
Ingénieur d'études sanitaires

Promotion : **2022**

Date du Jury : **29 novembre 2022**

**Les captages karstiques :
état des lieux et analyse de la
problématique en Aveyron**

Aurélie THOMAS

Remerciements

J'adresse mes sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidée au cours de mon stage et lors de la rédaction de ce rapport :

Eliane Altabert, ingénieure d'études sanitaires (IES), à la délégation départementale (DD) de l'Aveyron de l'Agence Régionale de Santé (ARS) Occitanie, pour son encadrement pendant le stage, sa gentillesse et ses précieux conseils jusqu'à son dernier jour de travail avant la retraite.

Pauline Rousseau-Gueutin, référente pédagogique de l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP) pour son suivi et ses explications sur le logiciel Q-GIS.

Florent Guérin, ingénieur du génie sanitaire (IGS) à la DD du Nord de l'ARS des Hauts-de-France (précédemment Responsable du Service Santé-Environnement (SE) à la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie), pour m'avoir proposé ce sujet de stage.

Philippe Poulet, Responsable du Pôle Animation des Politiques Territoriales de Santé Publique à la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie, pour avoir accepté d'être mon maître de stage.

Yves Poszwa, technicien sanitaire et de sécurité sanitaire (T3S) à la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie pour la transmission de ses connaissances et les extractions réalisées dans le logiciel Business Object.

Philippe Cabrolier, T3S à la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie pour sa bonne humeur et ses conseils.

Philippe Chabert, T3S à la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie pour son efficacité et ses conseils.

Christophe Apolit, Assistant gestion hydrogéologue au Parc Naturel Régional des Grands Causses (PNRGC) pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Un grand merci à toutes les personnes qui ont acceptées mes propositions d'entretien, pour le temps qu'elles m'ont accordées et leur partage de connaissances :

- Laurent Danneville Directeur Général Adjoint du Parc Naturel Régional des Grands Causses et hydrogéologue agréé coordinateur départemental de l'Aveyron
- Pierre Marchet, Expert Eau Souterraine à l'Agence de l'eau Adour Garonne et hydrogéologue Agréé
- Paul Chemin, chef de la division Milieux Marins et Côtiers de la DREAL Occitanie et hydrogéologue
- Jean Carré, Professeur à l'EHESP retraité et hydrogéologue agréé coordinateur
- M. Paretour, Ingénieur Hydrogéologue au Syndicat Mixte des eaux de la Dordogne
- Mme Jacquemain, Hydrogéologue au Conseil départemental de la Dordogne
- M. Creyssels, Responsable d'exploitation Eau potable-Travaux chez Véolia Eau
- M. Laborie, Président du Syndicat Larzac-Durzon
- M. Arnal, Responsable d'exploitation Eau potable-Travaux chez Véolia Eau
- M. Bobek, Responsable d'équipes Usines Eaux Potables chez Véolia Eau
- M. Pescayre, Responsable du service Urbanisme / Aménagement commune de Saint Affrique
- M. Roques, Responsable de la gestion des réseaux de la SA SAUR à Saint Affrique
- M. Caussat, Responsable technique de la commune de Roquefort
- M. Moulières, Maire de la commune de Viala du Pas de Jaux
- M. Montiel, Responsable de la qualité de l'eau de Paris. Expert en procédés de traitement pour l'OMS et le Ministère de la santé
- M. Rouy, Chargé d'interventions ressource en eau et milieux aquatiques Délégation Garonne et rivières d'Occitanie
- M. Durand, ARS Occitanie Cellule Mutualisée Eau
- Mme Wilhelm, ARS Occitanie DD Haute Garonne
- M. Bouchilloux, ARS Occitanie DD Lot
- M. Bideau, ARS Occitanie DD Lozère
- Mme Dubois, ARS Occitanie DD Hérault
- Mme Bonnaud, ARS Nouvelle Aquitaine DD Charente
- Mme Gerbaud, ARS Nouvelle Aquitaine DD Charente
- M. Rolland, ARS Nouvelle Aquitaine DD Dordogne
- Mme Gérard, ARS Normandie DD Seine Maritime
- M. Gentet, ARS Bourgogne Franche Comté DD Doubs
- M. Kron, ARS Bourgogne Franche Comté DD Jura
- Mme Persello-Prainito, ARS Bourgogne Franche Comté DD Jura
- Mme Chanteperrin, ARS Auvergne Rhône Alpes DD Drôme

Enfin, Je remercie toute la délégation départementale de l'Aveyron de l'Agence Régionale de Santé Occitanie pour leur accueil chaleureux et leur soutien.

Sommaire

Introduction.....	1
1. Préalable méthodologique	2
1.1. Objectifs de stage et méthode employée.....	2
1.2. Travail réalisé en amont du stage.....	3
1.3. Présentation du travail à mon service en fin de stage.....	3
2. Les ressources en eau de type karstique.....	3
2.1. Définition du système karstique	3
2.2. La vulnérabilité des ressources karstiques.....	5
2.3. Le karst en Aveyron	6
3. Etat des lieux des ressources karstiques aveyronnaises	6
3.1. Identification des ressources karstiques.....	6
3.1.1. Renseignements de la base de données SISE-Eaux	6
3.1.2. Géolocalisation des captages AEP actifs	6
3.1.3. La qualité physicochimique des eaux brutes	7
3.1.4. Synthèse des 3 indicateurs et classement final des captages.....	8
3.2. Bilans concernant les captages karstiques.....	10
3.2.1. Bilan population desservie et volumes d'eaux brutes produits.....	10
3.2.2. Bilan des traitements des captages karstiques	10
3.2.3. Bilan de la qualité de l'eau	11
3.2.4. Bilan de la régularisation administrative des captages karstiques	11
4. Moyens de sécurisation des ressources en eaux karstiques.....	12
4.1. Analyse de tous les échanges réalisés lors du stage	12
4.2. Etat des lieux de la situation Aveyronnaise	18

