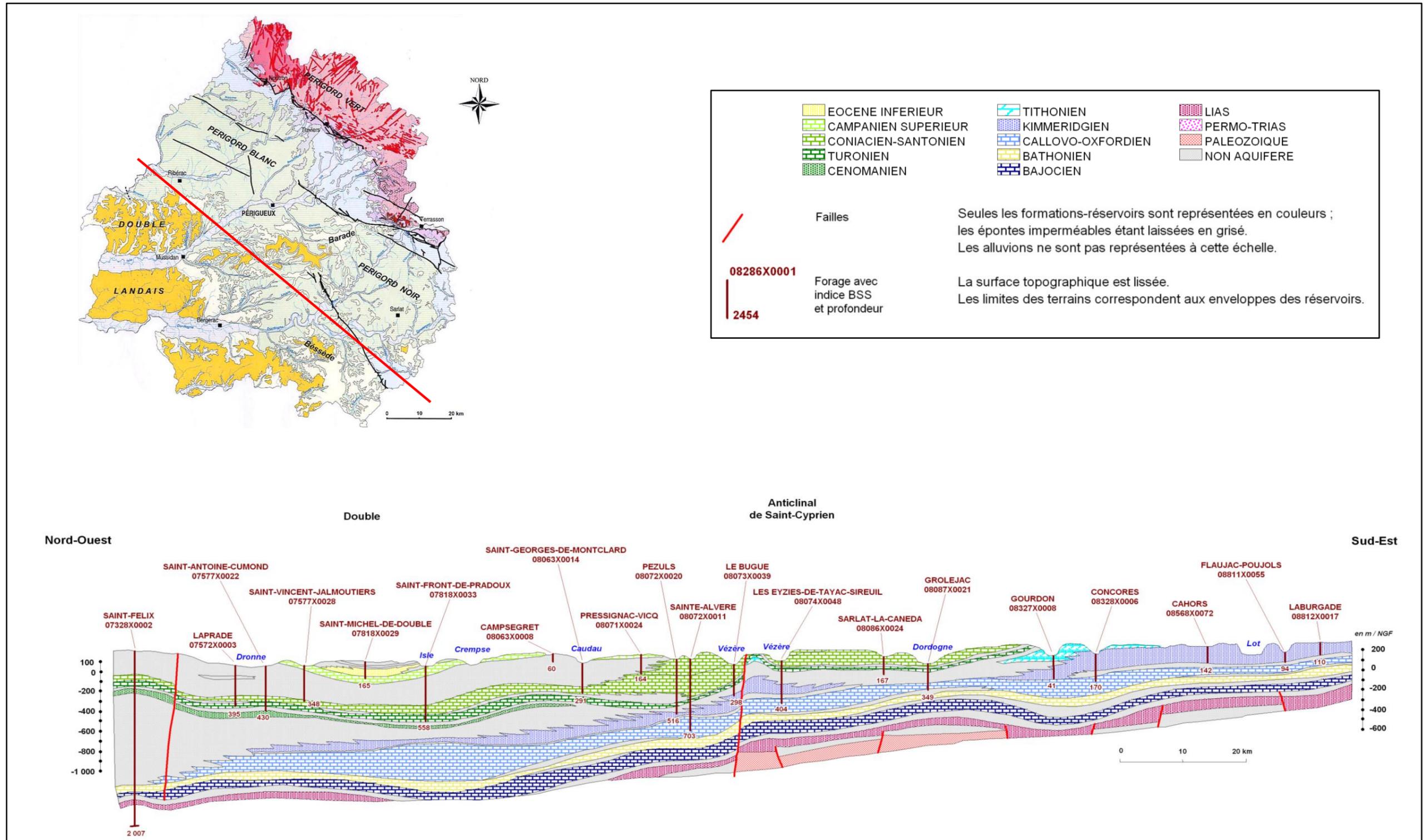


Figure 3 : Coupe géologique schématique traversant le Ribéracois, la Double, le Périgord Noir et les Causses de Gramat et de Limogne, entre Chatignac (16) et Laburgade (46) (Platel et al., 2010)

Aquifère du Turonien-Coniacien-Santonien

Cet aquifère couvrant les âges du Turonien moyen, du Turonien supérieur, du Coniacien et du Santonien est épais d'environ 200 m. La série débute par un banc de calcaire dur à bioclastes (base du Turonien moyen : 5 à 8 m environ) auquel succèdent des calcaires cristallins crayeux blancs tendres à rudistes (Turonien moyen 12-38 m) puis des calcaires cristallins blancs durs à rudistes (Turonien sup. : 5-35 m). Le Coniacien inf. débute par 12 à 35 m de calcaires gréseux tendres très glauconieux puis le Coniacien sup. est formé par des calcaires bioclastiques jaunes plus ou moins gréseux (45 m environ). Enfin, le Santonien est constitué par 85 m de calcaires noduleux crayeux à silex et glauconie plus ou moins gréseux et bioclastiques.

Le toit du Turonien présente une surface durcie, perforée et altérée, témoignage d'une émergence et/ou d'un arrêt de sédimentation avant le dépôt du Coniacien inf. Ce dernier, montrant un calcaire gréseux à glauconie, correspond à un début de transgression et présente des variations de faciès pouvant dans la moitié sud du département constituer un aquitard significatif (calcaire argileux de 35 m d'épaisseur). On observe de ce fait une division de l'aquifère en deux au Sud de Périgueux, en Périgord Noir et Bergeracois avec à la base le Turonien et au sommet l'aquifère du Coniacien-Santonien. Celui-ci est représenté par un aquifère complexe, avec variations latérales et verticales de faciès, qui se développe à la fois dans des calcaires granulaires à porosité de fissures et conduits karstiques et dans des assises grésosableuses à porosité interstitielle, souvent séparées par des formations crayeuses ou marneuses. On notera que le Santonien présente localement des niveaux de marnes noduleuses à huîtres dans la partie médiane de l'étage (10-20 m). Ces variations latérales de faciès individualisent localement deux aquifères : le Santonien sup. et le reste de l'aquifère à partir du Santonien inf.

Aquitard du Turonien inf.

Cet aquitard est représenté par des calcaires argileux d'âge Turonien inf. (« Ligérien ») et localement du Cénomaniens (peu épais et anecdotique). Épais d'environ 40 m, mais pouvant atteindre 100 m au niveau de l'anticlinal de Mareuil, ces calcaires argileux gris localement gréseux sont peu perméables et forment à l'affleurement des zones humides et des étangs.

Aquifère du Jurassique terminal

Cet aquifère est constitué principalement par le sommet du Kimméridgien inf. (Calcaire micritique plus ou moins oolithique à interbanes marneux : 100 m environ). Au-dessus, se trouve, lorsqu'elle n'a pas été érodée, la suite de la série qui est alors condensée c'est-à-dire que la série sédimentaire représente un intervalle de temps important sur de faibles épaisseurs (les séries condensées présentent souvent de nombreuses lacunes et surfaces durcies). La série est formée des calcaires micritiques laminés, calcaires dolomitiques et sables du Kimméridgien sup. au Tithonien moy. À cet ensemble peut être rattaché l'aquifère du Cénomaniens qui présente de forts passages latéraux de faciès (calcaires micritiques, calcaires gréseux, sables et argiles) et des épaisseurs très variables souvent très faibles (0 à 30 m).

Le sommet du Jurassique présente une surface durcie (lacune de tout le Crétacé inf.). De ce fait, une dolomitisation secondaire partielle s'est exprimée ainsi qu'une karstification du sommet du Jurassique et une forte érosion qui a entaillé la série et fait disparaître par endroits le sommet du Jurassique formant une paléosurface comblée par les dépôts de la base du Crétacé sup. (Cénomaniens), lors du retour de la mer.

Aquitard du Kimméridgien inf.

Il est constitué de marno-calcaires et de niveaux localement marneux (30 à 80 m). Quand la formation est vraiment puissante, elle peut aussi inclure des séries de calcaires peu ou pas karstifiés ou fracturés des membres constituant les réservoirs sus et sous-jacents.

Aquifère du Dogger Malm

Le principal aquifère du Jurassique est constitué des formations du Bajocien sup. au Kimméridgien inf. L'épaisseur de l'aquifère varie de 400 m à 730 m. Cette série monotone et homogène est formée de calcaires micritiques plus ou moins oolithiques et bioclastiques présentant une dolomitisation secondaire partielle.

On distingue de la base au sommet :

- Bajocien sup. (30 à 70 m)
- Bathonien (50 à 125 m)
- Callovien (0 à 140 m)
- Oxfordien inf. (0 à quelques dizaines de mètres)
- Oxfordien sup. (250 m environ)
- Base du Kimméridgien inf. (80 à 145 m).

L'ensemble est par ailleurs fortement karstifié. Une érosion de l'Oxfordien inf., du Callovien et du sommet du Bathonien est observée.

Quelques niveaux marneux à l'Oxfordien sup. et à la base du Bathonien, peuvent délimiter localement des aquitards. Au Bathonien inférieur, des marnes et marno-calcaires d'épaisseurs assez variables s'étendent au SW et au NE. Les réservoirs bajociens et bathoniens sont alors en communication lorsque ces marno calcaires sont absents, c'est-à-dire au NW et au SE de l'extension du Dogger Malm.

Le mur et le toit de l'aquifère suivent le pendage régional de quelques degrés vers le SW. L'aquifère est limité au sommet par les marno-calcaires du Kimméridgien inf. et à la base par les marnes et les marno-calcaires du Toarcien / base du Dogger.

Aquitard du Toarcien (Lias)

Il s'agit d'argiles feuilletées compactes et de marno-calcaires plus ou moins gréseuses de 35 m à 80 m d'épaisseur et d'âge toarcien (localement Aalénien à Bajocien inf.). Le Toarcien constitue un aquitard continu auquel se rajoute la base du Dogger lorsqu'elle est présente.

Aquifère du Pliensbachien (Lias)

Épais de 35 à 100 m, il est constitué de dolomies et calcaires dolomitiques présentant latéralement des interbanco argileux plus ou moins épais. Les passages latéraux de faciès présentant une alternance argile / dolomie représentent une limite pouvant être considérée comme peu perméable. Cet aquifère est limité à son mur par les argiles et anhydrites de la base du Lias qui constituent une séquence évaporitique de 95 m à 125 m d'épaisseur.

L'ensemble des aquifères du Secondaire présente également des caractéristiques communes :

- Du point de vue piézométrique, il a été mis en évidence que les aquifères du Secondaire en Dordogne montrent une stabilité des niveaux et des variations saisonnières cycliques de la piézométrie sur la plupart des ouvrages. En effet, la proximité des affleurements induit une forte sensibilité des nappes vis-à-vis de la recharge (Platel et al., 2010) ;

- Du point de vue qualitatif, les eaux du Crétacé montrent un faciès chimique bicarbonaté calcique. Leur chimisme ne semble a priori pas dépendant de leur position géographique ni de l'aquifère capté (Turonien, Coniacien ou Santonien) ni de la profondeur des forages. Les eaux du Jurassique sont également bicarbonatées calciques mais plus l'aquifère s'approfondit (vers le Lot-et-Garonne), plus la teneur en sulfates des eaux augmente. Ainsi, la répartition des faciès chimiques des eaux semble suivre une évolution qui globalement correspond au sens d'écoulement des eaux (Platel et al., 2008) ;

- Ponctuellement, certains ouvrages montrent des dépassements de normes de potabilité pour le fer et le fluor qui sont d'origine naturelle (Mauroux et al., 2003). Concernant les problèmes de turbidité, ceux-ci sont généralement liés à la karstification importante des réservoirs du Secondaire. Les transferts rapides d'eau depuis la surface à travers les conduits karstiques s'accompagnent parfois d'une charge en matières en suspension élevée laquelle est souvent accentuée lors d'épisodes pluvieux. De plus, des problèmes microbiologiques et phytosanitaires peuvent survenir occasionnellement sur certains ouvrages.

Les réservoirs du Secondaire, de par leur importance, constituent une ressource stratégique pour le département de la Dordogne. Toutefois les eaux souterraines qui les constituent montrent une certaine fragilité, liée principalement au caractère karstique et fracturé des formations carbonatées qui permettent des infiltrations d'eau rapides et en quantité depuis la surface vers les parties profondes et/ou favorisent des drainances verticales.

2.2. KARST : CONCEPTS DE BASE

Ce paragraphe a pour vocation de parcourir les concepts de base liés aux systèmes karstiques. Il ne peut, à lui seul, rendre compte de l'ensemble des singularités liées aux environnements karstiques mais pose les bases de compréhension des objectifs du projet ainsi que des méthodes spécifiques de leur étude.

Le karst résulte de processus particuliers liés à la dissolution des roches le plus souvent carbonatées (calcaires et dolomies). L'eau de pluie chargée en gaz carbonique, produit par les végétaux et les colonies bactériennes, acquiert l'acidité nécessaire pour mettre en solution la roche calcaire, celle-ci étant facilitée par la nature des minéraux (calcite, aragonite, dolomite) qui la compose.

Il en résulte une structure spécifique des roches carbonatées (Figure 4) constituée en surface de dépressions fermées, telles les dolines et poljés, et en profondeur de conduits, grottes et galeries. L'ensemble est alors le siège de circulations d'eau plus ou moins rapides, depuis la zone d'infiltration jusqu'à son émergence, établissant les propriétés aquifères de la formation. Le processus d'érosion physico-chimique qu'est la karstification, dépendant du climat, de la pédogénèse, de la végétation, de la géologie, de la structure et du gradient hydraulique, donne lieu à des vides organisés en réseau de conduits assurant le drainage de l'aquifère karstique (Mangin, 1975) (Dörfliger, 1998) (Bakalowicz, 1999) (Dörfliger et al., 2004) (Ford et al., 2007) (Dörfliger et al., 2010).

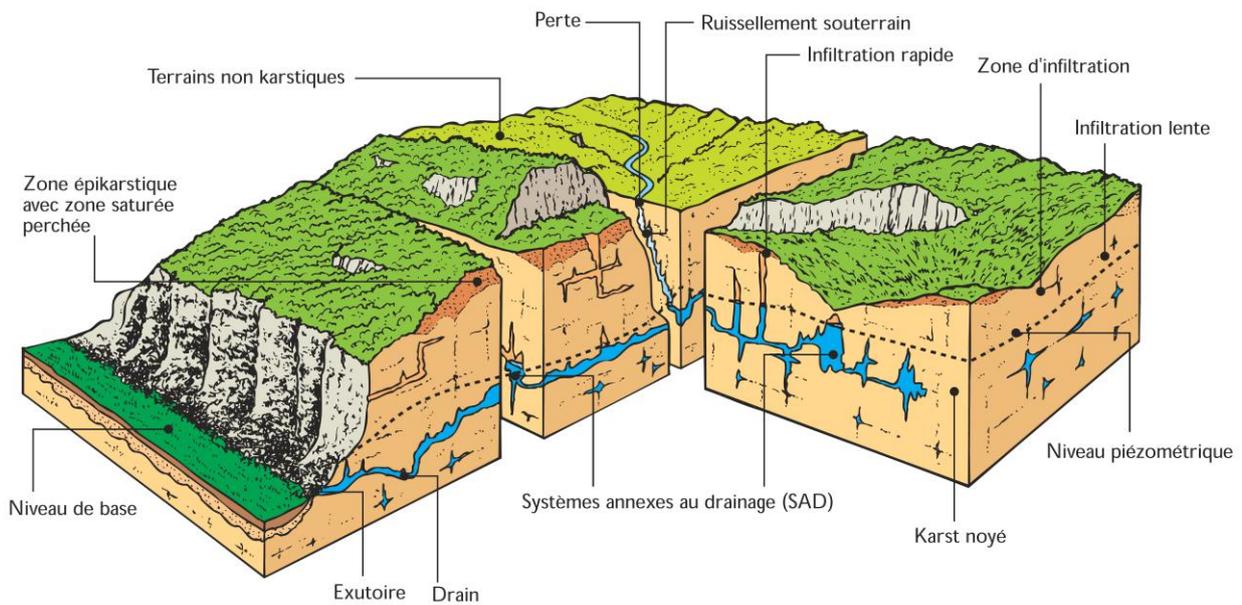


Figure 4 : Schéma conceptuel d'un aquifère karstique (d'après Mangin, 1975)

- L'**épikarst** correspond à une zone d'altération importante liée à la décompression de la roche et à l'érosion. Cette zone particulière absorbe les eaux de surface (précipitations, ruissellements) et peut les stocker momentanément formant une nappe perchée qui est drainée de manière rapide ou diffuse selon la taille des vides et leur connectivité.
- La **zone d'infiltration** constitue la partie non saturée de l'aquifère au sein de laquelle les écoulements s'effectuent soit rapidement, au travers de conduits verticaux, soit plus lentement (fissures de faible largeur).
- La **zone noyée** comprend un réseau de conduits karstiques très perméables dont l'extension et le développement sont inhérents à l'histoire géologique, climatique et hydraulique du massif calcaire. Ces conduits drainent un volume peu perméable de roches fissurées qui comprend des zones capacitives de l'aquifère, dénommées par Mangin (1975) « systèmes annexes au drainage ».
- Le **niveau de base** correspond à la cote des sources pérennes les plus basses (Salomon, 2006). Il conditionne le fonctionnement, l'état énergétique et la structure du système karstique (Camus, 2003). Les causes de variations du niveau de base sont liées aux variations eustatiques et/ou aux mouvements verticaux du massif (surrection ou subsidence). Une variation de la position du niveau de base modifie le fonctionnement du réseau karstique jusqu'à atteindre un nouvel état d'équilibre (création *per descendum* ou *per ascensum*). L'ancien réseau peut alors perdre sa fonctionnalité. La fonctionnalité d'un karst traduit l'existence d'un comportement karstique des écoulements (Dörfliger et al., 2010) c'est-à-dire la conjonction entre une structure organisée (présence de conduits ou drains karstiques sous forme d'un réseau connecté du point de vue hydraulique à la masse rocheuse environnante) et d'un fort potentiel hydraulique aux limites du système.

L'aquifère karstique s'impose donc comme un milieu particulier par rapport aux milieux poreux et fissurés, les vides n'ayant pas une origine uniquement génétique et tectonique (Marsaud, 1997). Il en résulte un système aux caractéristiques et fonctionnement particuliers dans lequel les écoulements, complexes, sont particulièrement hétérogènes dans l'espace et variables dans le temps :

- Les fonctions classiques de stockage et drainage sont séparées, au moins dans la zone noyée, et sont assurées par des éléments distincts de la structure :
 - o le drainage est assuré par un réseau de conduits hiérarchisé,
 - o Le stockage est réalisé par un ensemble d'éléments hydrauliquement indépendants les uns des autres (depuis la microfissure ou pore de la roche jusqu'aux cavités de grandes dimensions) mais tous connectés plus ou moins bien au réseau de conduits.

Il en résulte un **compartimentage hydraulique responsable de très fortes hétérogénéités**.

- Dans les aquifères karstiques fonctionnels, les dimensions des vides couvrent une large gamme induisant des vitesses d'écoulement souterrain de quelques centimètres par heure à plusieurs centaines de mètres par heure. Ainsi, **la très grande majorité des eaux séjourne moins d'un cycle hydrologique, et, lors des crues, seulement quelques jours à quelques semaines. Pour cette raison, toutes les caractéristiques physiques, chimiques et hydrauliques, présentent une très grande variabilité spatiale et temporelle.**

La constitution d'un aquifère karstique pouvant être rapide à l'échelle géologique (quelques dizaines de milliers d'années), les différentes phases de karstification (variations du niveau de base même faibles) sont enregistrées par le développement d'un drainage associé à chaque niveau. L'aquifère karstique peut alors posséder un réseau de conduits visitables dans sa partie non fonctionnelle. L'existence de phénomènes karstiques n'est pas suffisante pour définir un aquifère karstique, la préoccupation première revient à s'intéresser à la notion de fonctionnalité karstique de l'aquifère et donc de la conjonction de deux facteurs (Marsaud, 1997) : une **structure karstique**, comportant des vides hiérarchisés et de grande taille, et un fort **potentiel hydraulique**, s'exprimant par de grandes vitesses d'écoulement. De cette action conjointe se différencient les systèmes fonctionnels, à structure karstique et potentiel hydraulique important, des systèmes non-fonctionnels pour lesquels soit le milieu est faiblement ou pas karstique (la structure s'apparentant à celle d'un milieu fissuré) soit le milieu est karstique mais le potentiel hydraulique est faible (le comportement karstique disparaît alors à la faveur de faibles vitesses d'écoulement).

Ainsi, il existe une grande variété d'aquifères karstiques en fonction de l'état de développement de la karstification, depuis le pôle aquifère fissuré jusqu'au pôle aquifère karstique pur. Marsaud (1997) propose cependant de les regrouper en trois grandes familles selon que la structure est karstique ou non, que le potentiel hydraulique est fort ou faible :

- **Type 1** (structure non karstique): Systèmes non fonctionnels à faible ou fort potentiel et structure peu karstique. Il s'agit des **systèmes pour lesquels, ni les vides, ni les écoulements ne sont organisés**. Ils ne sont pas encore assez évolués pour que la structure de drainage ait une influence notable sur l'écoulement. Le milieu peut être considéré comme fissuré.
- **Type 2** (karstique « pur »): Systèmes fonctionnels à fort potentiel et structure karstique. Il s'agit des **systèmes pour lesquels les vides et écoulements sont organisés**. L'existence d'une structure organisée et d'un fort potentiel hydraulique entraîne l'existence d'un **comportement karstique**.
- **Type 3** (faible potentiel): Systèmes non fonctionnels à faible potentiel et structure karstique. Il s'agit des **systèmes pour lesquels les vides sont organisés mais les écoulements ne rendent pas compte de cette organisation**. L'écoulement n'y est plus contrôlé par la structure interne de l'aquifère mais par les conditions aux limites. Il en résulte un comportement assimilable à celui des milieux poreux à l'échelle globale.

2.3. OBJECTIFS

En Dordogne, la gestion des ressources en eau du Secondaire se heurte à des difficultés liées notamment à la nature plus ou moins karstique des réservoirs qui se manifeste notamment par :

- La variabilité temporelle des débits et des signatures chimiques,
- La vulnérabilité vis-à-vis des pollutions,
- Des anomalies thermiques (remontées d'eaux chaudes en surface) ou températures anormalement froides en profondeur,
- Des difficultés d'identification des bassins d'alimentation...

En effet, au sein des aquifères du Jurassique et du Crétacé s'expriment différents types de systèmes (karsts fonctionnels ou non, degrés de karstification et d'organisation différents, ...) qui y rendent l'hydrogéologie particulière. Au-delà de la fonctionnalité karstique qui est primordiale dans la caractérisation des aquifères, on doit également s'intéresser au fonctionnement propre de ces systèmes qui peuvent pour certains présenter selon la période de l'année une organisation particulière. On observe ainsi parfois à la même source des mélanges entre un aquifère à circulation lente, où les temps de résidence de l'eau sont de plusieurs milliers d'années, avec des eaux récentes liées à des circulations rapides visibles notamment au moment des crues. On peut donc se retrouver ponctuellement avec un fonctionnement composite entre un aquifère captif et un aquifère karstique.

Par ailleurs, on trouve en Dordogne des modalités de fonctionnement des forages liées à des environnements karstiques que ce soit lors de leur réalisation (traversée de conduits, ...) ou lors de leur exploitation (turbidité liée à la réactivation de paléostructures ou liée au karst de surface, bactériologie arrivant par circuit court depuis la surface, ...). Ces manifestations particulières interrogent sur le fait qu'on observe du karst à grande profondeur, que l'on recoupe par forage, a priori localisé dans des aquifères ayant un fonctionnement captif (taux de renouvellement lent, âge de l'eau relativement ancien). Un des enjeux de cette étude est donc de comprendre la mise en place de ces karstifications et leur rôle actuel sur le fonctionnement des aquifères.

Au final, ce projet s'articule autour de deux objectifs principaux :

- **Répondre aux besoins de connaissances sur le fonctionnement général des aquifères carbonatés de Dordogne**, et notamment les systèmes karstiques en s'intéressant à la fois au karst profond et celui de surface mais également à la paléohydrogéologie qui « permet de comprendre les phénomènes tant hydrauliques que géochimiques actuels » (Schoeller, 1971).

- **Mettre en place une méthodologie d'étude des systèmes karstiques qui puisse être transposable à d'autres aquifères carbonatés du bassin aquitain et appropriable par les acteurs locaux** en vue de définir des orientations de gestion. Ce second point a notamment pour volonté de comprendre à court terme certains phénomènes liés au karst (turbidité, anomalies thermiques, ...) en vue de la protection de certains captages.

2.4. APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE

Au sein des aquifères carbonatés du Jurassique et du Crétacé en Dordogne, des fonctionnements et des typologies diverses sont présentes. L'ensemble n'étant pas spécifiquement que karstique, l'identification des différents modes de fonctionnement est nécessaire. De plus, les problématiques liées à la gestion des eaux souterraines étant nombreuses, aussi bien en surface qu'en profondeur, elles imposent de mettre en œuvre une approche pluridisciplinaire pour comprendre les fonctionnements de ces systèmes complexes.

Deux volets complémentaires sont traités au cours de cette étude :

- Le premier concerne les aspects géologiques et structuraux qui visent à identifier les périodes géologiques favorables à la mise en place des réseaux karstiques en étudiant les différents facteurs qui en sont responsables (la nature de la roche, le climat, la végétation, les variations du niveau marin, la tectonique, ...)
- Le second traite de la caractérisation des aquifères du point de vue hydrodynamique et hydrochimique permettant d'identifier et répertorier toutes les informations obtenues en surface ou en forage et d'essayer de corréliser les informations recueillies afin de caractériser le fonctionnement des aquifères carbonatés.

La suite du rapport dresse un bilan du travail réalisé sur ces deux volets après une année d'étude.

On précisera ici que la connaissance du fonctionnement des formations carbonatées karstiques repose sur des outils géologiques et hydrogéologiques spécifiques. La présentation de ces outils est disponible dans le guide méthodologique (Dörfliker et al., 2010). Aussi, l'accent est mis sur la méthodologie de récupération de l'ensemble des données nécessaires à l'étude (Tableau 1), leur bancarisation et les difficultés rencontrées.

| | Données/informations | Objectif | Sources |
|-----------------------|--------------------------------------|---|--|
| Volet géologique | MNT 50 m | paléosurfaces, histoire karstification | IGN |
| | inventaire formes karstiques | fonctionnement karstique, histoire karstification | spéléologues, bibliographie, terrain |
| | cartes géologiques | contexte, zones karstifiables | BRGM |
| | cartes structurales | plans de drainage potentiels, géométrie des aquifères | BRGM, profils sismiques |
| | informations paléo-environnementales | histoire karstification | bibliographie |
| | niveaux karstifiés en forage | histoire karstification | BSS, rapports bureaux d'étude |
| | karstologie physique | histoire karstification | bibliographie |
| Volet hydrogéologique | piézométrie | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | ADES, terrain |
| | débits de source | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | ADES, syndicats, terrain |
| | météorologie | support pour analyses de chroniques hydrogéologiques | Météo-France, Chambre d'Agriculture |
| | traçages artificiels | vitesse d'écoulement, fonctionnement karstique | spéléologues, bibliographie |
| | physico-chimie | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | ADES, terrain |
| | bassins d'alimentation | caractérisation des aquifères (limites) | Agence Régionale de Santé de Dordogne, bibliographie |
| | pertes/bulides | identification d'un fonctionnement karstique | bibliographie, terrain |
| | datations | âge des eaux souterraines | bibliographie |

Tableau 1 : Tableau synthétique des données nécessaires à l'étude et sources disponibles

3. Volet géologique et structural

Le volet géologique a pour mission d'effectuer une synthèse de l'histoire géologique à la fois sédimentaire et structurale de la Dordogne afin d'identifier les périodes favorables à la karstification des réservoirs du Secondaire. Son organisation s'appuie sur les recommandations du guide méthodologique pour l'étude des karsts (Dörfliger et al., 2010) lequel définit cinq aspects d'étude :

- Les aspects géomorphologiques permettent à partir de la surface topographique du secteur d'étude (MNT au pas de 50 m) mais également d'un inventaire des phénomènes karstiques avec leur altitude (galeries, dolines, pertes, avens, zones karstifiées en forage...) de définir respectivement les paléosurfaces ainsi que les niveaux karstifiés afin de rechercher une logique géographique (alignement de dolines, zones d'infiltration et d'exutoires). Connaître les paléosurfaces permet d'identifier les périodes de stabilité du niveau de base où une pénéplaine s'est formée. Il s'agit de grandes périodes de karstification continues dans un même niveau.
- Les aspects géologiques sensu stricto ont pour vocation de disposer de l'information géologique de base qui passe par la mise à disposition d'une carte géologique avec une description précise et la réalisation de logs régionaux. Ce volet doit permettre d'une part, d'évaluer les zones de recouvrement du karst par des couches « acides » (sables), imperméables (argiles, marnes, altérites), et préciser les bordures des karsts (terrains cristallophylliens) et d'autre part, de mettre en évidence les passages latéraux de faciès qui peuvent notamment influencer les écoulements souterrains (apparition de niveaux imperméables, épaissement de séries ...).
- Les informations paléo-environnementales permettent d'établir des cartes paléogéographiques par étages et le log eustatique afin d'identifier les périodes d'émersion, la variation d'altitude du niveau de base au cours du temps et donc au final, le potentiel de karstification.
- Les aspects structuraux s'appuient sur la réalisation d'une carte tectonique répertoriant les fractures et les plis. Parmi les fractures, on distingue les failles (avec mouvement, souvent de grande ampleur) et les fractures (de longueur plus faible sans mouvement). La connaissance de ces fractures est primordiale dans la compréhension des phénomènes karstiques puisqu'elles constituent souvent des drains naturels (mais pas systématiquement) mais peuvent également mettre en contact deux aquifères (ou fermer un aquifère) lorsque le décalage est significatif. De même, les plis (et la connaissance des pendages des couches) peuvent influencer les écoulements surtout si des niveaux imperméables s'intercalent dans les séries, le pendage étant très souvent une discontinuité utilisée par l'eau. En complément, une étude de la microtectonique permet de déterminer les orientations des fractures principales et les fractures drainantes.
- Les aspects de karstologie physique enfin ont pour objectif de dater des remplissages qui seront à intégrer dans les logs à partir de la datation des sédiments de remplissage du karst et de celle des surfaces karstiques. Cette datation permet d'évaluer l'époque de fonctionnement de ce karst et éventuellement d'imaginer le recouvrement érodé qui n'est plus visible actuellement.

Au cours de cette première année, seuls les aspects géologiques *sensu stricto* ont connu un avancement important. Les autres aspects seront développés à partir de l'année 2.

3.1. LA CARTE GÉOLOGIQUE HOMOGENÉISÉE DE LA DORDOGNE : PRESENTATION DU CONTEXTE GÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

La réalisation de la carte géologique homogénéisée de la Dordogne au 1/50 000ème correspond à la finalisation des travaux de Platel (non publiés). Ce travail a permis de mettre en cohérence les 30 cartes géologiques levées en Dordogne entre 1976 et 2000 (Figure 5). Ces cartes ont été réalisées par différentes personnes et à partir de l'état des connaissances de l'époque. Ainsi, sur près de 25 ans de levés en Dordogne, les concepts généraux en géologie ont évolué. On pourra ainsi citer l'apparition de la stratigraphie séquentielle, l'évolution de la connaissance en tectonique (e.g. les schémas de fracturation ou les connaissances sur les orogènes et plus largement sur la dynamique des bassins) ou encore la modification des limites d'étages.

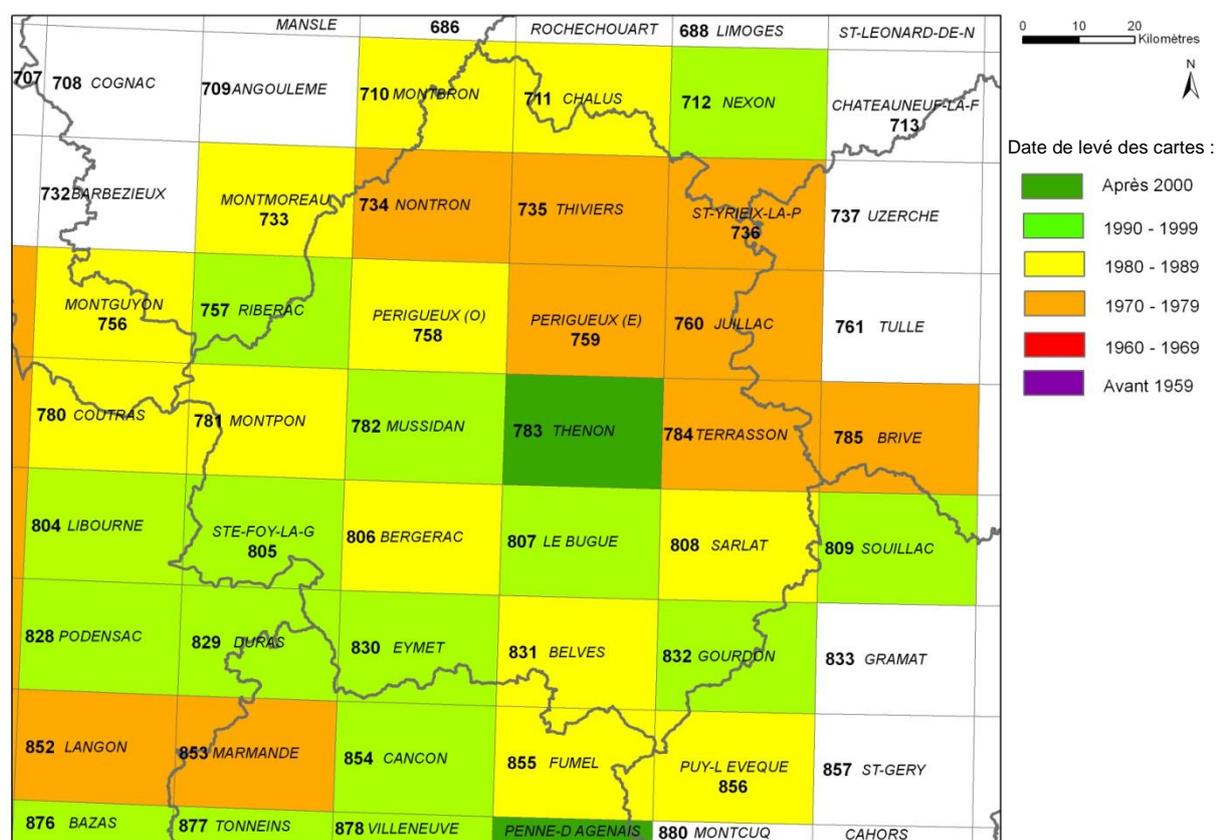


Figure 5 : Carte de l'assemblage des cartes géologiques au 1/50 000ème de la Dordogne.

Pour présenter l'intérêt de la carte homogénéisée, la Figure 6 montre pour une même zone la comparaison des cartes papier et de la carte homogénéisée. Cette dernière permet de visualiser et corréler les cartes entre elles. Elle est un outil de base pour toute synthèse régionale. Tout d'abord une légende commune à toutes les feuilles au 1/50 000ème est éditée puis certains regroupements peuvent être opérés. De même, des subdivisions peuvent être ajoutées. La dernière phase concerne le contrôle de la géométrie des couches aux limites de cartes et la confrontation des couches (âges, lithologies ...). En dernier lieu la table attributaire est constituée.

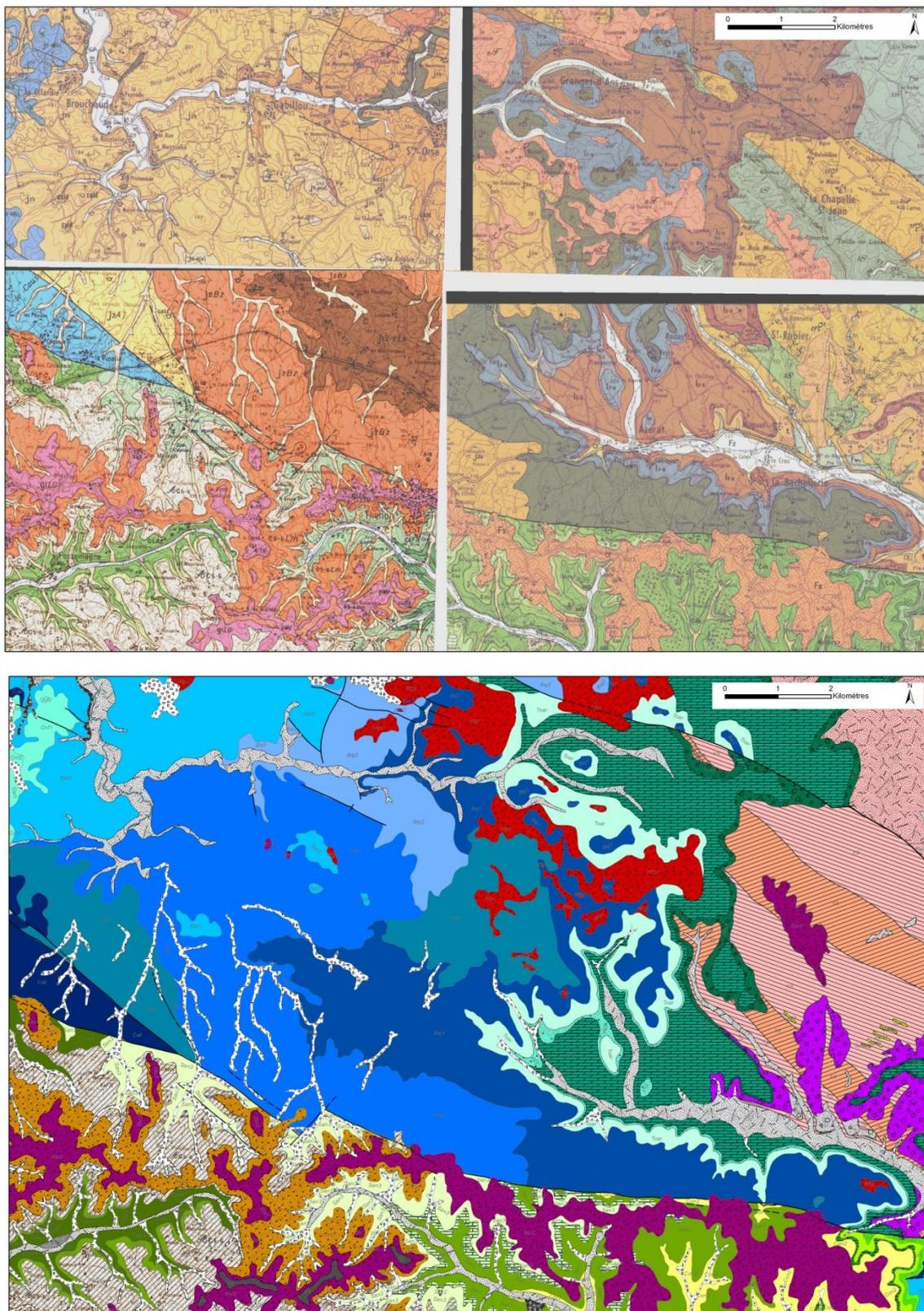


Figure 6 : Comparaison des cartes papiers n° 759, 760, 783 et 784 et de la carte homogénéisée autour de Thenon (Dordogne).

La méthodologie utilisée s'apparente à la méthodologie des cartes harmonisées (méthode détaillée dans le rapport BRGM/RP-55511-FR (Karnay, 2007)). Elle diffère cependant sur 3 points :

- Par l'usage d'un « code de formation » en lieu et place des anciens « codes d'étages » car les cartes représentent généralement des formations et non des étages. Le code utilisé est limité à 4 caractères. Il est plus important de trouver un code le plus évocateur possible (les initiales par exemple, un sigle anciennement utilisé, ou une notation arbitraire en absence d'information). L'information sur l'âge de la formation étant indiquée par la couleur de la couche. L'âge précis ou la fourchette d'âge figure dans la légende ou la table attributaire.

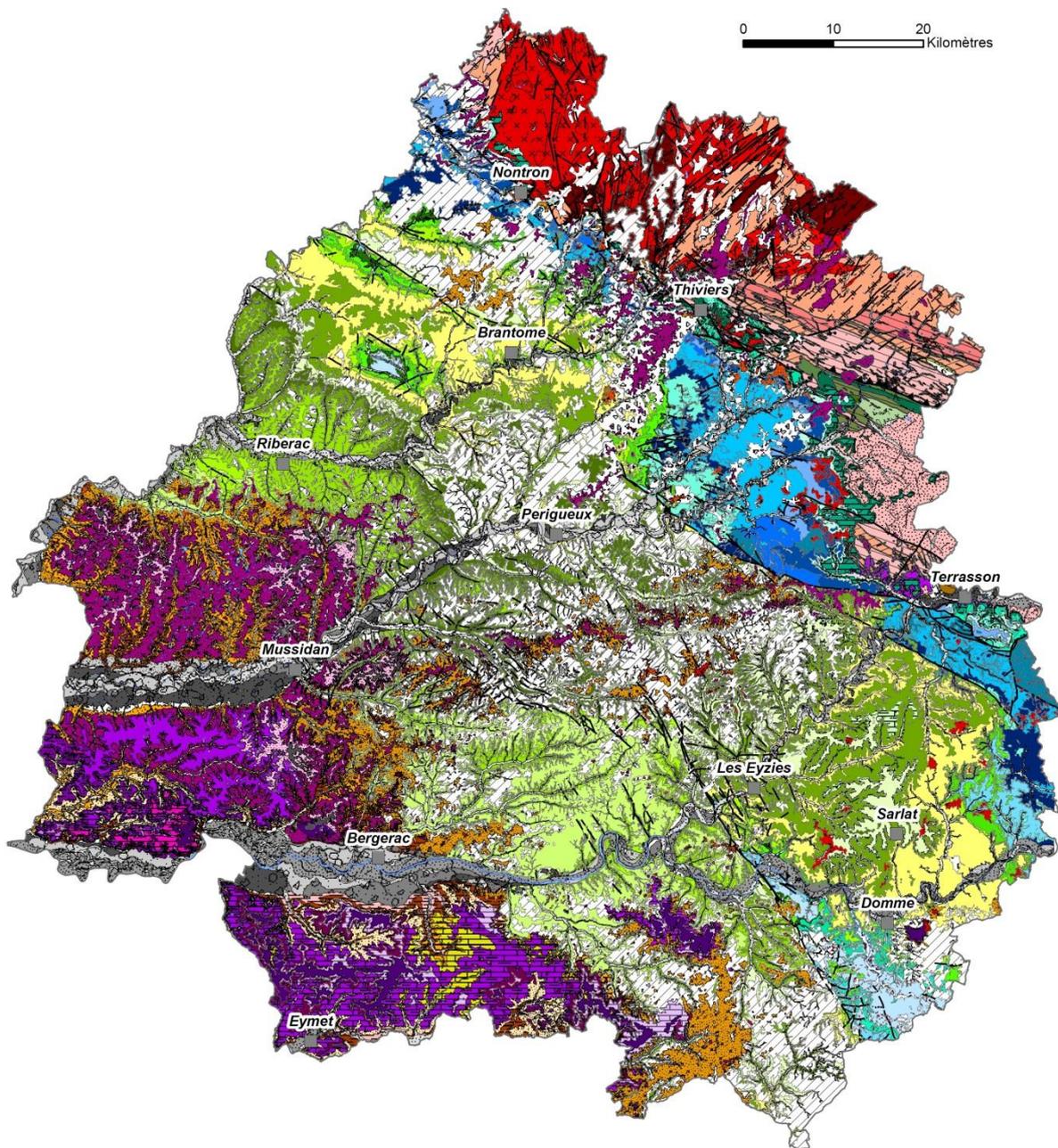
Exemple : les Molasses de l'Agenais anciennement notées gMAg seront notées et subdivisées :

- Agn : Pour la formation indifférenciée ;
- Agn1 : Pour la base de la formation ;
- Agn2 : Pour le sommet de la formation.

Elles porteront des teintes de couleurs utilisées pour l'Oligocène.

- Les couches n'ont pour l'instant pas fait l'objet d'une saisie dans la base nationale.
- La table attributaire est simplifiée aux seules colonnes nécessaires dans le cadre de l'étude : Code ; Lithologie ; Age ; Formation. Elle est constituée au sein du SIG, et ne nécessite pas d'autres documents.

Au final, 149 couches ont été définies (Figure 7 et Annexe 1). La carte est disponible au format SIG shape (Arcview) selon la projection Lambert93, ainsi qu'en version papier au format A0.



Failles

- 01 - Faille
- 11 - Faille majeure
- 02 - Faille supposée
- 12 - Faille majeure supposée
- ▲▲ 03 - Chevauchement
- ▲▲▲ 13 - Chevauchement majeur
- ▲▲▲ 04 - Chevauchement supposé
- ▲▲▲ 14 - Chevauchement majeur supposé
- 05 - Faille Normale
- 06 - Faille Normale supposée
- 07 - Faille Senestre
- 09 - Faille Dextre
- 22 - Lineation majeure
- 24 - Faille profonde
- ▲▲ 25 - Chevauchement profond

Plis

- - - 100 - Anticlinal
- - - 102 - Synclinal
- //// 103 - Flexure

■ Cours d'eau

- Formations superficielles (niveaux de gris)
- Miocène
- Oligocène (niveaux de violet)
- Eocène (niveaux de beige et orange)
- Crétacé supérieur (niveaux de vert)
- Jurassique (niveaux de bleu)
- Trias
- Permien
- Carbonifère
- OrdoVICIEN-Silurien
- Cambrien moyen à supérieur
- Anté-Cambrien

Figure 7 : Carte géologique homogénéisée de la Dordogne (Légende développée en Annexe 1)

3.2. AUTRES AVANCÉES DU VOLET GÉOLOGIQUE

Les autres aspects du volet géologique n'ont pu seulement qu'être abordés. En effet, ils s'appuient pour l'essentiel sur un travail de recueil bibliographique qui est en cours.

Nous disposons d'assez peu de données sur la tectonique régionale (Bonijoly, 1980) (Astruc, 1988) (Cubaynes et al., 1989) (Hoffmann, 2005) (Hoffmann, 2006) (Marchet, 1991) et sur la relation entre la disposition des corps sédimentaires et la tectonique. L'étude de cette relation relève d'un intérêt hydrogéologique certain. En effet, la tectonique conditionne la paléogéographie et donc la géométrie des dépôts sédimentaires, lesquels sont en lien avec la porosité des aquifères (poreux ou karstiques) ainsi que leur exondation (émersion et démantèlement). Pour lever ce verrou, il paraît intéressant d'effectuer une synthèse des formations nord aquitaines et une corrélation de ces formations au-delà des limites de la Dordogne. Les profils géophysiques (sismique), s'ils sont exploitables, pourraient être utiles. Il semblerait toutefois que les 100 à 300 premiers mètres soit souvent inutilisables sur les profils réalisés en Dordogne. Un bilan des données disponibles est en cours.

3.3. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au cours des processus de karstification, les aquifères carbonatés acquièrent une morphologie spécifique aussi bien en surface (dolines, pertes ...) qu'en profondeur avec l'existence de réseaux de drainage souterrains hiérarchisés.

Leur développement s'est effectué au cours des temps géologiques, influencé par les conditions externes telles que le climat, la végétation, les variations du niveau marin, la nature de la roche et la tectonique. Autant de facteurs qu'il faut étudier pour identifier les périodes géologiques favorables à la mise en place de ces réseaux karstiques. Parallèlement, l'analyse de la fracturation et la comparaison avec les axes de drainage karstique connus (spéléologie, traçages...) permettront de définir les directions d'écoulement préférentiel au sein des aquifères carbonatés.

Au cours de cette première année, le travail s'est concentré sur l'homogénéisation de la carte géologique de Dordogne. Celle-ci permet de disposer au final d'une information complète et homogène sur l'ensemble du territoire d'étude et apporte les premières indications sur la tectonique. La phase de densification des données concernant ces deux aspects (géologique *sensu stricto* et structural) consistera, au cours de la seconde année du module, en la réalisation d'une étude spécifique de la fracturation et de la microtectonique à partir de la bibliographie et d'un premier travail de terrain. À cette occasion, une formation sera mise en place avec GEOTER sur le terrain. De plus, un inventaire des données géophysiques (notamment les lignes sismiques) existantes et pouvant faire l'objet d'un retraitement sera réalisé. Cette phase permettra d'identifier les régimes de contraintes passées et déterminer les systèmes de fractures qui sont karstifiées (en relation avec les axes principaux d'écoulements) et constituent des plans de drainage.

Un intérêt particulier sera également porté sur l'analyse du développement et de l'évolution des karsts de Dordogne en intégrant l'histoire structurale et morphologique du secteur d'étude et en identifiant les périodes favorables à la mise en place du karst depuis le Jurassique. Cette phase comprendra notamment :

- Un travail bibliographique qui permettra de faire d'une part, la synthèse des données disponibles sur les cartes paléogéographiques, les datations de paléosurfaces et remplissage de paléokarsts, les périodes d'eustatisme et les variations climatiques et d'autre part, d'identifier les périodes propices à la karstification.

- La recherche des paléosurfaces et indices d'émersion (pédosédiments, remplissage de paléokarsts) consistera, notamment à partir d'un MNT de 25 m (BD ALTI – MNT BD TOPO), d'une carte géomorphologique (dolines, vallées sèches...) et de données de sondage, à appliquer des méthodes adaptées au contexte karstique (Dörfliger et al., 2010) pour préciser l'histoire géodynamique de la région et faire ressortir les zones à morphologie karstiques.

Au final, une première mise en relation sera réalisée entre les évolutions du potentiel de karstification et les événements géodynamiques tels que la variation du niveau marin au cours des temps géologiques ou encore la surrection du continent. Cette approche permettra d'aborder la répartition spatiale de la karstification dans la zone d'étude : niveaux de karstification, zones avec karstification plus développée, karsts actifs ou non fonctionnels, etc...

4. Volet hydrogéologique

Ce volet consiste en un inventaire des données hydrogéologiques qui permettront *in fine* de déterminer les zones où les aquifères carbonatés ont un fonctionnement karstique (karst fonctionnel, type 2), les zones où l'aquifère est karstifié mais le fonctionnement de l'aquifère n'est pas de type karstique (karst non fonctionnel, types 1 et 3) et les aquifères carbonatés non karstifiés (aquifère fissuré pouvant être décrit comme un milieu poreux équivalent). Pour ce faire, des indicateurs sont recherchés en utilisant différents types de données hydrogéologiques. Après la présentation des outils couramment utilisés pour la caractérisation de l'aquifère karstique du point de vue de sa structure et de son fonctionnement, un inventaire des données disponibles en Dordogne pour leur étude est présenté ainsi que les premières analyses.

4.1. MÉTHODES D'ÉTUDE DU KARST

Identifier un système karstique, en termes de degré de karstification et de fonctionnalité, revient à savoir s'il existe ou non une organisation des vides et une organisation des écoulements (Marsaud, 1997). On gardera à l'esprit que l'utilisation individuelle des méthodes ne permet pas de conclure sur le type de système étudié. Seule la conjonction de plusieurs méthodes est suffisante pour mettre en évidence l'existence d'un comportement et d'une structure karstique. L'ensemble des méthodes étant par ailleurs largement décrit dans la littérature (Mangin, 1975), (Belleville, 1985), (Marchet, 1991), (Corbier, 1999), (Fournier, 2006), (Dörfliger et al., 2010), seuls les grands principes et objectifs sont repris ici. À ce stade du projet, cette étape de présentation des méthodes permet simplement de rendre compte des données nécessaires à l'étude générale des karsts, que ce soit leurs caractéristiques, leur quantité ou leur qualité et permettent de préciser les axes de travail à développer en seconde année.

4.1.1. Analyse du fonctionnement du système en termes de transfert

Il s'agit d'évaluer la propagation de l'onde de pression à partir de différentes méthodes :

Analyse des débits classés

Elle consiste à classer les débits d'une source issus de séries chronologiques journalières disponibles sur plusieurs cycles hydrologiques. L'objectif est alors, à partir de l'analyse de la courbe de distribution des fréquences de débits, de caractériser les différents régimes d'écoulement observables au niveau d'un exutoire. Il s'agit d'identifier des événements particuliers de type mise en fonctionnement d'un trop plein, fuites vers un autre système à partir d'une analyse des modifications qu'ils induisent sur les hydrogrammes (Marsaud, 1997).

Analyse des courbes de récession

Cette analyse permet d'appréhender le fonctionnement de la zone d'infiltration et d'évaluer l'importance des réserves de la zone noyée en attribuant une forme mathématique aux courbes de décrue (partie décroissante de l'hydrogramme de crue d'une source) et de tarissement. L'hydrogramme simple est alors décomposé en deux fonctions mathématiques caractérisant chacune un type d'écoulement selon la méthode proposée par Mangin (1975) (Figure 8).

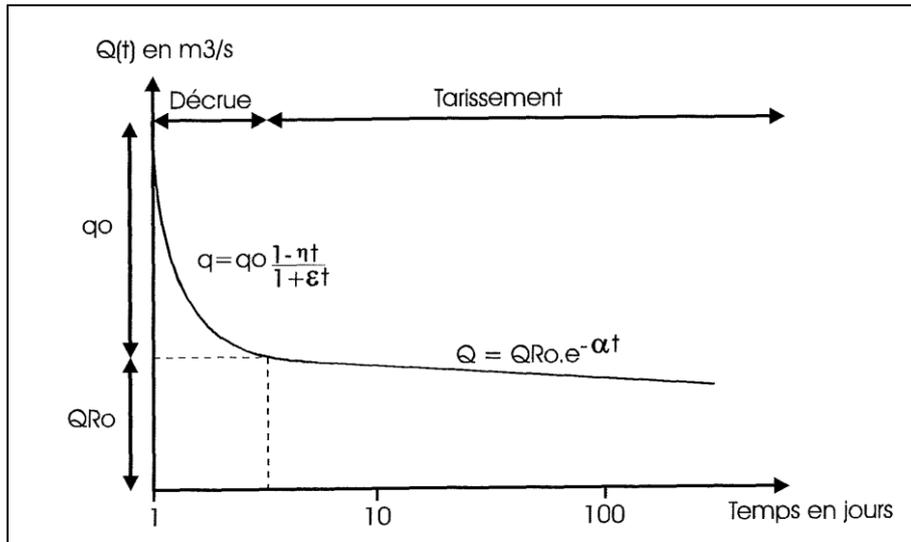


Figure 8 : Décomposition de la récession (Corbier, 1999)

À partir de cette courbe de récession et de la détermination du coefficient de tarissement α , le volume dynamique peut être approché. Celui-ci correspond à une estimation *a minima* des réserves du système (Dörfliger et al., 2010).

Analyses corrélatoires et spectrales

Elles détaillent le fonctionnement du système à partir de l'analyse statistique de séries chronologiques de débits, de précipitations et/ou de niveaux piézométriques. La méthode consiste à analyser et comparer les signaux d'entrée et de sortie (pluie-débit, piézométrie-débit, température-débit, ...). Le traitement s'effectue soit dans le domaine temporel (analyse corrélatoire) soit dans le domaine fréquentiel (analyse spectrale). L'analyse simple s'appuie sur l'analyse d'un signal unique pour révéler sa structure temporelle ou fréquentielle, tandis que l'analyse croisée permet d'analyser les liens de cause à effet entre deux signaux, et donc de décrire l'opérateur de transfert entre les deux variables.

L'intérêt de l'application de ces analyses à l'étude du système repose sur le fait qu'un système se comporte comme un filtre qui intègre différents signaux (chroniques de pluie) et les restitue (chroniques de débit, de piézométrie etc.) (Marsaud, 1997) : « L'état du système ne dépend que des entrées les plus récentes », c'est-à-dire qu'un système possède une mémoire plus ou moins longue des entrées antérieures, et le comportement est alors plus ou moins inertiel. Dans le cas du karst, la notion de filtre est à mettre en relation à la fois avec l'importance des réserves et l'organisation de la structure de drainage. Un système karstique bien drainé (systèmes karstiques au sens strict), possédant une structure de drainage très organisée possédera peu de réserves. Dans ce cas, l'information pluie est peu altérée par le système. À l'inverse, dans le cas d'un système mal drainé, soit en raison d'une structure peu évoluée (aquifères carbonatés fissurés et karstifiés) soit parce que la structure n'est plus fonctionnelle (systèmes karstiques contrôlés aux limites), l'information pluie est filtrée par le système».

L'analyse corrélatoire simple permet de rechercher le caractère répétitif des séries temporelles et leurs éventuelles natures cycliques (Dörfliger et al., 2010). Sur les chroniques de débit, elle permet de définir « l'effet mémoire » de l'aquifère qui traduit la dépendance dans le temps des valeurs de débit en présentant une décroissance plus ou moins rapide de la corrélation. La vitesse de décroissance est directement liée à l'inertie du système ; cet effet est

d'autant plus important que le filtrage introduit par le système est important. Sa valeur peut être rapprochée du degré de karstification.

L'**analyse spectrale simple** permet d'accéder au fonctionnement des systèmes karstiques à travers l'évaluation :

- du « **temps de régulation** » qui définit la durée d'influence d'un signal d'entrée. Plus ce temps est grand, plus le système possède un comportement inertiel, plus le volume des réserves est important et moins le système est karstifié ou bien il s'agit d'un karst non fonctionnel.
- de la « **fréquence de coupure** » qui quantifie la régulation introduite par le système à partir de la façon dont le système modifie l'information pluie. L'information à court terme (jours, semaine) est d'autant plus filtrée que le système est inertiel, et l'information portée par les pluies est transformée principalement en cycle annuel.

Les **analyses corrélatoires et spectrales croisées** permettent d'approcher la « **réponse impulsionnelle** » du système. Un système karstique bien drainé présentera un corrélogramme croisé en forme de « pic » d'autant plus accusé que le drainage est important contrairement à un système mal drainé où la réponse impulsionnelle sera plus étalée.

4.1.2. Analyse du fonctionnement du système en termes de transit

Il s'agit d'évaluer le transfert de masse qui correspond à la propagation des molécules d'eau.

Traçages quantitatifs

Les traçages sont définis comme la procédure expérimentale visant à rendre apparent et observable le déplacement réel de l'eau souterraine dans un aquifère suivant une ou des trajectoires définies entre un point d'origine et un ou plusieurs points de détection, au moyen de traceur artificiel marquant l'eau (Castany et al., 1977). Les expériences de traçages permettent donc d'identifier les relations entre pertes ou cavités et exutoires. Par ailleurs, les avancées techniques relatives aux méthodes de prélèvements et d'analyses fournissent une approche quantitative puisqu'elles donnent des informations quant au fonctionnement des aquifères (la restitution des traceurs est en effet conditionnée par les modalités d'écoulement entre le point d'injection et le point de restitution) et permettent de préciser les conditions d'écoulement (une vitesse de transit supérieure à 100 m/j sur des distances hectométriques à kilométriques est indicatrice de circulations de type karstique).

Méthodes hydrogéochimiques

L'intérêt de l'approche hydrogéochimique pour l'étude des aquifères karstiques vient de la diversité des variables mises en jeu et de la facilité d'obtention des données. Par définition, l'hydrogéochimie concerne la connaissance des caractéristiques chimiques ou physico-chimiques des eaux souterraines, des processus de leur acquisition et des lois qui régissent les échanges entre l'eau, le sol et le sous-sol (Castany et al., 1977). La plupart du temps, ce sont les variations du chimisme des eaux d'un aquifère qui informent sur ce qui se passe au sein même du système. Aussi, le suivi à pas de temps régulier de la composition chimique de l'eau constitue donc la donnée de base sur laquelle repose l'étude hydrogéochimique (Plagnes, 1997).

L'interprétation hydrogéologique des données hydrochimiques repose sur l'évolution aussi bien spatiale que temporelle des concentrations en différents marqueurs de l'eau. Elle offre ainsi une

vision plus dynamique du karst et permet de comprendre la structure et le fonctionnement des systèmes karstiques (Belleville, 1985).

La composition chimique de l'eau reflète, pour un aquifère karstique, les différents processus mis en jeu depuis l'infiltration de l'eau de pluie, sa circulation au sein de l'aquifère jusqu'à sa résurgence ou son captage. Ainsi, cette composition dépend à la fois de l'occupation du sol, de la composition de l'eau de pluie, des processus d'infiltration, des conditions d'écoulement (vitesse de percolation de l'eau dans la nappe) ou encore de la nature des terrains traversés (lithologie de l'aquifère).

- **Les marqueurs géochimiques**

Les mesures et analyses hydrogéochimiques doivent rendre compte au mieux de la variabilité spatiale et temporelle des concentrations. Pour l'étude des karsts, les paramètres d'identification peuvent être regroupés en trois groupes. Il s'agit d'une part des paramètres physico-chimiques, d'autre part des éléments majeurs, mineurs et en traces et enfin des gaz dissous. Nous verrons par la suite que parmi les paramètres bien documentés en Dordogne, se trouvent essentiellement les ions majeurs et les paramètres physico-chimiques.

- Les ions majeurs

Les ions majeurs représentent les éléments les plus abondants, ou plus facilement mis en solution, dans les eaux souterraines. Ils regroupent des anions tels que le bicarbonate ou hydrogénocarbonate (HCO_3^-), le carbonate (CO_3^{2-}), le chlorure (Cl^-), le nitrate (NO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et des cations tels que le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le potassium (K^+) et le sodium (Na^+).

Grâce à des méthodes de prélèvements et d'analyse simples, l'exploitation des analyses d'ions majeurs est la plus courante. Les renseignements apportés concernent aussi bien la structure du réservoir karstique (nature lithologique, présence d'épikarst,...) que son fonctionnement (mode d'infiltration, temps de séjour, mélange d'eau,...).

En complément, d'autres éléments se retrouvent dans la composition chimique de l'eau mais en quantité moindre. Il s'agit d'éléments mineurs parmi lesquels on retrouve la silice, le cuivre, le zinc, le plomb ou encore le manganèse. Au-delà de l'aspect potabilité de l'eau, certains de ces éléments renseignent aussi sur le fonctionnement du système karstique.

- Les paramètres physico-chimiques

La **température** de l'eau est un paramètre essentiel des études karstiques puisqu'au-delà de sa facilité d'obtention, elle apporte des informations quant à la circulation de l'eau et son origine (profonde ou superficielle) mais aussi quant à son temps de séjour souterrain (Bonacci, 2001) (Lastennet, 1994). De manière générale, la température moyenne d'une source est égale à la température moyenne annuelle de l'air à l'altitude d'émergence de cette source (Trombe, 1952). Ainsi l'écart entre les températures moyennes annuelles de l'air et de l'eau donne des indications sur les conditions d'écoulement. En effet, de faibles écarts traduisent la mise à l'équilibre effectuée entre l'eau et le réservoir grâce à des temps de contact importants. Par ailleurs, la mise en parallèle des précipitations, de la température atmosphérique et de la température de l'eau des sources peut apporter d'autres éléments sur la nature de l'aquifère étudié (épikarst, système fissuré ou plus ou moins karstifié) (Corbier, 1999).

La mesure de **conductivité** est un marqueur de la minéralisation des eaux et de leur origine (Fournier, 2006). Au sein des systèmes karstiques, 90 % de la minéralisation est due à la

présence de bicarbonates et de calcium acquis dans le réservoir. L'étude de la minéralisation fournira donc des informations sur la structure du réservoir. Ainsi, le degré d'organisation des écoulements souterrains au sein d'un aquifère karstique, par exemple, peut être révélé par la forme de la courbe de distribution de la minéralisation au niveau d'une source (Bakalowicz, 1979).

Le **carbone organique total** (COT) est un bon marqueur de l'infiltration rapide de l'eau au sein des systèmes karstiques. En effet, qu'il soit total ou dissous, le carbone organique provient essentiellement du sol avec pour origine la décomposition de la matière organique. L'infiltration d'eau vers l'aquifère entraîne un lessivage de ce carbone organique dont la teneur varie en fonction de l'activité biologique dans les sols (en rapport avec la température) et de l'intensité de l'infiltration. Le carbone organique total peut être alors utilisé comme marqueur de cette infiltration (Emblanch, 1997) (Batiot, 2002). Par ailleurs, la présence de magnésium dans les eaux karstiques a toujours une origine interne au système (Plagnes, 1997). Ainsi, plus l'eau séjourne longtemps dans un réservoir, plus sa concentration en magnésium est importante. Couplé aux teneurs en Mg^{2+} mais également au rapport Mg/Ca, le carbone organique total peut donc être utilisé comme traceur du temps de résidence (Batiot et al., 2003) (Dörfliger et al., 2010). On notera ici, que le rapport Mg/Ca n'est fiable qu'en comparant des eaux issues d'un même aquifère.

La **turbidité** observée aux exutoires karstiques provient soit du transport direct par l'introduction d'eaux déjà chargées en particules, soit de la remobilisation de dépôts intra-karstiques remis en suspension (Massei et al., 2006). C'est un traceur des éléments particulaires et il permet d'estimer l'origine (interne ou externe au karst) des eaux, de délimiter des bassins d'alimentation ou de préciser les différents types d'eaux en présence.

- **Les méthodes de représentations des paramètres**

Les méthodes de représentation des paramètres physico-chimiques utilisées par la suite sont le chimiogramme, les diagrammes binaires et l'analyse en composantes principales.

- Le chimiogramme

Le chimiogramme correspond à la variation du chimisme au cours du temps, notamment au cours d'une crue ou d'un cycle hydrologique. L'allure de la courbe, l'amplitude des variations et les relations entre l'évolution des paramètres et celle des débits ou des précipitations informent sur le fonctionnement de l'aquifère. L'interprétation des variations chimiques peut également préciser le degré de karstification des systèmes étudiés (Plagnes et al., 2001).

- Le diagramme binaire

Il permet de représenter deux marqueurs l'un en fonction de l'autre et donc de rendre compte des relations qui existent entre eux. Selon les marqueurs utilisés, le diagramme binaire renseigne sur l'origine des traceurs (ex. : $Cl^- = f(Na^+)$) ou le temps de séjour de l'eau ($Mg^{2+} = f(Ca^{2+})$).

- L'analyse en composantes principales (ACP)

En présence de nombreuses données chimiques, une interprétation par l'application de statistiques descriptives multidimensionnelles (analyse factorielle) est largement utilisée en hydrochimie et plus particulièrement en contexte karstique (Mudry et al., 1986) (Lastennet et al., 1997). Cette approche est utilisée pour distinguer différents types d'eau (pôles chimiques) et également pour suivre l'évolution chimique d'une crue.

L'analyse en composantes principales s'appuie sur le calcul des moyennes, variances et coefficients de corrélation. L'ACP permet de mettre en évidence à partir d'un tableau de données physico-chimiques comportant des variables (colonnes) et des individus (lignes), la structure des relations qui existent entre les variables (Plagnes, 1997) (Fournier, 2006).

L'ensemble des lignes et colonnes du tableau sont représentés par des points. L'ACP consiste, à partir du nuage de points constitué par la projection des observations dans l'espace multidimensionnel des variables, de réduire cet espace en déterminant les facteurs (composantes) qui expliquent le plus la variance du nuage de points. Le premier axe est celui qui explique le plus grand pourcentage de la variance totale; le second, celui qui explique le plus grand pourcentage de la variance résiduelle. Les coordonnées des points (les composantes principales) sont ensuite calculées.

C'est la comparaison des diagrammes des variables et des individus (points) qui va permettre de caractériser le fonctionnement des aquifères. L'étude de la position des points en fonction de la période hydrologique constituera une autre source d'informations (Corbier, 1999).

En complément l'analyse factorielle discriminante (AFD) permet d'analyser le même jeu de données en rajoutant une variable qualitative (par exemple confinement de l'aquifère, géologie de l'aquifère) supposée être responsable de la structuration des données.

• **La stratégie d'échantillonnage**

La compréhension du fonctionnement des aquifères s'appuie sur la variation à la fois spatiale et temporelle des données :

- Une analyse spatiale des marqueurs hydrogéochimiques, échantillonnés sur une même période hydrologique (étiage, crue, ...), met en évidence les variations de fonctionnement entre divers exutoires ou entre les différentes parties d'un même système karstique. Elle permet aussi de relier la qualité des eaux souterraines à différents facteurs comme la lithologie du réservoir, l'occupation du sol ou le temps de résidence.
- L'analyse temporelle rend compte, quant à elle, de l'évolution au cours du temps d'un marqueur hydrogéochimique. Son utilisation sur une source est d'autant plus pertinente, par rapport à un forage, qu'elle renseigne sur les modalités de transport de l'eau au sein de l'ensemble du système karstique.

La durée et la fréquence d'échantillonnage, à l'instar du choix du marqueur hydrogéochimique à suivre, revêt d'un choix stratégique lequel repose d'une part, sur les objectifs de l'étude et d'autre part, sur les moyens financiers. Nous reprendrons ici les préceptes du guide méthodologique d'étude des karsts (Figure 9) (Dörfli et al., 2010) :

La stratégie minimaliste consiste à suivre la température et la conductivité électrique. Leur enregistrement est simple et d'un coût relativement faible. De plus, ces marqueurs sont essentiels pour comprendre le fonctionnement d'un système karstique (développement et organisation de la karstification au sein du système). L'utilisation des éléments est également largement répandue, les prélèvements et les techniques d'analyses restant simples et peu coûteuses.

Dans le cadre d'une connaissance à court terme, le suivi au cours de périodes spécifiques d'un cycle hydrologique est primordial. Il s'agit de la période d'étiage et du suivi de crues. Dans ce dernier cas, la première crue de septembre-octobre est à privilégier. Des suivis au pas journalier ou infra-journalier sont alors la base d'une analyse précise du fonctionnement des aquifères karstiques. S'agissant d'un suivi à long terme, le suivi sur au moins deux cycles

hydrologiques est nécessaire en gardant des fréquences d'échantillonnage aussi élevées que possible. À ce titre, le pas mensuel incombe aux systèmes inertiels ; les karsts plus réactifs nécessitant une acquisition de données au pas de temps bimensuel ou hebdomadaire avec des fréquences d'enregistrement qui devront être augmentées lors des périodes de crue.

| | | Informations | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------|---------------------------|------------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|------------------------|----------|------------|--------------|--------|
| | | Sur la structure | | | | | Sur le fonctionnement | | | | | Contaminations | | | | |
| | | Délimitation BA | Relations perteur/rivière | Nature encaissant géol | Présence épikarst | Colmatage détritique | Origine prof ou sup. | Mode d'infiltration | Temps séjour long | Mélange pls aquifères | Cond écou. (libre/ charge) | Dissolution spécifique | agricole | domestique | industrielle | marine |
| Physico-chimie | T | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Conductivité | | | calcaires | | | | | | | | | | | | |
| | O2 dissout | | | | | | | | | | | | | | | |
| Paramètres système carbonaté | pH, dpH, CO ₂ diss | | | | | | | | | | | | | | | |
| | pCO ₂ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HCO ₃ , Ca | | | calcaires | | | | | | | | | | | | |
| | Mg | | | Dolomies, marnes | | | | | | | | | | | | |
| Éléments majeurs | SiO ₂ | | | Mx silicatés | | | | | | | | | | | | |
| | SO ₄ | | | Gypse, anhydrite | | | | | | | | | | | | |
| | Cl | | | évaporites | | | | | | | | | | | | |
| | Na, K | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NO ₃ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | NH ₄ | | | | | | | | | | | | | | | |
| P | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Br | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sr | | | évaporites | | | | | | | | | | | | | |
| Rb, U | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cu, Zn, Pb, Mn... | | | | | | | | | | | | | | | | |
| COT, COD | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Turbidité | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pesticides | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Polluants orga | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pol.µorga | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹⁸ O, D | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹³ C | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¹⁵ N, ¹⁸ O NO ₃ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ^{87/86} Sr | | | Séd/détrit évaporites | | | | | | | | | | | | | |
| ^{11/10} B | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gaz dissous | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ³ H ¹⁴ C CFC ⁸⁵ Kr | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figure 9 : Synthèse de l'origine et du type de renseignement apporté par les principaux marqueurs présents dans les eaux des systèmes karstiques (Dörfliiger et al., 2010)

En résumé, les méthodes de caractérisation d'un système karstique s'appuient sur un socle commun de données, à savoir celles afférentes aux chroniques piézométriques (et de débit) des forages et des sources, aux données météorologiques, aux expériences de traçages ainsi qu'aux suivis de paramètres hydrogéochimiques. Rappelant également que seule la conjonction de plusieurs méthodes est suffisante pour mettre en évidence l'existence d'un comportement et d'une structure karstique, l'utilisation de données complémentaires peut être utile pour la caractérisation des aquifères carbonatés. Ces dernières concernent notamment les observations de forage (localisation des arrivées d'eau, anomalies thermiques, débits spécifiques,...), les essais de pompage, la présence de pertes ou de d'émergences, les mesures isotopiques,...

Aussi, un inventaire de ces données à l'échelle de la Dordogne est proposé ici, permettant d'en effectuer une synthèse et une critique qualitative et quantitative mais également de proposer des pistes de poursuite d'étude.

4.2. INVENTAIRE DES DONNÉES HYDROGÉOLOGIQUES

4.2.1. Suivis piézométriques des forages

Les données piézométriques sont issues, pour la majorité d'entre elles, de la banque d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) et de la Base BSS-ES du BRGM. D'autres proviennent d'un précédent travail (Platel et al., 2010).

Afin d'optimiser la compréhension globale du fonctionnement du karst, 47 chroniques piézométriques concernant des ouvrages situés hors du département de la Dordogne ont été volontairement récupérées, essentiellement présents en Lot-et-Garonne. Au final, 108 forages ont été retenus (Figure 10) et leurs caractéristiques principales sont fournies en Annexe 2.

Certains ouvrages ont fait l'objet d'une mise à jour dans l'aquifère capté. Celle-ci repose sur de nouvelles données notamment des rapports de bureaux d'études sur des ouvrages particuliers et la révision actuelle du Modèle Nord-Aquitain (MONA). Parmi ces 108 ouvrages (Tableau 2), 58 concernent les aquifères du Crétacé avec principalement ceux du Turonien, du Coniacien-Santonien et du Campanien. Les 42 ouvrages du Jurassique captent essentiellement le Bajocien et le Bathonien-Calovo-Oxfordien. Le manque d'informations sur 4 ouvrages n'a pas permis d'identifier l'aquifère capté (ils ont été gardés pour une mise à jour ultérieure). Enfin, 4 forages disposant de rapports d'étude captent un mélange d'eaux du Jurassique et du Crétacé.

| Entité hydrogéologique | Dordogne | Autres départements | Total |
|------------------------|----------|---------------------|-------|
| Crétacé | 42 | 16 | 58 |
| Jurassique | 17 | 25 | 42 |
| Non attribué | 0 | 4 | 4 |
| Mélange | 2 | 2 | 4 |

Tableau 2 : Répartition des 108 forages avec chroniques piézométriques par entité hydrogéologique captée

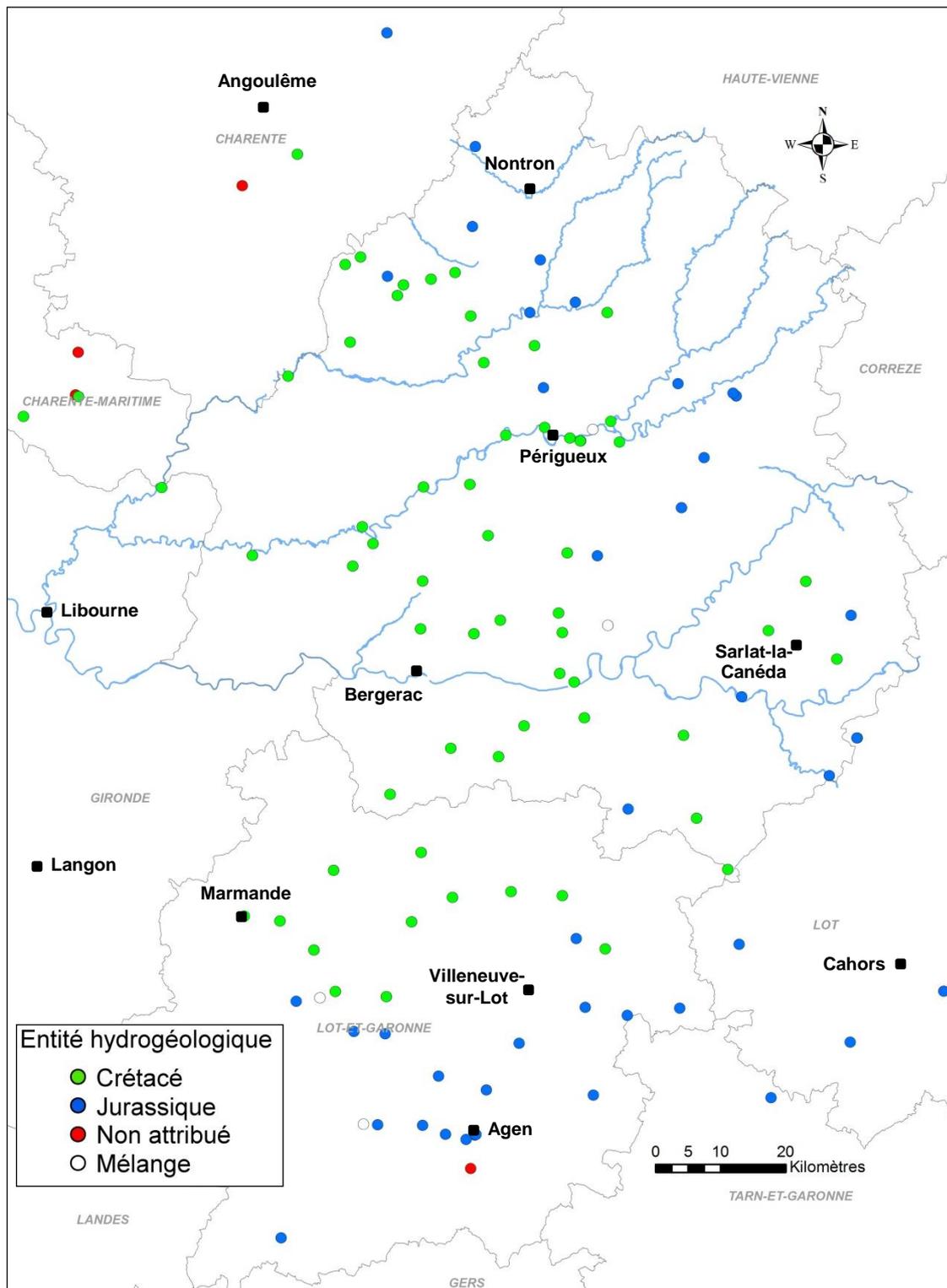


Figure 10 : Répartition spatiale des 108 forages avec chroniques piézométriques

La répartition temporelle des chroniques piézométriques et leur fréquence de relevés en Dordogne indique que l'ensemble des forages fait l'objet d'un suivi régulier depuis 2002. La majorité d'entre eux dispose de mesures avec un pas de temps mensuel, quasi-journalier (fréquence supérieure au relevé hebdomadaire) voire quotidien.

4.2.2. Débits des sources

Le débit des sources est très peu suivi en Dordogne (Tableau 3 et Figure 11). Quatre font actuellement l'objet d'un enregistrement continu au travers de la mesure de leur niveau d'eau. Il s'agit des sources de Ley Fonts (08067X0008/HY) à Cours-de-Pile, de Falguyret (08072X0009/HY) à Saint-Alvère, des Moulineaux (07823X0004/HY) à Razac-sur-l'Isle et de l'Abîme (Source du Toulon - 07588X0009/ABIME) à Périgueux.

| Dpt | BSS Source | Nom de la source | Commune | Opérateur | Aquifère capté | Données disponibles | Années mesurées | 1 ^{ère} mesure | En fonction |
|-----|------------|-------------------------------------|------------------|-----------|------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| 24 | 08067X0008 | Ley Fonts | Cours-de-Pile | Saur | Mélange Jurassique + crétacé | Hauteurs | ? | | Oui |
| 24 | 08072X0009 | Falguyret | Saint-Alvère | Véolia | Campanien | Hauteurs | ? | | Oui |
| 24 | 07588X0009 | Source de l'Abîme | Périgueux | BRGM AQI | Turonien | Hauteurs | 2 | 31/08/2010 | Oui |
| 24 | 07823X0004 | Les Moulineaux | razac-sur-l'isle | BRGM AQI | Coniacien - Santonien | Hauteurs | 1 | 23/08/2011 | Oui |
| 17 | 07803X0004 | Font Boullan | Clotte(la) | | Campanien | | 2.75 | 01/01/2010 | 31/12/2011 |
| 46 | 08576X0022 | font-Polemie | Cabrerets | | Bathonien-Callovo-Oxfordien | | 3.5 | 07/04/2009 | 04/01/2012 |
| 46 | 08577X0029 | La Pescalerie | Cabrerets | | Bathonien-Callovo-Oxfordien | | 3.5 | 08/04/2009 | 11/01/2012 |
| 46 | 08091X0001 | Le Boulet | Le Boulet | BRGM MPY | Code 121k - Sarladais martel | Hauteurs | 3.5 | 04/03/2009 | Oui |
| 46 | 08091X0006 | Source du Blagour | Lachapelle-auzac | BRGM MPY | Code 121k - Sarladais martel | Hteurs-Débits | 14,5 | 23/03/1998 | Oui |
| 46 | 08332X0010 | Ouyse (PontD673) | Cales | CG 46 | Code 122 - Quercy | Hauteurs | 4.75 | 20/02/2008 | Oui |
| 46 | 08332X0011 | FontBelle | Cales | CG 46 | Code 122 - Quercy | Hauteurs | 4.75 | 01/01/2008 | Oui |
| 46 | 08567X0028 | Source Font Vincent | St Medard | CG 46 | Code 124 - Bouriane | Non diffusé | ? | ? | Oui |
| 46 | 08567X0027 | Le Martinet (trop plein Ft Vincent) | St Medard catus | CG 46 | Code 124 - Bouriane | Non diffusé | ? | ? | Oui |
| 46 | 08801X0006 | Source Banudel | Le Bouleve | DDT 46 | Code 562 - Agenais et Quercy | Non diffusé | ? | ? | ? |
| 46 | 08814X0011 | Cénevères (Pont R. Girou) | Cenevères | CG 46 | Code 123 - Limogne | Débits | ? | ? | Oui |
| 46 | 08327X0007 | Rigal Bas | Rigal bas | BRGM MPY | Code 124 - Bouriane | | 3 | 01/10/2009 | Oui |
| 46 | 08341X0011 | Thémines | Themines | BRGM MPY | Code 559b - Figeac terrasson / Sud | | 3 | 01/10/2009 | Oui |
| 12 | 08821X0014 | Lantouy | Salvagnac-cajarc | | Code 123 - Limogne | Hauteurs | 3.75 | 14/01/2009 | ? |

Tableau 3 : Sources de Dordogne et départements voisins dont la hauteur d'eau est suivie

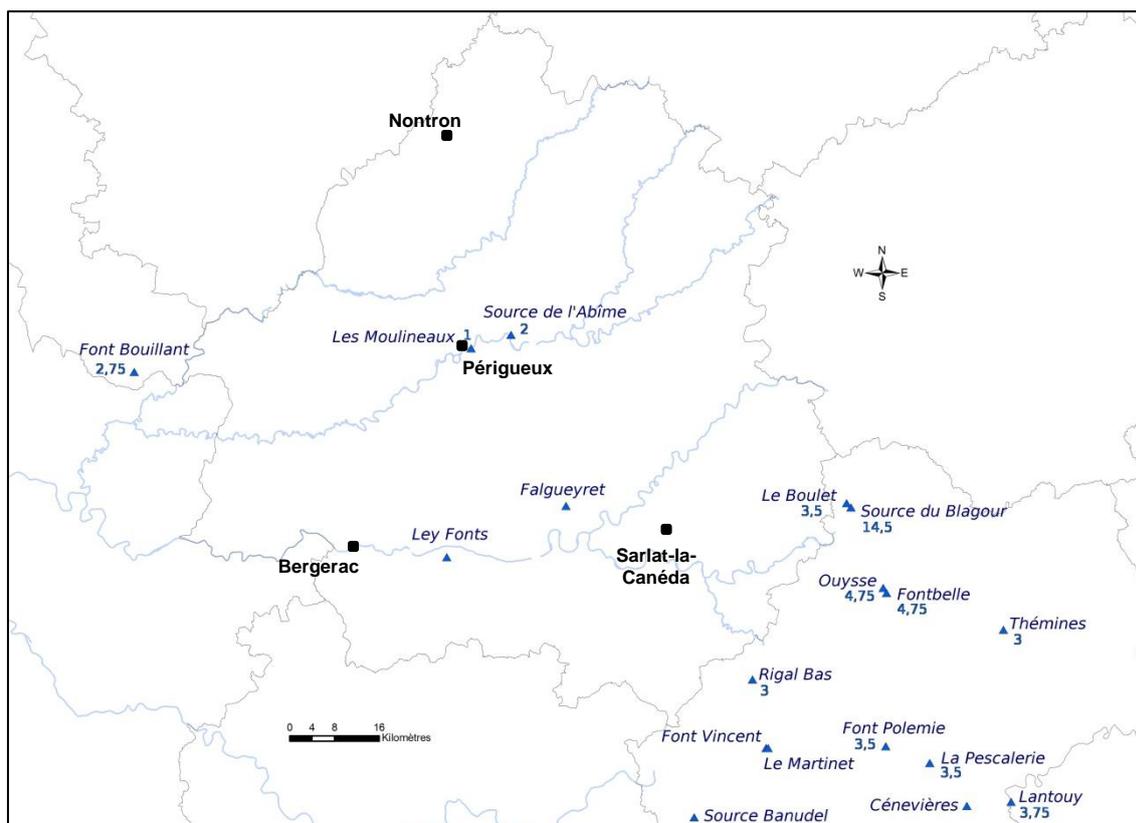


Figure 11 : Localisation des sources dont le niveau d'eau est suivi et nombre d'années de mesures

Les sources de l'Abîme et des Moulineaux sont suivies par le BRGM (Figure 12). Les capteurs ont été installés respectivement au cours des étés 2010 et 2011. La chronique piézométrique

est donc petite puisqu'on dispose d'à peine plus d'une année hydrologique complète. On notera que ces sources sont suivies depuis plus longtemps par les gestionnaires que sont Lyonnaise des Eaux (Source de l'Abîme) et La Saur (Les Moulineaux), l'historique des données étant en cours de récupération. De plus, ces sources sont actuellement exploitées pour l'alimentation en eau potable, il existe donc un certain biais dans les enregistrements. Les sources de Ley Fonts et de Falgueyret sont suivies respectivement par La Saur et Véolia pour le compte des syndicats d'eau potable. La récupération de leurs suivis est également en cours.

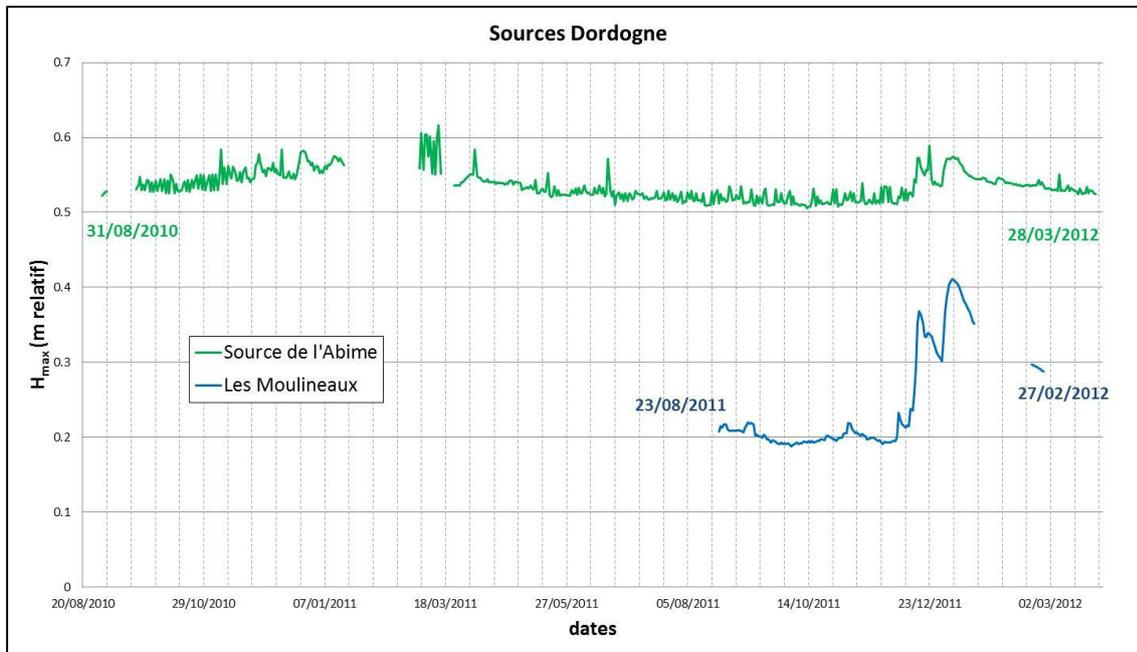


Figure 12 : Séries chronologiques des sources suivies par le BRGM

La relation hauteur d'eau/débit passe par l'élaboration de la courbe de tarage. Concernant la source des Moulineaux, celle-ci n'existe pas. Au Toulon (source de l'Abîme), une courbe a été établie par les anciens gestionnaires mais des mesures manquent, notamment en hautes eaux, pour valider cette courbe. Pour Ley Fonts et Falgueyret, seuls les syndicats sont en mesure de fournir les courbes de tarage.