5. Propositions d'actions	19
5.1. Définir les réseaux que l'on souhaite prioriser	19
5.2. Mobiliser les acteurs de terrain	20
5.2.1. Fédérer les acteurs du territoire autour de nos priorités	20
5.2.2. Travailler l'accompagnement financier et technique	20
5.2.3. Agir sur la gouvernance.....	21
5.3. Mobilisation des PRPDE.....	22
5.4. La régularisation administrative des captages karstiques prioritaires.....	24
Conclusion	25
Bibliographie	26
Liste des annexes	I

Liste des sigles utilisés

AEP : alimentation en eau potable
AMO : assistance à Maitrise d'ouvrage
ARS : Agence Régionale de Santé
BA : Bassin d'alimentation
BE : Bureau d'étude
CAP : Captage d'eau potable
CS : contrôle sanitaire
CSP : Code de la Santé Publique
DD ARS : Délégation départementale de l'ARS
DDT : Direction Départementale des Territoires
DETR : Dotation d'équipement des territoires ruraux
DREAL : direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
DUP : déclaration / déclaté d'utilité publique
EDCH : eau destinée à la consommation humaine
EHESP : Ecole des hautes études en santé publique
EPCI : établissement public de coopération intercommunale
ESO : eau souterraine
ESU : eau superficielle
GT : groupe de travail
IES : ingénieur d'études sanitaires
IGS : ingénieur du génie sanitaire
MISEN : Mission Inter-Services de l'Eau et de la Nature
NC : Non-conformité
OFB : Office français de la biodiversité
PGSSE : plan de gestion et de sécurité sanitaire des eaux
PNRGC : Parc naturel régional des Grands Causses
PPC : Périmètres de protection de captage
PPE : périmètre de protection éloignée
PPI : périmètre de protection immédiate
PPR : périmètre de protection rapprochée
PRPDE : personne responsable de la production et / ou de la distribution de l'eau
SDAEP : syndicat départemental d'alimentation en eau potable
SATEP : Service d'Assistance Technique à l'exploitation des ouvrages d'Eau Potable
SE : Santé-Environnement

SISE-Eaux : Le Système d'Information des services Santé-Environnement Eau (base de données)

SWOT : Strengths Weaknesses Opportunities Threats (ou MOFF pour les Francophones : Menaces - Opportunités - Forces - Faiblesses)

T3S : technicien sanitaire et de sécurité sanitaire

TTP : Station de traitement de l'eau potable

UDI : Unité de distribution de l'eau potable

UF : Ultrafiltration

UV : ultraviolet

Introduction

Suite à la mise en place de 4 restrictions d'eau successives sur une commune à fort enjeux sanitaire et agroalimentaire, dans le département de l'Aveyron, une analyse de la situation a été menée. La source alimentant la commune concernée étant d'origine karstique et l'Aveyron étant un département très concerné par cette problématique, un bilan de la sécurisation de ce type de ressource à l'échelle du département s'est avéré nécessaire.

Aussi, M. Florent Guérin Responsable du service Santé Environnement (SE) m'a proposé de travailler sur le sujet suivant : « Les captages karstiques : état des lieux et analyse de la problématique en Aveyron ». Le but étant double : réaliser un état des lieux de la situation en Aveyron et proposer un plan d'action associant l'ensemble des partenaires afin d'améliorer la sécurisation des ressources karstiques en Aveyron et d'éviter que des restrictions d'eau soient nécessaires pour ce type de ressources.

1. Préalable méthodologique

Le présent rapport présente le travail que j'ai réalisé lors de mon stage d'étude IES du 16 août au 21 octobre 2022 au sein de l'ARS Occitanie dans le service SE de la DD de l'Aveyron. Le calendrier détaillé des tâches réalisées au cours de ce travail est présenté en annexe 1 sous forme de diagramme de Gantt. La liste des entretiens professionnels réalisés au cours du stage est présentée en annexes 2 et 3. Enfin, les difficultés rencontrées et les points positifs relatifs au stage sont explicités en annexe 4.

1.1. Objectifs de stage et méthode employée

Pour commencer ce travail, un état des lieux de la situation en Aveyron était nécessaire. Aussi, mon premier objectif de stage a été d'établir la liste des captages d'alimentation en eau potable (AEP) publics de type karstique présents sur le territoire Aveyronnais. Pour ce faire, j'ai croisé différentes sources d'information : les renseignements enregistrés dans la Base SISE-Eaux, la localisation géographique des captages d'eau par rapport aux zones carbonatées présentes sur le département et la qualité physico-chimique des eaux brutes.

Une fois la liste des captages karstiques établie, j'ai pu extraire des données enregistrées dans la base SISE-Eaux concernant ces captages et réaliser des bilans concernant les ressources karstiques du département.

Mon deuxième objectif de stage était d'analyser les moyens de sécurisation des ressources en eau karstiques du département et de produire un plan d'action afin d'améliorer la sécurisation des ressources.

Pour répondre à cet objectif, j'ai dans un premier temps rencontré en présentiel ou échangé en visioconférence avec 5 hydrogéologues ayant travaillé sur ce sujet. Cela m'a permis de mieux cerner la problématique du karst et d'appréhender la protection des ressources karstiques via des périmètres de protection de captage (PPC).

Dans un second temps, j'ai réalisé 6 déplacements sur site. Ces déplacements ont été l'occasion de visiter des installations de captage et de questionner des personnes responsables de la production et de la distribution de l'eau (PRPDE) ainsi que des exploitants sur la sécurisation de leur ressource. Le questionnaire que j'ai élaboré ainsi que les fiches bilan pour chaque captage sont en annexe 5 et 6 de ce rapport. Les six sites étudiés ont été choisis de manière à représenter les différents moyens de sécurisation rencontrés sur le territoire Aveyronnais.