À l'instar des chroniques piézométriques de forages, un inventaire des sources suivies dans les départements voisins a été mené. Les mesures sont disponibles sur ADES pour les sources de Font Bouillan (07803X0004) en Charente-Maritime et de Font-Polemie (08576X0022) et La Pascalerie (08577X0029) dans le Lot. Au cours de la synthèse hydrogéologique du département du Lot (Bardeau et al., 2009), d'autres sources ont été inventoriées dans ce département (+ une en Aveyron).

On remarque que la densité de données de débits de source est beaucoup plus importante dans le Lot avec un historique disponible sur minimum 3 ans. La source du Blagour est de loin celle qui dispose du plus de données de débits et un travail de modélisation globale des chroniques de débit de cette source avait été initié en 2010 (Bardeau, 2012). La modélisation globale (de type boîte noire) a été effectuée à partir du logiciel TEMPO, développé par le BRGM (Pinault, 2001), qui permet de mettre en relation un débit (ou un niveau piézométrique) avec un épisode pluvieux. Cet outil apporte des informations sur le fonctionnement d'un aquifère karstique en décomposant la réponse impulsionnelle calculée en deux réponses distinctes :

- La réponse impulsionnelle rapide traduit l'apport du ruissellement et des circulations d'eau au sein des drains primaires à fortes perméabilités ;
- La réponse impulsionnelle lente correspond aux circulations d'eau au sein des fissures et des drains colmatés à plus faible perméabilité.

Bien qu'une meilleure connaissance du système karstique du Blagour ait été obtenue, l'évaluation d'un volume exploitable n'a pas été possible faute de piézomètres.

Contrairement au département du Lot, la quantité et la qualité des données disponibles au niveau des sources de Dordogne constituent pour le moment un frein à l'étude du fonctionnement général des aquifères karstiques. Une densification des suivis hydrogéologiques s'avère nécessaire. Celle-ci doit avoir lieu aussi bien dans le domaine temporel que spatial. En effet, dans l'attente de la récupération des données auprès des syndicats concernés, l'historique actuel des données des Moulineaux et du Toulon reste récent et l'enregistrement souffre de problèmes ayant donné lieu à des arrêts prolongés de mesures. Nous soulignerons également ici que l'absence de courbe de tarage propre reste préjudiciable à l'utilisation d'outils spécifiques. D'un point de vue spatial, le suivi de seulement 4 sources ne permet pas de couvrir l'ensemble des systèmes karstiques d'importance régionale. Au-delà de la source de Ley Fonts qui montre un fonctionnement particulier, lié à l'exploitation probable du Jurassique et du Crétacé (SAFEGE, 2011), les 3 autres sources ne captent que les formations du Crétacé.

Un déploiement d'enregistreurs sur au moins un cycle hydrologique avec un pas d'acquisition élevé (horaire à journalier) et concernant des systèmes aquifères différents permettrait d'avoir une vision plus complète du comportement des karsts de Dordogne, ceci en vue de l'amélioration de la gestion des ressources. L'équipement doit concerner, dans l'absolu, des sources actuellement non exploitées pour lesquelles les variations de débits sont uniquement liées aux conditions climatiques et au fonctionnement même du réservoir. Cependant, cette recommandation impose des ressources financières relativement importantes. Aussi, une alternative consisterait à associer les acteurs de l'eau de Dordogne, lesquels, dans un souci de gestion de la ressource, seraient intéressés par le suivi des débits. L'intérêt étant notamment de mutualiser les coûts liés à l'entretien des enregistreurs, aux jaugeages de la source et à la bancarisation des données.

Le choix des sources à équiper dépend donc de plusieurs facteurs que ce soit leur exploitation ou non, la possibilité de mettre en place un suivi quantitatif, d'être la seule émergence du système karstique étudié (dans le cas contraire, l'ensemble des résurgences doit être prise en compte), de concerner un seul aquifère,...

Ce choix peut s'appuyer sur le travail réalisé dans le cadre de la gestion des nappes d'eaux souterraines en Dordogne (Mauroux et al., 2002) pour lequel la possibilité d'équiper des sources du réseau quantitatif et qualitatif a été évaluée. D'autre part, beaucoup de sources disposent de mesures de débits ponctuelles, réalisées dans le cadre d'études spécifiques (rapports de bureaux d'études, thèses,...) pour partie déjà identifiées. Une visualisation cartographique, par entité aquifère, des débits de chaque source pourrait préciser les systèmes aquifères stratégiques à équiper. Cette récupération de données et leur intégration au sein d'une base pourraient être envisagées dans la suite de ce projet.

4.2.3. Données météorologiques

Les paramètres météorologiques sont disponibles auprès de deux organismes qui ont leur propre réseau : Météo-France et la Chambre d'Agriculture de Dordogne. Les principaux paramètres de précipitations, température et ETP sont enregistrés quotidiennement. Concernant les 61 stations en activité (en Annexe 3, les stations disposant de données sur la

période 1990-2011 sont répertoriées), Météo-France dispose des données les plus anciennes avec une majorité de stations mises en place avant les années 1990 (Figure 13). On précisera par ailleurs que la station de Bergerac-Tabac (non indiquée ici) fournit des données depuis 1903. Le réseau de la Chambre d'Agriculture est le plus récent avec un parc important installé durant les années 1990.

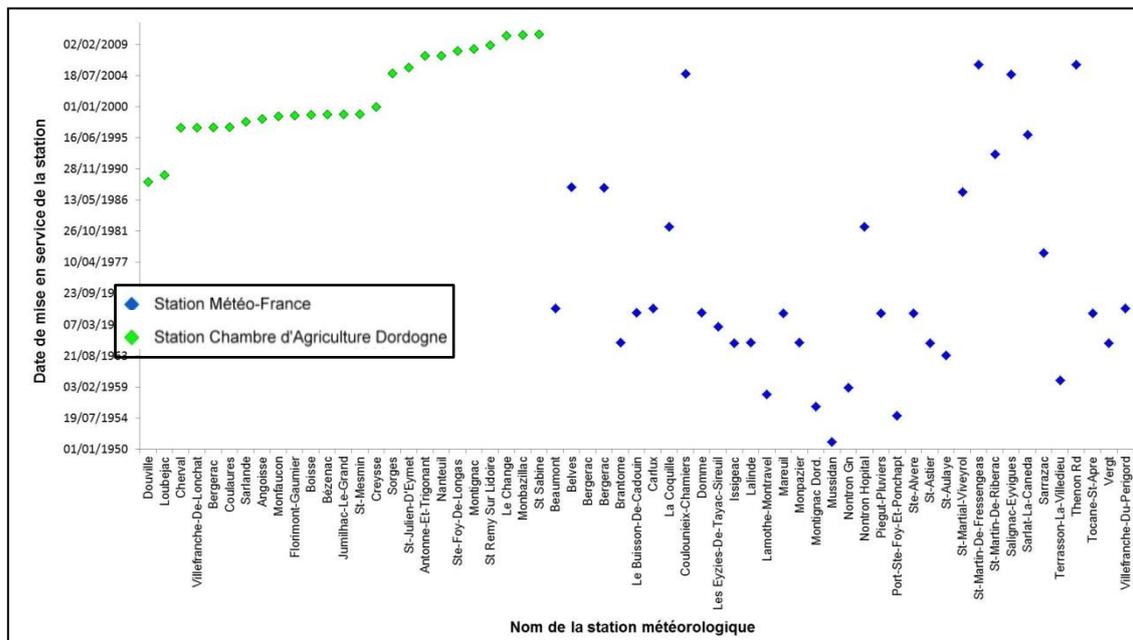


Figure 13 : Date d'installation des stations météorologiques

La complémentarité des deux réseaux permet une très bonne couverture du département (Figure 14). Celle-ci est assurée au nord-ouest, pour les stations du réseau Météo-France tandis qu'au Nord-est, les stations de la Chambre d'Agriculture prennent le relais.

La récupération des données doit faire l'objet d'une demande officielle auprès des deux organismes et sera effectuée en temps voulu, lors de l'application de méthodes spécifiques avec notamment l'utilisation des analyses corrélatoires, qui sera entreprise lorsque la quantité de données sera jugée suffisante.

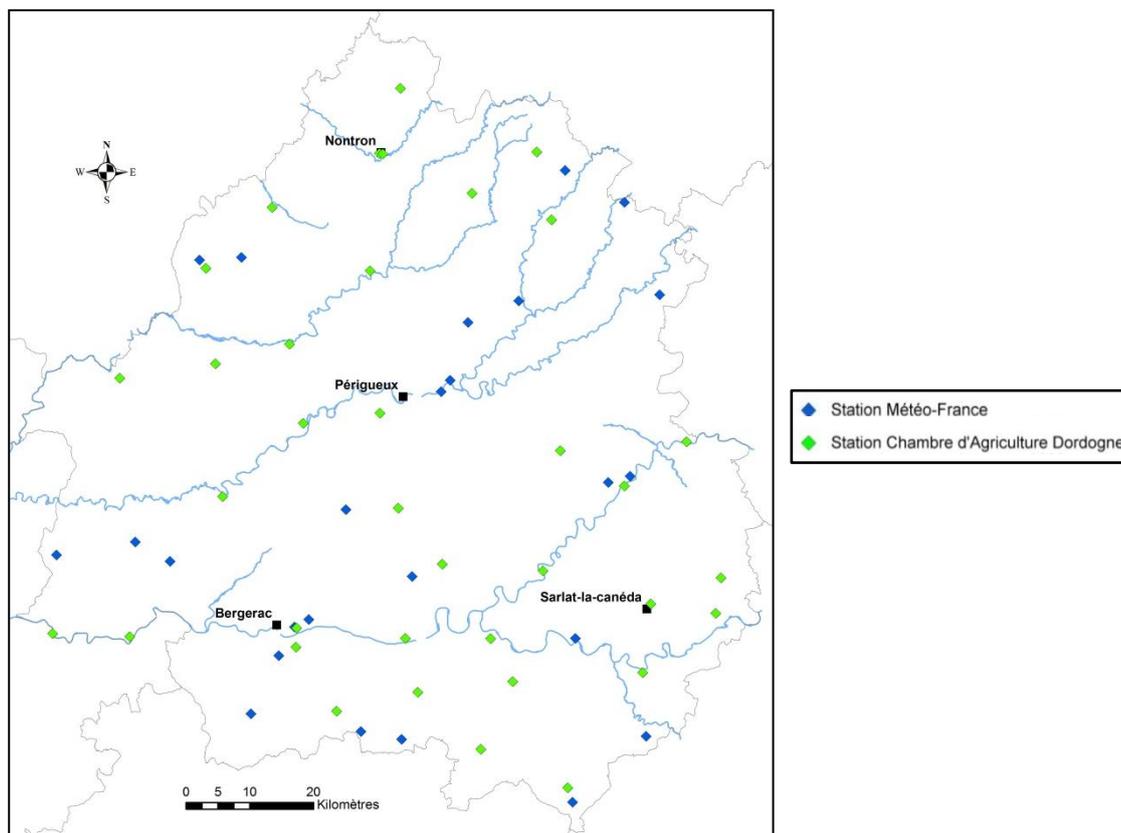


Figure 14 : Répartition spatiale des stations météorologiques

4.2.4. Base de données des traçages

Une base de données des essais de traçage artificiel a été réalisée au cours de cette première année d'étude pour le département de la Dordogne (Annexe 4). Afin de faciliter les mises à jour et valoriser cet inventaire, la base a été réalisée sous Microsoft Excel 2010 et sa visualisation cartographique est actuellement supportée par le logiciel ArcGIS (version 10.0, ESRI) (Figure 15). Cette base est une adaptation de celle réalisée pour le Lot, elle-même inspirée de celle développée par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (Bardeau et al., 2009).

L'inventaire a été effectué à partir des données disponibles dans la littérature notamment auprès du Spéléo-Club de Périgueux, dans quelques rapports de bureaux d'études, dans les thèses ou encore dans les rapports BRGM. Il s'agit d'un inventaire non exhaustif, d'autres traçages étant disponibles dans la littérature et notamment auprès des bureaux d'études, qui se poursuivra tout au long du projet.

Au final, cette base regroupe 89 points d'injection et 84 points de surveillance. Un total de 119 traçages a été intégré (un traçage peut concerner un point d'injection et plusieurs points de surveillance, et vice-versa). La restitution du colorant a été observée 92 fois. La base est actuellement complétée avec l'appui du Comité Départemental de Spéléologie.

Cette base montre par ailleurs de grandes disparités dans les informations qui y sont référencées notamment pour les colorations les plus anciennes. Les points critiques concernent principalement l'emplacement de certains points d'injection et de surveillance, les méthodes de détection et d'analyse, le calcul des temps de transfert ou encore les conditions hydrologiques lors de l'injection.

L'absence de ces informations montre que les résultats de traçages peuvent conduire à des interprétations hâtives voire à des incohérences hydrogéologiques. Une réflexion sur une grille d'évaluation des résultats de traçage existe (Mondain et al., 2008). L'application de cette grille pourrait être envisagée pour la suite du projet.

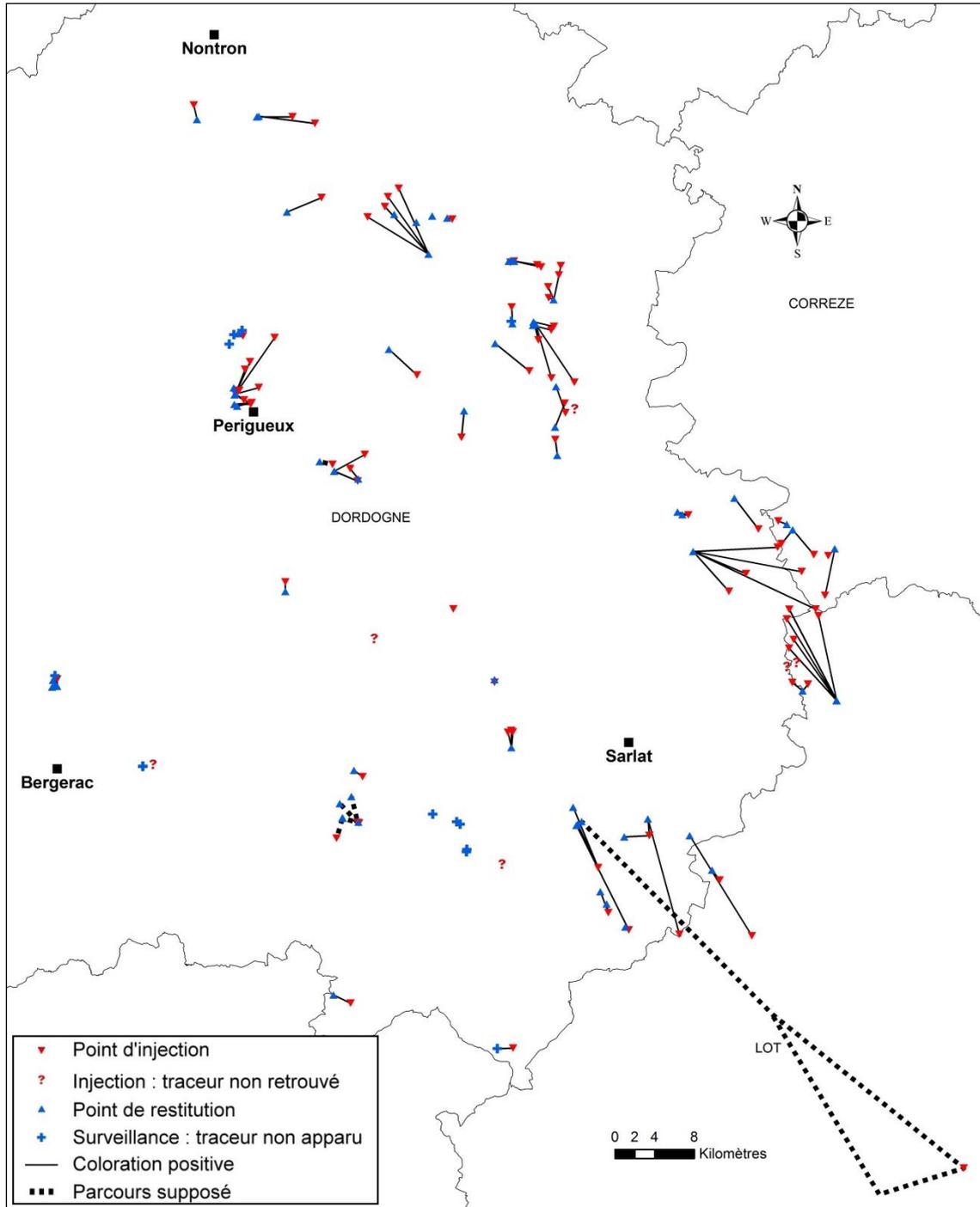


Figure 15 : Carte des traçages de Dordogne

4.2.5. Suivis physico-chimiques

La récupération des mesures physico-chimiques se heurte à deux écueils. Tout d'abord, la diversité des bases de données existantes (ADES, Infoterre, BSS-ES, ...) ne permet pas de regrouper l'ensemble des données d'un même point ni d'intégrer facilement d'autres mesures. Ensuite, il existe une quantité importante de mesures disponibles dans la littérature (thèses, rapports) mais également auprès des gestionnaires, syndicats, ... qui n'ont pu être récupérées au cours de cette première année d'étude. Leur récupération nécessite d'une part, d'impliquer l'ensemble des acteurs de l'eau dans le processus de diffusion de leurs données (comprendre l'intérêt d'un partage et d'une mise en commun des mesures) et d'autre part, d'avoir une réflexion sur la bancarisation de ces données et leur mise à jour de façon à faciliter le partage.

Les données récupérées proviennent de la banque d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) pour lesquelles seules les **valeurs validées correctes** ont été retenues. Sur la base de la mise à jour de l'aquifère capté par les ouvrages, les mesures ayant trait aux aquifères du Jurassique et du Crétacé ont été sélectionnées. Ces aquifères sont suivis pour certains depuis 1973 mais font l'objet de mesures plus régulières depuis les années 1990.

Les ions majeurs

Pour chaque analyse récupérée, la balance ionique a été calculée. Une chimie de l'eau non balancée peut provenir d'une eau non équilibrée, d'une analyse incomplète (un ion peut manquer) ou d'une erreur d'analyse (une valeur n'est pas correcte) (Banton et al., 1999). Afin de limiter ces incertitudes, l'erreur de la balance ionique est calculée selon la formule :

$$\epsilon = \frac{\text{cations} - \text{anions}}{\text{cations} + \text{anions}} \times 100$$

Une analyse chimique est considérée comme fiable si l'erreur de la balance ionique ne dépasse pas 5% en valeur absolue (Bichot et al., 1997). Dans notre cas, les erreurs importantes (+ de 5%) proviennent généralement de l'absence d'analyse d'un ou de plusieurs ions, le plus souvent K⁺. Cependant, dans le cas d'analyses complètes, l'eau semble en majorité balancée ; l'observation d'erreurs ponctuelles semble alors indiquer une erreur d'analyse.

Au final, 143 ouvrages de Dordogne disposant de mesures en ions majeurs ont été récupérés (Tableau 4).

| Entité hydrogéologique | Forages | Sources & Puits |
|------------------------|---------|-----------------|
| Crétacé | 12 | 84 |
| Jurassique | 29 | 15 |
| Indéterminé | 1 | 2 |

Tableau 4 : Nombre d'ouvrages disposant de mesures en ions majeurs

La répartition des ouvrages (Figure 16) montre une dominance des forages et sources jurassiques sur la bordure orientale de la zone d'étude, c'est-à-dire à proximité des zones

d'affleurements de ces aquifères. Les ouvrages crétacés se répartissent sur une zone plus grande.

On notera par ailleurs que 3 ouvrages suivis qualitativement n'ont pu être attribués à un aquifère faute d'informations suffisantes.

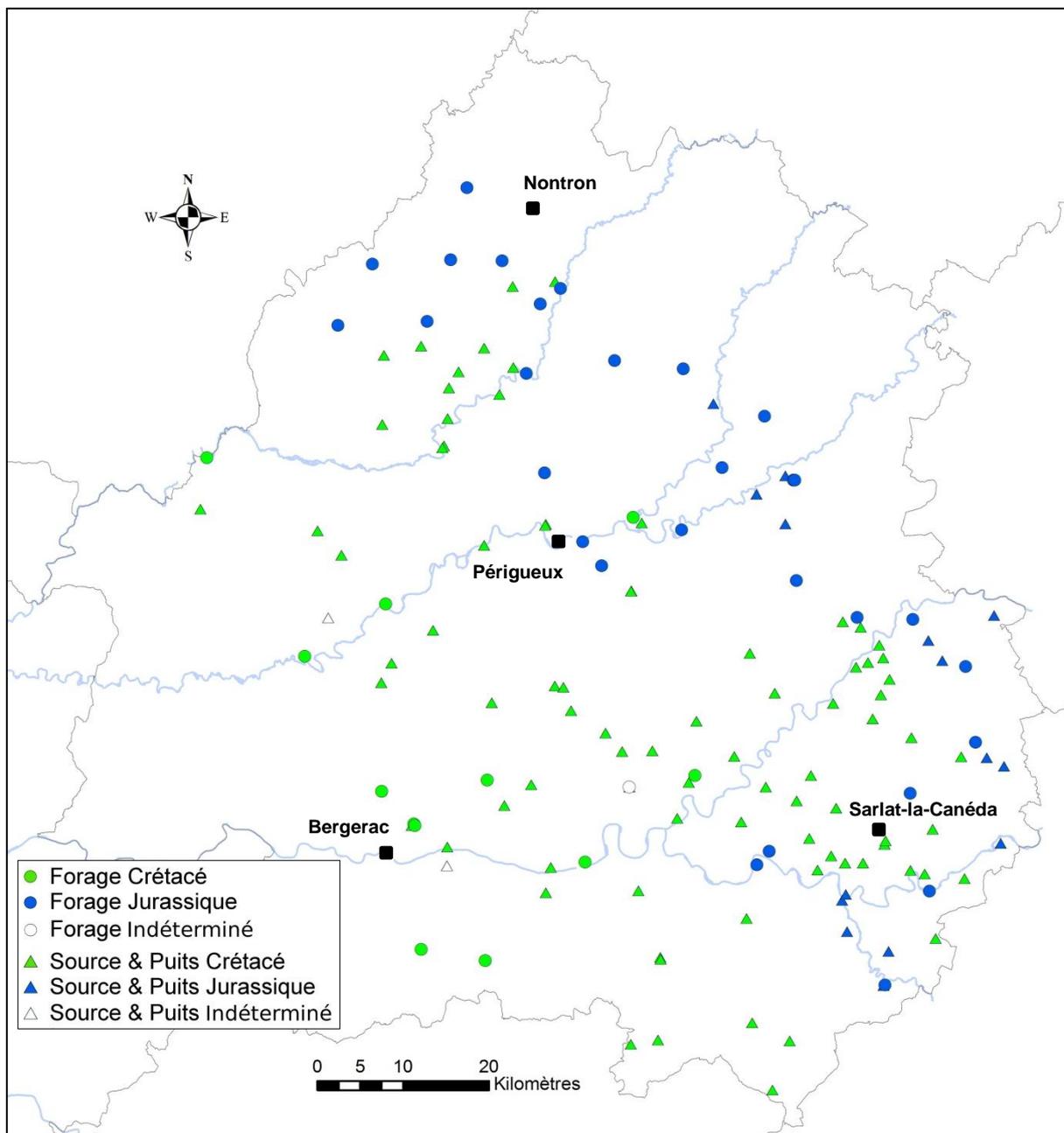


Figure 16 : Répartition spatiale des 143 ouvrages de Dordogne

La densité d'ouvrages disposant de mesures en ions majeurs reste relativement importante. Cependant, la quantité de données par ouvrage est très hétérogène. La majorité des ouvrages disposent de moins de 10 mesures d'une même espèce sur la période 1990-2012, comme ici l'ion HCO_3^- (Figure 17). Seuls deux ouvrages sont suivis presque mensuellement (Figure 18). Il s'agit des sources des Moulineaux et de l'Abîme. Aucun autre ouvrage ne dispose, même sur une année hydrologique, d'une fréquence de mesures supérieure au mois.

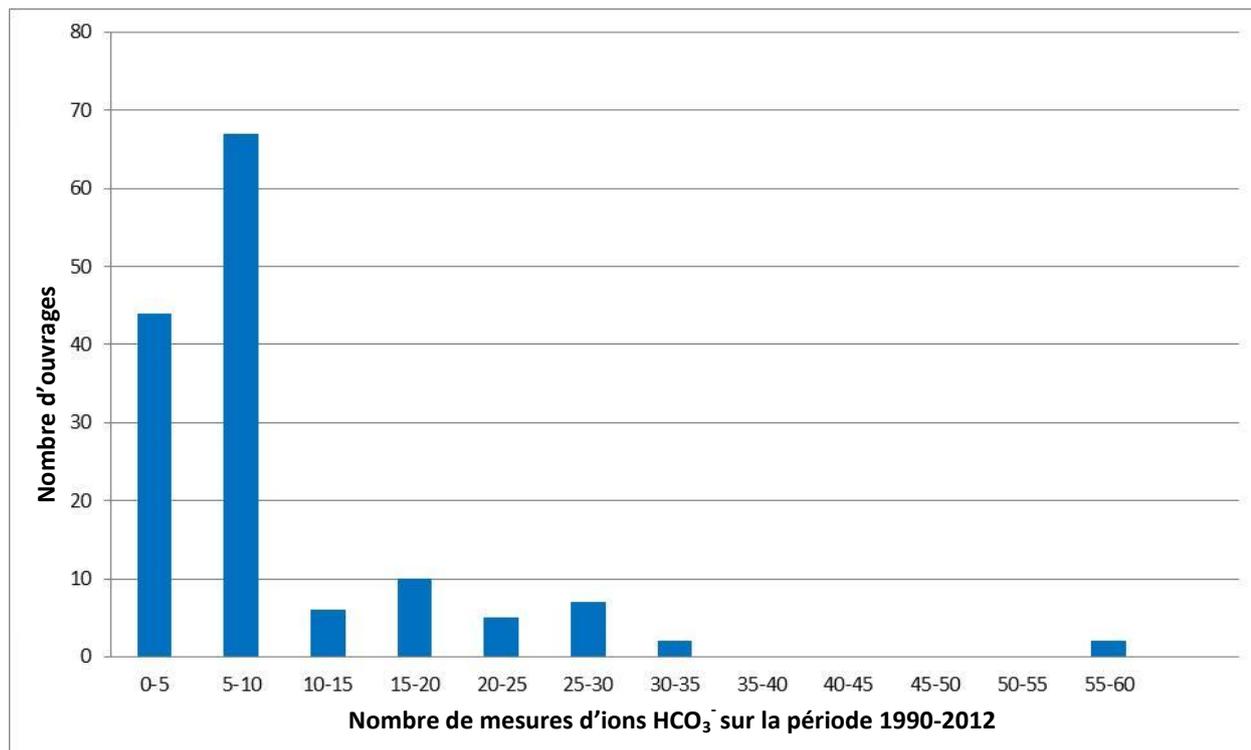


Figure 17 : Nombre de mesures d'ions majeurs (HCO_3^-) pour les 143 ouvrages sur la période 1990-2012

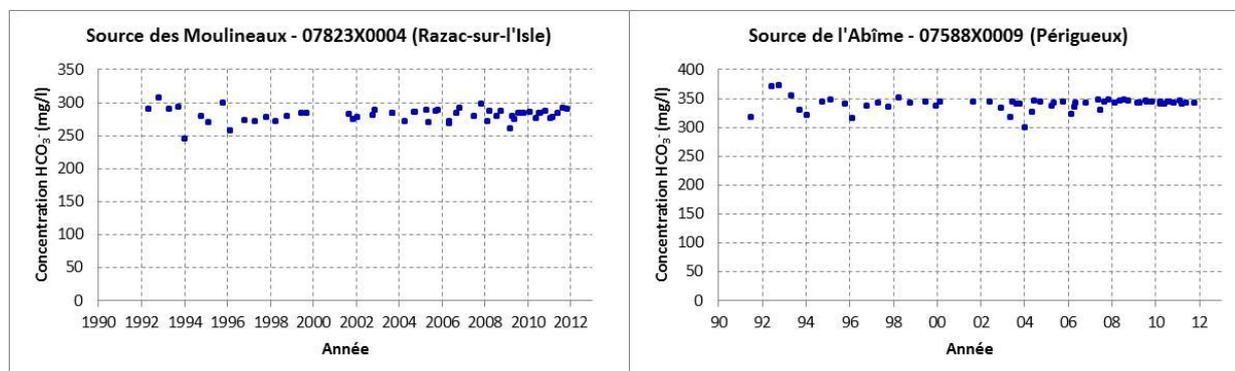


Figure 18 : Répartition temporelle de HCO_3^- des deux ouvrages les plus suivis de Dordogne

Les paramètres physico-chimiques

À l'instar des ions majeurs, le suivi des paramètres physico-chimiques varie nettement d'un ouvrage à l'autre. Si le nombre d'ouvrages disposant des paramètres de conductivité, température, carbone organique total et turbidité notamment reste important (Annexe 5

Cartes de répartition des ouvrages disposant de mesures physico-chimiques et nombre de mesures par ouvrage), la fréquence des mesures reste très faible. Au maximum, un suivi mensuel est effectué sur certains ouvrages.

Au final, le manque de données sur la plupart des ouvrages pose le problème de la représentativité de l'analyse spatiale de la distribution des paramètres, rendant ainsi délicate l'interprétation d'anomalies physico-chimiques et l'analyse du fonctionnement des systèmes

karstiques. Se pose également la question de la pertinence de la comparaison des paramètres entre ouvrages. Enfin, la variabilité temporelle des marqueurs géochimiques est privilégiée pour comprendre les modalités de fonctionnement des karsts. La faible fréquence de mesures sur l'ensemble des ouvrages (de 1 à 4 mesures par an voire sur l'ensemble de la période 1990-2012) ne permet pas de préciser le fonctionnement des systèmes de Dordogne.

La densification des données passe d'une part par la prise en compte de mesures disponibles dans les rapports de bureaux d'étude et thèses. Il s'agit de données ponctuelles avec parfois des suivis plus réguliers (pas de temps journaliers voire horaires) de paramètres-clés tels que la température, la conductivité et la turbidité sur des périodes plutôt courtes (de l'ordre de quelques mois). Cette phase permet notamment de préciser l'évolution physico-chimique des eaux au cours du temps. D'autre part, la mise en place de capteurs peu coûteux et faciles d'utilisation (capteurs de température et conductivité essentiellement) pourrait identifier les modes de fonctionnement de certains aquifères pour des secteurs clés.

4.2.6. Autres données hydrogéologiques

En appui des paramètres présentés précédemment et largement utilisés pour l'étude des karsts, certaines données peuvent s'avérer intéressantes pour la suite du projet. Elles ne sont pas forcément intégrées au sein de bases de données et se retrouvent ponctuellement dans la bibliographie. Nous présentons ici certaines de ces données qui pourront par la suite être développées.

Périmètres de protection et bassins d'alimentation

La connaissance du bassin d'alimentation d'un exutoire permet une estimation de la ressource ainsi que des zones de recharge d'un système. Dans le cadre de la protection des ouvrages, la délimitation de leur aire d'alimentation est primordiale et intéresse donc aussi bien les maîtres d'ouvrage que les organismes en charge de la protection qualitative de l'eau.

À cet effet, l'Agence Régionale de Santé de Dordogne (ARS24) dispose d'un inventaire des périmètres de protection (immédiat, rapproché et éloigné) de certains ouvrages de Dordogne.

Dans la plupart des cas, les périmètres de protection éloignés sont apparentés aux bassins d'alimentation. Ils ont donc été conservés puis complétés voire modifiés à partir de rapports de bureaux d'étude et de documents BRGM (Figure 19). Dans l'optique d'une pérennisation de cette base, les échanges sont maintenus entre BRGM et ARS afin d'intégrer les dernières mises à jour.

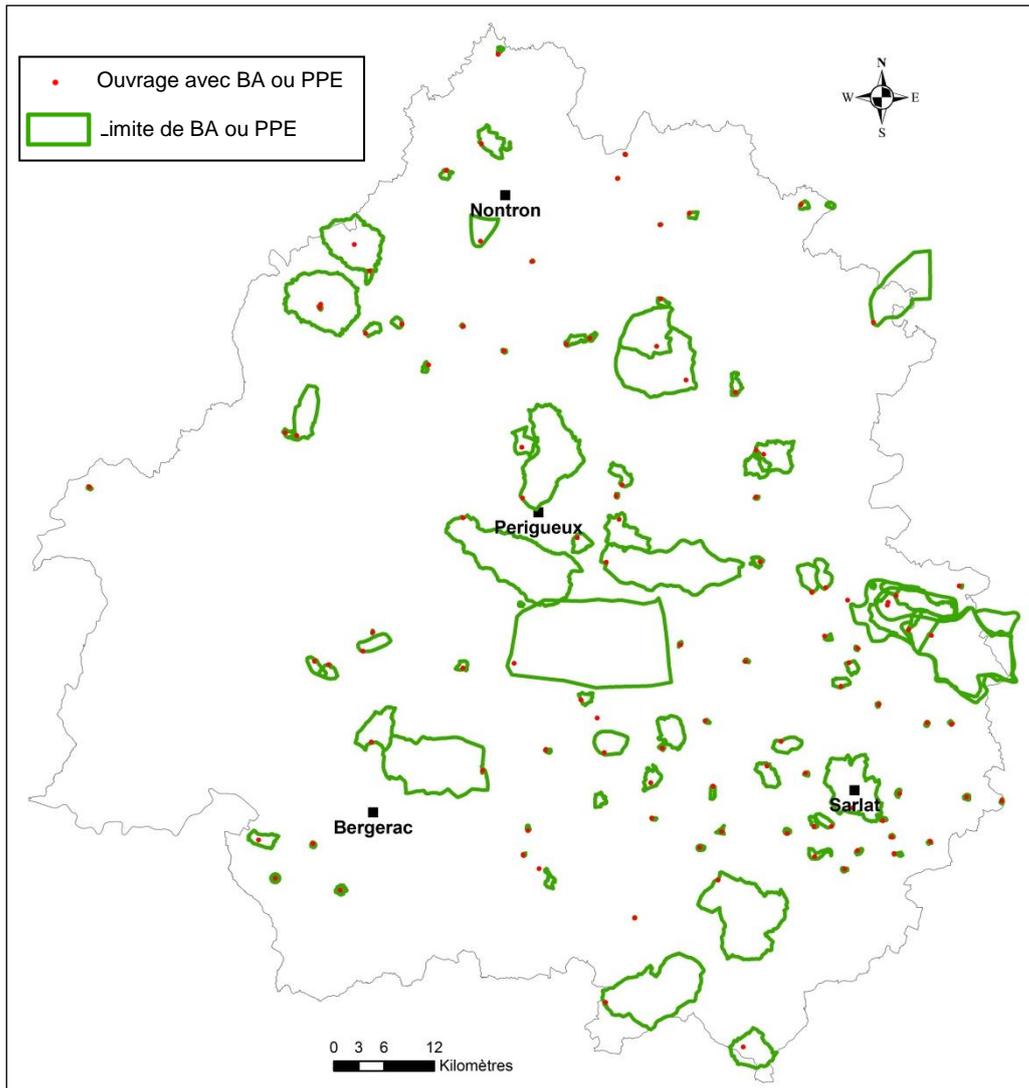


Figure 19 : Délimitation des bassins d'alimentation (BA) ou des périmètres de protection éloignée (PPE) de certains ouvrages de Dordogne

Pertes de rivières - bulides

En plus des précipitations, l'alimentation directe d'un système karstique peut s'effectuer au travers de pertes de rivière. Ces pertes sont mises en évidence par la recherche d'anomalies de débit le long d'un cours d'eau.

La présence de ces pertes peut modifier les limites du bassin d'alimentation. Une étude de terrain et la réalisation de jaugeages différentiels le long d'un cours d'eau en différentes conditions hydrologiques sont donc nécessaires à l'identification de ces pertes.

D'autre part, ces pertes étant des zones d'écoulement préférentiel vers le réservoir, elles jouent un rôle important dans la recharge des réservoirs mais également dans la nature chimique de ses eaux. L'étude de ces pertes et de leurs relations avec des signatures chimiques d'eaux plus ou moins profondes peut mettre en évidence les modalités de circulations souterraines.

En Dordogne, des stations hydrologiques mesurent les hauteurs et débits des principaux cours d'eau (Figure 20 et Annexe 6). Ces données sont disponibles sur la banque hydro (www.hydro.eaufrance.fr). Peu de données supplémentaires sont disponibles dans la littérature.

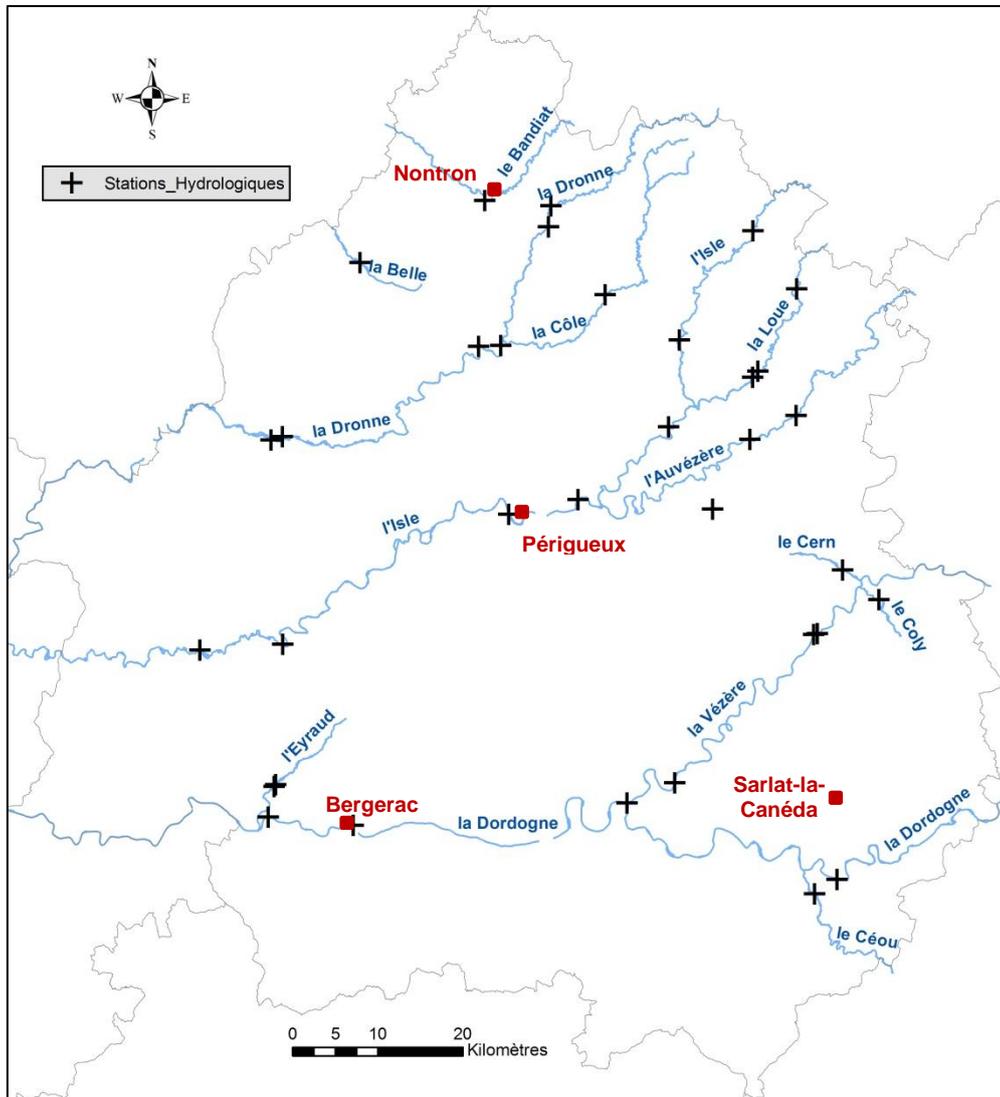


Figure 20 : Localisation des stations hydrologiques de Dordogne

Lors d'un travail de recherche sur le Céou (Fradet, 1985), cours d'eau du sud-est du département de la Dordogne, l'étude de la répartition des débits a également permis de mettre en évidence l'existence d'apports issus du fond du lit de la rivière (Figure 21). Ces apports se caractérisent par un bouillonnement sous l'action d'arrivées d'eaux tièdes ascendantes qui s'accompagnent de bulles de gaz (Figure 22). Dénommés localement « bulides », elles traduisent les caractéristiques de ces sources dont les températures sont comprises entre 15°C et 26°C.

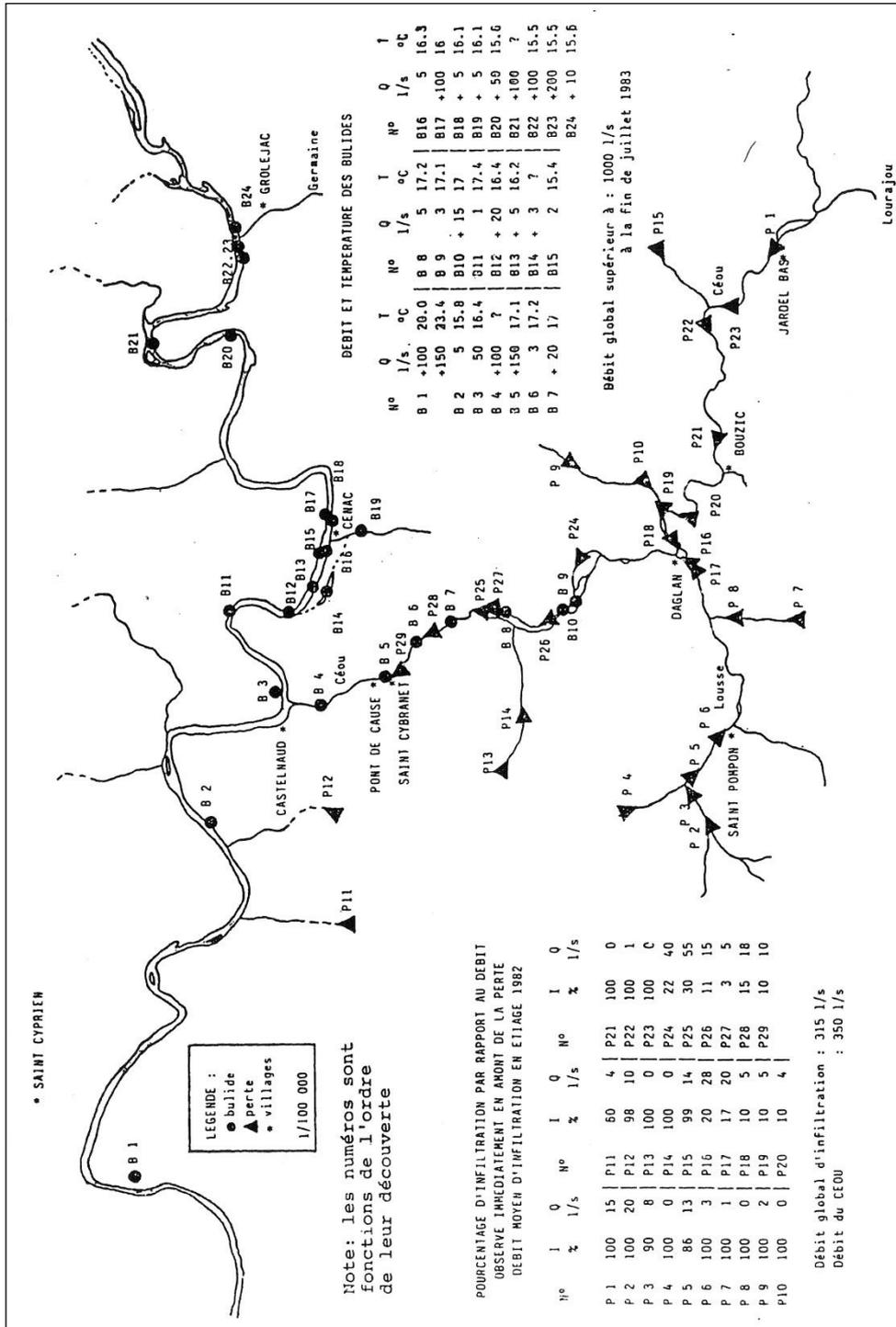


Figure 21 : Carte de répartition des pertes et bulides sur le bassin aval du Céou (Fradet, 1985)



Figure 22 : Exemple de « bulide » à la source de Creyssac

En complément, la réalisation de traçages à partir des observations de pertes et bulides a révélé l'existence d'un axe privilégié des écoulements par conduits karstiques en accord avec l'orientation des failles et plis d'extension régionale du secteur.