Dans un troisième temps, une extraction de la couche « zones karstiques » de la base de donnée BD LISA a permis d'identifier les départements français les plus concernés par la

problématique du karst (annexe 7). J'ai ainsi pu questionner 9 délégations départementales d'ARS concernant la sécurisation des ressources karstiques. Les entretiens en visioconférence ont duré entre 2 et 4h. En amont de chaque entretien, un questionnaire a été envoyé (Annexe 8). J'ai également contacté le groupe de travail (GT) « Cercle Compétence turbidité » de la région Occitanie, rencontré l'Agence de l'eau Adour Garonne et me suis entretenue avec un expert des traitements de l'eau M. Montiel.

Les informations riches et variées recueillies lors de tous les entretiens réalisés au cours du stage m'ont permis d'identifier les points clés de la sécurisation des captages karstiques et m'ont servi de base pour construire le plan d'action proposé dans ce rapport.

1.2. Travail réalisé en amont du stage

Le stage d'étude étant de courte durée, j'ai commencé les recherches bibliographiques à la bibliothèque de l'EHESP dès le mois de mai. Avec mon encadrante, Eliane Altabert, nous avons sélectionné 6 ressources karstiques représentatives du département. Au mois de juin, j'ai pu prendre rendez-vous pour le début de mon stage avec les PRPDE / exploitants concernés et élaborer le questionnaire qui leur était destiné.

1.3. Présentation du travail à mon service en fin de stage

Le travail relaté dans ce rapport a été présenté au service SE de la DD de l'Aveyron de l'ARS Occitanie en fin de stage lors d'une réunion d'équipe SE. Les remarques évoquées par les agents ont été prises en compte dans l'élaboration de ce rapport. De plus, il est prévu que je présente mon travail de stage IES au GT « Cercle Compétence turbidité » de l'ARS Occitanie en février 2023.

2. Les ressources en eau de type karstique

2.1. Définition du système karstique

Le karst est une structure géologique qui se caractérise par des paysages et des formes souterraines spécifiques et dans laquelle ont lieu des écoulements souterrains particuliers. Les zones karstiques sont des territoires sans cours d'eau de surface car les eaux de précipitation s'infiltrent directement dans le sol et viennent alimenter la ressource souterraine profonde. Le karst se forme exclusivement dans les roches carbonatées (calcaires et dolomies) et dans les roches salines (gypse et parfois sel gemme).

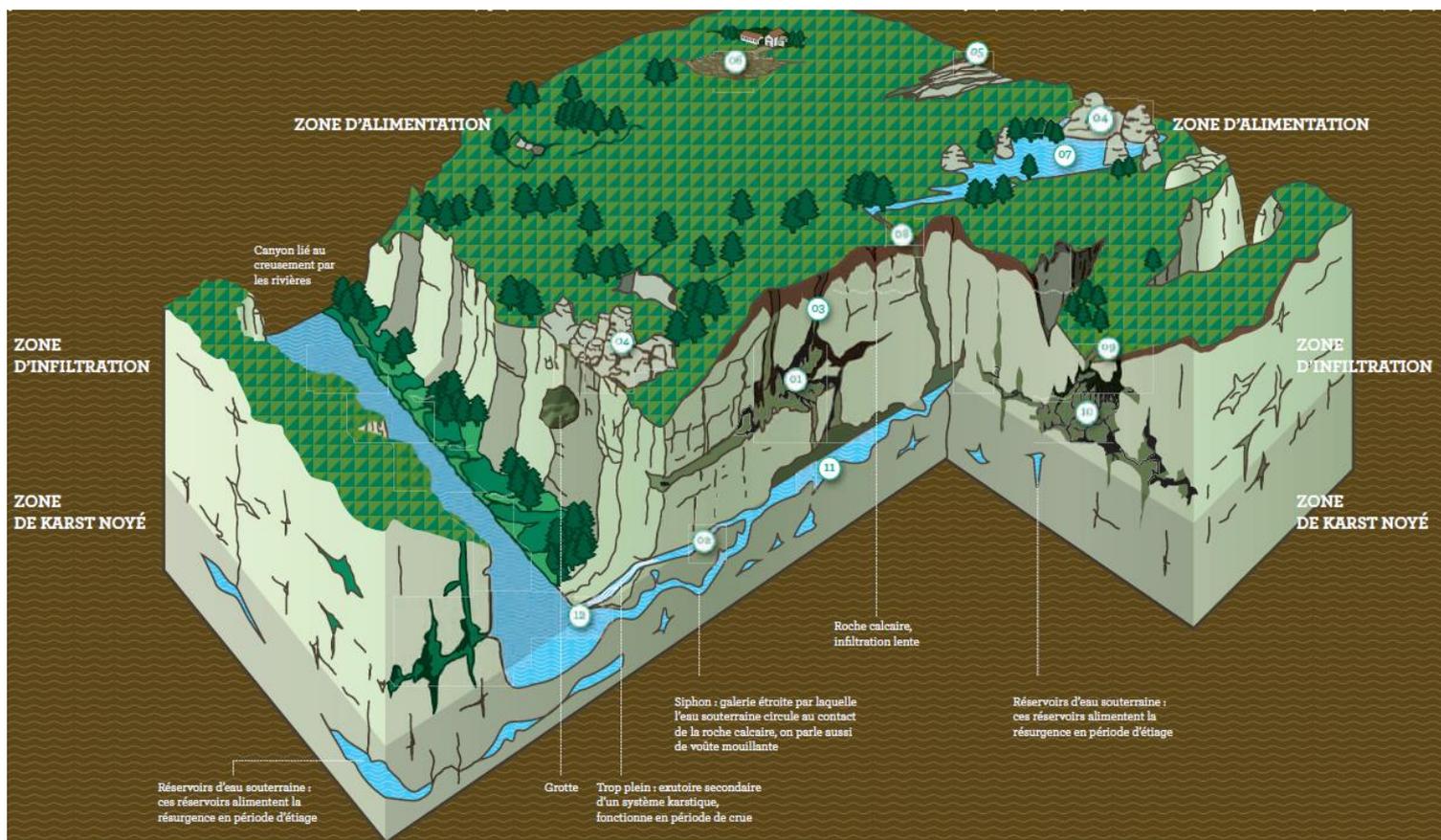
Quelques dizaines de milliers d'années sont suffisantes pour qu'un réseau karstique se mette en place. Il faut cependant réunir les conditions suivantes : l'eau doit contenir un acide pour pouvoir dissoudre la roche et l'eau doit pouvoir s'écouler à l'intérieur de la roche. Cela signifie que la végétation entre en jeu en produisant du dioxyde de carbone (CO₂) qui est à l'origine d'une acidification de l'eau et qu'il est nécessaire d'avoir une hauteur suffisante par rapport au point de sortie de l'eau (montagne ou plateaux traversés

par des gorges). C'est-à-dire, une charge suffisante d'eau souterraine pour s'opposer à la faible perméabilité d'origine de la roche (fissures, fractures et joints de bancs).

La dissolution de la roche ainsi que l'écoulement souterrain, vont permettre l'élargissement des fissures et la création d'un réseau complexe formé de cavités, grottes, drains et rivières souterraines. Le réseau est hiérarchisé de l'amont (les points d'infiltration d'eau dans la roche) vers l'aval (la source) en fonction de la pente générale et de la résistance opposée par la roche (perméabilité). Tous les vides de la roche ne sont pas nécessairement connectés hydrauliquement aux conduits, il peut exister des « systèmes annexes au drainage ».

Le karst est un système évolutif. Les variations du niveau marin, ou les réajustements isostatiques (modification de l'altitude des roches) sont à l'origine de la création par les eaux courantes de niveaux superposés de galeries (M. Bakalowicz, 2003). Aussi, tous les réseaux karstiques ne sont pas nécessairement actifs.

Figure 1 : Schéma d'un système karstique. Plaquette du PNRGC « Le karst un paysage calcaire » Novembre 2015



Le Karst, constitue un réservoir d'eau géologique (aquifère) composé de 3 zones :

- la zone d'alimentation : elle se situe en surface du plateau calcaire. C'est par là que les eaux vont s'infiltrer dans le sol.

- La zone d'infiltration : siège de la pénétration des eaux de pluie dans la roche calcaire par un réseau de fractures et de failles. Cette infiltration peut-être très rapide au niveau des pertes, avens et dolines.
- la zone noyée: on y trouve à la fois des rivières souterraines mais aussi les grands réservoirs souterrains qui alimentent les sources puis les cours d'eau.

La ressource en eau des aquifères karstiques est considérable (plusieurs centaines de millions de mètres cubes pour l'ensemble des Causses) mais difficile à cerner et leur exploitation est certainement très modeste en regard des volumes en jeu.

2.2. La vulnérabilité des ressources karstiques

Les ressources en eau karstiques sont particulièrement vulnérables et sensibles aux pollutions. En effet, la surface des causses ne présente pas ou peu de couverture de protection pouvant filtrer l'eau. De plus, les réseaux karstiques sont le siège de transferts pouvant être très rapides et atteindre des vitesses de circulation comparables aux rivières de surface (plusieurs dizaines de km en quelques heures). Les sources karstiques ont une variabilité de leur débit importante entre l'étiage et les crues. Par exemple, la source de l'Espérelle (Larzac) a un débit en étiage d'une centaine de litres par seconde mais ce dernier atteint en crue 24 mètres cubes par seconde, soit 240 fois plus.

En cas de fortes pluies, l'infiltration rapide, l'absence de filtration et les vitesses d'écoulement importantes vont être à l'origine d'une dégradation brutale et épisodique de la qualité de l'eau. Les circulations rapides de l'eau mettent en suspension des particules et les bactéries. La turbidité augmente de manière très importante. Les liens entre phénomènes pluvieux, turbidité et épisode de gastro-entérites sont désormais bien connus (Carré J. et al, 2010). L'augmentation de la turbidité ne dure généralement que quelques jours, les sources karstiques étant la majorité du temps de très bonne qualité.

En fonction des activités présentes sur le bassin d'alimentation (BA), les écoulements pourront emmener différentes pollutions dans le réseau karstique. Les causses sont souvent des terres peu cultivables mais propices à l'élevage extensif. C'est pourquoi, en Aveyron les ressources karstiques ne sont généralement pas concernées par des pollutions aux pesticides mais plutôt par des pollutions bactériologiques ou parasitaire (lisier, fumier, ...). Le lavage de matériel de traite avec des détergents peut également être responsable de pollutions dite aux « eaux blanches » (ex : orthophosphates).

Afin de mieux préserver ce type de ressources, le Parc Naturel Régional des Grands Causses (PNRGC) a lancé depuis plus de 15 ans des études hydrogéologiques d'envergure et a répertorié la majorité des traçages qui ont été réalisés sur leur territoire (Annexe 9). Ainsi, la connaissance s'est améliorée et les limites des bassins

d'alimentation des sources sont maintenant répertoriées (Annexe 10). De plus, le PNRGC effectue grâce à son réseau de surveillance, un suivi quantitatif (40 stations) et qualitatif (22 points de mesure) des principales sources de son territoire.

2.3. Le karst en Aveyron

En Aveyron, les formations calcaires datent du Jurassique soit entre 150 et 205 millions d'années. Elles sont constituées de couches calcaires subhorizontales, les couches les plus profondes étant les plus anciennes (annexe 11). Les principaux plateaux calcaires dénommés « Causse » sont la Causse de Villeneuve, la Causse de Montbazens, la Causse Comtal, la Causse de Sévérac, la Causse Noir et la Causse du Larzac. Au sein de ces causses, les rivières peuvent former des canyons imposants c'est notamment le cas des Gorges de la Dourbie, des Gorges de la Jonte et des Gorges du Tarn. La Causse Rouge et le Saint-Affricain forment les principaux avant-causses (Annexe 12).