Pour la suite de ce projet, l'étude des pertes et bulides peut donc se révéler être un élément pertinent pour la représentation de la structure et du fonctionnement d'un système karstique.

À cet effet, un premier inventaire de ces bulides a été réalisé à partir de rapports de bureaux d'études et de visites sur le terrain (Tableau 5 et Figure 23).

| Code BSS | Nom | Commune | Température (°C) | Code BSS | Nom | Commune | Température (°C) |
|------------|----------------------|---------------------|------------------|----------|-----|---------|------------------|
| 07583X0003 | Source de creyssac | Creyssac | 15 | | B9 | | 17.2 |
| 07583X0004 | Bouillidor | Lisle | 17 | | B10 | | 17 |
| 07583X0006 | Bulidour | Lisle | 18 | | B11 | | 17.4 |
| 08067X0008 | Ley fonts | Cours-de-pile | 20 | | B12 | | 16.4 |
| 08078X0031 | Font-chaude | Saint-cyprien | 20.5 | | B13 | | 16.2 |
| 08087X0029 | Source gauby | Calviac-en-perigord | 15 | | B14 | | 0 |
| 08314X0012 | Fongauffier | Sagelat | 13.55 | | B15 | | 15.4 |
| 08321X0008 | Source de la budigue | Vezac | 16.75 | | B16 | | 16.3 |
| 08321X0074 | la Budigue | Vezac | 16.3 | | B17 | | 16 |
| | B1 | | 21.7 | | B18 | | 16.1 |
| | B2 | | 15.8 | | B19 | | 16.1 |
| | B4 | | 0 | | B20 | | 15.6 |
| | B5 | | 17.1 | | B21 | | 0 |
| | B6 | | 17.2 | | B22 | | 15.5 |
| | B7 | | 17 | | B23 | | 15.55 |
| | B8 | | 17.2 | | B24 | | 15.55 |

Tableau 5 : Premier inventaire des « Bulides »

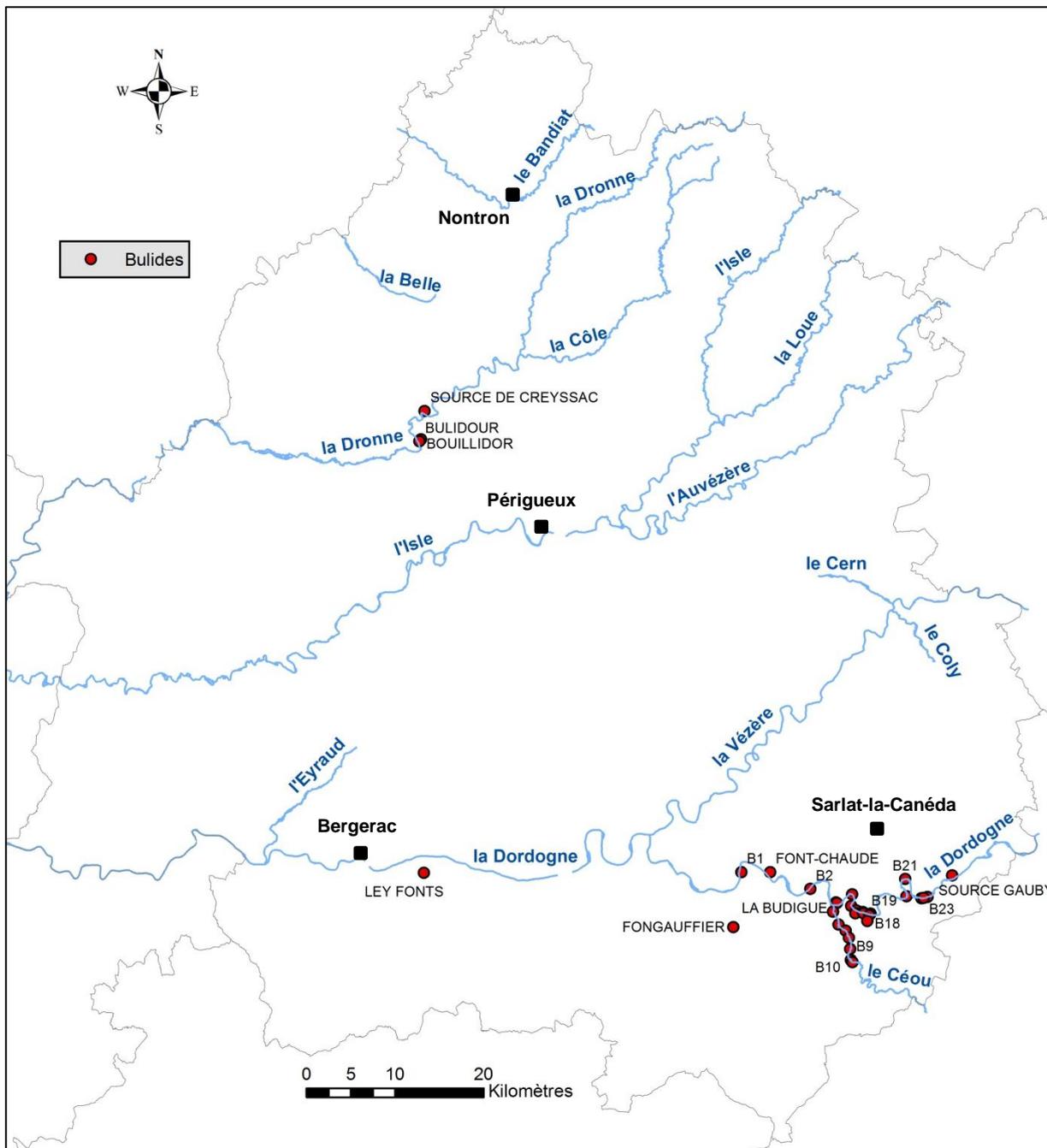


Figure 23 : Localisation de Bulides

Datations

L'âge des eaux souterraines peut s'avérer être un outil pertinent pour déterminer les vitesses d'écoulements et le temps de stockage au sein d'un système karstique (Dörfliger et al., 2010). Toutefois, les méthodes de datation se heurtent généralement à la présence d'eau « récente » dans les aquifères karstiques pour lesquels le cycle de l'eau est rapide (un à quelques dizaines d'années au maximum). Les méthodes de datation doivent donc être adaptées à ces eaux jeunes et les résultats doivent être pris avec toute la mesure nécessaire puisque l'on rencontre fréquemment des mélanges d'eaux d'infiltration rapide et des eaux de la réserve noyée.

Dans la littérature, ce sont principalement les méthodes au Carbone 14 et au Tritium qui ont été le plus souvent utilisées aux dépens de méthodes plus récentes ($^3\text{H}/^3\text{He}$, CFC, SF6, ^{85}Kr). En Dordogne, un travail de datation au Carbone 14 et Tritium a démontré que les eaux du Crétacé ont un âge variable compris entre 7 000 et 43 000 ans tandis que les eaux du Jurassique sont plus jeunes (1 000 à 13 000 ans), ces dernières étant sujettes à des mélanges importants avec des eaux météoriques (Chigot et al., 1992).

La complexité des circulations au sein des aquifères karstiques a également été démontrée par datation dans le Lot-et-Garonne (Gomez et al., 2008). Les résultats ont montré que la répartition géographique des âges obtenus n'est pas en accord avec le sens général d'écoulement des nappes.

Si l'utilisation de l'âge de l'eau est à prendre avec beaucoup de précautions, elle pourrait s'avérer au final intéressante en appui d'autres méthodes pour identifier les modes de fonctionnement de certains systèmes. Malheureusement, elle intervient relativement peu dans les études puisqu'on ne trouve que très ponctuellement des résultats de datation.

4.3. PREMIÈRES ANALYSES

Il s'avère que la quantité et la qualité des données piézométriques et des valeurs de débit des sources ne sont pas suffisantes pour établir une première analyse pertinente du fonctionnement des aquifères carbonatés. Ainsi, seule une analyse des données hydrochimiques a été effectuée afin de caractériser la nature des eaux jurassiques et crétacées.

4.3.1. Faciès chimiques – Diagrammes de Piper

Afin de visualiser les différents faciès chimiques et comparer les ouvrages entre eux, les analyses ont été reportées dans un diagramme de Piper. En complément, 72 ouvrages situés hors Dordogne ont été intégrés.

- **Aquifères du Crétacé**

La Figure 24 montre que le faciès chimique des eaux du Crétacé est bicarbonaté calcique ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$).

En Dordogne, les anions sont représentés à plus de 80 % par des carbonates et bicarbonates et près de 10 % sont des chlorures et nitrates. Le triangle des cations montre une distinction possible entre les eaux de sources et celles de forages. Ainsi, pour les sources apparaît un pôle calcique très fort, dépassant les 80 % de calcium. Les forages présentent quant à eux un pôle calcique moins significatif, diminuant au profit d'une composition plus magnésienne (jusqu'à 40 % des cations).

A une échelle plus régionale, la distinction entre ouvrages s'accroît avec l'apparition d'une eau plus sodique-potassique. Les forages présentent alors une eau calcique à tendance magnésienne sodique.

La répartition des concentrations des différents ions majeurs ne dépend ni de la répartition géographique (par exemple, les forages les plus magnésiens ne sont pas situés dans le même secteur) ni de l'aquifère capté (Turonien, Coniacien-Santonien ou Campanien).

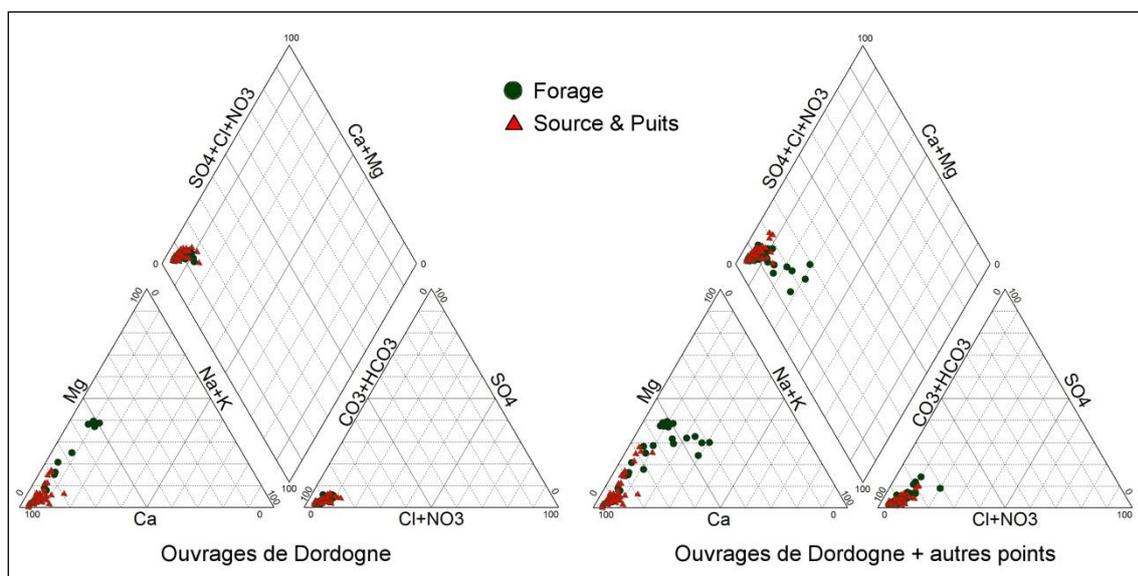


Figure 24 : Diagramme de Piper pour les eaux du Crétacé

• Aquifères du Jurassique

De la même manière que les eaux crétacées, les eaux du Jurassique montrent dans leur ensemble une composition bicarbonatée calcique (Figure 25). On observe également, aussi bien à l'échelle régionale que pour le département de la Dordogne, une différenciation marquée du faciès chimique des eaux de sources et de forages.

Deux tendances semblent se démarquer selon l'aquifère capté. Ainsi, les eaux du Lias montrent un faciès bicarbonaté calcique à tendance sulfatée calcique qui traduit une rupture avec le reste des aquifères jurassiques (Bajocien, Bathonien-Callovo-Oxfordien, Kimméridgien et Tithonien) lesquels présentent un enrichissement en sodium et potassium. Ce dernier faciès chimique étant en accord avec celui observé pour les forages crétacés.

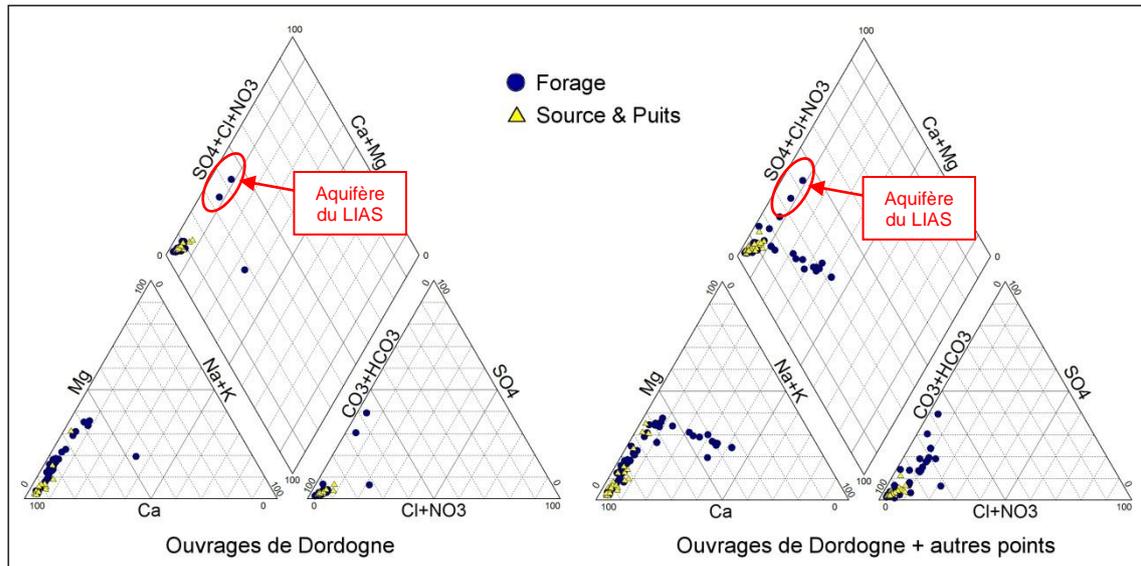


Figure 25 : Diagramme de Piper pour les eaux du Jurassique

Au final, les eaux du Crétacé et du Jurassique montrent un faciès chimique relativement semblable. Une distinction étant possible entre les eaux du Lias et le reste des aquifères. Les sources se différencient des forages essentiellement au travers d'un pôle calcique plus marqué. Les forages montrent alors un enrichissement en magnésium pouvant s'expliquer par des profondeurs et des temps de résidence plus importants mais également par la composition minéralogique des aquifères. A une échelle plus régionale, les aquifères ont des eaux bicarbonatés calciques mais avec des teneurs en Na et K beaucoup plus significatives.

4.3.2. Origine de la minéralisation

Les formations aquifères du Crétacé et du Jurassique sont constitués de matériaux carbonatés calciques (dominance du calcium) et dolomitiques (dominance du magnésium), lesquels sont facilement dissous et sont à l'origine à la fois des faciès chimiques observés précédemment et de la nature karstique des aquifères. L'origine de cette minéralisation est ici recherchée pour les aquifères de Dordogne par comparaison des teneurs en ions majeurs avec les droites de dissolution des roches encaissantes, principalement le calcaire (CaCO_3) et la dolomie ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). L'équation de dissolution du calcaire indique que pour chaque ion Ca^{2+} mis en solution correspond un ion CO_3^{2-} . Le pH étant proche de 7, les ions carbonates sont sous la forme HCO_3^- . Le même raisonnement étant tenu pour la dissolution de la dolomie (Platel et al., 2010).

- **Aquifères du Crétacé**

La comparaison des concentrations en HCO_3^- et Ca^{2+} (Figure 26) montre une bonne corrélation avec une droite de régression linéaire dont la pente est 0,67. Les ions proviennent donc, pour une bonne part, de la dissolution du calcaire. Une corrélation encore plus importante peut être obtenue entre les ions HCO_3^- et le couple ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) avec une pente de 0,88 (Figure 27). Cette pente, proche de 1, indique que les ions sont probablement issus de la dolomie et/ou de calcaires dolomitiques.

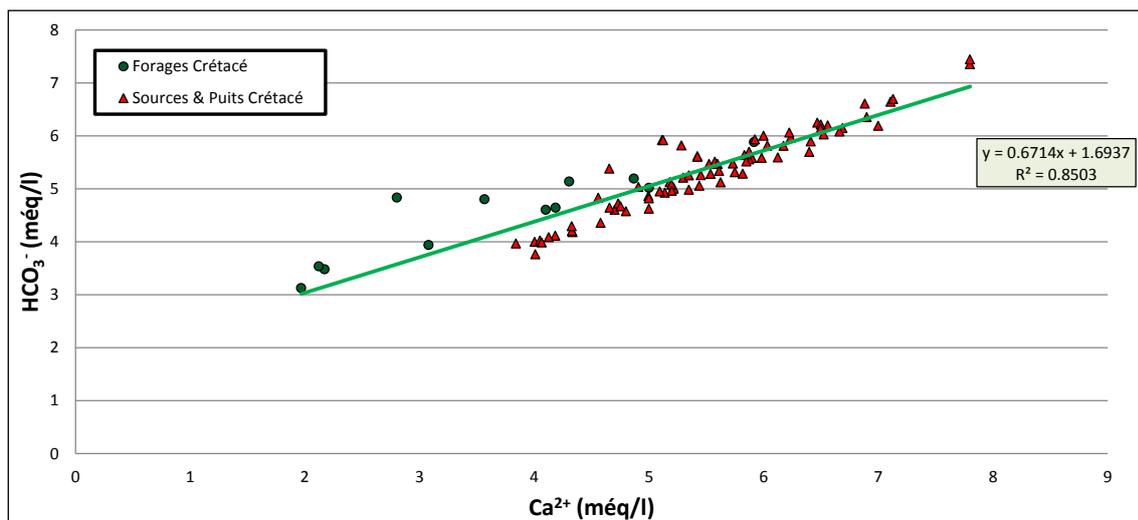


Figure 26 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Crétacé en fonction de la concentration en Ca^{2+}

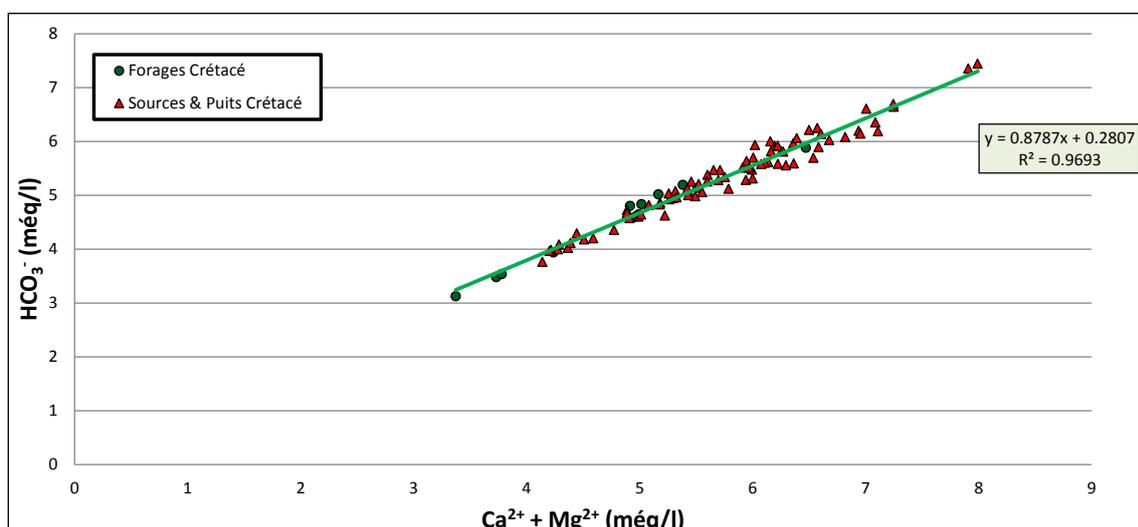


Figure 27 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Crétacé en fonction de la concentration en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

• Aquifères du Jurassique

La corrélation des concentrations en HCO_3^- et en Ca^{2+} est moins bonne pour les eaux du Jurassique (Figure 28). La pente est aussi plus faible : ces ions ne proviennent donc pas uniquement de la dissolution du calcaire. La corrélation entre les ions HCO_3^- et $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ est cependant meilleure avec une pente de 0,74 (Figure 29). Cette valeur est influencée par l'absence de relation entre ces ions pour l'aquifère du Lias. En excluant les valeurs relatives à cet aquifère, la droite de régression présente une pente de 0,90 (contre 0,57 pour la relation $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$). Dans ces conditions, il est possible de penser que les ions sont probablement issus de la dissolution de la dolomie et/ou calcaire dolomitique.

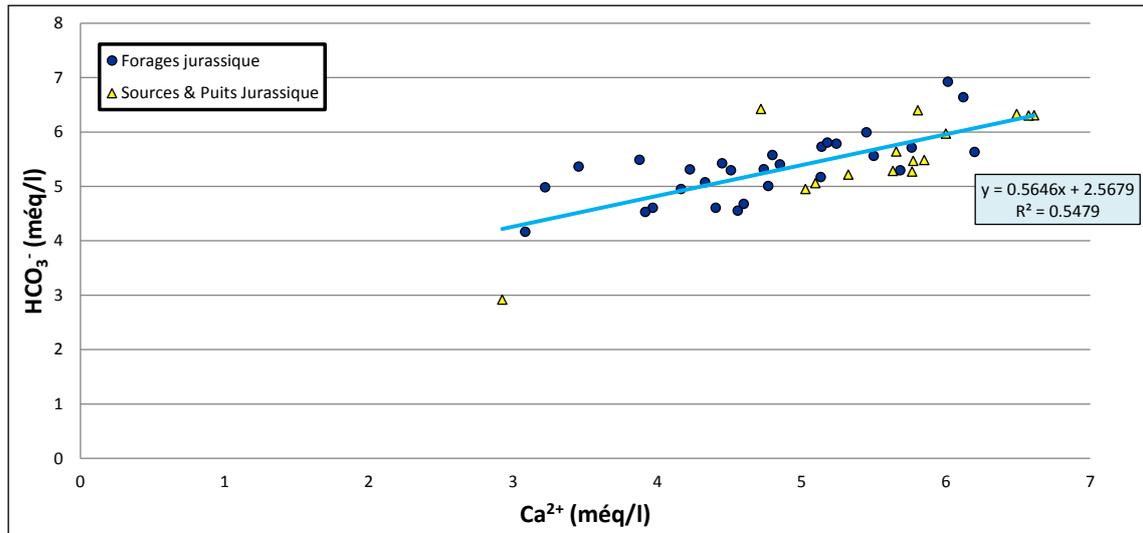


Figure 28 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Jurassique en fonction de la concentration en Ca^{2+}

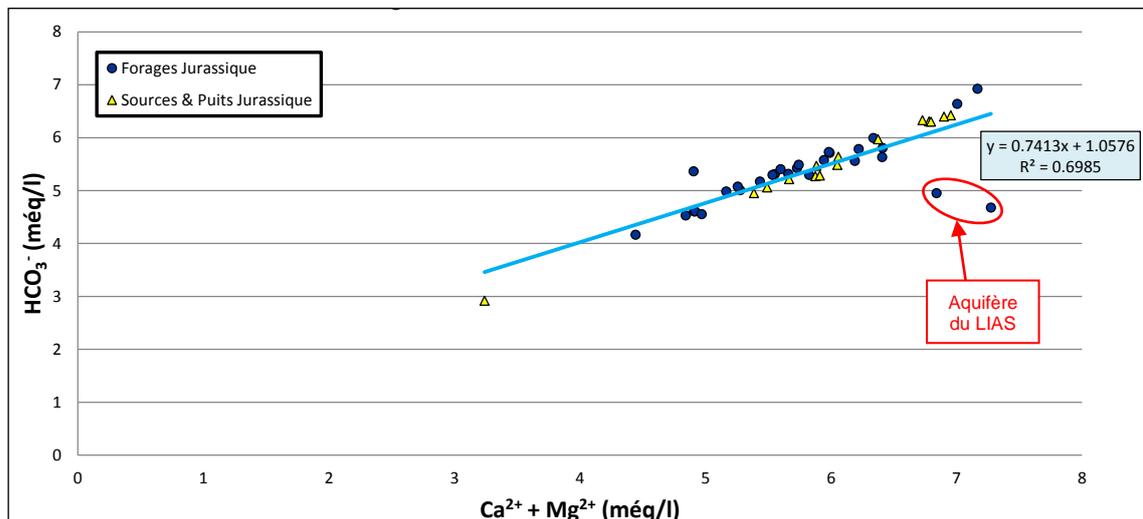


Figure 29 : Concentration en HCO_3^- des eaux des nappes du Jurassique en fonction de la concentration en $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

4.3.3. Hydrochimie

Une synthèse des analyses physico-chimiques a été réalisée sur l'ensemble des ouvrages captant le Crétacé et le Jurassique en Dordogne, sur la période 1995-2011 (Figure 30).

Cette synthèse confirme la nature bicarbonatée calcique des eaux du Secondaire, l'ensemble respectant les normes pour les ions majeurs de l'arrêté du 11 janvier 2007. Celui-ci transpose la directive européenne n°98-83 du 3 novembre 1998 relative aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine.

| | | Crétacé | | | | Jurassique | | | | Arrêté du 11 janvier 2007 | |
|----------------------|--------------------------------|-------------|------|------|------|-------------|------|------|------|---------------------------|----------------------|
| | | nb. analyse | min | moy | max | nb. analyse | min | moy | max | Limites de qualité | Référence de qualité |
| Majeurs (mg/l) | HCO ₃ ⁻ | 560 | 185 | 308 | 461 | 304 | 171 | 331 | 433 | | |
| | CO ₃ ⁻ | 560 | 0 | 0 | 0 | 304 | 0 | 0 | 8 | | |
| | Cl ⁻ | 560 | 4 | 12 | 36 | 304 | 5 | 10 | 78 | | 250 mg/l |
| | SO ₄ ²⁻ | 560 | 1 | 8 | 34 | 304 | 3 | 12 | 170 | | 250 mg/l |
| | Ca ²⁺ | 560 | 36 | 100 | 160 | 304 | 52 | 98 | 137 | | |
| | Mg ²⁺ | 560 | 0 | 6 | 28 | 304 | 1 | 12 | 36 | | |
| | Na ⁺ | 560 | 3 | 7 | 20 | 304 | 3 | 6 | 82 | | 200 mg/l |
| | K ⁺ | 560 | 0 | 1 | 10 | 304 | 0 | 1 | 3 | | |
| Mineurs (µg/l) | Cuivre | 327 | i.d. | 87 | 790 | 159 | 0 | 28 | 51 | 2 mg/l | 1000 µg/l |
| | Fe total | 841 | i.d. | 79 | 1140 | 434 | 10 | 147 | 2300 | | 200 µg/l |
| | Mn total | 836 | i.d. | 16 | 150 | 430 | 0 | 18 | 110 | | 50 µg/l |
| | Antimoine | 270 | i.d. | 1 | 5 | 132 | 1 | 1 | 5 | 5 µg/l | |
| | Arsenic | 327 | i.d. | 1 | 2 | 159 | 0 | 1 | 3 | 10 µg/l | |
| | Bore | 296 | i.d. | 55 | 118 | 144 | 0 | 92 | 162 | 1000 µg/l | |
| | Cadmium | 454 | i.d. | 1 | 2 | 208 | 4 | 4 | 4 | 5 µg/l | |
| | Fluor | 914 | i.d. | 159 | 830 | 452 | 0 | 193 | 3000 | 1500 µg/l | |
| | Nickel | 318 | i.d. | 5 | 86 | 165 | 1 | 4 | 28 | 20 µg/l | |
| | Sélénium | 344 | i.d. | 2 | 11 | 181 | 0 | 2 | 5 | 10 µg/l | |
| | Plomb | 233 | i.d. | 9 | 18 | 101 | 0 | 7 | 7 | 10 µg/l | |
| | Zinc | 327 | i.d. | 151 | 2380 | 158 | 0 | 90 | 430 | 5000 µg/l | |
| | Aluminium tot. | 311 | 3 | 88 | 2800 | 155 | 4 | 70 | 2500 | | 200 µg/l |
| | Chrome | 65 | i.d. | 3 | 6 | 31 | 0 | 3 | 5 | 50 µg/l | |
| | Mercure | 50 | i.d. | i.d. | i.d. | 25 | i.d. | i.d. | i.d. | 1 µg/l | |
| Paramètres physiques | Nitrates (mg/l) | 888 | i.d. | 14 | 77 | 443 | 0 | 11 | 49 | 50 mg/l | |
| | Phosphore total (en mg/l P2O5) | 480 | i.d. | 0.4 | 13 | 207 | 0 | 0.05 | 0.11 | 0.7 mg/l | |
| | pH à 20°C | 858 | 6.7 | 7.3 | 8.3 | 438 | 6.7 | 7.3 | 8.3 | | 6.5 - 9 |
| Paramètres physiques | Température (°C) | 531 | 8 | 14.7 | 29 | 289 | 10 | 14.9 | 22.3 | | < 25 °C |
| | Conductivité à 20°C (µS/cm) | 383 | 275 | 492 | 770 | 175 | 290 | 499 | 720 | | 180 à 1000 µS/cm |
| | Turbidité (NTU) | 829 | 0 | 1 | 38 | 421 | 0 | 1 | 35 | 1 NFU | 0.5 NFU |

i.d. : inférieur au seuil de détection

En rouge : les valeurs supérieures aux normes de potabilité

Figure 30 : Tableau de synthèse des analyses physico-chimiques pour les nappes du Secondaire de Dordogne (Période d'observation : 1995-2011)

À partir des données disponibles, la potabilité des eaux brutes a été abordée à travers l'examen des historiques d'évolution de certains éléments sur la période 1995-2011 (Figure 31). Parmi les 141 ouvrages de Dordogne disposant d'au moins une mesure de ces éléments, 40 % des ouvrages du Crétacé (dont 85 % sont des sources) et 36 % des ouvrages du Jurassique (dont 88 % sont des forages) montrent des dépassements permanents ou temporaires des normes de potabilité (teneurs en fer, aluminium et éléments en suspension en particulier).

La présence de fer constatée dans les eaux est d'origine naturelle (Mauroux et al., 2003). Les problèmes de turbidité rencontrés sur certains forages sont liés à la karstification importante des réservoirs du Jurassique et du Crétacé (Platel et al., 2010). Les transferts rapides d'eau depuis la surface à travers les conduits karstiques s'accompagnent parfois d'une charge en matières en suspension élevée. Ce phénomène est généralement amplifié à la suite d'épisodes pluvieux et nécessite la mise en place de moyens de traitement. L'aluminium, enfin, peut être lié à la mise en circulation de matières argileuses.

La présence de produits phytosanitaires, de coliformes et de streptocoques peut également être observée occasionnellement sur certains ouvrages.

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

| | Code BSS | Lieu-dit | Commune | Nature | Code aquifère | Fer | Nickel | Aluminium | Turbidité | Manganèse | Fluor | Sélénium | Nitrate | Phosphore |
|------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------|---------------|-----|--------|-----------|-----------|-----------|-------|----------|---------|-----------|
| Crétacé | 08302X0011 | Les Courreges | Bouliagues | Forage | CAMP | X | X | | X | | X | | | |
| | 07596X0010 | Haut Trigonant | Antonne-Et-Trigonant | Forage | COST | X | | X | X | | | | | |
| | 07577X0022 | Le Grand Champ | Saint-Antoine-Cumond | Forage | TURO-COST | X | | | X | | | | | |
| | 08075X0014 | Sauveboeuf | Lalinde | Forage | COST | X | | | X | | | | | |
| | 08304X0001 | Grand Moulin | Montaut | Forage | CAMP | X | | | X | | | | | |
| | 08066X0005 | Captage Des Fontes Chaudes | Lembras | Forage | CAMP | | | | | | X | | | |
| | 07832X0012 | Puits Nj3 | Sainte-Marie-De-Chignac | Puits | COST | X | | X | X | | | | | |
| | 07832X0011 | Puits Nj2 | Sainte-Marie-De-Chignac | Puits | COST | | | X | | | | | | |
| | 07577X0017 | Lavoir Communal | Saint-Vincent-Jalmoutiers | Source | CAMP | X | | X | X | | | X | | |
| | 07588X0009 | Source De L'Abime Ou Du Toulon | Perigueux | Source | TURO | X | | X | X | | | | | |
| | 07823X0004 | Les Moulineaux | Razac-Sur-L'Isle | Source | COST | X | | X | X | | | | | |
| | 07838X0002 | Font Cru | Rouffignac-Saint-Cernin-De-Reilhac | Source | COST | X | | X | X | | | | | |
| | 08325X0004 | Le Massoulet | Besse | Source | COST | X | | | X | X | | | | |
| | 07838X0001 | Station Pompage Bellet | Plazac | Source | COST | X | | | X | | | | | |
| | 08073X0017 | Ladouch | Bugue(Le) | Source | COST | X | | | X | | | | | |
| | 08074X0008 | Source Du Bourg | Manaurie | Source | COST | X | | | | | | | | |
| | 08083X0021 | Malmont - Source N° 1 | Salignac-Eyvigues | Source | TURO | X | | | | | | | | |
| | 08076X0015 | Station De Pompage | Tremolat | Source | CAMP | | X | | | | | | | X |
| | 07344X0007 | Chateau-Gaillard | Saint-Front-La-Riviere | Source | TURO | | | X | X | | | | | |
| | 07588X0008 | Source Du Cluzeau | Perigueux | Source | COST | | | X | X | | | | | |
| | 08316X0016 | Les Eyrials | Gaugeac | Source | COST | | | X | X | | | | | |
| | 07832X0001 | Source Du Bourg Station De Pompage | Sainte-Marie-De-Chignac | Source | COST-CAMP | | | X | | | | | | |
| | 08073X0022 | Grand Fond | Mauzens-Et-Miremont | Source | COST | | | X | | | | | | |
| | 08071X0008 | Courdie | Veyrines-De-Vergt | Source | CAMP | | | | X | X | | | | |
| | 07835X0011 | Le Clapier | Vergt | Source | COST | | | | X | | | | X | |
| | 07346X0013 | Richeni | Leguillac-De-Cercles | Source | COST | | | | X | | | | | |
| | 07348X0001 | Source De L'Abbaye | Brantome | Source | TURO | | | | X | | | | | |
| | 07583X0013 | Les Farges | Paussac-Et-Saint-Vivien | Source | TURO | | | | X | | | | | |
| | 07826X0009 | Les Farges | Saint-Severin-D'Estissac | Source | CAMP | | | | X | | | | | |
| | 07827X0017 | Fontany Source Du Bourg | Grignols | Source | CAMP | | | | X | | | | | |
| | 08067X0002 | La Grande Fontaine Au Bourg | Creysse | Source | CAMP | | | | X | | | | | |
| | 08077X0011 | Fongaufier | Limeuil | Source | CAMP | | | | X | | | | | |
| 08078X0019 | Menard Ou Font Qui Bout | Campagne | Source | TURO | | | | X | | | | | | |
| 08085X0025 | Aygue-Vive "Birat" | Saint-Vincent-De-Cosse | Source | TURO | | | | X | | | | | | |
| 08085X0042 | Le Roc | Beynac-Et-Cazenac | Source | COST | | | | X | | | | | | |
| 08312X0021 | Le Bordial | Molieres | Source | CAMP | | | | X | | | | | | |
| 07835X0005 | La Brugere | Saint-Michel-De-Villadeix | Source | CAMP | | | | | X | | | | | |
| 08318X0006 | Foncave | Mazeyrolles | Source | COST | | | | | X | | | | | |
| 08312X0001 | Source Du Bourg | Montferrand-Du-Perigord | Source | CAMP | | | | | | | | | X | |
| Jurassique | 07107X0031 | Chantegros Ou La Fontaine De Canal | Javerlhac-Et-La-Chapelle-Saint-Robert | Forage | BAJO | X | X | X | X | | | | | |
| | 08083X0027 | La Planque | Salignac-Eyvigues | Forage | BACX | X | | X | X | | | | | |
| | 07348X0017 | Les Grandes Terres | Saint-Front-La-Riviere | Forage | BAJO | X | | | X | X | X | | | |
| | 07598X0007 | La Rougerie | Tourtoirac | Forage | LIAS | X | | | X | | X | | | |
| | 07346X0047 | Les Ages | Monsec | Forage | BAJO | X | | | X | | | | | |
| | 07597X0006 | Les Reignes | Mayac | Forage | BAJO | X | | | X | | | | | |
| | 07831X0009 | Moulin De Dague | Saint-Laurent-Sur-Manoire | Forage | BACX | X | | | X | | | | | |
| | 07841X0019 | Charnailas | Bachelierie(La) | Forage | BAJO | X | | | X | | | | | |
| | 07357X0005 | Las Combas | Vaunac | Forage | BAJO | X | | | | | | | | |
| | 08326X0006 | Fontaine De Bouzic | Bouzic | Forage | BACX-KIMM | X | | | | | | | | |
| | 07597X0007 | La Prade | Change(Le) | Forage | BACX | | X | | | | | | | |
| | 07341X0007 | La Chabroulie | Sainte-Croix-De-Mareuil | Forage | BACX | | | | X | | | | | |
| | 07594X0016 | La Pinsonnelle.Les Baysses Ouest | Saint-Pantaly-D'Excideuil | Forage | BAJO | | | | X | | | | | |
| | 07598X0009 | La Rougerie | Tourtoirac | Forage | LIAS | | | | | | X | | | |
| | 07593X0004 | Source De La Glane | Saint-Jory-Las-Bloux | Source | BACX | X | | X | X | X | | | | |
| 07847X0001 | Ladoux Ou Source Du Coly | Cassagne(La) | Source | BACX | | | | X | | | | | | |

Figure 31 : Ouvrages présentant des dépassements temporaires ou permanents des normes de potabilité et éléments concernés

4.3.4. Distribution spatiale des paramètres par aquifère et nature d'ouvrages

À partir de l'ensemble des données disponibles en Dordogne, l'élaboration de cartes de répartition de certains paramètres physico-chimiques permet de mettre en évidence des anomalies notamment de températures, de conductivités et de turbidité.

L'analyse des températures moyennes et de la turbidité maximum observée au sein de forages dans l'aquifère du Bathonien-Calovo-Oxfordien montre, pour deux ouvrages proches, des mesures différentes (Figure 32). La turbidité présente des valeurs maximum importantes sur le forage 07831X0009/F, faisant état de circulations probablement plus rapides ; cette observation est d'autant plus intéressante que cet ouvrage capte des niveaux légèrement plus profonds que l'ouvrage 07595X0022/F.

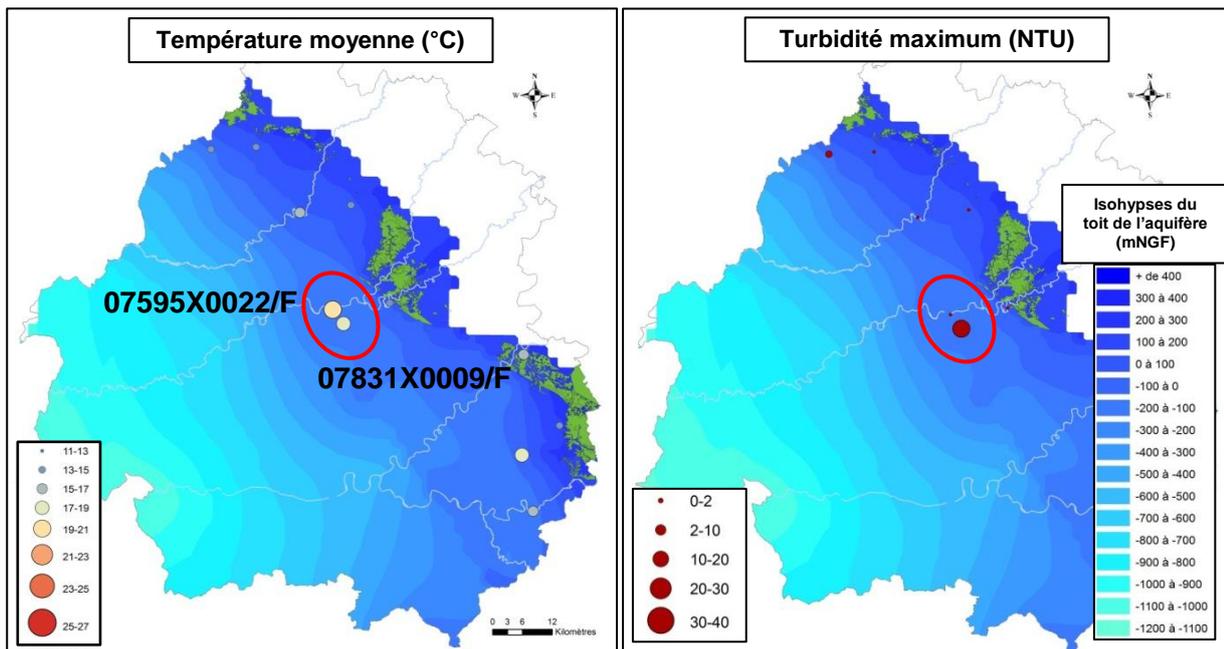


Figure 32 : Distribution de la température moyenne et de la turbidité maximum observée dans les forages de l'aquifère du Bathonien-Calovo-Oxfordien. Le forage 07595X0022/F capte de -23 à -185 mNGF. Le forage 07831X0009/F capte de -187 à -434 mNGF.

L'élaboration d'autres cartes de distribution de paramètres pourra permettre de préciser le fonctionnement des systèmes karstiques selon les aquifères considérés et de définir leurs fonctionnalités. Toutefois, l'analyse de ces cartes reste délicate du fait des problèmes de représentativité des mesures (nombre très hétérogène de données d'un ouvrage à l'autre).

4.3.5. Temps de séjour : Relation C.O.T - Mg^{2+} et Relation C.O.T - Mg^{2+}/Ca^{2+}

A partir des données de 132 captages de Dordogne (89 crétacés et 43 jurassiques) disposant de mesures du carbone organique total (COT), de Magnésium et de Calcium, une évaluation du temps de résidence de l'eau au sein d'un réservoir a été entreprise. On gardera à l'esprit que ces temps restent relatifs. La confrontation des mesures de COT avec celles de Mg^{2+} pour l'ensemble des eaux issues des aquifères jurassiques et crétacés montre un marquage différent entre forages et sources (Figure 33). Ainsi, les forages ont des concentrations en magnésium plus importantes que les sources indiquant des temps de résidence plus importants.

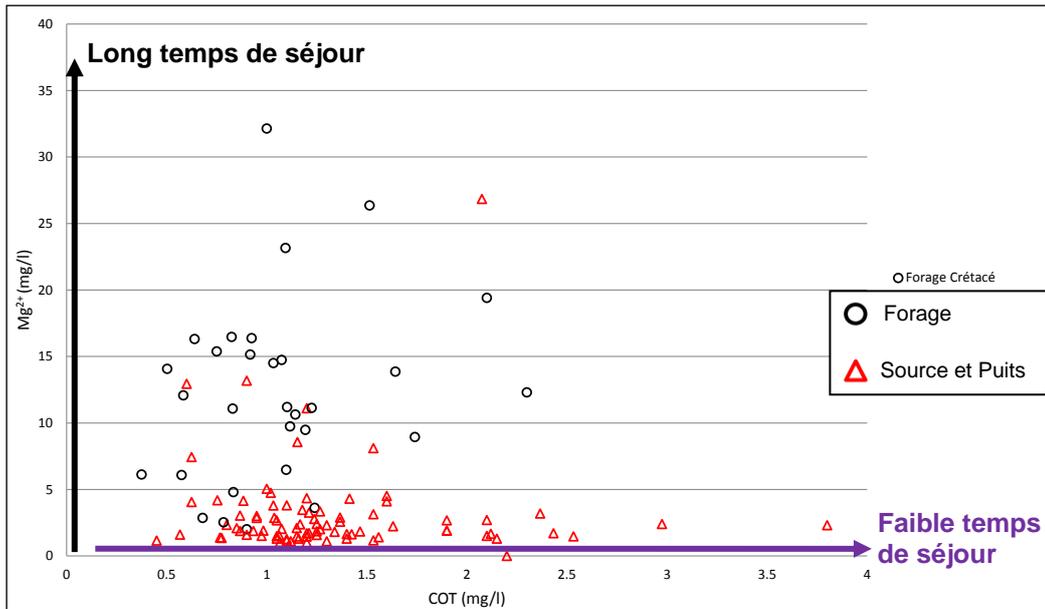


Figure 33 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg²⁺ pour les ouvrages de Dordogne

De la même manière, la comparaison de COT avec le rapport Mg/Ca indique des temps de résidence plus importants dans le cas des forages que dans celui des sources (Figure 34).

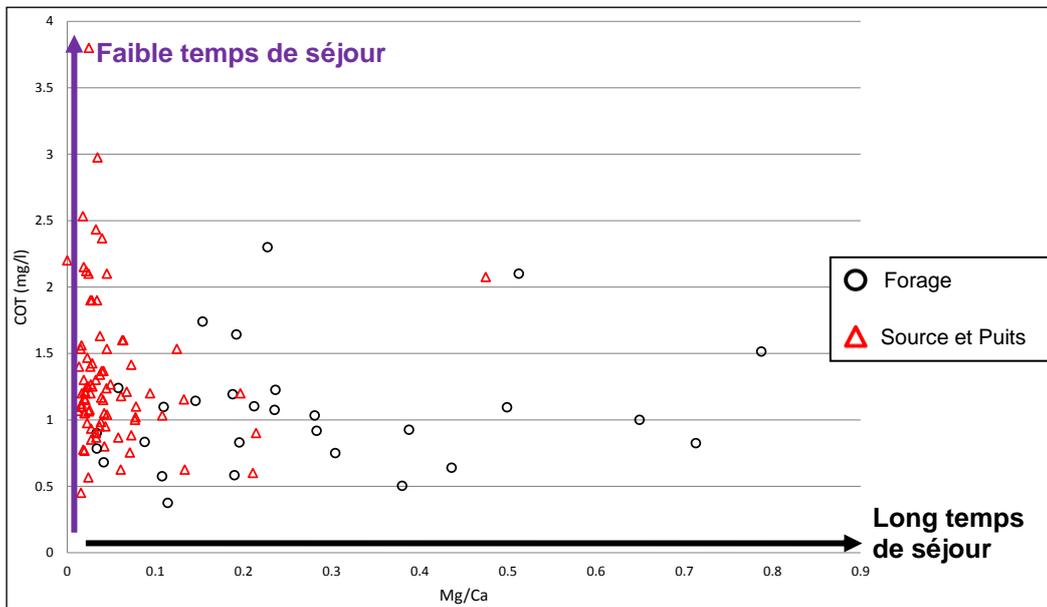


Figure 34 : Relation Mg/Ca – Carbone Organique Total pour les ouvrages de Dordogne

Une analyse par entité hydrogéologique a par la suite été réalisée :

- **Aquifères du Crétacé**

Pour les aquifères du Crétacé, on retrouve la dispersion entre forages et sources (Figure 35 et Figure 36), celle-ci étant plus prononcée dans la relation Mg/Ca - COT. Par ailleurs, la répartition des concentrations dans les deux cas n'apparaît pas comme dépendante de l'aquifère capté (ici, seuls les aquifères du Coniacien-Santonien et du Campanien disposent de mesures provenant à la fois de sources et de forages).

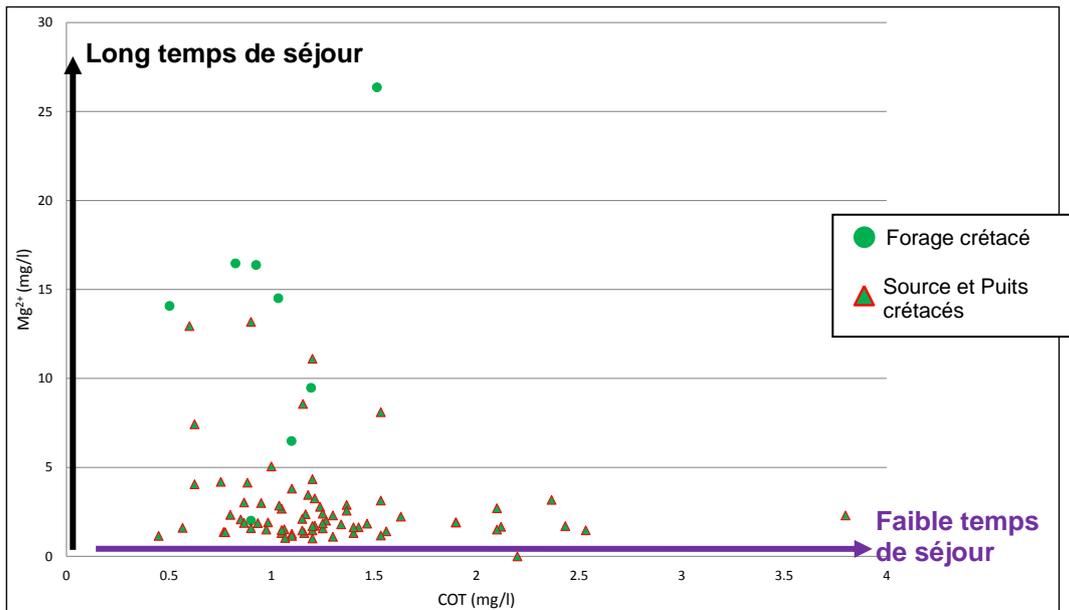


Figure 35 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg^{2+} pour les ouvrages crétacés de Dordogne

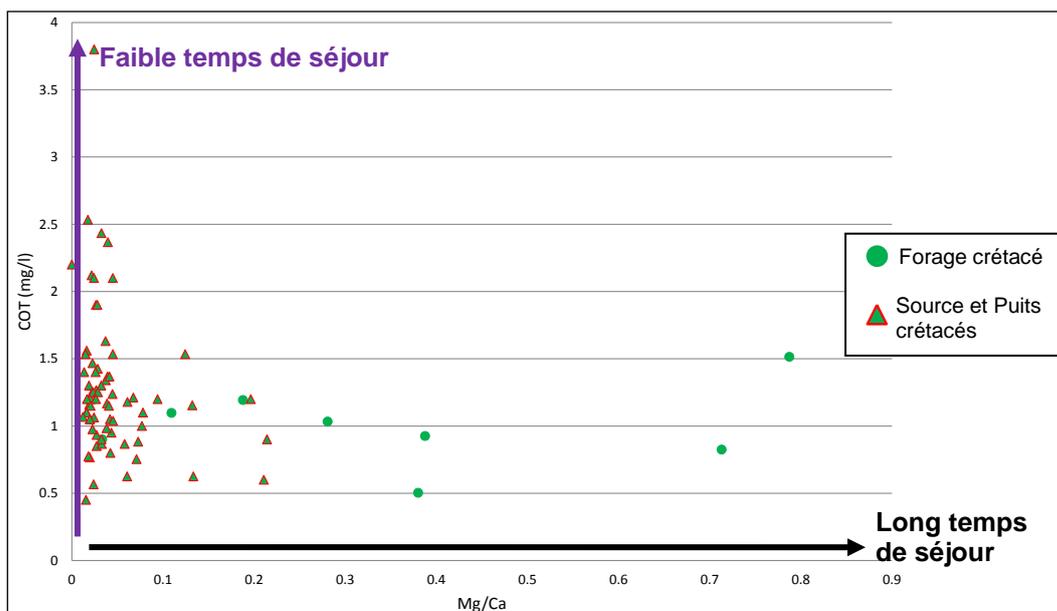


Figure 36 : Relation Mg/Ca - Carbone Organique Total pour les ouvrages crétacés de Dordogne

- **Aquifères du Jurassique**

Pour les aquifères du Jurassique (Lias, Bajocien, Bathonien-Callovo-Oxfordien et Tithonien), les disparités entre forages et sources sont plus importantes (Figure 37 et Figure 38). On notera que les deux ouvrages du Lias disposant de mesures se caractérisent par les valeurs en magnésium les plus fortes indiquant des temps de résidence plus longs. Pour les autres nappes du Jurassique, on n'observe pas de différence marquée entre les réservoirs.

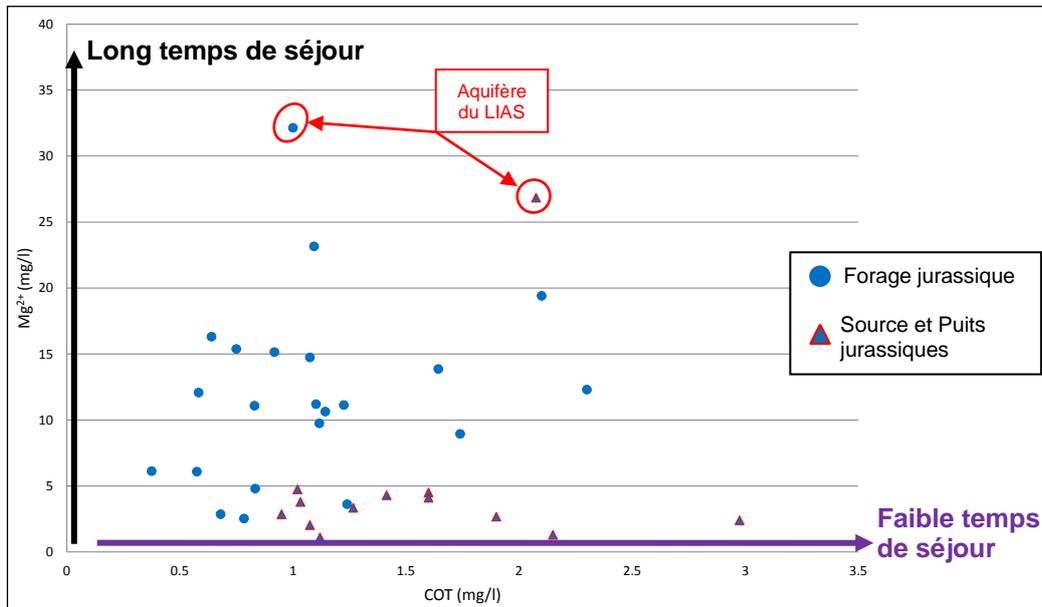


Figure 37 : Concentration de Carbone organique total en fonction de la concentration en Mg^{2+} pour les ouvrages jurassiques de Dordogne

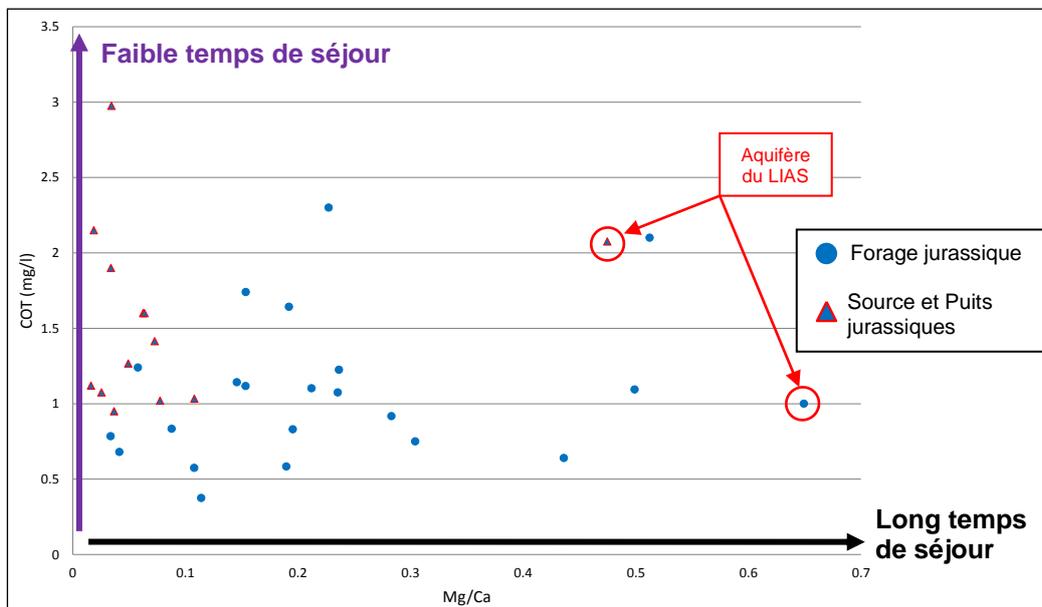


Figure 38 : Relation Mg/Ca - Carbone Organique Total pour les ouvrages jurassiques de Dordogne

Les relations utilisées peuvent s'avérer être de bons marqueurs de l'infiltration rapide de l'eau au sein d'un système karstique. Bien qu'une tendance nette se dégage dans les temps de séjour au sein des réservoirs du Jurassique et du Crétacé, l'utilisation de ces relations, même si elles donnent des indications pertinentes, doit venir en appui d'autres outils. En effet, elles restent largement influencées par la composition minéralogique des aquifères.

Un suivi régulier au niveau d'une source permettrait également de mieux caractériser le fonctionnement du système et de différencier les types d'eaux s'écoulant à l'exutoire (infiltration rapide, zone non saturée, zone noyée).

4.3.6. Relations entre paramètres physico-chimiques et profondeur des points d'eau

La BSS fournit pour 137 des 143 points d'eau pour lesquels des données physico-chimiques validées existent, une profondeur maximum du point de prélèvement (correspondant à la profondeur totale dans le cas d'un forage). Ces données ont été utilisées afin d'analyser l'effet de la profondeur de la nappe (captivité, éloignement de la recharge) sur la physico-chimie et détecter des points d'eau présentant des anomalies.

Le graphe profondeur - température de l'eau (Figure 39) apporte plusieurs informations :

- 1- Les ouvrages ayant des profondeurs proches ou égales à 0 m correspondent aux sources et puits. Les températures mesurées couvrent une gamme importante qui s'explique essentiellement par l'altitude variable des ouvrages (entre 40 m et 260 m), et potentiellement par une influence de la température de l'air extérieur lors de la mesure.
- 2- Pour une majorité de forages jusqu'à une profondeur d'environ 350 m, les températures n'augmentent pas significativement avec la profondeur. Cela semble montrer que les eaux souterraines sont peu influencées par le gradient géothermique dans cette zone. Ce résultat semble indiquer que les eaux captées ne sont en général pas en équilibre thermique, potentiellement à cause de circulations rapides de type karstique.
- 3- Les forages profonds s'alignent sur un gradient géothermique local à l'exception de 4 points qui sont plus froids (codes BSS 07341X0007/F, 07588X0048/F, 07831X0009/F, 08072X0011/F). Ces quatre forages sont donc potentiellement impactés par des circulations actives et rapides de type karstique.

Il conviendrait toutefois d'affiner ces analyses en utilisant la position des crépines plutôt que la profondeur totale des ouvrages. En effet, le département de la Dordogne présente la particularité d'avoir un grand nombre de captages en trou nu. Il est par ailleurs fréquent d'observer des forages captant sur plus de 200 m avec une crépine débutant quelques mètres sous la surface. Les relations observées ici pourraient alors dans certains cas être biaisées.

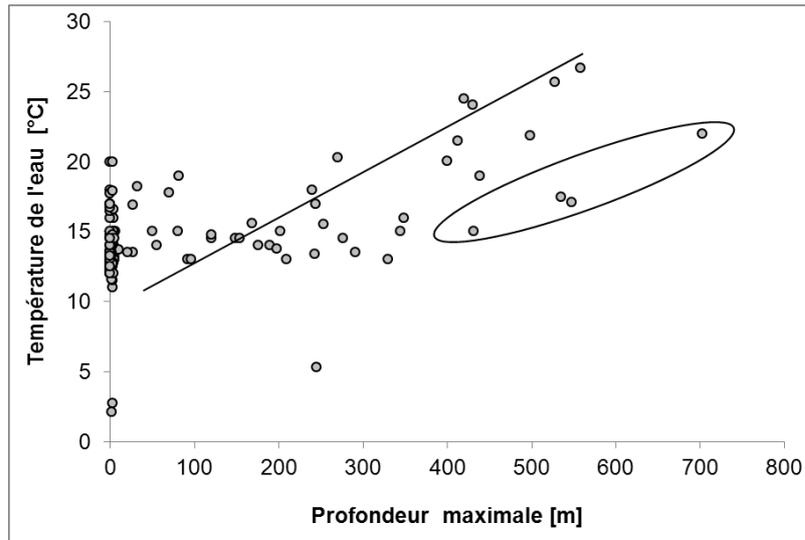


Figure 39 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et température de l'eau souterraine. La droite représente un gradient géothermique local (3°C/100 m). L'ovale identifie quatre forages profonds anormalement froids.

Les Figure 40 et Figure 41 montrent l'influence de la profondeur sur les concentrations en nitrates et oxygène dissous. Pour les ouvrages captant des eaux proches de la surface, les nitrates montrent une grande variabilité essentiellement liée aux intrants dans les bassins versants respectifs alors que le milieu est oxydant (valeur généralement élevée en oxygène dissous). Dans le cas des ouvrages profonds, les teneurs en nitrates sont beaucoup plus faibles (non communication depuis la surface ou phénomène de dénitrification possible en conditions réductrices). Quelques points montrent cependant des concentrations importantes qui peuvent être liées à des circulations de type karstique ou à un forage qui capte également des eaux de la nappe superficielle. L'oxygène dissous présente également des valeurs plus faibles lorsque les forages s'approfondissent, cependant l'évolution est moins nette et peut être due à des artefacts lors de la mesure (oxygénation de l'eau en surface lors du prélèvement).

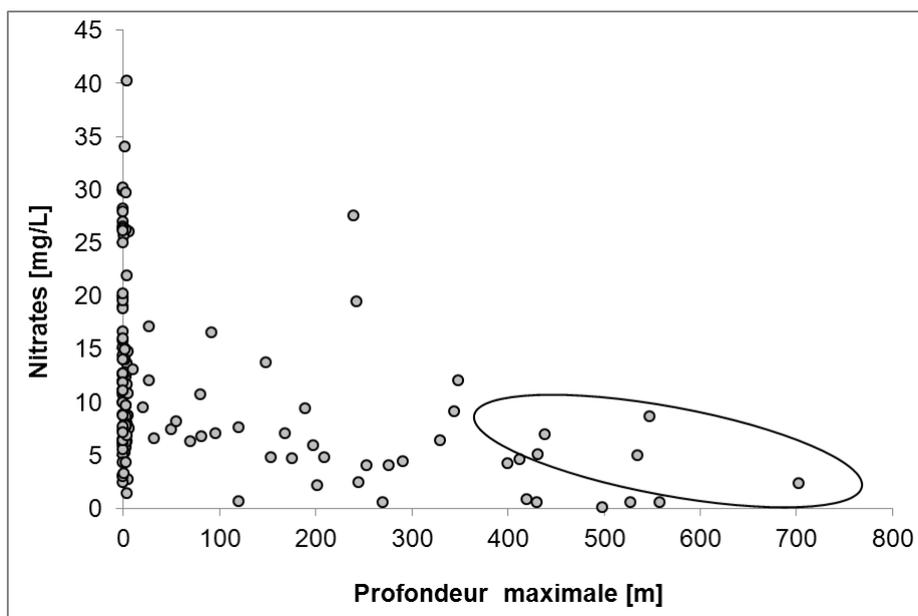


Figure 40 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et concentration en nitrates. Les mêmes ouvrages identifiés sur la Figure 42 sont entourés avec un forage additionnel (07345X0018/F).

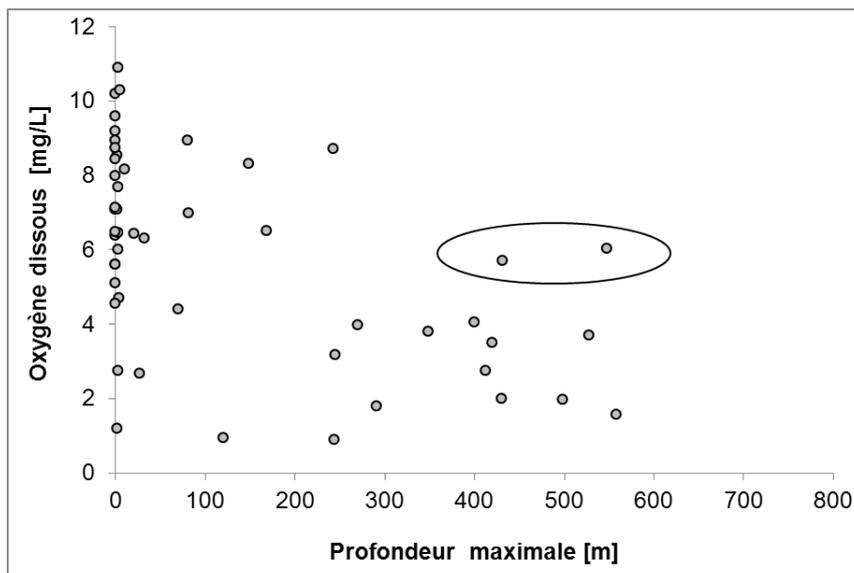


Figure 41 : Relation entre profondeur maximale des ouvrages et oxygène dissous. Les eaux sont bien oxygénées (proche ou à saturation) en nappe libre puis l'oxygène est progressivement consommé en nappe captive. Toutefois certains forages profonds montrent des concentrations significatives (2 des 4 forages identifiés en figure 41 sont entourés, pas de données d'oxygène pour les 2 autres).

Cette analyse mériterait d'être poursuivie et affinée car elle est potentiellement intéressante pour détecter des ouvrages alimentés par des karsts fonctionnels profonds. Il est indispensable à l'avenir d'affiner le critère profondeur maximale en considérant la position des crépines pour avoir une profondeur plus exacte des venues d'eau. Les ouvrages identifiés comme présentant des anomalies devraient ensuite être étudiés avec plus de détails : informations géologiques et hydrogéologiques sur le forage, analyse des chroniques piézométriques ou chimiques afin de confirmer l'existence de karsts fonctionnels les alimentant.

4.3.7. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Dans le cadre de cette étude, il s'agit d'analyser un jeu de données consistant en une série d'observations (les captages d'eau souterraine de Dordogne) et de variables (les ions majeurs). Malgré une grande hétérogénéité dans la qualité des données d'ions majeurs sur les 143 ouvrages, la quantité de données relativement importante au final permet de comparer la physico-chimie de ces ouvrages et d'appliquer certaines méthodes statistiques décrites précédemment. Les valeurs médianes de chaque paramètre ont été retenues afin d'avoir les valeurs les plus représentatives possibles pour chaque ouvrage.

Le forage 07348X0017/F a été enlevé pour l'analyse car il présente une forte anomalie en chlorures et sodium.

Les deux premiers axes factoriels expliquent 66% de la variance totale (Figure 42). Le premier axe correspond à un pôle minéralisation (Ca, HCO₃, anti-corrélation Mg) et le deuxième axe à un pôle contamination (Cl, Na). La projection des points d'observations sur les deux premiers axes montrent quelques ouvrages qui se distinguent en étant plus marqués par l'axe 2 que le gros des observations, en particulier : un groupe de sources drainant le Turonien (08083X0021HY1) et le Campanien (07577X0017/HY, 07821X0002/HY) et des forages marqués par le Mg-SO₄ : les deux forages dans le Lias (07598X0009/F2, 07598X0007/F1) et un forage dans le Turonien-Coniacien/Santonien (07577X0022/F).

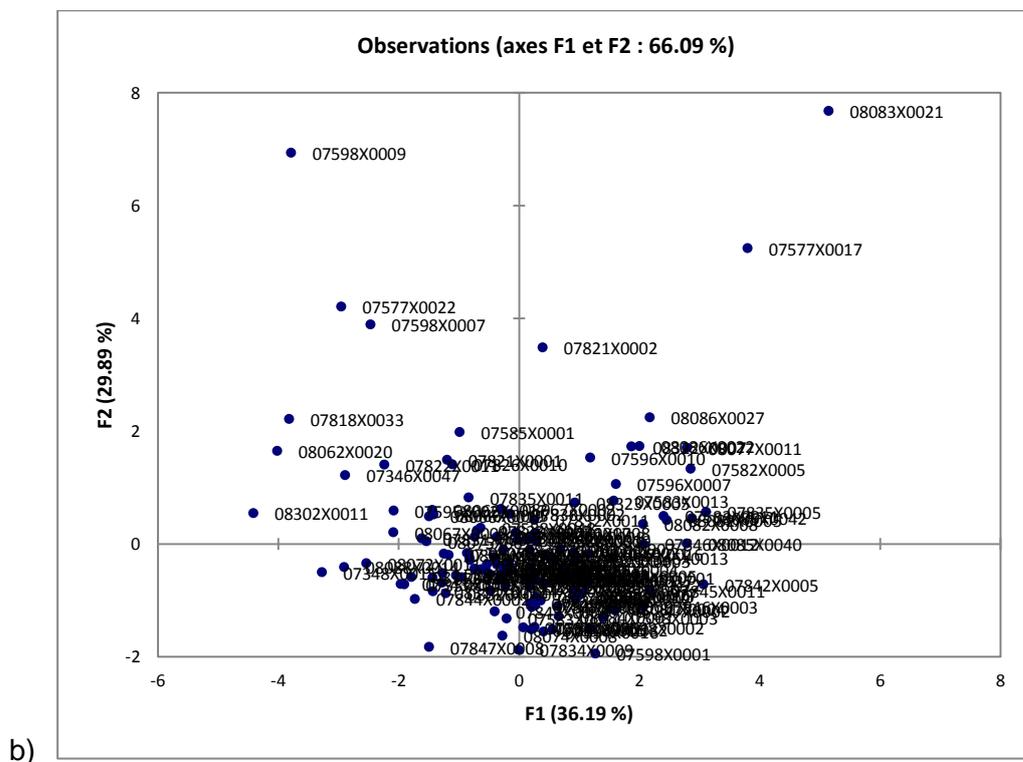
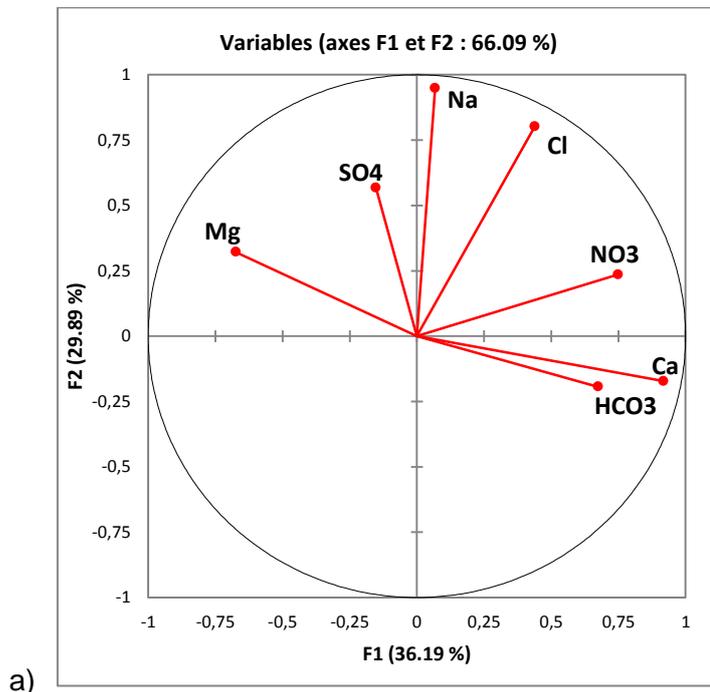


Figure 42 : Résultats de l'ACP : a) contribution des paramètres chimiques aux deux premiers axes factoriels ; b) projection des points d'observation sur les deux premiers axes factoriels.

4.3.8. Analyse Factorielle Discriminante (AFD)

L'AFD a été réalisée sur le même jeu de données avec l'objectif de tester trois variables qualitatives susceptibles d'influencer la chimie des eaux : l'état de confinement de l'aquifère (Figure 43), la géologie du réservoir (Figure 44) et le type d'ouvrage (Figure 45).

Les informations issues de ces trois variables convergent : globalement les eaux de nappe libre, captées pour l'essentiel par des sources et des puits, sont marquées par les nitrates ; au contraire, les eaux de nappe captive, extraites par forages, sont marquées par le magnésium et en partie par les sulfates. Cela peut s'expliquer par la proximité des intrants en nitrates dans le cas des nappes libres (et le milieu oxydant qui prévient la dénitrification) et de plus longs temps de séjour en nappe profonde captive susceptibles d'enrichir les eaux en magnésium (et sulfates). Le magnésium est lié aux calcaires magnésiens et/ou dolomies. Les sulfates peuvent apparaître à la faveur de l'altération de la pyrite ou de la présence de gypse que l'on retrouve dans certaines formations en Dordogne (notamment dans le Cénomaniens ou le Lias).

La différenciation géologique du réservoir est moins marquée. Toutefois les eaux du Crétacé sont majoritairement plus marquées par les nitrates ce qui s'explique par la prédominance des sources drainant ces aquifères (dans la base de données, 81 sources sont issues du Crétacé contre 12 sources issues du Jurassique).

Par la suite, une analyse plus discriminante pour chaque type d'ouvrages (forages et sources), chaque type de nappes (captive ou libre) ou encore au sein de chaque réservoirs (Jurassique ou Crétacé) pourraient préciser certaines des observations déjà effectuées. De plus, il faudra extraire les captages qui se distinguent de leur classe afin de chercher les causes de ces différences (par exemple un forage en nappe captive ayant une signature chimique de nappe libre : est-ce indicateur d'une influence de karst fonctionnel ?)

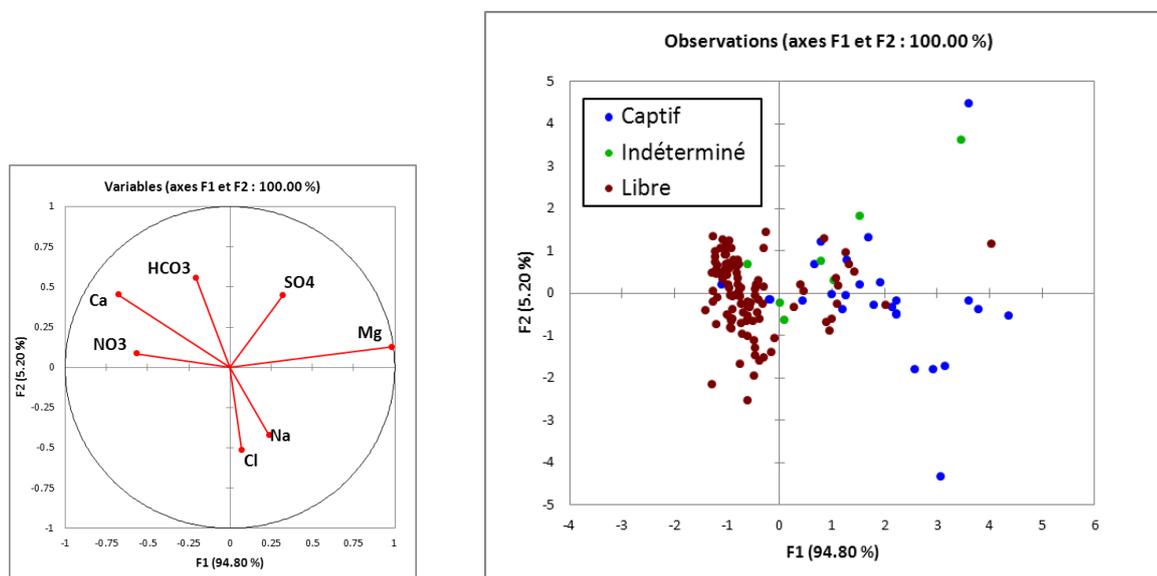


Figure 43 : AFD pour la variable qualitative : état de confinement (nappe libre, captive ou indéterminé)

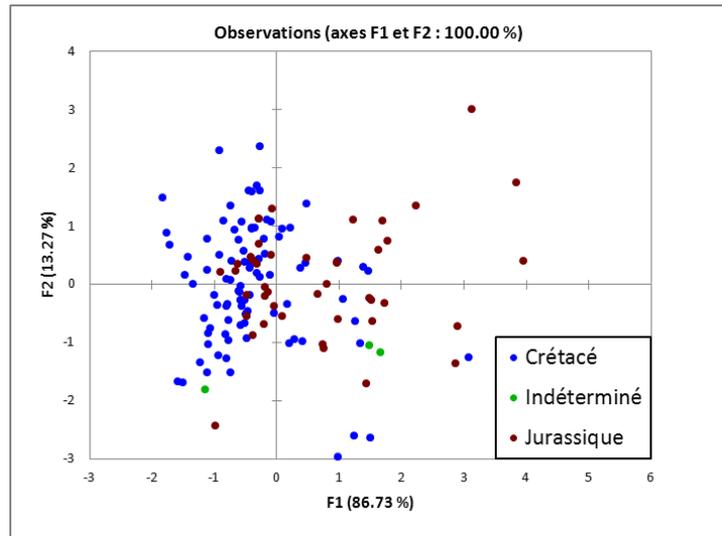
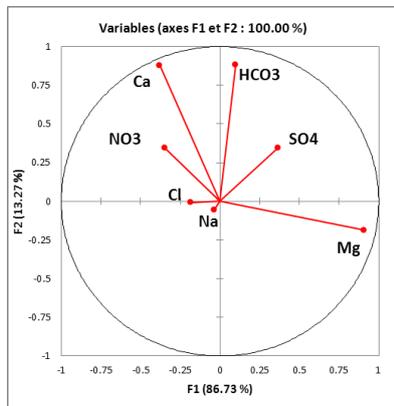


Figure 44 : AFD pour la variable qualitative : géologie du réservoir (Jurassique, Crétacé, Indéterminé)

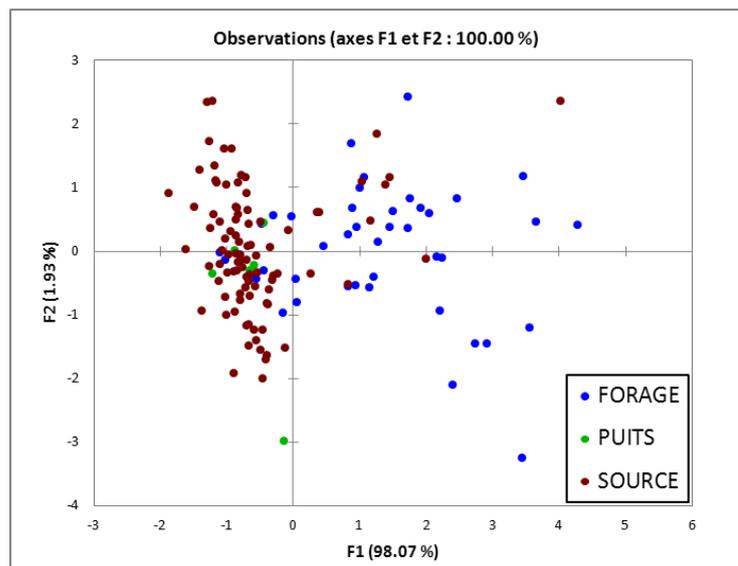
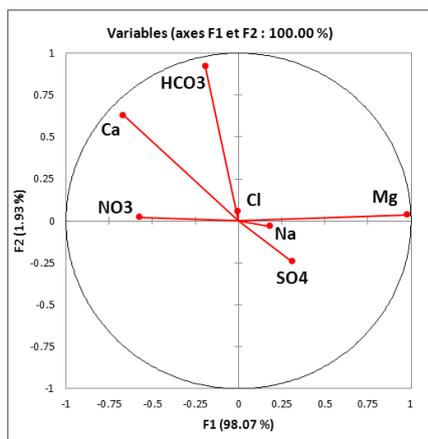


Figure 45 : AFD pour la variable qualitative : type d'ouvrage (forage, puits, source)

4.4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette première année du module « Karst 24 » a permis d'identifier l'ensemble des données généralement utilisées pour l'étude des systèmes karstiques. La majorité provient de bases de données déjà existantes mais aucune ne regroupe l'ensemble des informations. Elles sont issues :

- du portail InfoterreTM d'accès aux données géoscientifiques du BRGM et plus précisément des dossiers de la banque de données du sous-sol dans lesquels la fiche descriptive des ouvrages (sources, puits et forages) est disponible,
- de la banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES) qui regroupe les données quantitatives (mesures piézométriques) et qualitatives (mesures physico-chimiques) relatives aux eaux souterraines (points appartenant à des réseaux de mesure),
- des réseaux météorologiques de MétéoFrance et de la Chambre d'Agriculture de Dordogne disposant de leurs propres stations météorologiques et permettant d'avoir accès aux données de précipitations et d'évapotranspiration principalement,
- de la base de données sur les périmètres de protection disponible auprès de l'Agence Régionale de Santé de Dordogne (ARS24),
- de la base traçages du Spéléo-Club de Périgueux.

En appui de l'ensemble de ces ressources relativement faciles d'accès, la consultation des acteurs de l'eau de Dordogne a été nécessaire afin de récupérer un maximum d'informations complémentaires. Certains d'entre eux ont été rencontrés afin d'avoir accès à leurs ressources qui se trouvent principalement sous la forme de rapports de bureaux d'études. Il s'agit principalement du Conseil Général de Dordogne (CG24) qui dispose d'une quantité importante d'informations sur les ouvrages.

La majorité de ces données a été intégrée au sein d'une seule et même base réalisée sous ArcGIS 10. Les autres, non disponibles au format numérique, n'ont pas pu être prises en compte faute de temps car leur intégration nécessite un important travail de recherche, de collecte et de bancarisation au sein de la base.

Au final, si la quantité de données à l'échelle du secteur d'étude reste importante, leur qualité reste variable d'un ouvrage à l'autre. Ainsi, concernant les suivis piézométriques, ceux-ci montrent une forte hétérogénéité. Les forages sont dans leur ensemble bien suivis avec des mesures du niveau piézométrique fréquentes (de mensuel à journalier). On notera cependant que certains sont exploités pour l'Alimentation en Eau Potable et se retrouvent donc largement influencés par les pompages. Dans ces conditions, les chroniques piézométriques ne reflètent pas exactement les variations naturelles des nappes. Les niveaux statiques sont alors approchés soit en ayant accès aux périodes d'exploitation des ouvrages ce qui permet d'identifier leur influence sur les niveaux piézométriques soit, pour les forages avec des pas d'acquisition de fréquence importante, en repérant les niveaux statiques au cours de la journée. Au contraire, les sources sont beaucoup moins nombreuses à être équipées d'enregistreurs de niveau d'eau. Seules quatre sont actuellement suivies et aucune ne dispose de courbes de tarage complètes nécessaires à l'évaluation de leur débit. Concernant les mesures physico-chimiques, 143 ouvrages (sources et forages confondus) disposent d'au moins une mesure soit en ions majeurs soit de paramètres physiques (température, conductivité, turbidité, ...). Leur répartition géographique reste intéressante mais leur suivi reste très variable puisque certains ouvrages ne disposent que d'une mesure et très peu sont équipés en continu (la fréquence de relevés ne dépassant pas le rythme mensuel). Ceci pose le problème d'une part de la représentativité des mesures pour chaque ouvrage et d'autre part de la caractérisation du fonctionnement des systèmes karstiques sur la seule base de données ponctuelles.

Au cours de cette première année, La récupération et l'exploitation de l'ensemble des données se sont rapidement confrontées à plusieurs obstacles parmi lesquels nous citerons :

- la multiplicité des bases utilisées, avec des qualités de données variables, qui rend difficile leur récupération ainsi que leur mise à jour,
- la diversité des acteurs de l'eau présents en Dordogne rendant l'accessibilité à l'information difficile,
- l'attribution de l'aquifère capté par certains ouvrages est parfois incertaine. On se heurte en effet dans beaucoup de cas au manque d'informations concernant des ouvrages, pourtant suivis dans le cadre des réseaux, mais également à des mélanges d'eaux liés soit à la conception de l'ouvrage (pour les forages) soit au fonctionnement même du système karstique avec des contributions d'aquifères différentes au cours d'un cycle hydrologique (hautes eaux – basses eaux).

Malgré ces inconvénients, certaines pistes pour l'identification de la fonctionnalité des réservoirs karstiques jurassiques et crétacés ont pu être explorées et pourront être développées au cours de la seconde année. Par exemple, certains paramètres physico-chimiques (température, nitrates) semblent prometteurs pour conduire une analyse discriminante des ouvrages potentiellement influencés par des écoulements rapides de type karstique.

Pour certaines méthodes d'interprétation à préconiser, la densification des suivis piézométriques et qualitatifs reste cependant nécessaire.

Cette densification requiert :

- l'utilisation de données accessibles dans les rapports de bureaux d'études et de thèses. Il s'agit d'informations ponctuelles dont la recherche puis la bancarisation reste très chronophage mais dont l'accès est relativement facile. L'ensemble de ces données permettant au final une densification importante et rapide à moyen terme,
- l'équipement de sources et forages à l'aide d'enregistreurs du niveau piézométrique et de paramètres physico-chimiques. Cette étape nécessite une instrumentation et un aménagement des ouvrages parfois importants auxquels se rajoute leur entretien, leur exploitation et la bancarisation des données. Si toutes les sources (et forages) ne peuvent faire l'objet d'un équipement, le choix de certaines d'entre elles peut s'avérer pertinent pour la suite de l'étude. Ainsi, cette étape s'avère primordiale, notamment à long terme, pour caractériser le fonctionnement des réservoirs,
- la mutualisation de la récupération et de la bancarisation des données. À cet effet, une réflexion importante devra être menée sur la création d'une base propre aux données de Dordogne qui pourra être mise à disposition de l'ensemble des acteurs de l'eau du département facilitant ainsi le partage et l'exploitation des données. Elle sera cependant confrontée à des problèmes récurrents liés à la multiplication des ayants-droits et à la qualité variable des données qui y seront intégrées. Cette étape s'avère cependant nécessaire afin de densifier rapidement les informations sur les eaux souterraines et d'assurer leur actualisation sur le long terme.

Le travail en seconde année du module consistera, en accord avec les membres du COPIL, en la poursuite de l'inventaire. À cet effet, différents organismes de Dordogne seront consultés. Le Syndicat Mixte Des Eaux de Dordogne (SMDE24) et l'hydrogéologue expert Maryline Marsac-Bernède ont déjà accepté de partager leurs données. Des bureaux d'études (SHE, Calligée, Antéa, ...) ainsi que des entreprises de forages seront contactés. Par ailleurs, la réalisation de jaugeages permettra de déterminer précisément les débits des sources dont le niveau d'eau est

actuellement suivi. D'autres campagnes de jaugeages pourront être envisagées sur des sources faciles d'accès et dont l'équipement actuel le permet. Les possibilités d'intégration de certaines de ces sources dans le réseau de suivi départemental (RCD) devront être étudiées afin de pérenniser l'acquisition des données afférentes. Enfin, une réflexion sera menée sur la façon d'impliquer l'ensemble des acteurs dans la récupération des données, au moyen notamment d'une fiche descriptive de terrain permettant de récupérer à chaque visite de site (grotte, perte, source, forage, carrière...) les informations pertinentes pour l'étude et de compléter sur le long terme la base de données actuelle. Cette démarche sera réalisée en collaboration avec la fédération de spéléologie de Dordogne qui a d'ores et déjà élaboré une première trame. Au final, une synthèse des données hydrogéologiques et les premières interprétations d'ensemble (interprétation des hydrogrammes, des courbes de récession selon la méthode de Mangin, interprétation de piézométrie et courbes de température au niveau de forages...) permettront de déterminer les zones où les aquifères carbonatés ont un fonctionnement karstique (karst fonctionnel), les zones où l'aquifère est karstifié mais le fonctionnement de l'aquifère n'est pas de type karstique (karst non fonctionnel) et les aquifères carbonatés non karstifiés (aquifère fissuré pouvant être décrit comme un milieu poreux équivalent).