3. Etat des lieux des ressources karstiques aveyronnaises

3.1. Identification des ressources karstiques

Pour identifier les captages du département alimentés par des eaux karstiques, j'ai croisé différents types d'informations : les renseignements de la base de données SISE-Eaux, la géolocalisation des captages et la qualité physico-chimique des eaux brutes. Il est important de noter que tous les résultats issus d'extractions de la base SISE-Eaux sont à interpréter en prenant en considération que la base peut contenir quelques erreurs et que certaines données ne sont pas parfaitement à jour.

3.1.1. Renseignements de la base de données SISE-Eaux

Dans la base de donnée SISE-Eaux, 244 captages d'alimentation en eau potable (AEP) sont renseignés actifs dans le département. Sur ces 244 captages :

- 54 étaient renseignés « circulation karstique » ou « résurgence (grotte, Boyau, ...) » dans les onglets « Vulnérabilité » ou « Type de captage ». Ces 54 captages ont été classés par la suite comme « Renseignés karstique dans SISE ».
- 19 captages avaient une origine de l'eau superficielle (ESU) enregistrée dans la base. Par conséquent ils ont été classés par la suite comme « renseigné ESU dans SISE ».

3.1.2. Géolocalisation des captages AEP actifs

Le karst est une structure géologique propre aux roches carbonatées. Aussi, localiser les captages par rapport aux couches carbonatées présentes sur le département est un moyen de déterminer s'ils sont potentiellement alimentés par des eaux karstiques ou s'ils sont trop éloignés et que ce n'est pas possible. En Aveyron, les couches carbonatées datent

du Jurassique par conséquent, les captages aveyronnais ont été localisés par rapport à la couche du Jurassique à l'aide du logiciel Q-GIS (annexe 13). Au total 62 captages se situent dans la couche du Jurassique et 182 captages sont en dehors.

La discrimination des captages dans les catégories « sur la couche Jurassique » et « Hors couche Jurassique » constitue un indice mais ne suffit pas à déterminer avec certitude si un captage est alimenté par des eaux karstiques. En effet, il est possible que le captage se situe en dehors de la couche du Jurassique mais soit suffisamment proche de cette limite pour que l'eau provienne tout de même de circulations karstiques. Les limites de la couche du Jurassique peuvent être imprécises à certains endroits et il est possible que des éboulis recouvrent des résurgences expliquant que l'eau ne ressorte pas au niveau de la limite mais un peu plus loin.

3.1.3. La qualité physico-chimique des eaux brutes

Le fond géochimique d'un aquifère, c'est-à-dire la composition en éléments chimiques de l'eau dépend principalement de la nature lithologique des aquifères et des terrains superficiels traversés par l'eau.

La composition chimique des eaux des aquifères carbonatés karstiques est globalement la même que celle des aquifères carbonatés libres (A. Blum et al, 2001 ; A. Blum et al, 2002). Aussi, pour discriminer la nature des eaux, j'ai comparé les résultats de certains paramètres du contrôle sanitaire (CS) avec 2 tableaux présentant des états de référence des calcaires libres français (L. Chery, 2006) (annexe 14). J'ai choisi les 2 tableaux concernant des concentrations en nitrates inférieures à 10 mg/l car, en Aveyron, très peu de captages présentent des teneurs en nitrates supérieures à cette limite. Les 2 tableaux correspondent à des distances différentes de la côte : plus de 100 km ou moins de 100 km de la côte ce qui est le cas des couches carbonatées Aveyronnaises.

Avec l'aide d'un hydrogéologue travaillant au PNRGC, j'ai choisi, afin de discriminer les eaux, 5 paramètres physico-chimiques qui étaient à la fois mesurés dans les eaux brutes lors du CS et à la fois présents dans les tableaux des états de référence. Il s'agit de la conductivité à 25°C, du pH et des concentrations en ions calcium, magnésium et hydrogénocarbonates.

Les résultats d'analyse en eau brute sur 20 ans pour les 244 captages AEP actifs ont été extraits de la base SISE-Eaux. Des tableaux croisés dynamiques m'ont permis de déterminer le nombre d'analyses réalisées, les moyennes, les minimums, et les maximums pour les 5 paramètres sélectionnés et pour chaque captage.

Afin d'exploiter ces résultats, j'ai déterminé un score, « Score karst/5 » pour estimer la probabilité que les eaux étudiées aient une origine karstique. Arbitrairement, j'ai considéré que si une moyenne était en dessous du minimum observé dans les états de référence (L. Chery, 2006) (annexe 14) alors il y avait peu de chance pour que l'eau soit d'origine karstique et j'ai attribué une note de 0. A contrario, j'ai considéré que si une moyenne était au-dessus du 1er quartile (valeur la plus élevée des 2 tableaux) indiqué dans les états de référence alors il était probable que l'eau soit d'origine karstique et j'ai attribué une note de 1. Si la valeur de la moyenne était située entre ces 2 bornes, j'ai attribué une note de 0.5 (annexe 15). En faisant la somme des notes des 5 paramètres, j'ai obtenu un score sur 5 pour chaque captage. Plus le score est faible et moins il est probable que l'eau soit karstique et inversement.