5. Conclusion

L'année 1 de ce module visant à l'amélioration de l'état des connaissances sur les karsts aquitains (année 3 de la convention régionale 2008-2013), s'est articulée autour de deux aspects complémentaires, géologique et structural d'une part et hydrogéologique d'autre part (Tableau 6).

Elle a permis d'homogénéiser la carte géologique à l'échelle 1/50 000 et d'amorcer une vision structurale de la Dordogne.

Un état des lieux hydrogéologique quantitatif et qualitatif a été établi. Il a consisté à identifier et répertorier au sein d'une base de données toutes les informations obtenues en surface ou en profondeur se rapportant au karst et à son fonctionnement. Ces informations concernent :

- les suivis piézométriques des forages et sources. Corrélés à des mesures de débits et de pluies, ils fournissent des informations quant à l'inertie des systèmes karstiques,
- la récupération des nombreux traçages effectués en Dordogne et leur intégration au sein d'une base de données dédiée. Cette base fait l'objet d'une mise à jour continue,
- les points de suivi de la qualité des eaux, pour lesquels des mesures physico-chimiques ou des analyses chimiques (ions majeurs et éléments traces) sont disponibles,
- des informations ponctuelles disponibles dans la littérature (pertes, bulides, datations).

| | Donnée/information | Objectif | Résultats année 1 |
|-----------------------|--------------------------------------|---|---|
| Volet géologique | MNT 25 m | paléosurfaces, histoire karstification | |
| | inventaire formes karstiques | fonctionnement karstique, histoire karstification | |
| | carte géologique | contexte, zones karstifiables | harmonisée |
| | cartes structurales | plans de drainage potentiels, géométrie des aquifères | en cours |
| | informations paléo-environnementales | histoire karstification | |
| | niveaux karstifiés en forage | histoire karstification | |
| Volet hydrogéologique | piézométrie | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | récupérée, en cours d'analyse |
| | débits de source | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | récupération des niveaux d'eau |
| | météorologie | support pour analyses de chroniques hydrogéologiques | stations identifiées : récupération des données en fonction des besoins |
| | traçages artificiels | vitesse d'écoulement, fonctionnement karstique | base de données constituée |
| | physico-chimie | fonctionnement de l'aquifère (karstique vs non karstique) | récupérées, premières interprétations |
| | bassins d'alimentation | caractérisation des aquifères (limites) | données récupérées |
| | pertes/bulides | identification d'un fonctionnement karstique | informations partiellement récupérées |
| | datations | âge des eaux souterraines | partiellement récupérées |

Tableau 6 : Tableau synthétique des travaux réalisés au cours de la première année. En vert, sont identifiées les actions prioritaires de l'année 2.

Une première analyse de ces données a permis d'identifier certaines pistes qui pourront être développées au cours de la seconde année pour caractériser notamment la fonctionnalité des réservoirs karstiques jurassiques et crétacés de Dordogne. Il s'agit notamment de l'identification des ouvrages présentant des anomalies physico-chimiques attribuées à un écoulement karstique. L'application des analyses corrélatoires et spectrales, seulement évoquée au cours de ce travail, pourra être réalisée sur des chroniques piézométriques et de débit selon la pertinence des données disponibles.

Ce premier travail a également permis d'identifier certaines données manquantes (ex. : forages non productifs, pertes, bulides, jaugeages des sources...) qui sont nécessaires à la compréhension générale du fonctionnement karstique et dont la récupération auprès des différents acteurs de l'eau en Dordogne (bureaux d'étude, foreurs, spéléologues, universitaires...) demande du temps.

En concertation avec les membres du comité de pilotage, ces deux aspects seront poursuivis au cours de l'année 4 de la convention régionale. Ils concerneront plus spécifiquement (Tableau 6) :

- l'étude du développement et de l'évolution du karst. Elle permettra de déterminer les périodes favorables à la mise en place du karst en mettant en relation les évolutions du potentiel de karstification et les événements géodynamiques (variation du niveau marin, surrection du continent, ...)
- la synthèse géologique et structurale. Elle précisera les régimes de contraintes passées et leurs liens avec les plans de drainage ;
- l'analyse des données hydrogéologiques. Elle consistera en la poursuite de l'inventaire et l'acquisition de nouvelles données sur des secteurs stratégiques.

Les interprétations d'ensemble caractériseront les zones où les aquifères carbonatés ont un fonctionnement karstique (karst fonctionnel), les zones où l'aquifère est karstifié mais le fonctionnement de l'aquifère n'est pas de type karstique (karst non fonctionnel) et les aquifères carbonatés non karstifiés.

Ce travail appuiera à plus long terme l'élaboration d'une méthodologie de suivi, de caractérisation et de gestion des aquifères karstiques du Bassin aquitain.

6. Bibliographie

Astruc J.G. (1988) - Le paléokarst quercynois au Paléogène altérations et sédimentations associées. *Documents du BRGM n°133*, 163 p.

Bakalowicz M. (1979) - Contribution de la géochimie des eaux à la connaissance de l'aquifère karstique et de la karstification. *Thèse de doctorat : Université Pierre et Marie Curie - Paris 6*, 269 p.

Bakalowicz M. (1999) - Connaissance et gestion des ressources en eaux souterraines dans les régions karstiques. Guide technique n°3. SDAGE Rhône - Méditerranée - Corse. Agence de l'Eau Rhône - Méditerranée - Corse, Lyon, 44 p.

Banton O., Bangoy L.M. (1999) - Hydrogéologie : multiscience environnementale des eaux souterraines. *Presses de l'université du Québec*, 460 p.

Bardeau M. (2012) - Communication interne - Exemple de modélisation globale des chroniques de débit de la source du Blagour de Souillac. BRGM.

Bardeau M., Belgodere C. (2009) - Actualisation de la synthèse hydrogéologique du département du Lot. Rapport final - Rapport BRGM RP-57678-FR, 154 p., 68 ill., 40 ann.

Batiot C. (2002) - Etude expérimental du cycle du carbone en régions karstiques - Apport du carbone organique et du carbone minéral à la connaissance hydrogéologique des systèmes - Site expérimental de Vaucluse, Jura, Larzac, Région Nord-Montpelliéraine, Nerja (Espagne). *Thèse de doctorat : Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse*, 269 p.

Batiot C., Emblanch C., Blavoux B. (2003) - Carbone organique total (COT) et magnésium (Mg²⁺) : deux traceurs complémentaires du temps de séjour dans l'aquifère karstique. *C.R.Geosciences*, Vol. 335, pp. 205-214.

Belleville L. (1985) - Hydrogéologie karstique : Géométrie, fonctionnement et karstogenèse des systèmes karstiques des gorges de l'Ardèche (Ardèche, Gard). *Thèse de doctorat : Université scientifique et médicale de Grenoble*, 222 p.

Bichot F., Chery L., Cournil T., Lastennet R., Platel J.P., Sourisseau B., Vouvé J. (1997) - Préservation de la qualité des eaux de la nappe du Crétacé supérieur du sud-est de la Dordogne et du nord-est du Lot-et-Garonne. Protection des captages de la Brame et de Gadet (Dordogne). BRGM/RR-39577-FR, 16 p., 7 figures.

Bonacci O. (2001) - Measurement of groundwater temperature for determination karst aquifer characteristics. Colloque d'hydrologie en pays calcaire et milieu fissuré N°7, Besançon, Vol. 13, pp. 45-48.

Bonijoly D. (1980) - Etude structurale et minéralisations d'une plate-forme carbonatée : le Quercy. *Thèse de doctorat : Université d'Orléans*, 325 p.

Camus H. (2003) - Vallées et réseaux karstiques de la bordure carbonatée sud-cévenole. Relation avec la surrection, le volcanisme et les paléoclimats. *Thèse de doctorat : Université de Bordeaux 3*, 692 p.

Castany G., Margat J. (1977) - Dictionnaire français d'hydrogéologie. *BRGM*, 249 p.

Chigot D., Mazurier C. (1992) - Datation des eaux souterraines profondes en Dordogne - Détermination des zones sensibles aux mélanges de nappes. BRGM/RR-36314-FR, 22 p., 21 fig., 1 ann.

Corbier P. (1999) - Mise en évidence d'une alimentation des aquifères poreux plio-quadernaires par les massifs karstiques de bordure - Etude des relations entre la côte et l'arrière-côte dijonnaises et la plaine de Bresse. *Thèse de doctorat : Université de Bourgogne*, 230 p.

Cubaynes R., Faure P., Hantzpergue P., Pellissie T., Rey J. (1989) - Le Jurassique du Quercy : unités lithostratigraphiques, stratigraphie et organisation séquentielle, évolution sédimentaire. *Géologie de la France*, Vol. 3, pp. 33-62.

Dörfliger N. (1998) - Synthèse hydrogéologique des systèmes karstiques du Sud Corrèze. BRGM/RR-40259-FR, 30 p., 6 fig., 5 ann.

Dörfliger N., Crochet P., Guerin R., Jozja N., Marsaud B., Mondain P.H., Muet P., Plagnes V. (2010) - Guide méthodologique. Les outils de l'hydrogéologie karstique pour la caractérisation de la structure et du fonctionnement des systèmes karstiques et l'évaluation de leur ressource. BRGM/RP-58237-FR, 246 p., 82 illus., 5 ann.

Dörfliger N., Pinault J.L., Petit V., Jauffret D., Ladouche B., Bakalowicz M., De la Vaissière, R. (2004) - Systèmes karstiques et crues du Doubs. Méthodologie de détermination de la contribution des systèmes karstiques aux écoulements de surface, hors crues et des étiages. Rapport final, RP-53063-FR, 185 p.

Emblanch C. (1997) - Les équilibres chimiques et isotopiques du carbone dans les aquifères karstiques - Etude en région méditerranéenne de montagne. *Thèse de doctorat : Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse*, 198 p.

Ford D.C., Williams P. (2007) - Karst Hydrogeology and Geomorphology. (*revised edition*): Chichester, West Sussex, John Wiley and Sons Ltd., 562 p.

Fournier M. (2006) - Identification des modalités de transport et de la vulnérabilité du karst de la craie. Application de nouveaux outils statistiques d'analyse des données au système du Hannebot (Seine-Maritime, France). *Thèse de doctorat : Université de Rouen*, 228 p.

Fradet P. (1985) - Etude hydrogéologique du bassin aval du Céou (affluent de la Dordogne) - Recherche d'eaux souterraines destinées à l'irrigation. *Thèse de doctorat : Université de Franche-Comté*, 202 p.

Gomez E., Pédrón N., Winckel A., Corbier P. (2008) - Gestion des eaux souterraines en Région Aquitaine. Piézométrie d'objectif d'étiage et de crise. Module 3, Année 4. BRGM/RP-56615-FR, 86 p., 61 ill., 3 ann.

Hoffmann F. (2005) - Les tufs et travertins en Périgord-Quercy. *Karstologia - Mémoires* 13, 263 p.

Hoffmann F. (2006) - Etude et chronologie des séquences travertineuses du Périgord-Quercy (France) : Principaux apports et hypothèses. *Quaternaire*, Vol. 17 (4), pp. 351-360.

Karnay G. (2007) - Carte géologique harmonisée du département des Landes, notice technique. Rapport BRGM/RP-55511-FR, 180 p., 3 fig., 3 pl. hors-texte, 1 annexe.

Lastennet R. (1994) - Rôle de la zone non saturée dans le fonctionnement des aquifères karstiques - Approche par l'étude physico-chimique et isotopique du signal d'entrée et des exutoires du Massif du Ventoux (Vaucluse). *Thèse de doctorat : Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse*, 247 p.

Lastennet R., Mudry J. (1997) - Role of karstification and rainfall in the behavior of a heterogeneous karst system. *Environmental Geology*, Vol. 32 (2), pp. 114-123.

Mangin A. (1975) - Contribution à l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. *Thèse de doctorat : Université de Dijon*, 267 p.

Marchet P. (1991) - Approche de la structure et de l'évolution des systèmes aquifères karstiques par l'analyse de leur fonctionnement - Application au NW du Causse de Martel (Quercy, France). *Thèse de doctorat : Université de Toulouse*, 327 p.

Marsaud B. (1997) - Structure et fonctionnement de la zone noyée des karsts à partir des résultats expérimentaux. *Thèse de doctorat : Université Paris XI Orsay*, 335 p.

Massei N., Dupont J.P., Mahler B.J., Laignel B., Fournier M., Valdes D., Ogier S. (2006) - Investigating transport properties and turbidity dynamics of a karst aquifer using correlation, spectral, and wavelet analyses. *Journal of Hydrology*, Vol. 329, pp. 244—257.

Mauroux B., Baudry D. (2002) - Gestion des nappes d'eaux souterraines en Dordogne - Mise en place des réseaux de gestion patrimoniale quantité et qualité. BRGM/RP-51556-FR, 4 pages, 4 figures, 3 tableaux, 2 graphiques, 7 annexes, 33 fiches techniques.

Mauroux B., P. Platel J., Baudry D., P. Olivier J., Bergeronneau S., Marsac-Bernède M.J. (2003) - Synthèse hydrogéologique du département de la Dordogne. Potentialités, qualité, vulnérabilité des nappes d'eaux souterraines. Rapport BRGM/RP-52259-FR, 139p., dont 7 coupes, 85 cartes, 10 cartes annexes et 19 tab.

Mondain P.H., Muet P. (2008) - Proposition d'une grille d'évaluation des résultats des traçages en milieu karstique (au moyen de traceurs fluorescents). CFH, Actes des journées techniques du Comité Français de l'Association Internationale des hydrogéologues : « Hydrogéologie et Karst au travers des travaux de Michel Lepiller », 16-17 mai 2008. pp. 191-206.

Mudry J., Blavoux B. (1986) - Utilisation de l'analyse en composantes principales pour l'étude du fonctionnement hydrocinématique de trois aquifères karstiques du Sud-Est de la France. *Hydrogéologie*, Vol. 1, pp. 53-59.

Pinault J.P. (2001) - Manuel utilisateur de TEMPO. Logiciel de traitement et de modélisation des séries temporelles en hydrogéologie et en hydrogéochimie. BRGM/RP-51459-FR, 221 p., 206 fig., 5 tabl., 2 ann.

Plagnes V. (1997) - Structure et fonctionnement des aquifères karstiques - Caractérisation par la géochimie des eaux. *Thèse de doctorat : Université de Montpellier II*, 372 p.

Plagnes V., Bakalowicz M. (2001) - May it propose a unique interpretation for karstic spring chemographs ?. 7e colloque d'hydrologie en pays calcaire et en milieu fissuré - Besançon, 20-22 septembre 2001, pp. 293–298.

Platel J.P. (1996) - Stratigraphie, sédimentologie et évolution géodynamique de la plate-forme carbonatée du Crétacé supérieur du nord du bassin d'Aquitaine. *Géologie de la France*, Vol. 4, pp. 33-58.

Platel J.P., Gomez E., Pédrón N., Fondin A., Serrano O., Winckel A., Poux E., Calas C., Rodriguez G. (2008) - Perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord. Partie 1 - Synthèse géologique et hydrogéologique. situation des nappes du Jurassique et du Crétacé supérieur. BRGM/RP-56419-FR, 154p., 69 figures, 10 tableaux, 16 annexes.

Platel J.P., Pédrón N., Gomez E., Saltel M. (2010) - Perspectives de gestion des nappes du Secondaire en Agenais-Périgord. Synthèse géologique et hydrogéologique, modélisation hydrodynamique. BRGM/RP-59330-FR, 217p., 101 fig., 12 tab., 19 ann.

SAFEGE (2011) - Réhabilitation du captage de Ley Fonts - Etudes hydrogéologiques complémentaires. SAFEGE. 85 p.

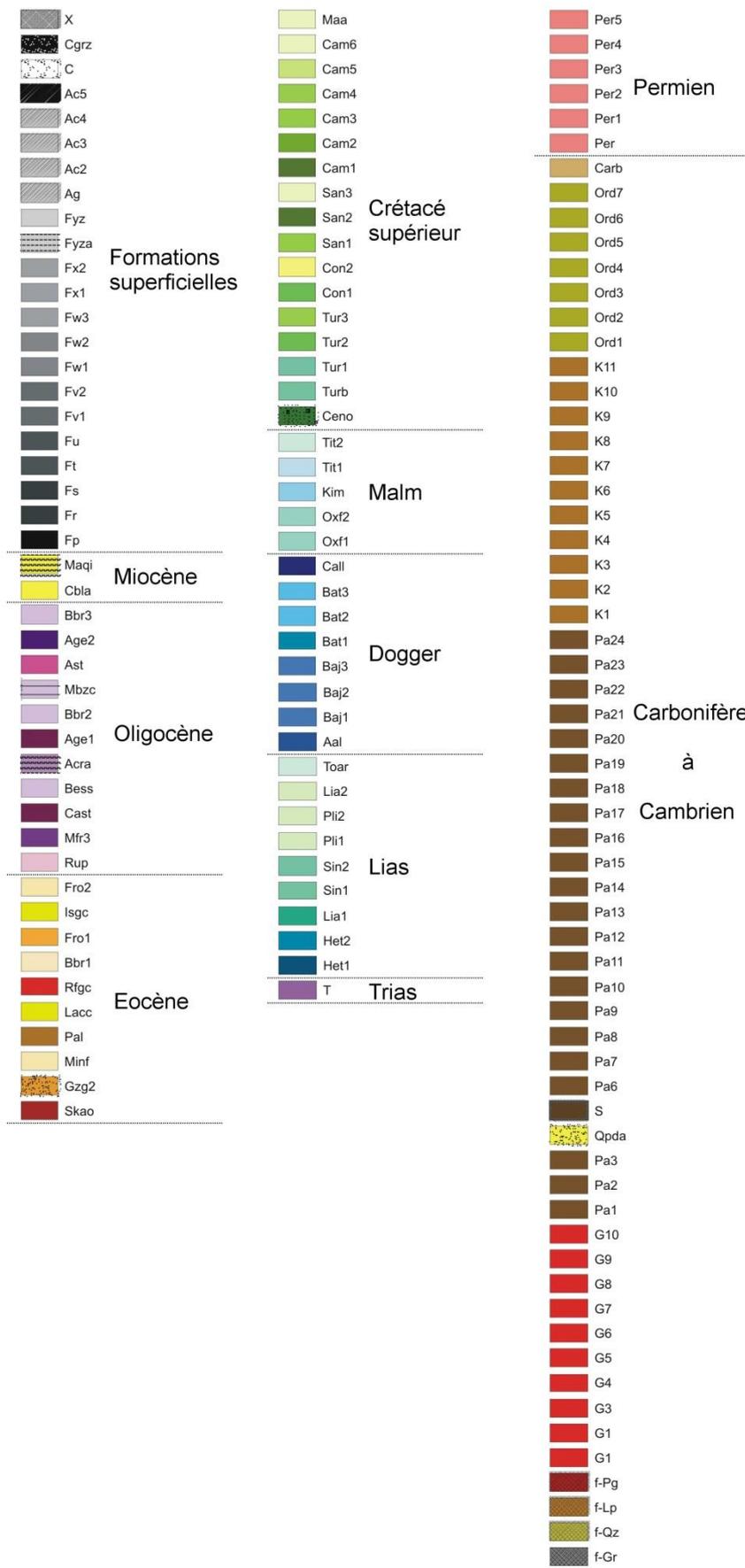
Salomon J.N. (2006) - Précis de karstologie. *Presses Univ. de Bordeaux*, 143 p.

Schoeller H. (1971) - Paléohydrogéologie de la partie septentrionale du bassin d'Aquitaine. Etablissement d'une série de cycles hydrogéologiques, avec stages d'essorage et d'infiltration pendant les ères secondaire et tertiaire. pp. 47-49.

Trombe F. (1952) - Traité de spéléologie. Payot, Paris, 376 p.

Annexe 1

Légende des formations de la carte homogénéisée de la Dordogne au 1/50 000^{ème} & tableau descriptif



| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------|--|---|
| Formations superficielles | | | | |
| | 999 | | Cours d'eaux | Réseau hydrographique |
| X | 950 | Holocène | Remblais, déchets | Formations anthropiques |
| Cgrz | 122 | Quaternaire | Grèzes | Grèzes |
| C | 123 | Quaternaire | Colluvions de versant et vallons secs | Colluvions de versants, Colluvions de vallons sec |
| Ac5 | 116 | Paléocène à Quaternaire ? | Altérites | Argiles vertes à silicifications sur substratum marno-calcaire du Campanien |
| Ac4 | 117 | Paléocène à Quaternaire ? | Altérites | Argiles silteuses brunes sur substratum crayo-calcaire du Santonien |
| Ac3 | 118 | Paléocène à Quaternaire ? | Altérites | Argiles vertes avec ou sans silex noirs abondants sur substratum calcaire du Crétacé en Périgord Noir |
| Ac2 | 119 | Paléocène à Quaternaire ? | Altérites | Doucins : Siils bruns plus ou moins argileux |
| Ag | 121 | Paléocène à Quaternaire ? | Altérites | Altérites sablo-argileuses sur terrains cristallins |
| Fyz | 1 | Holocène | Alluvions | Limons sableux et sables |
| Fyza | 1a | Holocène | Alluvions | Chenaux à remplissage argileux |
| Fx2 | 2 | Pléistocène (Würm) | Alluvions : Très basse terrasses | Sables et galets |
| Fx1 | 115 | Pléistocène (Würm) | Alluvions : Très basse terrasses | Sables et galets |
| Fw3 | 3 | Pléistocène (Riss) | Alluvions : Basse terrasses | Sables et galets |
| Fw2 | 4 | Pléistocène (Riss) | Alluvions : Basse terrasses | Sables et galets |
| Fw1 | 5 | Pléistocène (Riss) | Alluvions : Basse terrasses | Sables et galets |
| Fv2 | 6 | Pléistocène (Mindel) | Alluvions : Moyennes terrasses | Galets à matrice argileuse rubéfiée |
| Fv1 | 7 | Pléistocène (Mindel) | Alluvions : Moyennes terrasses | Galets à matrice argileuse rubéfiée |
| Fu | 8 | Pléistocène ancien (Günz ?) | Alluvions : Hautes terrasses | Galets rubéfiés à matrice très argileuse rouge |
| Ft | 9 | Pléistocène ancien (Donau-Günz ?) | Alluvions : Hautes terrasses | Galets rubéfiés à matrice très argileuse rouge |
| Fs | 10 | Pléistocène ancien (Donau ?) | Alluvions : Très hautes terrasses | Galets rubéfiés à matrice très argileuse rouge |
| Fr | 13 | Pléistocène ancien (Gélasien ?) | Alluvions : Très hautes terrasses | Sables grossiers, graviers et gros galets |
| Fp | 14 | Pliocène inf. ? | Alluvions : Très hautes terrasses (Formations d'Oriolles et de la Maurandie) | Sables grossiers et petits graviers argilo- feldspathiques |
| Miocène | | | | |
| Maqi | 124 | Aquitaniens | Molasse aquitaniennes | Molasse argilo-silteuse brune |
| Cbla | 15 | Aquitaniens | Calcaire blanc de l'Agenais | Calcaire lacustre blanc |

| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|-------------------|------------|---------------------|---|---|
| Oligocène | | | | |
| Bbr3 | 16 | Chattien | Formation de Boisbretreau (partie supérieure) | Sables feldspathiques, graviers et galets, argiles silteuses vertes |
| Age2 | 125 | Rupélien à Chattien | Molasses de l'Agenais (partie supérieure) | Molasses argilo-silteuses à marbrures ocre |
| Ast | 17 | Rupélien | Calcaire à Astéries | Calcaire bioclastique et calcarénite jaune, Calcaire gréseux |
| Mbzc | 126 | Rupélien | Calcaire de Monbazillac | Calcaire lacustre blanc en plaquettes localement meulièrement |
| Bbr2 | 18 | Rupélien | Formation de Boisbretreau (partie moyenne), Formation de la Garde | Sables feldspathiques, graviers et galets, argiles silteuses vertes |
| Age1 | 127 | Rupélien | Molasses de l'Agenais (partie inférieure) | Molasses argilo-silteuses vert-jaune à marbrures ocre |
| Acra | 19 | Rupélien | Argiles à Crassostrea longirostris | Argiles gris-noir à huitres |
| Bess | 128 | Rupélien | Formation de la Bessède | Argiles vertes plus ou moins carbonatées |
| Cast | 20 | Rupélien | Formation de Castillon | Argiles vertes et calcaires palustres à lacustres blancs, Molasse argilo-silteuse |
| Fro3 | 21 | Rupélien | Molasses du Fronsadais (partie supérieure) | Sables et grès carbonatés gris-vert à chenaux |
| Rup | 129 | Rupélien | | Indiférencié |
| Eocène | | | | |
| Fro2 | 22 | Priabonien | Molasses du Fronsadais (partie moyenne) | Argiles bariolées vert-jaune à nodules carbonatés, Chenaux sableux |
| Isgc | 131 | Priabonien | Calcaire d'Issigeac | Calcaires blancs micritiques lacustres à palustres |
| Fro1 | 23 | Priabonien | Molasses du Fronsadais (partie inférieure) | Argiles bariolées gris-jaune à vert, niveaux sableux |
| Bbr1 | 24 | Priabonien | Formation de Boisbretreau (partie inférieure) | Sables argileux bruns et argiles silteuses à marmorisations |
| Rfgc | 132 | Priabonien | Formation de Rouffignac | Latérite ferrugineuse gravillonnaire |
| Lacc | 133 | Priabonien | Formations des Ondes de Ste Croix de Beaumont, de st Cernin | Calcaires blancs micritiques lacustres à palustres |
| Pal | 26 | Priabonien | Argiles à Palaeotherium | Argiles silteuses carbonatées vertes à ocre |
| Minf | 134 | Bartonien | Molasses inférieures | Argiles sablo-argileuses carbonatées brunes |
| Gzg2 | 27 | Lutétien | Formations de Guizengeard (supérieur), de Beau-Repos et de Limeyrat | Galets, graviers et Sables plus ou moins argileux feldspathiques |
| Skao | 28 | Ypresien | | Sables kaoliniques |

| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|--------------------------|--------------|------------------------------|--|--|
| Crétacé supérieur | | | | |
| Maa | 29 | Maastrichtien inférieur | Formation de Maurens | Calcaire tuffoïde ocre à Orbitoididés |
| Cam6 | 30 | Campanien supérieur | Formation de Maurens | Calcaire tuffoïde ocre à Orbitoididés et <i>H. radiosus</i> et calcaires bioclastiques |
| Cam5 | 31 | Campanien supérieur | Formations d'Aubeterre, de Mussidan, de Lalinde et de Couze | Calcaires bioclastiques jaunes à <i>O. media</i> et rudistes ; Calcaires bioclastiques gréseux jaunes à <i>O. media</i> |
| Cam4 | 32 | Campanien supérieur | Formations de Barbezieux, de Neuvic, de Lamonzie et de Couze | Calcaire crayo-marneux et calcaires bioclastiques à <i>O. media</i> ; Calcaires bioclastiques gréseux jaunes à <i>O. media</i> |
| Cam3 | 33 | Campanien supérieur | Formations de Biron, de Coursac et de Journiac ; Formation de Journiac | Alternance de calcaire crayo-marneux et de marnes, silex gris à blonds ; Calcaires bioclastiques ocre |
| Cam2 | 34 | Campanien inférieur | Formations de Segonzac et de Marsaguet | Alternance de calcaires crayeux à silicifications et de calcaire marneux |
| Cam1 | 35 | Campanien inférieur | Formations de Gimeux et d'Atur ; Formation de Trémolat | Calcaires crayeux blancs à rares silicifications grises ; assises de sables glauconieux en Périgord Noir |
| San3 | 36 | Santonien moyen et supérieur | Formation de Combiers, de St Laurent des Combes et de St Laurent sur Manoire ; Formations de St Félix de Reilhac, de Mauzens et du Peuch | Sables jaunes à ocre pale ; Calcaires crayeux gris-blanc à silex noirs ; Calcaires silto-glauconieux à silex noirs, sables fins et grès carbonatés ; Marnes grises à pycnodontes et calcaires crayo-argileux |
| San2 | 36M | Santonien moyen | Formation du Peuch | Marnes grises à pycnodontes et calcaires crayo-argileux |
| San1 | 37 | Santonien inférieur | Formations de Boulazac et de Boussitran | Calcaires crayeux et glauconieux gris, grès carbonatés et sables jaunes |
| Con2 | 38 | Coniacien | Formations de Périgueux, de Bourdeilles et des Eyzies ; Formations du Boulou et de la Rouquette | Calcaires bioclastiques plus ou moins gréseux jaunes, calcaire crayeux à glauconie ; Calcaires gréseux, sables et marnes grises à silex noirs |
| Con1 | 135 | Coniacien inférieur (seul) | Formations du Boulou et de la Rouquette | Calcaires gréseux, sables et marnes grises à silex noirs |
| Tur3 | 39 | Turonien supérieur | Formations de Sauveterre et de Ste Mondane ; Formations de Bourg des Maisons et de Grèzes ; Formation de St Cirq | Grès calcaires, sables et marnes grises ; Calcaire micritique bioclastique beige à rudistes, calcarénites ocre ; Calcaires bioclastiques gréseux à rudistes, marnes et niveaux de lignite |
| Tur2 | 40 | Turonien moyen | Formations d'Angoulême, de Paussac et de St Cyprien | Calcaire crayeux blanc bioclastique à rudistes, calcarénites ocre |
| Tur1 | 41 | Turonien inférieur à moyen | Formations de Villars et de Domme | Calcaire crayeux blanc-gris en plaquettes |
| Turb | 41/40 | Turonien inférieur à moyen | Formation de Domme | Calcaire crayeux |
| Ceno | 42 | Cénomanién | Formations de Quinsac, du Dantou et de Simeyrols | Marnes vertes, sables fins à grossiers, calcaires gréseux à préalvéolines ; Argiles noires carbonatées et lignite |

| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|-------------------|------|--|---|---|
| Malm | | | | |
| Tit2 | 43 | Tithonien moyen | Formations de Cazals et de Berbiguières | Dolomites laminées, calcaires micritiques et dolomie |
| Tit1 | 136 | Tithonien inférieur | Formations de la Martelle, de Salviac | Calcaires micritiques en petits bancs laminés, calcaires dolomitiques |
| Kim | 44 | Kimméridgien | Formation de la Martelle ; Formations de Ste Croix de Mareuil, d'Allas et de Parnac | Calcaires oolitiques, grès glauconieux ; Alternance marno-calcaire ; Calcaires micritiques gris en petits bancs |
| Oxf2 | 46 | Oxfordien ? | | Calcaire micritique gris à trocholines et calcaire oolitique |
| Oxf1 | 47 | Oxfordien ? | | Alternance de calcaire gris micritique et de calcaire pelletoidal beige, Calcaire oolitique |
| Dogger | | | | |
| Call | 48 | Callovien ? | | Alternance de calcaire micritique et de calcaire oolitique bioclastique |
| Bat3 | 49 | Bathonien supérieur ? | | Alternance de calcaire micritique et de calcaire pelletoidal bioclastique |
| Bat2 | 50 | Bathonien inférieur à moyen | | Alternance de calcaire micritique ou bioclastique et de niveaux d'argiles plus ou moins ligniteuses |
| Bat1 | 137 | Bathonien inférieur | | Calcaire micritique laminés et marnes noires ligniteuses |
| Baj3 | 51 | Bajocien supérieur à Bathonien inférieur | | Calcaire oolitique bioclastique et calcaire micritique |
| Baj2 | 52 | Bajocien moyen | | Alternance de calcaire micritique et de calcaire oolitique bioclastique |
| Baj1 | 53 | Bajocien inférieur | | Calcaires oolitiques ou bioclastiques recristallisés |
| Aal | 138 | Aalénien | | Calcaire bioclastique roux |
| Lias | | | | |
| Toar | 54 | Toarcien | Formation de Tourtoirac | Argiles et marnes noires, Marnes dolomitiques grises |
| Lia2 | 54N | Pliensbaschien à Aalénien | | Grès grossiers, grès dolomitique, argile et marnes grises |
| Pli2 | 55 | Pliensbachien | | Grès grossier et grès dolomitique, Calcaire gréseux fin |
| Pli1 | 55D | Pliensbachien (Domérien inférieur) | | Marnes noires micacées |
| Sin2 | 139 | Sinémurien supérieur | | Alternance de calcaire oolitique et de calcaire micritique |
| Sin1 | 56 | Sinémurien | | Calcaire oolitique et calcarénite |
| Lia1 | 57N | Hettangien à Sinémurien | | Grès grossiers, dolomie rousse, calcaire oolitique |
| Het2 | 57 | Hettangien supérieur | | Dolomie, marnes dolomitiques, grès fin |
| Het1 | 58 | Hettangien inférieur | | Grès, sable, conglomérats |
| Trias | | | | |
| T | 59 | Trias | | Sable et grès kaoliniques |

| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|-------------------------------|------|----------------------------|--|--|
| Permien | | | | |
| Per5 | 140 | Saxono-thuringien | Grès de Louignac | Grès rouges micacés en bancs réguliers |
| Per4 | 60 | Autunien | Grès de Brignac | Grès gris |
| Per3 | 61 | Autunien | Grès de Villac | Grès rouges, niveaux argileux |
| Per2 | 63 | Autunien | Grès à Walchia | Grès gris vert à <i>Walchia</i> |
| Per1 | 65 | Autunien | Grès de Grand Roche (Grès rouges inférieurs) | Grès rouges, schistes, grès et charbon |
| Per | 143 | Autunien indéterminé | | Grès rouges à gris vert |
| Carbonifère à Cambrien | | | | |
| Carb | 66 | Stéphanien | Formation du Lardin | Schistes, grès, conglomérats et charbon |
| Ord7 | 70 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis, Porphyroïdes de Génis | Méta-ignimbrite |
| Ord6 | 141 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis | Porphyroïdes roses à fiammes |
| Ord5 | 142 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis | Tufs schisteux rhyolitiques et séricitoschistes |
| Ord4 | 144 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis | Métagabbro |
| Ord3 | 145 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis | Orthoprasinite, métadolérite |
| Ord2 | 146 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis | Tuf schisteux albitique |
| Ord1 | 147 | Ordovicien -Silurien | Groupe de Génis, Schistes de Génis | Séricitoschistes à chlorite |
| K11 | 71 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Gneiss plagioclasique à deux micas ou biotite |
| K10 | 149 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Gneiss à mobilisats granitiques (migmatite) |
| K9 | 72 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin, Formation des Grès de Thiviers | Méta-tuf rhyo-dacitique, méta-grauwacke et séricitoschistes intercalés |
| K8 | 73 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin, Formation des Quartzites de Payzac | Quartzite felspathique noir, micaschistes à biotite et grenat |
| K7 | 74 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Ortho-prasinite, schistes à actinote et biotite, dolérite amphibolitisée |
| K6 | 75 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Schistes à chlorite et/ou biotite, méta-grauwacke noire en alternance |
| K5 | 76 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Schistes verts à amphibole et épidote, métadolérite associée |
| K4 | 77 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin | Gneiss à biotite et ocelles plagioclasiques |
| K3 | 150 | Cambrien moyen à supérieur | Groupe du Bas-Limousin, Massif du Suquet | Leptynites et amphibolites |
| K2 | 78 | Ante 510-530 Ma | Groupe de la Dronne | Gneiss micaschisteux à niveaux de micaschistes |
| K1 | 79 | Ante 510-530 Ma | Groupe de la Dronne | Micaschistes lamelleux à muscovite et biotite |
| Pa24 | 153 | | | Quartzo-leptynite en intercalations |
| Pa23 | 80 | | Formation des Leptynites de St-Yrieix et de Sarlande | Leptynites à grain moyen à biotite ou à deux micas |
| Pa22 | 81 | | Formation des Leptynites de St-Yrieix et de Sarlande | Leptynite à grain fin à biotite |
| Pa21 | 83 | | Formation du Granite de Cognac | Granite monzonitique et orthogneiss dérivé |

| Notation Carte 24 | Code | Etage | Formation(s) | Description lithologique |
|-------------------|------|-------|--|---|
| Pa20 | 154 | | Formation du Granite de Roussines | Granite leucocrate à texture planaire |
| Pa19 | 84 | | Formation des orthogneiss et leptynites de la Dronne | Gneiss amygdalo-rubané ou oeilé à biotite et muscovite |
| Pa18 | 85 | | | Gneiss quartzo-feldspathique rubané à tendance leptynitique |
| Pa17 | 86 | | | Gneiss à deux micas et microcline |
| Pa16 | 87 | | Massifs de Sarrazac et de la Roche Noire | Méta-gabbro et péridotite |
| Pa15 | 151 | | Massifs de Sarrazac et de la Roche Noire | Péridotite serpentinisée |
| Pa14 | 152 | | Massifs de Sarrazac et de la Roche Noire | Méta-gabbro et amphibolite |
| Pa13 | 88 | | | Amphibolite à hornblende et andésine |
| Pa12 | 89 | | | Eclogite et amphibolite dérivée |
| Pa11 | 91 | | | Dolérite et gabbro amphibolitisé |
| Pa10 | 93 | | | Serpentine |
| Pa9 | 94 | | | Méta-rhyolite felsitique |
| Pa8 | 155 | | | Méta-rhyolite vitreuse |
| Pa7 | 96 | | | Orthogneiss mylonitique dérivé du granite du Saut du Saumon |
| Pa6 | 97 | | | Orthogneiss mésocrate à hornblende et/ou biotite |
| S | 98 | | | Schistes graphiteux |
| Qpda | 99 | | Formation du Puy des Ages | Quartzite blanc à muscovite |
| Pa3 | 103 | | | Méta-tuf dacitique |
| Pa2 | 104 | | | Roches méta-volcaniques du Chapial |
| Pa1 | 105 | | | Méta-kératophyres |
| G10 | 106 | | | Diabase |
| G9 | 107 | | | Microdiorite quartzique |
| G8 | 108 | | Granites de St-Saud et de St Mathieu | Leucogranite à grain moyen à biotite et muscovite |
| G7 | 158 | | | Leucogranite à grain fin à biotite et muscovite |
| G6 | 109 | | Granite de Piégut / Abjat | Grano-diorite à grain moyen à biotite |
| G5 | 159 | | | Grano-diorite à grain fin à biotite |
| G4 | 156 | | Granite de Piégut / Abjat | Grano-diorite à grain fin à biotite et amphibole |
| G3 | 157 | | Granite de Piégut / Abjat | Granite à gros grains à tendance porphyroïde |
| G2 | 110 | | | Grano-diorite à aplite myarolitique |
| G1 | 111 | | | Microgranite à biotite |
| f-Pg | 112 | | | Pegmatites plus ou moins kaolinisées |
| f-Lp | 113 | | | Lamprophyre |
| f-Qz | 114 | | | Filon de Quartz |
| f-Gr | 101 | | | Graphite |

Annexe 2

Liste des 108 forages disposant de chroniques piézométriques

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

| Département | BSS | Origine données | X_L2e | Y_L2e | Réseau Quantifié (Dordogne) | Aquifère capté | Entité | date 1ère mesure | date dernière mesure | nb_valuers |
|-------------------|-------------------------|-----------------|---------|---------|-----------------------------|----------------|------------|------------------|----------------------|------------|
| Dordogne | 07107X0030/S3 | ADES | 460388 | 2066863 | RPIN | BAJO | Jurassique | 20/09/1996 | 09/02/2013 | 970 |
| | 07238X0016/F2 | ADES | 440488 | 2048366 | RCD | TURO-COST | Crétacé | 11/07/2002 | 19/12/2012 | 42 |
| | 07338X0017/F | ADES | 442840 | 2049573 | RCD | TURO-COST | Crétacé | 18/09/1996 | 29/01/2013 | 125 |
| | 07343X0007/F | ADES | 460051 | 2054455 | RCD | BACX | Jurassique | 18/07/1996 | 29/01/2013 | 1002 |
| | 07345X0018/F | ADES | 447022 | 2046614 | RPIN | KIMM | Jurassique | 22/08/1996 | 29/01/2013 | 98 |
| | 07345X0020/F1 | ADES | 448593 | 2043607 | RCD | TURO-COST | Crétacé | 11/07/2002 | 04/04/2012 | 566 |
| | 07345X0023/F | ADES | 449509 | 2045292 | RCD | TURO-COST | Crétacé | 19/07/1996 | 09/02/2013 | 2716 |
| | 07346X0017/F | ADES | 453726 | 2046221 | RPIN | TURO-COST | Crétacé | 28/02/2002 | 09/02/2013 | 2956 |
| | 07346X0024/F | ADES | 457446 | 2047277 | | TURO-COST | Crétacé | 18/09/1996 | 17/12/2007 | 30 |
| | 07348X0015/F | ADES | 470560 | 2049344 | RCD | BAJO-BACX | Jurassique | 10/10/2002 | 18/12/2012 | 42 |
| | 07355X0006/F | ADES | 475996 | 2042838 | RPIN | BACX | Jurassique | 25/09/1996 | 03/02/2013 | 960 |
| | 07356X0022/PZ | ADES | 480950 | 2041270 | RPIN | CENO | Crétacé | 25/01/2011 | 09/02/2013 | 747 |
| | 07574X0014/F | ADES | 441364 | 2036324 | RPIN | TURO-COST | Crétacé | 02/10/2002 | 29/01/2013 | 87 |
| | 07577X0022/F | ADES | 431856 | 2030965 | RCD | TURO-COST | Crétacé | 11/09/2002 | 29/01/2013 | 41 |
| | 07583X0018/F | ADES | 461983 | 2033311 | RCD | TURO | Crétacé | 31/07/2002 | 11/02/2013 | 2339 |
| | 07583X0019/F | ADES | 459914 | 2040567 | RCD | CENO | Crétacé | 08/10/1996 | 10/02/2013 | 809 |
| | 07584X0002/F | ADES | 469776 | 2036032 | RPIN | COST | Crétacé | 08/10/1996 | 08/02/2013 | 2998 |
| | 07588X0045/F4 | ADES | 471421 | 2023357 | Suivi temporaire | TURO | Crétacé | 18/10/2001 | 23/11/2010 | 2067 |
| | 07588X0048/F | ADES | 471191 | 2029502 | RPIN | BAJO-BACX | Jurassique | 06/06/2003 | 18/12/2012 | 51 |
| | 07595X0006/F3 | ADES | 475334 | 2021756 | RCD | COST | Crétacé | 30/11/1996 | 09/02/2013 | 3426 |
| | 07595X0009/F | ADES | 476970 | 2021300 | RPIN | COST | Crétacé | 16/10/1996 | 08/02/2013 | 3008 |
| | 07597X0006/F | ADES | 491945 | 2030304 | RCD | BAJO | Jurassique | 07/11/1996 | 30/01/2013 | 128 |
| | 07598X0005/A81 | ADES | 500916 | 2028490 | RPIN | BAJO | Jurassique | 30/07/1996 | 09/02/2013 | 2346 |
| | 07598X0009/F2 | ADES | 500423 | 2028917 | RPIN | LIAS | Jurassique | 14/05/1998 | 29/01/2013 | 91 |
| | 07816X0002/F | ADES | 426566 | 2003117 | RPIN | CAMP | Crétacé | 24/02/2005 | 31/01/2013 | 66 |
| | 07818X0033/F4 | ADES | 443481 | 2007736 | | TURO | Crétacé | 26/09/2002 | 27/06/2007 | 16 |
| | 07823X0007/F | ADES | 459988 | 2014440 | RPIN | TURO-COST | Crétacé | 17/01/2002 | 10/02/2013 | 1385 |
| | 07825X0043/S4 | ADES | 445159 | 2005103 | RPIN | TURO-COST | Crétacé | 31/01/2008 | 03/02/2013 | 1001 |
| | 07827X0006/F | ADES | 462876 | 2006504 | RPIN | CAMP | Crétacé | 13/09/1996 | 13/02/2013 | 3225 |
| | 07833X0007/F | ADES | 492600 | 2011089 | RPIN | BACX-TURO | Jurassique | 24/09/2002 | 29/01/2013 | 117 |
| | 07834X0012/F | ADES | 496037 | 2018888 | RCD | BAJO | Jurassique | 28/08/2002 | 29/01/2013 | 126 |
| | 07835X0003/F3 | ADES | 475096 | 2003903 | RCD | COST | Crétacé | 30/07/2002 | 09/02/2013 | 3204 |
| | 07836X0009/F | ADES | 479719 | 2003517 | RPIN | BACX-KIMM | Jurassique | 04/09/1996 | 29/01/2013 | 90 |
| | 08054X0011/F | ADES | 442036 | 2001569 | | CAMP | Crétacé | 03/11/1996 | 08/12/2005 | 19 |
| | 08062X0012/F | ADES | 452845 | 1999372 | RCD | CAMP | Crétacé | 03/10/1996 | 29/01/2013 | 126 |
| | 08063X0014/F | ADES | 464864 | 1993387 | RCD | COST | Crétacé | 02/09/1988 | 29/01/2013 | 964 |
| | 08067X0017/F | ADES | 460801 | 1991223 | RPIN | CAMP | Crétacé | 08/10/1996 | 28/01/2013 | 689 |
| | 08071X0024/F | ADES | 474406 | 1991518 | RPIN | COST | Crétacé | 26/08/1996 | 08/02/2013 | 706 |
| | 08071X0026/F | ADES | 473799 | 1994581 | RPIN | CAMP | Crétacé | 26/08/1996 | 06/01/2013 | 3125 |
| | 08075X0013/F | ADES | 474057 | 1985186 | RCD | CAMP | Crétacé | 08/10/1996 | 30/01/2013 | 1130 |
| | 08075X0014/F | ADES | 476330 | 1983852 | RCD | COST | Crétacé | 06/04/1989 | 19/12/2012 | 51 |
| | 08081X0026/SE.20 | ADES | 506200 | 1992102 | RPIN | COST | Crétacé | 05/09/1996 | 02/02/2013 | 3061 |
| | 08082X0009/F | ADES | 511892 | 1998909 | RPIN | TURO | Crétacé | 05/09/1996 | 30/01/2013 | 92 |
| | 08083X0028/F2 | ADES | 518895 | 1994600 | RCD | BACX-KIMM | Jurassique | 12/09/1996 | 03/02/2013 | 769 |
| | 08085X0046/F | ADES | 502155 | 1981791 | RPIN | BACX-KIMM | Jurassique | 26/07/1996 | 30/01/2013 | 85 |
| | 08087X0022/PZ | ADES | 516742 | 1987784 | RPIN | TURO | Crétacé | 05/02/2004 | 09/02/2013 | 1341 |
| | 08302X0011/F | ADES | 457400 | 1973445 | RPIN | CAMP | Crétacé | 30/01/1989 | 29/01/2013 | 38 |
| | 08304X0001/F | ADES | 464772 | 1972208 | RPIN | CAMP | Crétacé | 25/01/1994 | 29/01/2013 | 87 |
| | 08304X0018/F | ADES | 468670 | 1977006 | RCD | CAMP | Crétacé | 26/09/1996 | 29/01/2013 | 109 |
| | 08305X0002/F | ADES | 448095 | 1966199 | RPIN | CAMP | Crétacé | 12/10/2002 | 04/02/2013 | 898 |
| 08311X0023/F1 | ADES | 477936 | 1978328 | RPIN | CAMP | Crétacé | 24/09/1996 | 29/01/2013 | 132 | |
| 08314X0015/F | ADES | 493242 | 1975754 | RPIN | CAMP | Crétacé | 25/07/1996 | 30/01/2013 | 128 | |
| 08316X0017/Z9 | ADES | 484808 | 1964234 | RPIN | BAJO-BACX | Jurassique | 17/12/2003 | 04/02/2013 | 913 | |
| 08318X0010/F | ADES | 495328 | 1962902 | RCD | COST | Crétacé | 25/07/1996 | 30/01/2013 | 130 | |
| 08327X0025/F | ADES | 515768 | 1969692 | RPIN | TITH | Jurassique | 09/10/1996 | 08/02/2013 | 2727 | |
| 08561X0020/F | ADES | 500255 | 1954973 | RPIN | CAMP | Crétacé | 21/08/1996 | 02/02/2013 | 1649 | |
| 08564X0007/F | BSS-ES | 469005 | 2041168 | | BACX | Jurassique | 22/08/1996 | 26/12/2005 | 53 | |
| 08072X0011/F | BSS-ES + RPIN930 Platel | 481430 | 1992692 | | Jurassique + Crétacé | Mélange | 28/08/1996 | 08/06/2006 | 7 | |
| 07959X0016/F | BSS-ES | 478946 | 2003094 | | Jurassique + Crétacé | Mélange | 01/01/1990 | 10/03/2006 | 40 | |
| 07822X0011/F | BSS-ES | 452861 | 2013966 | | COST | Crétacé | 01/01/1988 | 14/08/1996 | 97 | |
| 08062X0020/F | BSS-ES | 452557 | 1991950 | | TURO-COST | Crétacé | 01/10/1990 | 12/07/1996 | 34 | |
| 08685X0020/S | ADES | 446650 | 2084400 | | BACX | Jurassique | 24/01/1984 | 08/02/2013 | 10089 | |
| 07097X0057/F3 | ADES | 433000 | 2065425 | | TURO | Crétacé | 01/07/1992 | 08/02/2013 | 7372 | |
| 07322X0530/F2 | ADES | 424537 | 2060500 | | Pas d'infos | Inconnu | 09/04/1993 | 06/02/2013 | 6998 | |
| 07562X0019/F | ADES | 399480 | 2034425 | | Pas d'infos | Inconnu | 01/01/2010 | 31/12/2011 | 651 | |
| 07565X0125/F | ADES | 391137 | 2024387 | | COST | Crétacé | 20/01/2010 | 31/12/2011 | 686 | |
| 07566X0025/S | ADES | 399142 | 2027829 | | Pas d'infos | Inconnu | 25/11/2011 | 31/12/2011 | 30 | |
| 07566X0028/F | ADES | 399594 | 2027548 | | TURO-COST | Crétacé | 01/01/2010 | 31/12/2011 | 645 | |
| 07840X0003/F2 | ADES | 412521 | 2013534 | | CAMP | Crétacé | 22/11/1993 | 11/12/2012 | 69 | |
| 08323X0025/F | ADES | 520007 | 1975586 | | TURO | Crétacé | 31/08/2004 | 05/09/2012 | 2846 | |
| 08323X0206/F | ADES | 519920 | 1975580 | | BACX | Jurassique | 24/07/2007 | 05/09/2012 | 1775 | |
| 08565X0007/F | ADES | 502093 | 1943400 | | KIMM | Jurassique | 02/10/2009 | 05/09/2012 | 1100 | |
| 08807X0011/F | ADES | 519291 | 1928344 | | BACX | Jurassique | 27/11/2008 | 11/02/2013 | 1293 | |
| 08811X0055/F | ADES | 533677 | 1936353 | | KIMM | Jurassique | 01/09/2004 | 11/09/2012 | 2836 | |
| 09042X0001/F | ADES | 507192 | 1919622 | | BAJO | Jurassique | 12/12/1990 | 12/02/2013 | 2594 | |
| 0856X0004/F | ADES | 481437 | 1942511 | | COST | Crétacé | 27/07/1999 | 24/01/2013 | 1763 | |
| 09021X0012/BRUCH1 | ADES | 444397 | 1914993 | | BACX-Eocene | Mélange | 04/04/1996 | 03/02/2013 | 2953 | |
| 09023X0016/F | ADES | 461713 | 1913554 | | BACX | Jurassique | 22/08/1990 | 09/02/2013 | 1188 | |
| 09027X0042/F | ADES | 460997 | 1908269 | | | Inconnu | 23/04/1996 | 09/02/2013 | 2115 | |
| 09273X0025/F | ADES | 431873 | 1897229 | | BACX | Jurassique | 14/01/2004 | 09/02/2013 | 1702 | |
| 08547X0008/PZ | ADES | 457850 | 1950290 | | COST | Crétacé | 20/01/2009 | 17/01/2013 | 1173 | |
| 08792X0023/PZ | ADES | 484930 | 1932200 | | BACX-KIMM | Jurassique | 12/03/2008 | 01/02/2013 | 1343 | |
| 08534X0009/PZ | ADES | 439508 | 1954350 | | TURO | Crétacé | 12/02/2009 | 09/02/2013 | 1101 | |
| 08785X0002/F | BSS-ES | 442832 | 1929359 | | KIMM | Jurassique | 04/04/1974 | 12/01/2005 | 51 | |
| 08773X0011/F | BSS-ES | 433884 | 1933983 | | BACX | Jurassique | 30/03/1989 | 16/01/2006 | 42 | |
| 08774X0008/F | BSS-ES | 437538 | 1945438 | | TURO-COST-Eocene | Mélange | 05/12/1977 | 12/07/2006 | 75 | |
| 09023X0017/F | BSS-ES | 461592 | 1913444 | | BACX | Jurassique | 23/08/1990 | 08/06/2005 | 30 | |
| 08548X0001/F | BSS-ES | 466854 | 1951261 | | COST | Crétacé | 08/05/1971 | 01/05/2005 | 16 | |
| 09023X0018/F | BSS-ES | 457078 | 1913538 | | BACX | Jurassique | 17/01/1994 | 08/06/2005 | 10 | |
| 09021X0013/BRUCH2 | BSS-ES | 446589 | 1914921 | | BACX | Jurassique | 17/01/1994 | 08/06/2005 | 15 | |
| 08774X0018/F2 | BSS-ES | 436551 | 1941937 | | TURO-COST | Crétacé | 22/03/1990 | 01/05/2004 | 12 | |
| 08785X0010/F | BSS-ES | 447666 | 1929038 | | BACX-KIMM | Jurassique | 26/08/1987 | 23/02/1996 | 8 | |
| 08781X0001/F | BSS-ES | 447802 | 1934818 | | TURO | Crétacé | 31/10/1977 | 02/02/1981 | 68 | |
| 09024X0002/F | BSS-ES | 463138 | 1920462 | | KIMM | Jurassique | 26/07/1985 | 23/02/1996 | 9 | |
| 08555X0002/F | BSS-ES | 474779 | 1950713 | | COST | Crétacé | 01/07/1968 | 23/02/1996 | 33 | |
| 08792X0015/F | BSS-ES | 478447 | 1933411 | | BACX-KIMM | Jurassique | 08/01/1991 | 09/12/2009 | 76 | |
| 08786X0003/F | BSS-ES | 455946 | 1922528 | | BACX | Jurassique | 18/01/1990 | 31/05/1995 | 6 | |
| 08788X0003/F | BSS-ES | 468308 | 1927741 | | BACX | Jurassique | 01/06/1983 | 23/02/1996 | 19 | |
| 08542X0002/F | BSS-ES | 452950 | 1957230 | | COST | Crétacé | 21/09/1973 | 01/05/2004 | 32 | |
| 08555X0006/F | BSS-ES | 476955 | 1944071 | | BACX-KIMM | Jurassique | 27/01/1991 | 26/07/2012 | 33 | |
| 09022X0009/F | BSS-ES | 453536 | 1914893 | | BACX | Jurassique | 02/11/1990 | 02/09/2004 | 15 | |
| 08546X0001/F | BSS-ES | 451568 | 1946433 | | COST | Crétacé | 01/03/1978 | 01/05/2005 | 15 | |
| 08774X0021/F2 | BSS-ES | 439916 | 1935527 | | TURO-COST | Crétacé | 07/04/1994 | 24/01/2005 | 14 | |
| 08794X0004/F | BSS-ES | 493009 | 1933399 | | BACX-KIMM | Jurassique | 01/06/1987 | 09/12/2009 | 71 | |
| 08537X0001/F | BSS-ES | 431272 | 1946437 | | COST | Crétacé | 15/06/1989 | 01/05/2004 | 9 | |
| 09023X0001/F | BSS-ES | 479806 | 1919793 | | KIMM | Jurassique | 06/06/1961 | 23/02/1996 | 30 | |
| 09023X0019/F2 | BSS-ES | 460260 | 1912764 | | BACX | Jurassique | 26/06/1991 | 06/03/1993 | 5 | |
| 09023X0001/F | BSS-ES | 461763 | 1913514 | | BACX | Jurassique | 22/08/1990 | 10/10/2001 | 23 | |

Annexe 3

Liste des stations météorologiques de Dordogne et paramètres mesurés

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

| Nom de la station | Ouverture | Fermeture | Altitude | X_L2e | Y_L2e | Paramètres | Origine donnée |
|-----------------------------|------------|------------|----------|--------|---------|---|------------------|
| Douville | 01/01/1989 | | 216 | 464169 | 2003699 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Loubejac | 01/01/1990 | | 259 | 500170 | 1957733 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Cherval | 30/11/1996 | | 137 | 447429 | 2043440 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Villefranche-De-Lonchat | 02/12/1996 | | 79 | 418810 | 1996147 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Bergerac | 19/12/1996 | | 37 | 456268 | 1985069 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Coulaures | 01/01/1997 | | 143 | 491066 | 2036923 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Sarlande | 15/10/1997 | | 349 | 507511 | 2052651 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Angoisse | 15/03/1998 | | 331 | 505356 | 2008337 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Monfaucon | 01/08/1998 | | 82 | 436647 | 1995281 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Florimont-Gaumier | 12/09/1998 | | 289 | 511638 | 1968248 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Boisse | 20/10/1998 | | 159 | 466837 | 1968612 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Bézenac | 08/11/1998 | | 63 | 500386 | 1983645 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Jumilhac-Le-Grand | 15/11/1998 | | 351 | 498185 | 2057647 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| St-Mesmin | 20/11/1998 | | 344 | 513151 | 2038086 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Creyse | 10/12/1999 | | 75 | 458515 | 1986280 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Sorges | 03/11/2004 | | 178 | 483113 | 2033456 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| St-Julien-D'Eymet | 10/09/2005 | | 142 | 449540 | 1971292 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| Antonne-Et-Trigonant | 01/06/2007 | | 167 | 480407 | 2024304 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Nanteuil | 01/06/2007 | | 143 | 440865 | 2042988 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Ste-Foy-De-Longas | 15/02/2008 | | 150 | 474670 | 1993223 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Montignac | 01/06/2008 | | 84 | 508763 | 2009336 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| St Remy Sur Lidoire | 15/12/2008 | | 94 | 431157 | 1998332 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Le Change | 05/05/2010 | | 85 | 478996 | 2022479 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Monbazillac | 15/06/2010 | | 53 | 453854 | 1980540 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation | Chamb. Agric. 24 |
| St Sabine | 23/07/2010 | | 112 | 473225 | 1967459 | T° air, Hygro. air, pluie, Humectation, vent, rayonnement,ETP | Chamb. Agric. 24 |
| Marnac | Inconnue | | | | | | Chamb. Agric. 24 |
| Vézac | Inconnue | | | 507174 | 1982076 | | Chamb. Agric. 24 |
| St Médard D'Excideuil | Inconnue | | | 500845 | 2038929 | | Chamb. Agric. 24 |
| Mazeyrolles | Inconnue | | | 495041 | 1964054 | | Chamb. Agric. 24 |
| Champ Romain | Inconnue | | | 478008 | 2060333 | | Chamb. Agric. 24 |
| Creyse | Inconnue | | | 460268 | 1985931 | | Chamb. Agric. 24 |
| Lanouaille | Inconnue | | | 506485 | 2044291 | | Chamb. Agric. 24 |
| Bassillac | 01/04/1969 | 01/06/2006 | 95 | 480500 | 2022800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Beaumont | 01/07/1970 | | 160 | 475700 | 1974900 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Belves | 01/04/1956 | 31/12/2008 | 90 | 494800 | 1975600 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Belves | 01/04/1988 | | 238 | 490600 | 1976700 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Bergerac | 01/01/1903 | | 33 | 456600 | 1984900 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Bergerac | 01/03/1988 | | 49 | 456500 | 1981900 | Type Stat. 0 - Stat. synopt. pro., avec obs. sur place | Météo-France |
| Borreze | 01/04/1988 | 31/12/2004 | 335 | 527400 | 1996800 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Brantome | 01/08/1965 | | 115 | 467700 | 2041500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Le Buisson-De-Cadouin | 01/12/1969 | | 63 | 487100 | 1983500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Campagne | 01/05/2003 | 31/12/2003 | 196 | 490900 | 1989000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Carlux | 01/07/1970 | | 200 | 522400 | 1987800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Cherveix-Cubas | 01/01/1987 | 03/12/2004 | 120 | 505000 | 2032700 | Type Stat. 3 - Station automatique, temps différé | Météo-France |
| La Coquille | 01/06/1982 | | 337 | 493700 | 2060500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Corgnac-Sur-L'Isle | 01/01/1987 | 03/12/2004 | 140 | 491100 | 2042800 | Type Stat. 3 - Station automatique, temps différé | Météo-France |
| Coulounieix-Chamiers | 01/07/1987 | 23/11/2004 | 205 | 471300 | 2020900 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Coulounieix-Chamiers | 01/10/2004 | | 212 | 469400 | 2019000 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Domme | 01/12/1969 | | 240 | 511000 | 1978300 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Dussac | 01/03/1988 | 20/05/2006 | 320 | 500900 | 2046500 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Eymet | 01/03/1980 | 31/12/2008 | 65 | 446700 | 1964900 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Les Eyzies-De-Tayac-Sireuil | 01/11/1967 | | 60 | 495200 | 1994300 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Issigeac | 01/07/1965 | | 90 | 463000 | 1971800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Lalinde | 01/08/1965 | | 40 | 473700 | 1983400 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Lamothe-Montravel | 01/01/1958 | | 10 | 418300 | 1983700 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Lolme | 01/09/1981 | 01/07/2005 | 205 | 480600 | 1968500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Mareuil | 01/11/1969 | | 124 | 452200 | 2051400 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Monpazier | 01/08/1965 | | 195 | 485700 | 1966000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Montignac Dord. | 01/04/1956 | | 70 | 507900 | 2007800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Montpon-Menesterol | 01/11/1969 | 02/05/2006 | 79 | 429700 | 2006500 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Mussidan | 01/02/1951 | | 50 | 444800 | 2005600 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Nontron Gn | 01/01/1959 | | 225 | 469000 | 2060100 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Nontron Hopital | 01/06/1982 | | 220 | 469500 | 2060000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Piegut-Pluviers | 01/11/1969 | | 289 | 472200 | 2070400 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Port-Ste-Foy-Et-Ponchapt | 01/12/1954 | | 20 | 430400 | 1983300 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Prats-De-Carlux | 01/01/1979 | 31/12/2008 | 220 | 519800 | 1989000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Ste-Alvere | 01/11/1969 | | 160 | 479400 | 1995200 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| St-Astier | 01/07/1965 | | 90 | 457400 | 2017300 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| St-Aulaye | 01/09/1963 | | 65 | 428500 | 2024200 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| St-Jean-De-Cole | 01/06/1987 | 31/10/2004 | 151 | 482300 | 2047400 | Type Stat. 3 - Station automatique, temps différé | Météo-France |
| St-Laurent-Des-Vignes | 01/01/1946 | 31/12/2011 | 15 | 448400 | 1984200 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| St-Martial-Viveyrol | 01/07/1987 | | 166 | 441900 | 2041700 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| St-Martin-De-Fressengeas | 24/02/2006 | | 280 | 483600 | 2053900 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| St-Martin-De-Riberac | 01/01/1993 | | 150 | 443500 | 2026600 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Salignac-Eyvignes | 01/08/1965 | 31/12/2011 | 293 | 519700 | 1997700 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Salignac-Eyvignes | 01/09/2004 | | 274 | 523200 | 1993400 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Sarlat-La-Caneda | 01/12/1995 | | 215 | 512200 | 1989200 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Sarzac | 01/09/1978 | | 280 | 496100 | 2049800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Sencenac-Puy-De-Fourches | 01/04/1979 | 30/04/1999 | 180 | 471500 | 2037800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Serres-Et-Montguyard | 01/06/1970 | 01/03/2005 | 100 | 448600 | 1966400 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Terrasson-La-Villedieu | 01/01/1960 | | 79 | 517600 | 2014900 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Thenon-Man | 01/12/1969 | 31/12/2009 | 270 | 500300 | 2016500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Thenon Rd | 23/02/2006 | | 266 | 497800 | 2013300 | Type Stat. 2 - Station automatique, temps réel | Météo-France |
| Tocane-St-Apre | 01/11/1969 | | 93 | 455100 | 2029800 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| La Tour-Blanche | 01/04/1954 | 31/12/2008 | 120 | 451600 | 2042500 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Vergt | 01/07/1965 | | 125 | 472400 | 2004000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |
| Villefranche-Du-Perigord | 01/07/1970 | | 190 | 499400 | 1960000 | Type Stat. 4 - Poste climatologique | Météo-France |

Annexe 4

Liste des traçages et caractéristiques associées

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

| N° Traçage | Point d'injection | | | | | | | Point de restitution | | | | | Traceur | Débit inj. (l/s) | Masse inj. (g) | Restitution | Taux restit. (%) | Conditions hydro d'injection | Mode Surveillance | Mode Détection | Dist. (m) | Deniv. (m) | Pente | Temps transit min (h) | Vitesse max (m/h) | Temps transit tot. (h) | Temps transit moy (h) | Vitesse transit pic (m/h) | Origine des données | | |
|---------------|--|------------------------|--|------------------|--------|---------|-----|-----------------------------------|-----------------------|--------------|--------|---------|---------|------------------|----------------|-------------|------------------|------------------------------|-------------------|---|---|------------|-------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|--|--|---------------------------------|
| | Lieu injection | Commune | Nature | Date | X_L93 | Y_L93 | Z | Lieu surveillance | Commune | Code | X_L93 | Y_L93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z | |
| 1 | Ponor de la Cussol | Chavagnac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 24/01/1986 10:15 | 574157 | 6442685 | 250 | Doux de Coly | La Cassagne | 07847X0001 | 565645 | 6442240 | 85 | Uranine | | 1600 | positive | incalculable | Hautes eaux | | | 8524 | 165 | 1.93571 | | | | ≈ 88 | ≈ 97 | Thèse Pierre Marchet + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 2 | Ponor de la Ferrière | Charrier Ferriere | Cavité impénétrable + Perte perenne | 17/03/1982 14:30 | 576570 | 6440204 | 270 | Doux de Coly | La Cassagne | 07847X0001 | 565645 | 6442240 | 85 | Uranine | | 1900 | positive | 88 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 11113 | 185 | 1.66472 | | | 57.25 | 194.1 | Thèse Pierre Marchet + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 3 | Aven des Raysses | Jayac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 09/02/1986 17:05 | 570971 | 6440004 | 216 | Doux de Coly | La Cassagne | 07847X0001 | 565645 | 6442240 | 85 | Uranine | | 570 | positive | 70 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 5776 | 131 | 2.26801 | | | 119.52 | 48.3 | Thèse Pierre Marchet + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 4 | Ponor de la Quique | Gignac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 09/02/1984 13:30 | 577985 | 6436396 | 320 | Doux de Coly | La Cassagne | 07847X0001 | 565645 | 6442240 | 85 | Uranine | | 2552 | positive | 94 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 13654 | 235 | 1.72111 | | | 82.82 | 164.9 | Thèse Pierre Marchet + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 5 | Ponor du lavoir de Jayac | Jayac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 15/03/1985 09:20 | 569243 | 6438201 | 258 | Doux de Coly | La Cassagne | 07847X0001 | 565645 | 6442240 | 85 | Uranine | | 770 | positive | 83 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 5409 | 173 | 3.19837 | | | 50.70 | 106.7 | Thèse Pierre Marchet + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 6 | Aven | Terrasson-Lavilledieu | Gouffre | 24/06/1997 15:00 | 565143 | 6445956 | | Forage S3 | Terrasson-Lavilledieu | 07843X0010 | 564559 | 6446007 | 112 | Fluoresceine | | 1000 | positive | 45 | | | | 505 | | | 31.85 | 15.86 | 45.30 | 11.1 | Rapport_SMPEP_Terrasson_Piece4 | | |
| 7 | Aven | Terrasson-Lavilledieu | Gouffre | 24/06/1997 15:00 | 565143 | 6445956 | | Fontaine de Bouch | Terrasson-Lavilledieu | aucun | 564064 | 6446268 | 105 | Fluoresceine | | 1000 | positive | 55 | | | | 610 | | | 30 | 20.33 | 42.00 | 14.5 | Rapport_SMPEP_Terrasson_Piece4 | | |
| 8 | Doline de Chavagnac | Chavagnac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 06/03/1985 09:00 | 572211 | 6444531 | | Source de Guibonde Est | Grezes | inconnu | 569800 | 6447676 | | Uranine | | 458 | positive | 57 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 3962 | 160 | 4.03836 | | | 88.37 | 44.8 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 9 | Ponor du Bois de Verrière | Saint Cernin De Larche | | 14/01/1986 23:15 | 574229 | 6445340 | 265 | Source du Soulier de Saint cernin | St Cernin De Larche | 07844X0007 | 575083 | 6445004 | 190 | Uranine | | 140 | positive | 78 | Hautes eaux | | | 918 | 75 | 8.16993 | | | 12.18 | 75.4 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 10 | Ponor de la Broge | Charrier Ferriere | Cavité impénétrable + Perte perenne | 27/03/1985 16:30 | 574551 | 6443047 | 250 | Doux de saint cernin | St Cernin De Larche | inconnu | 575669 | 6444462 | 180 | Uranine | | 450 | positive | 83 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 1803 | 70 | 3.88242 | | | 25.97 | 69.4 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 11 | Ponor du Maillet | Charrier Ferriere | Cavité impénétrable + Perte perenne | 07/05/1985 00:45 | 577808 | 6441929 | 285 | Doux de saint cernin | St Cernin De Larche | inconnu | 575669 | 6444462 | 180 | Uranine | | 1650 | positive | 97 | Hautes eaux | Prélèvements échantillon d'eau pour analyse en Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 3315 | 105 | 3.16742 | | | 18.40 | 180.2 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 12 | Ponor d'estivals | Estivals | Cavité impénétrable + Perte perenne | | 578925 | 6437792 | 270 | Source du Sorpt | Chasteaux | 07855X0032 | 579908 | 6442533 | 150 | Uranine | | 1500 | positive | incalculable | Hautes eaux | | | 4842 | 120 | 2.47831 | | | | | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 13 | Ponor de lacoste | Chasteaux | Cavité impénétrable + Perte perenne | | 579253 | 6441824 | 215 | Source du Sorpt | Chasteaux | 07855X0032 | 579908 | 6442533 | 150 | Uranine | | | positive | | Hautes eaux | | | 965 | 65 | 6.73575 | | | | | | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | |
| 14 | Ponor du Touron | Gignac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 26/05/1981 21:00 | 578276 | 6435724 | 290 | Blagour de Souillac | Lachapelle-Auzac | 08091X0006 | 580102 | 6427140 | 123 | Uranine | | 3025 | positive | 85 | Hautes eaux | | | 8776 | 167 | 1.90292 | | | 64.67 | 135.7 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 15 | Ponor de la Bélonie | Gignac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 29/04/1986 18:45 | 575088 | 6435381 | 280 | Blagour de Souillac | Lachapelle-Auzac | 08091X0006 | 580102 | 6427140 | 123 | Uranine | | 1240 | positive | 53 | Hautes eaux | | | 9646 | 157 | 1.62762 | | | 88.85 | 108.6 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 16 | Ponor des Ferraux | Nadaillac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 21/05/1986 17:30 | 575317 | 6436367 | 290 | Blagour de Souillac | Lachapelle-Auzac | 08091X0006 | 580102 | 6427140 | 123 | Uranine | | 1730 | positive | incalculable | Hautes eaux | | | 10394 | 167 | 1.6067 | | | ≈ 144 | ≈ 72 | Base de données traçages du lot + Thèse Pierre Marchet | | |
| 17 | Doline du Lac d'Amiergue | Gignac | Cavité impénétrable + Perte temporaire | 24/04/2007 NC | 575775 | 6433296 | 280 | La Pisciculture | Lachapelle-Auzac | | 580110 | 6427091 | 119 | Fluorescéine | | 500 | positive | 33 | | Fluorimètre et prélèvement échantillon pour Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 7570 | | | 88 | 86.02 | 139 | 108 | 70.1 | Base de données traçages du lot | |
| 18 | Doline de Pechmezel | Gignac | Cavité impénétrable + Perte temporaire | 25/04/2007 NC | 575299 | 6432431 | 325 | La Pisciculture | Lachapelle-Auzac | | 580110 | 6427091 | 119 | Sulforhodamine | | 500000 | positive | 67 | | Fluorimètre et prélèvement échantillon pour Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 7188 | | | 128 | 56.16 | 171 | 167 | 43.0 | Base de données traçages du lot | |
| 19 | Step du camping | Lachapelle-Auzac | Cavité impénétrable + Perte perenne | 25/04/2007 NC | 577203 | 6428774 | 155 | Fontaine de Bezet | Souillac | | 576671 | 6428099 | 100 | Ion iodure | | 10000 | positive | 30 | | Fluorimètre et prélèvement échantillon pour Labo | Spectrofluorimètre avec mesure à longueur d'onde fixe | 859 | | | 42 | 20.45 | 70 | 50 | 17.2 | Base de données traçages du lot | |
| 20 | Source de Champagnac | Borreze | Cavité impénétrable + Perte perenne | 28/04/2008 NC | 575626 | 6428946 | 220 | Fontaine de Bezet | Souillac | | 576671 | 6428099 | 100 | Fluorescéine | | 500 | positive | | | Fluocapteur et prélèvement échantillon pour Labo | | 1345 | | | 26.7 | 50.37 | | | | Base de données traçages du lot | |
| 21 | Grattage au trappelle à Combes Carlane | Gignac | Avens fossiles | 29/04/2008 12:56 | 576066 | 6430993 | 285 | La Pisciculture | Lachapelle-Auzac | | 580110 | 6427091 | 119 | Eosine | | 500 | négative | | | Fluocapteur et prélèvement échantillon pour Labo | Spectrophotométrie (F-2500 FL) | 5619 | | | | | | | | | Base de données traçages du lot |
| 22 | Carrière de la Chabrolle | Borreze | | 28/04/2008 12:49 | 575074 | 6430581 | 320 | | | | | | | Sulforhodamine | 1.5 | 500 | négative | | | | | 0 | | | | | | | | | Base de données traçages du lot |
| 23 | Grotte de Tâche | Alles Sur Dordogne | Grotte | 30/07/1976 16:00 | 532308 | 6419384 | 120 | Lavoir | Alles Sur Dordogne | inconnu | 531452 | 6420028 | ? | Fluoresceine | | 700 | positive | | | œil nu | | 1071 | 56 | 5.22876 | | | 28 | 38.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 24 | Gouffre du Soulier | Anlihiac | Grotte | 12/12/1991 NC | 552108 | 6470314 | 241 | Fontaine de Bugeaud | Cherveix Cubas | AQIAA0002688 | 551584 | 6467824 | 150 | Fluoresceine | 5 | 200 | positive | | | 3 fluocapteurs | 3 fluocapteurs | 2545 | 73 | 2.86837 | | | 132 | 19.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 25 | Perte de la Marzelle | Anlihiac | Grotte, doline perte | 1991 | 552283 | 6471266 | | Fontaine de Bugeaud | Cherveix Cubas | AQIAA0002688 | 551584 | 6467824 | 150 | Fluoresceine | ? | | positive | | | œil nu | | 3512 | 80 | 2.2779 | | | NC | NC | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 26 | Perte de Huguenot | Cherveix Cubas | Grotte | 04/03/1991 08:30 | 551031 | 6469112 | | Fontaine de Bugeaud | Cherveix Cubas | AQIAA0002688 | 551584 | 6467824 | 150 | Fluoresceine | | 250 | positive | | | 5 fluocapteurs | 5 fluocapteurs | 1402 | 57 | 4.06562 | | | 33.5 | 41.9 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 27 | Perte du Bourlihou | Cherveix Cubas | Grotte étroite sous l'étang | 15/14/1991 NC | 551091 | 6467999 | | Fontaine de Bugeaud | Cherveix Cubas | AQIAA0002688 | 551584 | 6467824 | 150 | Fluoresceine | | 40 | positive | | | œil nu | | 523 | 37 | 7.07457 | | | 11 | 47.5 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 28 | Gouffre de la Plansonnie | Azerat | Grotte | 19/04/1953 17:00 | 551733 | 6453606 | | Résurgence d'Azerat | Azerat | inconnu | 551950 | 6452016 | | Fluoresceine | 2 | 500 | positive | | | œil nu | | 1605 | 40 | 2.49221 | | | 72 | 22.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |
| 29 | Trou du petit Homme | Cherveix Cubas | Grotte - Gouffre | 13/04/1994 20:15 | 551603 | 6465100 | | Emergence de Besan | Cherveix Cubas | | 549558 | 6465570 | | Fluoresceine | | 1500 | positive | | | œil nu | | 2098 | 77 | 3.67016 | | | 10 | 209.8 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | | |

| N° Traçage | Point d'injection | | | | | | Point de restitution | | | | | | Traceur | Débit inj. (l/s) | Masse inj. (g) | Restitution | Taux restit. (%) | Conditions hydro d'injection | Mode Surveillance | Mode Détection | Dist. (m) | Deniv. (m) | Pente | Temps transit min (h) | Vitesse max (m/h) | Temps transit tot. (h) | Temps transit moy (h) | Vitesse transit pic (m/h) | Origine des données | |
|---------------|--|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------|---------|----------------------|--|-----------------------|------------|--------|---------|---------|------------------|----------------|-------------|------------------|------------------------------|---------------------|----------------|--|------------|-------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---|--|
| | Lieu injection | Commune | Nature | Date | X_L93 | Y_L93 | Z | Lieu surveillance | Commune | Code | X_L93 | Y_L93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z |
| 30 | Perte de Goursat | Tourtoirac | Grotte - Fracture | 14/04/1979 04:45 | 550049 | 6463721 | | Emergence de Besan | Cherveix Cubas | | 549558 | 6465570 | | Fluoresceine | | 500 | positive | | | œil nu | | | | | | | | 10.25 | 186.6 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 31 | Perte de Locquessie dite "le cluzeau" | Granges D'Ans | Grotte - Perte pénétrable | 29/12/1994 15:15 | 551350 | 6459854 | | Emergence de Besan 2 | Tourtoirac | inconnu | 549744 | 6465355 | 283 | Fluoresceine | | 500 | positive | | Orage nuit du 29/30 | œil nu | fluocapteurs détruits par orage | 5731 | 146 | 2.54755 | | | | 79 à 96 | 60 à 72 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 32 | Entrée du ruisseau du trou de Bounidome | Nailhac | Grotte - rivière souterraine | 09/09/1963 15:40 | 553672 | 6459419 | 241 | Emergence de Besan 2 | Tourtoirac | inconnu | 549744 | 6465355 | 283 | Fluoresceine | | ? | positive | | Orages | | | 7118 | 100 | 1.40489 | | | | 63 | 113.0 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 33 | Perte de Boscornut | Chournac | Grotte | 26/05/1984 NC | 549124 | 6460578 | | Carrière de Conty (bordure du CDS) | St Eulalie | inconnu | 545681 | 6463389 | | Fluoresceine | | 380 | positive | | | œil nu | | 4445 | 83 | 1.86727 | | | | 26 | 171.0 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 34 | Perte du Moulin du Souci | Cubjac | Grotte - Perte sur rivière Auvézère | 12/09/1984 05:00 | 537804 | 6460174 | | Emergence du moulin | St Vincent Sur L'Isle | inconnu | 534963 | 6462781 | | Fluoresceine | | ? | positive | | Orage | œil nu | | 3856 | 16 | 0.41494 | | | | ≈ 10 | ≈ 385 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 35 | Rivière aval (Grotte de la Charrette dit Pyrat) | Excideuil | Grotte | 07/07/2000 08:19 | 547561 | 6471725 | | Source du Griffon | Excideuil | inconnu | 547480 | 6471745 | | Fluoresceine | 28 | 260 | positive | | Temps sec | œil nu | | 83 | | | | | | 0.967 | 85.8 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 36 | Rivière aval (Grotte de la Charrette dit Pyrat) | Excideuil | Grotte | 07/07/2000 08:19 | 547561 | 6471725 | | Source du lavoir | Excideuil | inconnu | 547449 | 6471733 | | Fluoresceine | 28 | 260 | positive | | Temps sec | œil nu | | 112 | | | | | | 2.017 | 55.5 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 37 | Rivière aval (Grotte de la Charrette dit Pyrat) | Excideuil | Grotte | 07/07/2000 08:19 | 547561 | 6471725 | | Source du carrefour | Excideuil | inconnu | 547296 | 6471770 | | Fluoresceine | 28 | 260 | positive | | Temps sec | œil nu | | 269 | | | | | | 2.483 | 108.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 38 | Perte du Château de Redon | Granges D'Ans | Grotte - Gouffre - Perte | 10/04/1992 22:30 | 552680 | 6457300 | | Grotte du Douime | Azerat | | 551717 | 6454877 | 190 | Fluoresceine | | 500 | positive | | Temps très pluvieux | œil nu | fluorimètre | 2607 | 70 | 2.68508 | | 9.33 | 65 | 40.1 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 39 | Perte des Borderies | Hautefort | Grotte - rivière souterraine | 07/01/1981 00:30 | 551320 | 6464726 | | Emergence de l'Ouillade de Ste Hilaire | Tourtoirac | AQIAA8613 | 549487 | 6465230 | 165 | Fluoresceine | | 250 | positive | | | œil nu | 7 fluocapteurs (non analysés) | 1901 | 50 | 2.63019 | | | | 7 | 271.6 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 40 | Grotte de Journiac (Perte dans la cavité) | Journiac | Grotte | 13 et 14/05/1950 NC | 533487 | 6433427 | 191 | | | | | | | Fluoresceine | | 2000 | négative | | | œil nu | | 0 | 187 | | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 41 | Réseau actif de la grotte des Combarelles | Les Eyzies De Tayac | Grotte - ruisseau actif | 12/06/1970 NC | 545626 | 6428962 | | Font du vallon des Combarelles | Les Eyzies De Tayac | inconnu | 545627 | 6429250 | | Fluoresceine | | 1000 | positive | | | œil nu | 2 fluocapteurs positifs | 288 | ? | ? | | | | 24 | 12.0 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 42 | Perte de la Pinolie | Limeyrat | Grotte - doline | 28/02/1995 10:00 | 542270 | 6453846 | | Puits de Bontemps | Brouchaud | inconnu | 542546 | 6456551 | | Fluoresceine | | 220 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 2719 | 48 | 1.76535 | | | | 37.5 | 72.5 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 43 | Ruisseau actif de la Perte du Moulin de Panit | Milhac De Nontron | Grotte | 20/07/1965 13:00 | 527522 | 6485726 | | Résurgence de Chazelles | St Front La Riviere | inconnu | 521847 | 6486445 | | Fluoresceine | | ? | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 5720 | 35 | 0.61189 | | | | 90 | 63.6 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 44 | Ruisseau du Laminoin (Grotte de la couronnade) | Molieres | Grotte - Ruisseau | 26/12/1992 07:45 | 529697 | 6413143 | | Résurgence du Bordial | Molieres | 08312X0021 | 530288 | 6415224 | 120 | Fluoresceine | | 200 | Parc. supposé | | | fluorimètre | | 2163 | 72 | 3.32871 | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 45 | Réseau actif de la Grotte de Miremont | Rouffignac | Grotte | 25/11/1970 NC | 541466 | 6436421 | 230 | Résurgence Plassard | Rouffignac | inconnu | ? | ? | | Fluoresceine | | 400 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 400 | 30 | 7.5 | | | | 12 | 33.3 | Thèse Marchand, 1971 + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 46 | doline les Berthoux | Salon De Vergt | Grotte | | 524522 | 6439154 | | Fontaine de Salon | Salon De Vergt | inconnu | 524520 | 6438197 | | Fluoresceine | | 150 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 957 | 40 | 4.17973 | | | | 4 | 239.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 47 | Ruisseau de la Pépie (Réseau actif de la grotte) | Saint Front Sur Nizonne | Grotte | 06/04/1981 10:30 | 515291 | 6487590 | 197 | Source captée Chapelle Montmoreau | Chapelle Montmoreau | 07348X0010 | 515612 | 6486122 | 160 | | | 200 | positive | | | œil nu | | 1503 | 37 | 2.46174 | | | | 11.5 | 130.7 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 48 | Perte de Magnacot (Perte du Bois de Latte n°1) | Saint Jory Las Bloux | Grotte - Gouffre | 20/04/1979 10:00 | 541367 | 6475985 | 160 | Source de Las Bloux | St Jory Las Bloux | inconnu | 540851 | 6476115 | | Fluoresceine | | ? | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 532 | 19 | 3.57143 | | | | ≈ 30 | ≈ 18 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 49 | Fontaine de Prunier (Aval du puits de Prunier) | Saint Martial D'Albarede | Grotte - Emergence semi-pérenne | 17/10/1999 14:00 | 547220 | 6471619 | | Sources près du pont noir | St Martial D'Albarede | inconnu | 547056 | 6471743 | | Argile naturelle | | ? | positive | | Temps sec | œil nu | pas de fluocapteurs | 206 | 6 | 2.91262 | | | | 3 | 68.7 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 50 | Perte des Charreaux | Saint Medard D'Excideuil | Grotte | 21/01/1977 23:30 | 549916 | 6471346 | | Résurgence de Sarconnat | Excideuil | 07594X0002 | 547613 | 6471731 | 150 | Fluoresceine | | 2000 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 2335 | 54 | 2.31263 | | | | 9 | 259.4 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 51 | Perte du grand pré | Saint Medard D'Excideuil | Grotte - lieu dit le long" | 28/04/2001 04:45 | 550306 | 6471148 | 200 | Résurgence de Sarconnat | Excideuil | 07594X0002 | 547613 | 6471731 | 150 | Fluoresceine | | 500 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 2755 | 70 | 2.54083 | | | | 9.75 | 282.6 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 52 | Perte de Bruzat | Saint Pierre De Côte | Grotte | 25/07/1965 00:30 | 528170 | 6478191 | | Lac bleu - résurgence des Fonts | La Chapelle Faucher | | 524687 | 6476736 | 125 | ? | | ? | positive | | | œil nu | | 3775 | 8.5 | 0.22517 | | | | 32 | 118.0 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 53 | Perte de la Tuillere (ou Perte du Grand Coderc) | Saint Rabier | Grotte -Doline | 08/03/1980 13:20 | 552766 | 6456334 | | Le Douime | Azerat | inconnu | 551816 | 6458997 | | Fluoresceine | | 5000 | positive | | | œil nu | 3 fluocapteurs | 2827 | 80 | 2.82985 | | | | 72 | 39.3 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 54 | Doline du Parc | Saint Rabier | Grotte -Doline | 19/05/1993 11:30 | 553700 | 6456746 | | | | | | | | Fluoresceine | 0.06 | 175 | négative | | Temps très pluvieux | œil nu | pas de fluocapteurs | 0 | | | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 55 | Fontaine de rosier | Tourtoirac | Grotte -Perte | 21/07/1964 21:00 | 547335 | 6467070 | | Résurgence dans l'Auvézère | Tourtoirac | inconnu | 547414 | 6465385 | | Fluoresceine | | 21 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 1687 | 50 | 2.96384 | | | | 8 | 210.9 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 56 | Fontaine de rosier | Tourtoirac | Grotte -Perte | 21/07/1964 21:00 | 547335 | 6467070 | | Trou de Croquemitaine | Tourtoirac | 07594X0004 | 547318 | 6465639 | 142 | Fluoresceine | | 21 | négative | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 1431 | | | | | | | 0.0 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) |
| 57 | Perte de Vaunac | Vaunac | Grotte -Doline | 14/04/1987 20:45 | 532826 | 6476213 | 195 | Source de la Glane | St Jory Las Bloux | 07593X0004 | 538957 | 6472459 | 120 | Fluoresceine | | 3000 | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs; préleveur automatique | 7189 | 75 | 1.04326 | | | | 40 | 179.7 | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) |
| 58 | Gouffre de la Réveille | Eyzerac | | NC | 534868 | 6478267 | 215 | Source de la Glane | St Jory Las Bloux | 07593X0004 | 538957 | 6472459 | 120 | Fluoresceine | | ? | positive | | | œil nu | | 7103 | 95 | 1.33746 | | | | 44 | 161.4 | Rapport-RR33983 |