Afin de valider l'indicateur « Score karst/5 », les scores ont été étudiés pour des captages dont la nature de l'eau était connue :

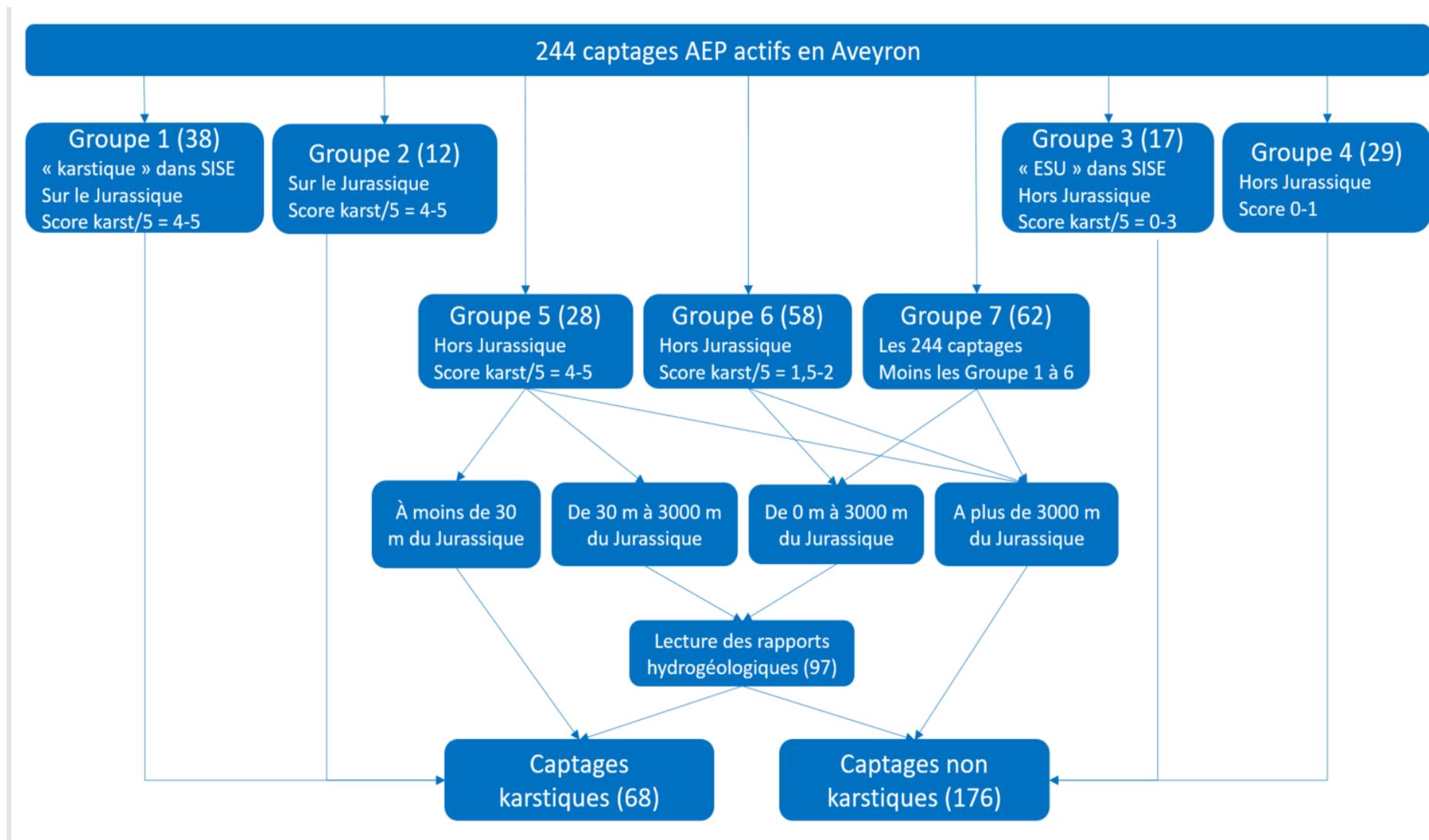
- Parmi les 54 captages référencés comme karstiques dans SISE-Eaux, les résultats du « Score karst/5 » sont les suivants : 24 captages ont un score de 5 ; 22 captages ont un score de 4,5 ; 3 captages ont un score de 4. Parmi les 5 captages ayant un score inférieur à 4, 4 captages se sont avérés non karstiques, il s'agissait d'erreurs de renseignement dans la base de données. 1 seul captage karstique avait un score de 3.
- Parmi les 19 captages classés dans SISE-Eaux comme issus d'eaux superficielles, les résultats du « Score karst/5 » sont les suivants : 7 captages ont un score de 1 ou 1,5 ; 8 captages ont un score de 2 ou 2,5 ; 3 captages ont un score de 3 ou 3,5. L'unique captage ayant un score de 4 s'est avéré par la suite être d'origine karstique, il s'agissait d'une erreur de renseignement dans la base de données.

Au vu de ces résultats j'ai conclu que le « Score karst/5 » était un outil pertinent pour discriminer les captages.

3.1.4. Synthèse des 3 indicateurs et classement final des captages

Les 244 captages AEP de l'Aveyron ont ensuite été classés en prenant en compte les 3 indicateurs précédemment présentés et en suivant l'arbre de décision présenté en figure 2.

Figure n°2 : Arbre de décision ayant permis la classification des captages



Les 4 premiers groupes sont constitués des captages pour lesquels les informations données par les 3 indicateurs étaient suffisantes pour proposer un classement. En revanche pour les groupes 5, 6 et 7, il a été nécessaire d'investiguer davantage. Dans un premier temps, les distances de ces captages par rapport à la limite de la couche calcaire du Jurassique ont été mesurées grâce au logiciel Q-GIS (annexe 16). J'ai considéré qu'il était peu probable que des captages à plus de 3000 m de la limite soient alimentés par des eaux d'origine karstique. Inversement, les captages à moins de 30m de la limite, en dehors de la couche du Jurassique et pour lesquels le score karst/5 était compris entre 4 et 5 ont été considérés karstiques.