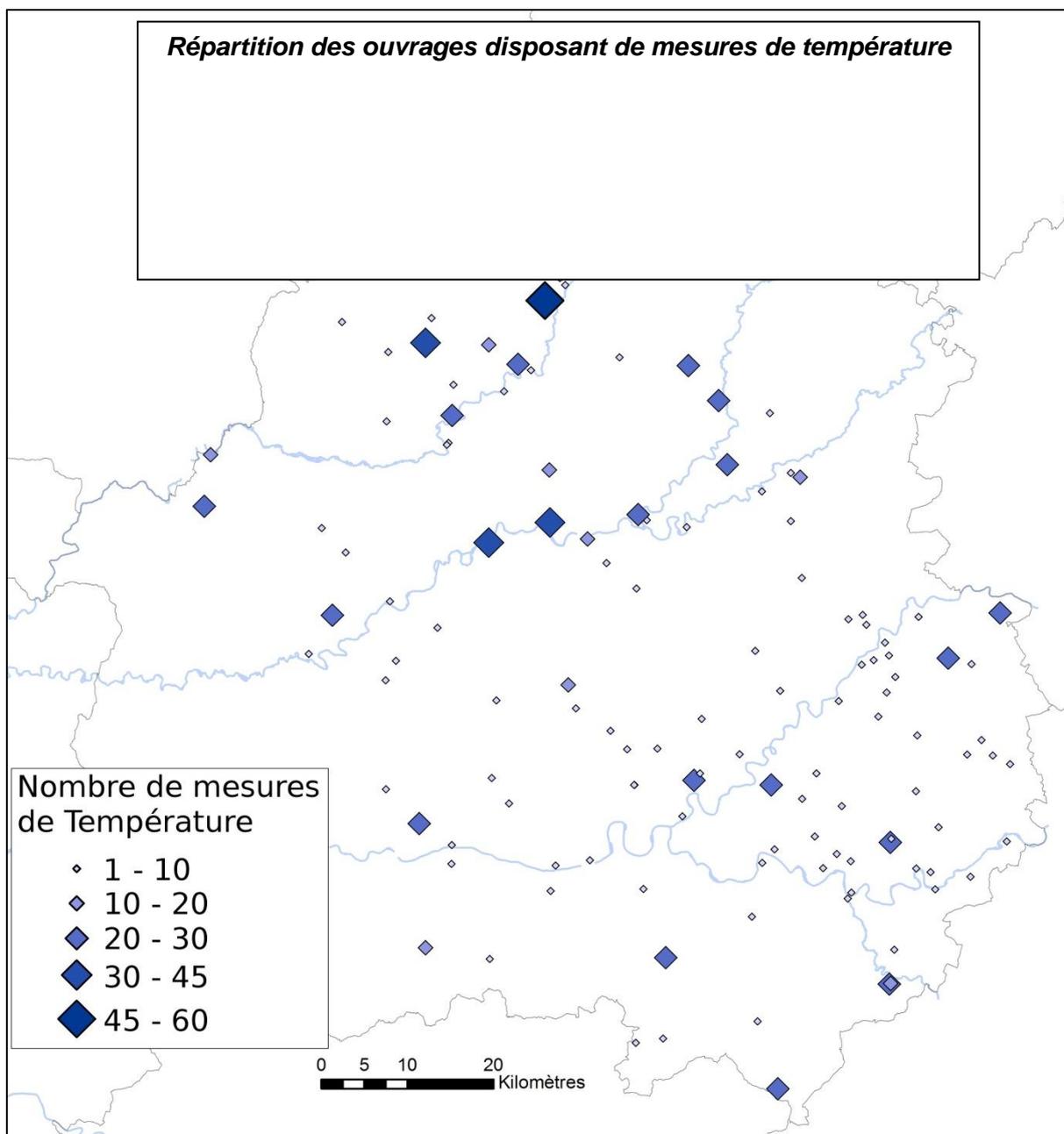
Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

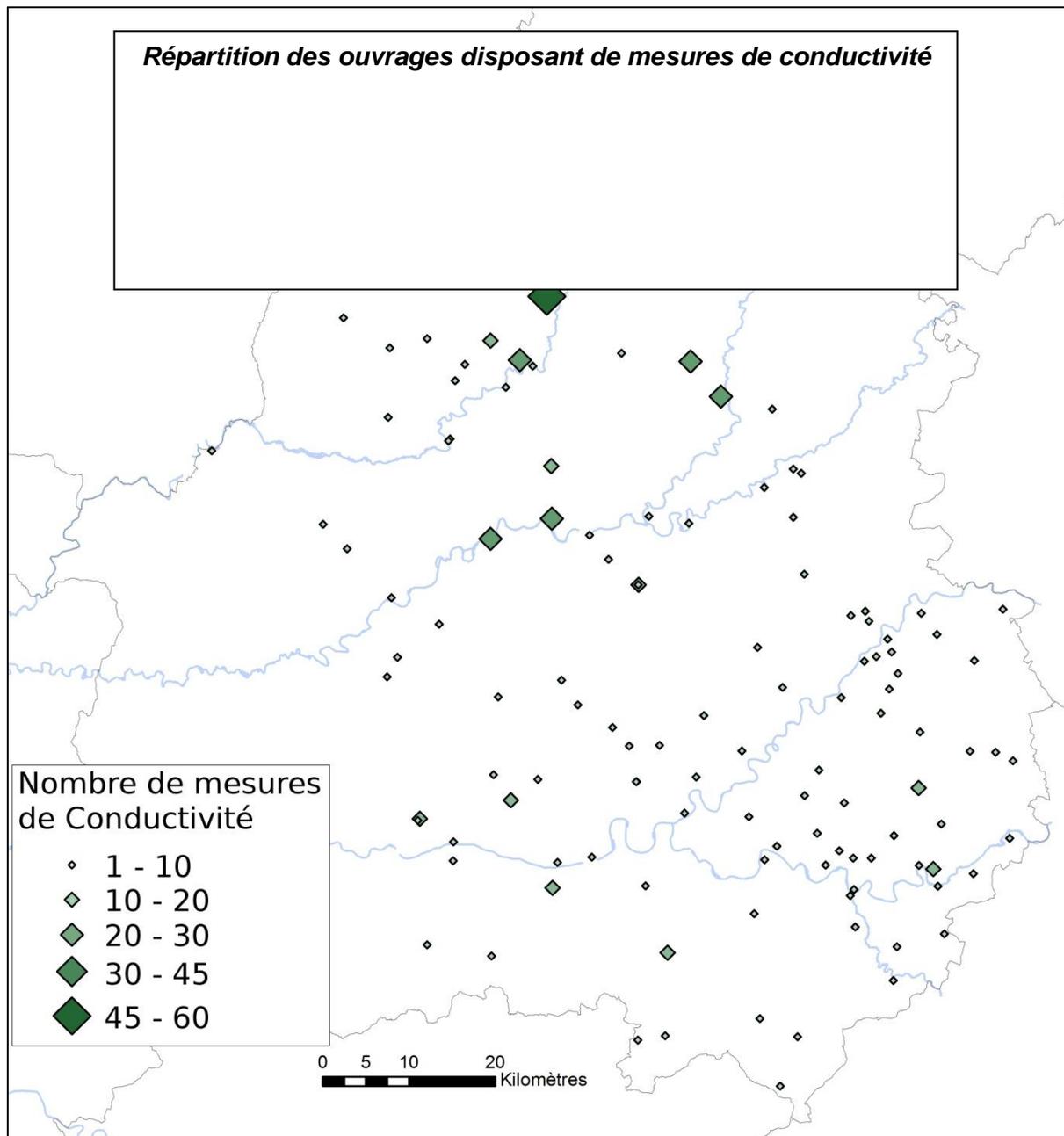
| N° Tracage | Point d'injection | | | | | | | Point de restitution | | | | | Traceur | Débit inj. (l/s) | Masse inj. (g) | Restitution | Taux restit. (%) | Conditions hydro d'injection | Mode Surveillance | Mode Détection | Dist. (m) | Deniv. (m) | Pente | Temps transit min (h) | Vitesse max (m/h) | Temps transit tot. (h) | Temps transit moy (h) | Vitesse transit pic (m/h) | Origine des données | |
|---------------|---|------------------------|----------------------------------|------------------|--------|---------|-----|--------------------------------------|------------------------|--------------|--------|---------|---------|---------------------|----------------|---------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|------------|-------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|--|----------------------------|
| | Lieu injection | Commune | Nature | Date | X_L93 | Y_L93 | Z | Lieu surveillance | Commune | Code | X_L93 | Y_L93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z |
| 59 | Perte de Labaurie | Eyzerac | Perte | NC | 535952 | 6479122 | | Source de la Glane | St Jory Las Bloux | 07593X0004 | 538957 | 6472459 | 120 | | | positive | | | | 7309 | | | | | | | | | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) | |
| 60 | Fosse dans doline | Eyzerac | Doline - Fosse | 12/07/1999 11:00 | 534562 | 6477255 | 188 | Forage Las Combas | Vaunac | 07357X0005 | 535496 | 6476487 | 183 | Fluoresceine | 0,83 | 3000 | Relation hydro inexistante | | Forage pompé à 53m³/h | préleveur automatique | | 1209 | | | | | | | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) | |
| 61 | Fosse dans doline | Eyzerac | Doline - Fosse | 12/07/1999 11:00 | 534562 | 6477255 | 188 | Source de la Glane | St Jory Las Bloux | 07593X0004 | 538957 | 6472459 | 120 | Fluoresceine | 0,83 | 3000 | positive | 100 | | préleveur automatique | | 6505 | | | | | | | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) | |
| 62 | Fosse dans doline | Eyzerac | Doline - Fosse | 12/07/1999 11:00 | 534562 | 6477255 | 188 | Source de la Côte | Corgnac-Sur-L'Isle | inconnu | 539322 | 6476319 | 141 | Fluoresceine | 0,83 | 3000 | Relation hydro inexistante | | | Prélèvement quotidien | | 4851 | | | | | | | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) | |
| 63 | Fosse dans doline | Eyzerac | Doline - Fosse | 12/07/1999 11:00 | 534562 | 6477255 | 188 | Fontaine de Fontarnaud | Corgnac-Sur-L'Isle | 07357X0003 | 537727 | 6475688 | 147 | Fluoresceine | 0,83 | 3000 | Relation hydro inexistante | | | Prélèvement quotidien | | 3532 | | | | | | | Rapport Forage de Las Combas (Rapport de SHE, 2000) | |
| 64 | Perte de Laschenaud (ruisseau de la perte) | Villars | Grotte | 10/02/1966 17:15 | 525236 | 6486401 | | Fontaine de Chazelles | St Front La Riviere | inconnu | 521664 | 6486401 | | Fluoresceine | ? | positive | | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 3572 | 15 | 0.41993 | | | 32 | 111.6 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 65 | Effondrement de Cadouin | Le Buisson De Cadouin | Grotte | 08/05/2001 02:30 | 531816 | 6414727 | 139 | Source du Bordial | | inconnu | 530321 | 6415188 | 112 | Fluoresceine | 600 | Parc. supposé | | Temps très pluvieux | | œil nu | pas de fluocapteurs; prélèvement | 1560 | | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 66 | Effondrement de Cadouin | Le Buisson De Cadouin | Grotte | 08/05/2001 02:30 | 531816 | 6414727 | 139 | Source du moulin de Cussac | | inconnu | 530016 | 6416665 | 86 | Fluoresceine | 600 | Parc. supposé | | Temps très pluvieux | | œil nu | pas de fluocapteurs; prélèvement | 2645 | | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 67 | Effondrement de Cadouin | Le Buisson De Cadouin | Grotte | 08/05/2001 02:30 | 531816 | 6414727 | 139 | Source du Pinquet | | inconnu | 531182 | 6417372 | 140 | Fluoresceine | 600 | Parc. supposé | | Temps très pluvieux | | œil nu | pas de fluocapteurs; prélèvement | 2722 | | | | | | | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 68 | Le Belingou de Cadouin (Trincou de Cadouin) | Le Buisson De Cadouin | Grotte - rivière souterraine | 21/12/2000 08:00 | 531960 | 6414671 | | Gouffre d'effondrement | Le Buisson De Cadouin | inconnu | 531900 | 6414778 | | Fluoresceine | 260 | Parc. supposé | | Temps très pluvieux | | œil nu | pas de fluocapteurs | 0 | | | | | | | | |
| 69 | Trou de l'Abime | Mouleydier | Gouffre | 13/04/1989 16:30 | 511190 | 6420653 | 95 | Fontaine bleue | Lamonzie-Montastruc | 08067X0009 | 510176 | 6420467 | 50 | Fluoresceine | 1.95 | 500 | négative | | Temps pluvieux | Préleveur d'échantillons d'eau automatique | fluocapteur | 1031 | 45 | 4.36469 | | | | | Rapport89SGN396AQI | |
| 70 | Trou de l'Abime | Mouleydier | Gouffre | 13/04/1989 16:30 | 511190 | 6420653 | 95 | Font-Bourène | Lamonzie-Montastruc | 08067X0010 | 510156 | 6420418 | 50 | Fluoresceine | 1.95 | 500 | négative | | Temps pluvieux | Préleveur d'échantillons d'eau automatique | fluocapteur | 1060 | 45 | 4.24528 | | | | | Rapport89SGN396AQI | |
| 71 | Point d'effondrement | Vergt-De-Biron | Effondrement en bordure de champ | 19/03/2010 09:30 | 531102 | 6396386 | ? | Source de la Brame | Vergt-De-Biron | 08316X0001 | 529384 | 6397229 | 115 | Iodure de potassium | < 1,39 | 5000 | positive | 2.1 | Temps sec | préleveur automatique SIGMA (24 flacons de 500 ml) - suivi durant 30 jours | | 1914 | | | 115.5 | 16.57 | 344.5 | 5.6 | Rapport_Safège + existence d'un tracage raté (voir rapport BRGM39577) | |
| 72 | Doline (Nord barrage) | Loubejac | Doline | 26/04/1997 AM | 547486 | 6391812 | 220 | Source de Gadet | Loubejac | 08554X0004 | 545899 | 6391790 | 145 | Fluoresceine | 0.28 | 4000 | négative | | | préleveur automatique | | 1587 | | | | | | | Rapport BRGM 39577 | |
| 73 | Doline (Nord barrage) | Loubejac | Doline | 26/04/1997 AM | 547486 | 6391812 | 220 | Source de Gadet | Loubejac | 08554X0004 | 545899 | 6391790 | 145 | Accidentel | | | positive | | | œil nu | Turbidité de la source | 1587 | | | | | | ≈48 h | Rapport BRGM 39577 | |
| 74 | Lavoir communal | Meyrals | | 29/05/1970 NC | 547470 | 6423923 | | Moulin de Laroque | Castels | 08078X0002 | 547326 | 6422346 | 100 | Fluoresceine | > 500 | | positive | | | œil nu | fluocapteurs | 1584 | | | | | 96 | 16.5 | Thèse_Marchand1971 + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 75 | Lavois | Meyrals | | 29/05/1970 NC | 547301 | 6424075 | | Moulin de Laroque | Castels | 08078X0002 | 547326 | 6422346 | 100 | Fluoresceine | > 500 | | positive | | | œil nu | fluocapteurs | 1729 | | | | | 96 | 18.0 | Thèse_Marchand1971 + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 76 | Inconnu | Meyrals | | | 546969 | 6423882 | | Moulin de Laroque | Castels | 08078X0002 | 547326 | 6422346 | 100 | Fluoresceine | | | positive | | | | | 1577 | | | | | | | Thèse_Marchand1971 | |
| 77 | Lauzel | Saint Cybranet | | | 556066 | 6410155 | | Source de Fayrac | Castelnaud La Chapelle | inconnu | 553531 | 6416292 | | Fluoresceine | | | positive | | | œil nu (par les habitants) | | 6640 | | | | | ≈ 10 h | ≈ 664 | Thèse_Fradet1985 + Rapport Beline, 2006 | |
| 78 | Lauzel | Saint Cybranet | | | 556066 | 6410155 | | Source de Castelnaud | Castelnaud La Chapelle | inconnu | 553983 | 6414553 | | Fluoresceine | | | positive | | | œil nu (par les habitants) | | 4867 | | | | | ≈ 10 h | ≈ 488 | Thèse_Fradet1985 | |
| 79 | Trou du vent | Bouzig | | | 559154 | 6403817 | | Source de Tourneplique | Castelnaud La Chapelle | inconnu | 553874 | 6414449 | | | | | positive | | | | | 11871 | | | | | ≈ 24 h | ≈ 494 | Thèse_Fradet1985 | |
| 80 | Vierge de Daglan (Perte de la vierge) | Daglan | | | 557081 | 6405581 | | Source de la Peyrugue | Daglan | AQIAA0002989 | 556287 | 6407701 | | Fluoresceine | | | positive | | | | fluocapteurs | 2263 | | | | | ≈ 30 h | ≈ 75 | Thèse_Fradet1985 | |
| 81 | Vierge de Daglan (Perte de la vierge) | Daglan | | | 557081 | 6405581 | | Source de Daglan | Daglan | 08322X0025 | 556918 | 6406456 | | Fluoresceine | | | positive | | | | fluocapteurs | 890 | | | | | ≈ 32 h | ≈ 27 | Thèse_Fradet1985 | |
| 82 | Trou du Vent | Bouzig | | | 559154 | 6403817 | | Source de Bouzig | Bouzig | 08326X0004 | 558807 | 6404120 | | | | | positive | | | | | 461 | | | | | | | Thèse_Fradet1985 + Rapport Beline, 2006 | |
| 83 | Trou de l'Arc | Domme | Grotte | 13/08/1997 08:00 | 561218 | 6413393 | | Source de Caudon | Domme | 08086X0006 | 561084 | 6415095 | | Fluoresceine | 1000 | | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 1707 | | | | | 10 | 170.7 | Thèse_Fradet1985 + l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 84 | Trou de l'Arc | Domme | Grotte | 04/02/1971 NC | 561218 | 6413393 | | Source du moulin de St Front | Domme | inconnu | 558709 | 6413277 | | Fluoresceine | 1000 | | positive | | | œil nu | pas de fluocapteurs | 2510 | 100 | 3.98406 | | | 72 | 34.9 | l'Eydze n°2 (50 ans de colorations en Périgord, 2007) | |
| 85 | Jardel Bas | Saint Aubin De Nabirat | | | 564248 | 6403372 | | Source de Caudon | Domme | 08086X0006 | 561084 | 6415095 | | Fluoresceine | | | positive | | Episode orageux très violent | | fluocapteurs | 12142 | | | | | 5 à 8h | 1517 à 2428 | Thèse_Fradet1985 | |
| 86 | Secteur compris entre les Cabrerets et Vers | | | | | | | Source de la Budigue | Vezac | 08321X0008 | 554405 | 6414835 | | | | | Parc. supposé | | | | 0 | | | | | | | | Thèse_Fradet1985 | |
| 87 | cours du Bléou | Gourdon | | | 571568 | 6403221 | | Marais de Grolejac | Grolezac | inconnu | 565300 | 6413400 | | | | | positive | | | | | 11954 | | | | | 6 h | | Thèse_Fradet1985 + Rapport Beline, 2006 | |
| 88 | Perte du Syndic | Payrignac | Perte | NC | 568295 | 6408884 | | Source de Nadailac | Payrignac | 08323X0201 | 567555 | 6409909 | | | | | positive | | | | | 1264 | | | | | | | Rapport Beline, 2006 | |
| 89 | Forage 1 | Perigueux | Forage | 13/02/1985 11:00 | 519540 | 6458188 | 87 | Source de l'Abime (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0009 | 519420 | 6458149 | 83 | Uranine | 1.39 | 1450 | positive | | | | Fluocapteurs de 10g de charbon actif | | 126 | | | 5 | 25.20 | 20 | 6.3 | RapportBRGM_84-AGI-260-AQI |
| 90 | Forage 2 | Perigueux | Forage | 01/04/1985 11:00 | 520354 | 6457621 | 100 | Source de l'Abime (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0009 | 519420 | 6458149 | 83 | Uranine | 1.39 | 4000 | positive | | | | Fluocapteurs de 10g de charbon actif | | 1073 | | | 30 | 35.77 | 100 | 10.7 | RapportBRGM_84-AGI-260-AQI |

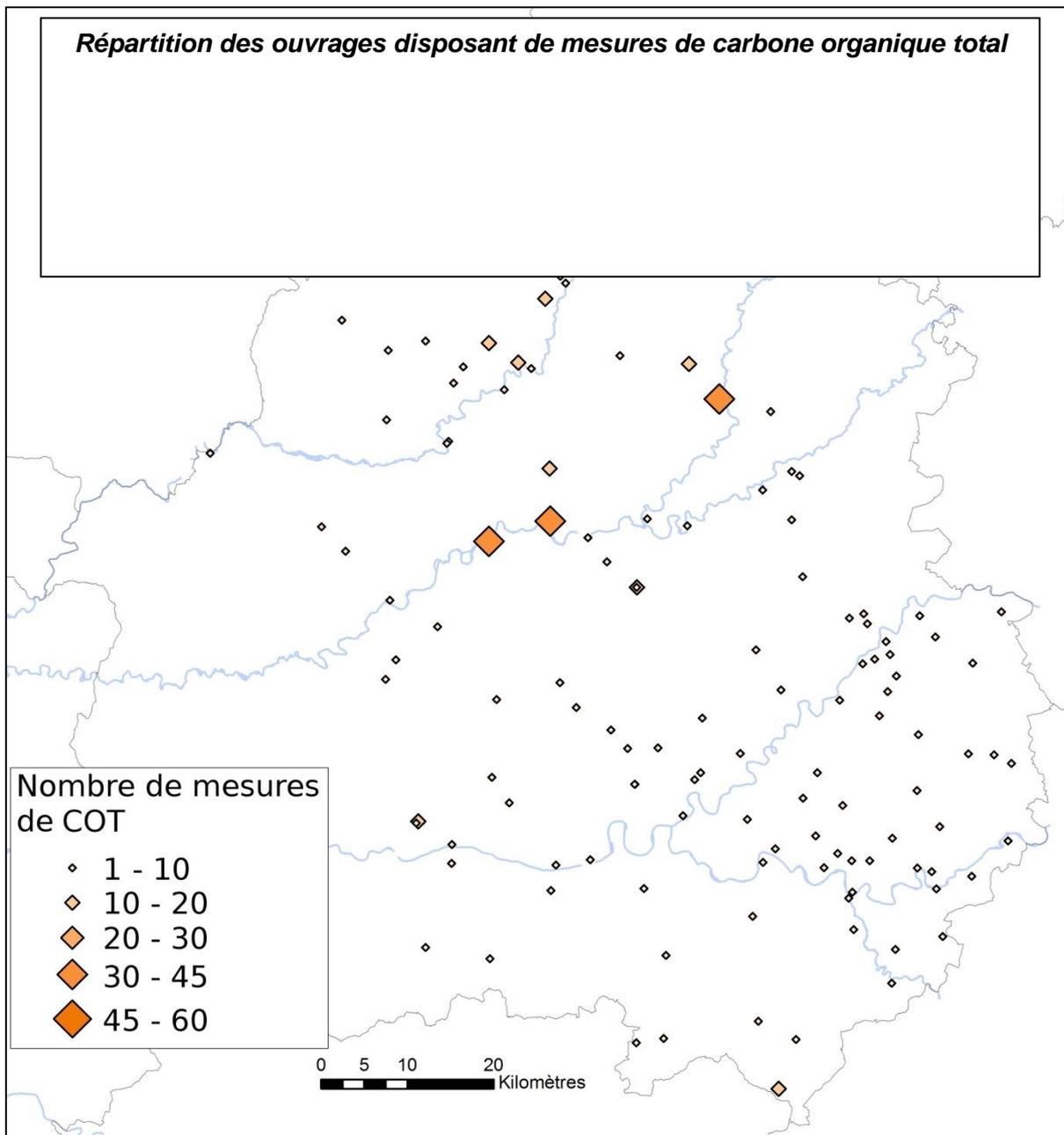
| N° Traçage | Point d'injection | | | | | | | Point de restitution | | | | | Traceur | Débit inj. (l/s) | Masse inj. (g) | Restitution | Taux restit. (%) | Conditions hydro d'injection | Mode Surveillance | Mode Détection | Dist. (m) | Deniv. (m) | Pente | Temps transit min (h) | Vitesse max (m/h) | Temps transit tot. (h) | Temps transit moy (h) | Vitesse transit pic (m/h) | Origine des données | | | |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------|--|------------------|--------|---------|-----|---|------------------------|------------|--------|---------|---------|------------------|----------------|-------------|----------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|------------|-------|-----------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---|--|--|
| | Lieu injection | Commune | Nature | Date | X_L93 | Y_L93 | Z | Lieu surveillance | Commune | Code | X_L93 | Y_L93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | Z | | |
| 91 | Doline Valadon | Perigueux | Doline | 15/07/1992 NC | 519883 | 6458601 | | Vallée du Foncroze | Perigueux | inconnu | 519337 | 6458870 | | Fluoresceine | | 1700 | positive | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | | |
| 92 | Puits Chaumezie | Champcevinel | Puits sec - 17m | 26/08/1992 NC | 521853 | 6458905 | 140 | Source du Cluzeau (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0008 | 519501 | 6458239 | 85 | Fluoresceine | | 4000 | positive | 100 | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | | |
| 93 | Puits Frugier | Perigueux | Puits - 11m | 15/10/1992 NC | 521034 | 6457221 | | Source du stade | Perigueux | inconnu | 519387 | 6457206 | | Fluoresceine | | 2500 | positive | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | | |
| 94 | Puits Frugier | Perigueux | Puits - 11m | 15/10/1992 NC | 521034 | 6457221 | | Source du Cluzeau (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0008 | 519501 | 6458239 | 85 | Fluoresceine | | 2500 | positive | faible | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 95 | Puits Foncroze (dit Puits Fulchi) | Champcevinel | Puits | 09/02/1993 NC | 520454 | 6460733 | | Source du Cluzeau (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0008 | 519501 | 6458239 | 85 | Fluoresceine | | 4000 | positive | 100 | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 96 | Doline Lyonnet | Agonac | Doline | 31/03/1995 NC | 523450 | 6463983 | | Source du Cluzeau (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0008 | 519501 | 6458239 | 85 | Fluoresceine | | 5000 | positive | 100 | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 97 | Combe des Dames | Perigueux | Bassin d'orage | 01/06/1995 NC | 521135 | 6457362 | | Ruisseau des Izards | Perigueux | inconnu | 519681 | 6457012 | | Fluoresceine | | 4000 | positive | partiel | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 98 | Combe des Dames | Perigueux | Bassin d'orage | 01/06/1995 NC | 521135 | 6457362 | | Source du stade | Perigueux | inconnu | 519387 | 6457206 | | Fluoresceine | | 4000 | positive | partiel | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 99 | La Combe | Champcevinel | - | 25/08/1995 NC | 520958 | 6461513 | | Source du Cluzeau (Source du Toulon) | Perigueux | 07588X0008 | 519501 | 6458239 | 85 | Fluoresceine | | 4000 | positive | >33 | | | | | | | | | | | | | Rapport_synthese_Toulon_1996_Bure au_Angeli | |
| 100 | Ruisseau "La Vallée" | Carves | perte d'écoulement au lieu-dit "la garrigue" | 20/10/2000 NC | 546367 | 6410511 | 126 | Source de Fongauffier | Sagelat | 08314X0012 | 542834 | 6412011 | 78 | Fluoresceine | 2.22 | 5000 | négative | | | Préleveur automatique | Analyse au spectrofluorimètre | 3838 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Belves_2004 (rapport de SHE, 2001) | |
| 101 | Ruisseau "La Vallée" | Carves | perte d'écoulement au lieu-dit "la garrigue" | 20/10/2000 NC | 546367 | 6410511 | 126 | Source de la mairie de Sagelat | Sagelat | 08314X0011 | 542782 | 6411761 | 79 | Fluoresceine | 2.22 | 5000 | négative | | | Prélèvement quotidien | Analyse au spectrofluorimètre | 3797 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Belves_2004 (rapport de SHE, 2001) | |
| 102 | Ruisseau "La Vallée" | Carves | perte d'écoulement au lieu-dit "la garrigue" | 20/10/2000 NC | 546367 | 6410511 | 126 | Source de la Tute | Siorac-En-Perigord | 08314X0031 | 542157 | 6414566 | 63 | Fluoresceine | 2.22 | 5000 | négative | | | Prélèvement quotidien | Analyse au spectrofluorimètre | 5845 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Belves_2004 (rapport de SHE, 2001) | |
| 103 | Ruisseau "La Vallée" | Carves | perte d'écoulement au lieu-dit "la garrigue" | 20/10/2000 NC | 546367 | 6410511 | 126 | Source de Font Caudé | Siorac-En-Perigord | 08077X0020 | 539398 | 6415591 | 59 | Fluoresceine | 2.22 | 5000 | négative | | | Prélèvement quotidien | Analyse au spectrofluorimètre | 8624 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Belves_2004 (rapport de SHE, 2001) | |
| 104 | Ruisseau "La Vallée" | Carves | perte d'écoulement au lieu-dit "la garrigue" | 20/10/2000 NC | 546367 | 6410511 | 126 | Ruisseau de la Nauze, à Campagne | Siorac-En-Perigord | 08314X0009 | 541810 | 6414809 | 61 | Fluoresceine | 2.22 | 5000 | négative | | | Prélèvement quotidien | Analyse au spectrofluorimètre | 6264 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Belves_2004 (rapport de SHE, 2001) | |
| 105 | Saint pierre de chignac (bourg-est) | Saint Pierre De Chignac | cours d'eau | 20/10/2009 14:00 | 531811 | 6449387 | | Captage de Sainte Marie de Chignac | Ste-Marie-De Chignac | 07832X0001 | 529462 | 6450412 | 120 | Fluoresceine | | 6000 | positive | 43.79 | Basses eaux | Préleveur automatique | Fluorimètre de terrain | 2563 | | | | 554 | 4.63 | | 765 | | Rapport_Calligée_2010 | |
| 106 | Saint pierre de chignac (bourg-est) | Saint Pierre De Chignac | cours d'eau | 20/10/2009 14:00 | 531811 | 6449387 | | Puits n°2 | Ste-Marie-De Chignac | 07832X0011 | 529442 | 6450402 | 120 | Fluoresceine | | 6000 | positive | | Basses eaux | Préleveur automatique | pas de fluorimètre de terrain | 2577 | | | | | | | | | Rapport_Calligée_2010 | |
| 107 | Le Prouzier | Eylac | Perte d'eau superficielle dans une retenue | 02/05/2010 17:05 | 531056 | 6450667 | | Source du lavoir de St Pierre de Chignac | St Pierre De Chignac | 07832X0003 | 531883 | 6449621 | 120 | Naphtionate | | 10000 | positive | | Hauts eaux (+forts orages) | Prélèvement ponctuel | | 1333 | | | | <18,92h | >70,45 | | | | Rapport_Calligée_2010 | |
| 108 | La Sauvagerie | Eylac | Perte d'eau diffuse dans le ruisseau | 02/05/2010 14:38 | 532529 | 6452104 | | Captage de Sainte Marie de Chignac | Ste-Marie-De Chignac | 07832X0001 | 529462 | 6450412 | 120 | Fluoresceine | | 5000 | positive | | Hauts eaux (+forts orages) | Préleveur automatique | Fluorimètre de terrain | 3503 | | | | 135 | 25.95 | | 313 | 11.2 | Rapport_Calligée_2010 | |
| 109 | La Sauvagerie | Eylac | Perte d'eau diffuse dans le ruisseau | 02/05/2010 14:38 | 532529 | 6452104 | | Puits n°2 | Ste-Marie-De Chignac | 07832X0011 | 529442 | 6450402 | 120 | Fluoresceine | | 5000 | positive | | Hauts eaux (+forts orages) | Préleveur automatique | pas de fluorimètre de terrain | 3525 | | | | | | | | | Rapport_Calligée_2010 | |
| 110 | La Raffinie | Eylac | Effondrement dans une prairie | 03/05/2010 11:30 | 529280 | 6451095 | | Font Cordelière | St-Laurent-Sur-Manoire | 07832X0004 | 527992 | 6451385 | 120 | Sulforhodamine | | 2000 | Parc. supposé | | Hauts eaux (+forts orages) | Prélèvement ponctuel | | 1320 | | | | | | | | | Rapport_Calligée_2010 | |
| 111 | Doline de Peyssard | Château L'Eveque | Sondage dans la doline (4,5m de prof.) | 17/01/2005 13:00 | 520258 | 6464128 | | Source de Peyssard | Chateau-L'Eveque | aucun | 519748 | 6464373 | | Fluoresceine | | 2000 | positive | 18.5 | | Préleveur automatique | | 566 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Coulounieix-Razac_2005 | |
| 112 | Doline de Peyssard | Château L'Eveque | Sondage dans la doline (4,5m de prof.) | 17/01/2005 13:00 | 520258 | 6464128 | | Fontaine du Godet | Chateau-L'Eveque | aucun | 518877 | 6463317 | | Fluoresceine | | 2000 | négative | | | Fluocapteurs | | 1602 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Coulounieix-Razac_2005 | |
| 113 | Doline de Peyssard | Château L'Eveque | Sondage dans la doline (4,5m de prof.) | 17/01/2005 13:00 | 520258 | 6464128 | | Source de Leymérie | Chateau-L'Eveque | aucun | 520176 | 6464718 | | Fluoresceine | | 2000 | négative | | | Fluocapteurs | | 596 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Coulounieix-Razac_2005 | |
| 114 | Doline de Peyssard | Château L'Eveque | Sondage dans la doline (4,5m de prof.) | 17/01/2005 13:00 | 520258 | 6464128 | | La rebière des armagnacs | Chateau-L'Eveque | 07588X0048 | 519354 | 6464280 | 103 | Fluoresceine | | 2000 | négative | | | Préleveur automatique | | 918 | | | | | | | | | Rapport_SIAEP_Coulounieix-Razac_2005 | |
| 115 | Doline (bourg de Maurens) | MAURENS | Doline | 10/12/1991 14:30 | 501533 | 6429286 | | Amont Source du Moulin de Ladoux - le long du ruisseau de Plantou | MAURENS | aucun | 501537 | 6428568 | | Fluorescéine | | 3000 | Restitution positive | | Pas de pluie | Fluocapteur | | | | | | | | | | | | |
| 116 | Doline (bourg de Maurens) | MAURENS | Doline | 10/12/1991 14:30 | 501533 | 6429286 | | Confluence des ruisseaux de Plantou et de Ladoux | MAURENS | aucun | 501016 | 6428489 | | Fluorescéine | | 3000 | Restitution positive | | Pas de pluie | Fluocapteur | | | | | | | | | | | | |
| 117 | Doline (bourg de Maurens) | MAURENS | Doline | 10/12/1991 14:30 | 501533 | 6429286 | | Le Maine | MAURENS | aucun | 501096 | 6429193 | | Fluorescéine | | 3000 | Restitution positive | | Pas de pluie | Fluocapteur | | | | | | | | | | | | |
| 118 | Doline (bourg de Maurens) | MAURENS | Doline | 10/12/1991 14:30 | 501533 | 6429286 | | La Bayse | MAURENS | aucun | 501304 | 6429648 | | Fluorescéine | | 3000 | Restitution négative | | Pas de pluie | Fluocapteur | | | | | | | | | | | | |
| 119 | Doline (bourg de Maurens) | MAURENS | Doline | 10/12/1991 14:30 | 501533 | 6429286 | | Moulin de Ladoux | MAURENS | 08062X0004 | 501338 | 6428677 | 90 | Fluorescéine | | 3000 | Restitution positive | | Pas de pluie | Fluocapteur + préleveur automatique | | | | | | | | 25 | 30 | | RR34810_1992 | |

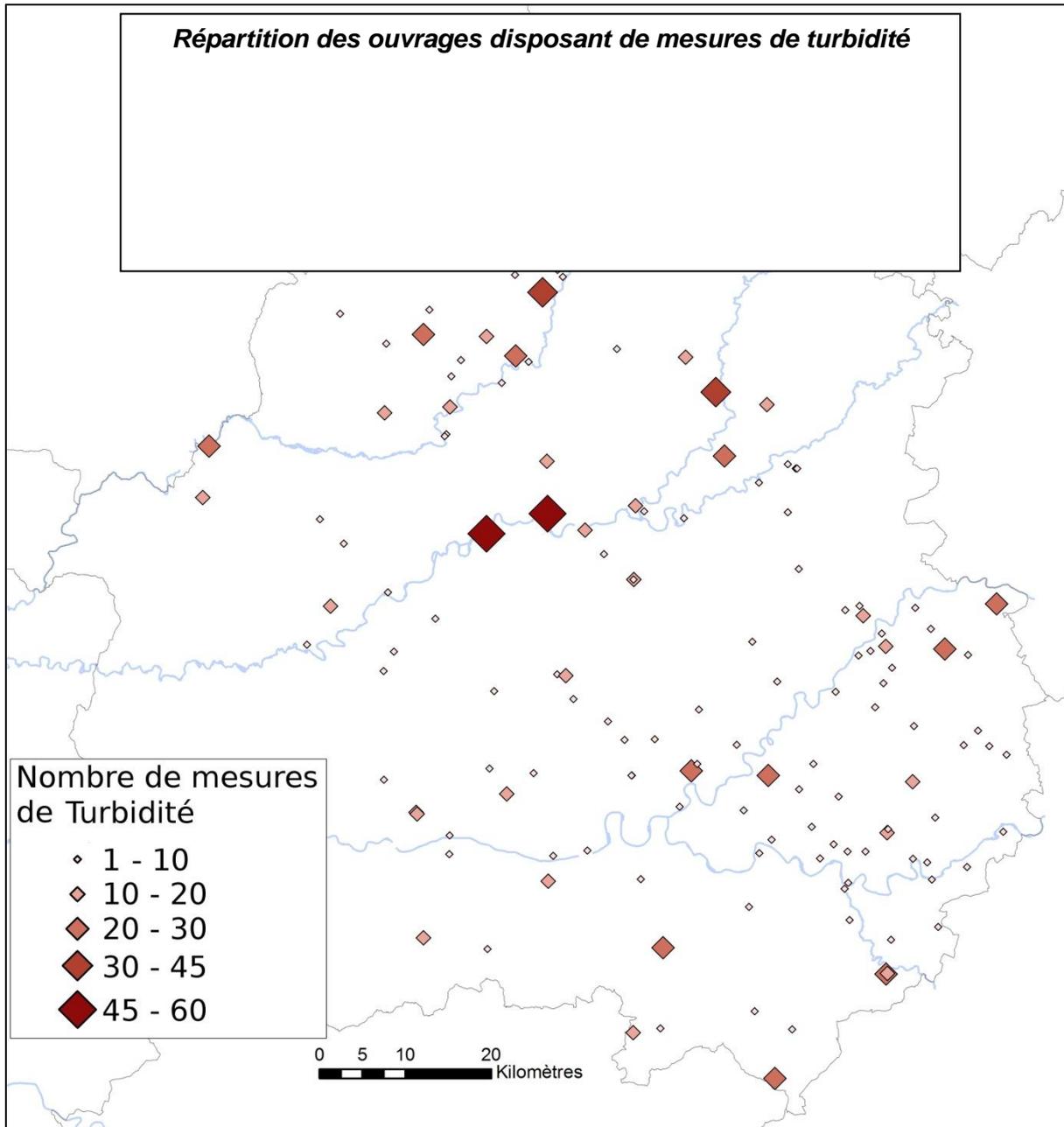
Annexe 5

Cartes de répartition des ouvrages disposant de mesures physico-chimiques et nombre de mesures par ouvrage









Annexe 6

Liste des stations hydrologiques de Dordogne et mesures associées

Connaissances des karsts aquitains - Étude des karsts libres et sous couverture du département de la Dordogne -
Module 4 - Année 3

| Code | Station | X_L2e | Y_L2e | Z | Hauteurs | Débits |
|----------|--|--------|---------|-----|--------------------|--------------------|
| P2380010 | La Dordogne à Cénac-et-Saint-Julien [Cénac] | 510390 | 1978927 | 65 | 1914 - 2012 | 1898 - 2012 |
| P2484010 | Le Céou à Saint-Cybranet | 507754 | 1977202 | 74 | 1968 - 2012 | 1968 - 2012 |
| P2580020 | La Dordogne à Alles-sur-Dordogne [Limeuil] | 485644 | 1987755 | 45 | non disponible | non disponible |
| P4114010 | Le Cern au Lardin-Saint-Lazare [Rispe] | 510747 | 2015560 | 89 | 1990 - 2012 | 1966 - 2012 |
| P4135010 | Le Coly à Condat-sur-Vézère [Pont de Bouch] | 515038 | 2012097 | 98 | 1990 - 2012 | 1966 - 2012 |
| P4161010 | La Vézère à Montignac | 507404 | 2007883 | 68 | 1898 - 2011 | 1898 - 2011 |
| P4161020 | La Vézère à Montignac [Le Pertuis] | 507821 | 2008007 | 67 | 1898 - 2000 - 2012 | 1898 - 2000 - 2012 |
| P4271010 | La Vézère à Campagne | 491210 | 1990201 | 51 | 1968 - 2012 | 1968 - 2012 |
| P5140010 | La Dordogne à Bergerac | 453459 | 1984849 | 18 | 1948 - 2011 | 1958 - 2011 |
| P5320010 | La Dordogne à Lamonzie-Saint-Martin [Saint Martin] | 443457 | 1985734 | 11 | 2001 - 2008 - 2012 | 2001 - 2008 - 2012 |
| P5404010 | L'Eyraud à la Force [Bitarel] | 444310 | 1989593 | 32 | 1966 - 2010 | 1966 - 2010 |
| P5404020 | L'Eyraud à la Force [la Farganière] | 444124 | 1989355 | 31 | 1966 - 2009 - 2012 | 1966 - 2009 - 2012 |
| P6031520 | L'Isle à Jumilhac-le-Grand [Pont R 79] | 499878 | 2055610 | 215 | non disponible | non disponible |
| P6081510 | L'Isle à Cognac-sur-l'Isle | 491329 | 2042629 | 134 | 1988 - 2012 | 1918 - 2012 |
| P6114010 | La Loue à Angoisse [La Forge de Beausoleil] | 505089 | 2048767 | 45 | non disponible | non disponible |
| P6134010 | La Loue à Saint-Médard-d'Excideuil | 500582 | 2038995 | 149 | 1988 - 2012 | 1966 - 2012 |
| P6134020 | La Loue à Saint-Médard-d'Excideuil [Excideuil] | 499965 | 2038262 | 144 | 2007 - 2011 | non disponible |
| P6161510 | L'Isle à Mayac | 490137 | 2032317 | 110 | 1997 - 2012 | 1988 - 2012 |
| P6342510 | L'Auvézère à Cherveix-Cubas | 505140 | 2033778 | 138 | 1988 - 2011 | 1966 - 2011 |
| P6362510 | L'Auvézère à Tourtoirac | 499700 | 2030917 | 128 | 1988 - 2001 - 2012 | 1966 - 2001 - 2012 |
| P6382510 | L'Auvézère au Change [Aubarède] | 495412 | 2022644 | 95 | 1980 - 2012 | 1976 - 2012 |
| P7001510 | L'Isle à Bassilac [Charrieras] | 479593 | 2023641 | 87 | 1962 - 2012 | 1963 - 2012 |
| P7041510 | L'Isle à Périgueux | 471435 | 2021834 | 79 | 1975 - 2012 | 1914 - 1944 - 2012 |
| P7121510 | L'Isle à Mussidan | 444999 | 2006207 | 42 | 1994 - 2011 | 1988 - 2011 |
| P7181520 | L'Isle à Saint-Laurent-des-Hommes [La Filolie] | 435281 | 2005454 | 34 | 1988 - 2002 - 2012 | 1932 - 2002 - 2012 |
| P8012510 | La Dronne à Saint-Pardoux-la-Rivière [Le Manet] | 476111 | 2058384 | 150 | 1966 - 2012 | 1966 - 2012 |
| P8022520 | La Dronne à Saint-Pardoux-la-Rivière | 475825 | 2055887 | 137 | 1989 - 2011 | 1989 - 2011 |
| P8074010 | La Côte à Saint-Jean-de-Côle | 482547 | 2047920 | 145 | 2001 - 2012 | 2001 - 2012 |
| P8102510 | La Dronne à Brantôme [Pont des Roches] | 470333 | 2041795 | 105 | 1989 - 2001 - 2012 | 1989 - 2001 - 2012 |
| P8102520 | La Dronne à Brantôme | 467745 | 2041660 | 99 | 1989 - 2011 | 1989 - 2011 |
| P8162510 | La Dronne à Ribérac | 443441 | 2030399 | 59 | 1988 - 2011 | 1988 - 2011 |
| P8162520 | La Dronne à Villeteureix | 444751 | 2030805 | 62 | 1987 - 2012 | 1987 - 2012 |
| P8215010 | La Belle à Mareuil | 453699 | 2051458 | 110 | 1972 - 2012 | 1972 - 2012 |
| R1254030 | Le Bandiat à Saint-Martial-de-Valette | 468305 | 2058950 | 153 | 2011 - 2012 | 2011 - 2012 |



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 - www.brgm.fr

Direction régionale Aquitaine

Parc Technologique Europarc
24 avenue Léonard de Vinci

33600 - Pessac - France

Tél. : 05 57 26 52 70