Pour les 97 captages restants, j'ai étudié les rapports hydrogéologiques disponibles afin de rechercher le type de ressource et être en mesure de les classer. Au final sur les 244 captages AEP actifs en Aveyron, 68 ont été classés « karstiques » (soit 28 %) et 176 comme « non karstiques » (soit 72 %). La répartition des captages par « Score karst/5 » est présentée en annexe 17)

3.2. Bilans concernant les captages karstiques

3.2.1. Bilan population desservie et volumes d'eaux brutes produits

Les données renseignées dans la base SISE-Eaux ont permis d'estimer que 23 % de la population aveyronnaise (68 090 habitants) sont alimentés par des ressources AEP karstiques, ce qui correspond à 25 % (24 462 m³) des volumes d'eaux brutes prélevés par les captages AEP du département (annexe 17). La répartition des captages karstiques par tranche de population desservie a été étudiée. On constate que 70 % des captages karstiques sont situés en zones rurales et desservent moins de 500 habitants (annexe 17).

Il est à noter que, les extractions de la base SISE-Eaux contiennent des doublons de population car certaines UDI peuvent être alimentées par plusieurs captages. J'ai éliminé les doublons manuellement après vérification dans le synoptique. Pour exemple le synoptique de la commune de Saint Affrique est présenté en annexe 17. Malgré mes corrections, il reste quelques incertitudes dues notamment à la méthode d'enregistrement des interconnexions dans SISE-Eaux. Par conséquent, les données ci-dessus sont des approximations qui permettent d'avoir un ordre de grandeur.

3.2.2. Bilan des traitements des captages karstiques

Les installations de traitement en aval des captages ont été identifiées dans la base de données SISE-Eaux et les filières de traitements renseignées ont été extraites. Au total, 65 stations de traitement (TTP) sont en l'aval des 68 captages karstiques du département. Ce chiffre s'explique car d'une part, certains captages alimentent plusieurs stations de

traitement et d'autre part, plusieurs captages proches géographiquement peuvent aboutir à une seule station de traitement.

Les traitements de désinfection majoritairement employés sont l'hypochlorite de sodium (NaClO, javel) et le chlore gazeux (Cl₂) respectivement 40 et 37 % des installations. Le Dioxyde de chlore et les UV seuls sont peu répandus, ils représentent respectivement 8 % et 6 % des installations. Seulement 9 % des installations sont équipées d'un traitement ultraviolet (UV) suivi d'une chloration à l'hypochlorite ou au chlore gazeux.

L'eau des captages karstiques ne subit qu'un traitement rustique (simple désinfection) dans 92 % des cas. Seules, 5 TTP (8 %) sont équipées de systèmes de filtration : 2 TTP ont une filtration directe sans coagulation, 1 TTP dispose d'une coagulation sur filtre et 2 TTP possèdent des étapes de coagulation, floculation, décantation puis filtration. Seulement 24 % des TTP disposent d'un moyen d'abattement des parasites (UV ou filtration). Cependant, l'efficacité des dispositifs est potentiellement compromise notamment dans le cas de TTP disposant d'UV sans moyen de gestion de la turbidité.

3.2.3. Bilan de la qualité de l'eau

Les résultats d'analyses réalisées dans le cadre du CS ont été extraits sur les 5 dernières années pour les captages karstiques du département. On constate que pour les paramètres bactériologiques et la turbidité, le nombre de non-conformité (NC), c'est-à-dire de dépassement des valeurs fixées par la réglementation, ne dépasse pas 6 % des résultats (Annexe 17). Cependant, il est important de prendre en compte dans l'interprétation de ces résultats que la fréquence analytique du CS n'est pas adaptée pour mettre en évidence des dégradations de la qualité de l'eau ponctuelles comme c'est le cas pour les ressources karstiques. Il ne permet pas d'évaluer de manière fiable le risque sanitaire.

De plus, toutes les ressources karstiques ayant été équipées de systèmes de désinfection, le nombre de NC bactériologiques a fortement baissé ces 5 dernières années. En revanche le risque parasitaire reste présent pour plus de 76 % des TTP.

3.2.4. Bilan de la régularisation administrative des captages karstiques

L'Aveyron est un département qui a encore beaucoup de procédures de déclaration d'utilité publique (DUP) à instruire. On constate que les captages karstiques sont moins protégés que les autres, respectivement 21 % de procédures terminées contre 36 %. Beaucoup de procédures sont actuellement en cours (60% des captages) et doivent être suivies par le service (annexe 17).

4. Moyens de sécurisation des ressources en eaux karstiques

4.1. Analyse de tous les échanges réalisés lors du stage

Ci-dessous, sont présentés les points clés de la sécurisation des ressources karstiques identifiés au cours des entretiens que j'ai réalisés. Lors de mon analyse, j'ai ajouté des informations issues de recherches bibliographiques que j'ai effectuées sur certains points.

Contrôle sanitaire et surveillance des eaux destinées à la consommation humaine (EDCH) :

La fréquence des analyses du contrôle sanitaire dépend du débit du captage pour les analyses en eau brute et de la population desservie pour les analyses aux points de mise en distribution et d'utilisation. (CSP, Arrêté du 11 janvier 2007 programme de prélèvements [...]). Cette fréquence est clairement insuffisante pour mettre en évidence des dégradations ponctuelles de la qualité des eaux comme c'est le cas des ressources karstiques et particulièrement pour les petits réseaux.

C'est pourquoi, comme le prévoit la réglementation, la surveillance faite par la PRPDE doit rester le 1er niveau de contrôle. Si l'on veut évaluer le risque sanitaire des ressources karstiques, il est nécessaire d'avoir accès à des enregistrements en continue de la qualité de l'eau. Il notamment est indispensable de suivre le paramètre turbidité. Cela nécessite de disposer de turbidimètres au niveau du captage, en sortie de traitement et sortie de réservoir. Les DD ARS constatent que cette surveillance est souvent insuffisante pour les petits réseaux.

Parasites (*Cryptosporidium* et *Giardia*) et eaux superficielles :

Des parasites peuvent être présents dans les eaux souterraines influencées par les eaux superficielles dont les eaux karstiques. Ces parasites ne sont pas sensibles au chlore. Les dispositifs permettant un abattement des parasites sont la filtration et le traitement UV. Cependant pour que ces traitements soient efficaces il faut pour les systèmes de filtration que la quantité de coagulant et floculant soit ajustée en fonction de la turbidité et pour le traitement UV que la turbidité soit < 0.5 NFU.

Le contrôle sanitaire ne vérifie pas directement la présence de parasites car les analyses sont très coûteuses et pas toujours techniquement réalisables. En revanche, il vérifie la présence de spores de bactéries sulfite-réductrices. Ces dernières constituent un indicateur qui traduit en fonction du contexte, un risque de présence de parasite. Cet indicateur est souvent critiqué et pas toujours bien interprété.

Globalement, le risque sanitaire causé par les parasites est très souvent sous-estimé voire méconnu des PRPDE / exploitants. Un travail de sensibilisation à ce sujet semble pertinent.

Gestion de la turbidité :

La turbidité qui traduit la présence de matière en suspension dans l'eau, est un indicateur global. Dans les eaux brutes lorsque sa valeur augmente la probabilité de présence de pathogènes est plus importante car les particules en suspension dans l'eau abritent la majeure partie des micro-organismes (parasites, virus, bactéries). Cette relation n'est cependant pas linéaire. La thèse de M. Lorette (2019) permet de mieux comprendre, lors d'un épisode de crue d'une source karstique, les relations entre différents paramètres mesurés dans les eaux brutes et le risque bactériologique et parasitaire. Il propose un schéma conceptuel (annexe 18) identifiant plusieurs masses d'eaux témoignant de plusieurs types de vulnérabilité lors de la crue.

Outre le risque bactériologique, il existe en présence de turbidité > 1 NFU une perturbation de la désinfection de l'eau pouvant générer des sous-produits de désinfection dangereux pour l'homme. La gestion de la turbidité est donc primordiale. Son suivi en sortie de traitement est un témoin du fonctionnement des installations de production.

Actuellement la réglementation fixe pour les eaux souterraines influencées par les eaux superficielles (dont les eaux karstiques), une limite de qualité de 1 NFU et une référence de qualité de 0,5 NFU au point de mise en distribution (Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux [...]). Ces valeurs ont été choisies car les traitements de rétention physique efficaces contre les parasites permettent de les atteindre. Attention, le respect de ces valeurs sans traitement de rétention physique ne permet pour autant pas d'atteindre la même sécurité sanitaire. Aux robinets, pour toutes les eaux distribuées, la référence de qualité est fixée à 2 NFU.

Le CSP impose pour les eaux superficielles la mise en place d'un traitement de rétention physique ce qui n'est pas le cas pour les eaux karstiques considérées comme des eaux souterraines influencées par des eaux de surface. La PRPDE peut choisir un changement de ressource ou la mise en œuvre d'une interconnexion de réseaux pour respecter les limite et référence de qualité fixées (Circulaire DGS/SD7 A n° 2003-633 du 30 décembre 2003).

Au sein de l'ARS Occitanie le GT « Cercle Compétence turbidité » propose une position régionale de gestion sanitaire du paramètre turbidité pour les ressources karstiques. Le GT a notamment proposé des éléments pour sensibiliser les PRPDE à l'enjeu turbidité et a précisé les conditions de changement de ressource (valeur de turbidité pour le

basculement, nombre de turbidimètres nécessaires et conditions de mélange d'eaux karstiques et souterraines). Le « Cercle Compétence turbidité » n'a pour le moment pas encore tranché la position de l'ARS vis-à-vis de la gestion de la turbidité pour les réseaux ne disposant pas de ressource alternative et utilisant seulement le stock du réservoir comme moyen de sécurisation.

Enfin, la Nouvelle Directive européenne 2020/2184 qui sera traduite en droit français en fin d'année 2022, renforce la surveillance effectuée par la PRPDE et impose un contrôle de la turbidité (hebdomadaire si $< 1000 \text{ m}^3/\text{j}$) en sortie de TTP avec un abaissement du seuil à 0,3 UNT dans 95 % des échantillons (0,5 NFU jusqu'au 31/12/2022), et aucun dépassement de 1 UNT. Cela constitue un véritable défi pour les petits réseaux.

Les spécificités des PPC en milieu karstique :

Avant d'engager la démarche de protection, il est important d'analyser le fonctionnement hydrodynamique de la ressource afin de caractériser son mode d'alimentation et sa fragilité aux épisodes de turbidité. Pour ce faire, des turbidimètres doivent être installés le plus tôt possible afin de disposer d'un historique suffisant.

Afin que l'hydrogéologue agréé puisse déterminer des PPC pour une ressource karstique, il doit disposer des résultats d'une étude hydrogéologique spécifique réalisée par un bureau d'étude. Il est essentiel que l'hydrogéologue agréé ainsi que le bureau d'étude soient compétent sur le sujet du karst. Il peut être judicieux de nommer l'hydrogéologue avant de choisir le BE. Ainsi l'hydrogéologue pourra lister les éléments nécessaires dont il a besoin et orienter l'étude afin qu'elle soit la plus pertinente possible.

L'étude doit valider l'extension du BA en levant les incertitudes par la réalisation de traçages et identifier les points principaux d'infiltration de l'eau dans l'aquifère (pertes, gouffres, avens, zones déprimées et des dolines). L'annexe 19 présente pour exemple les zones d'incertitude de délimitation du BA de la source du Durzon (Larzac). Les traçages permettent également d'estimer les temps de transferts jusqu'au captage. Enfin, un inventaire des sources potentielles de pollution (assainissement, route, activité agricole, ...) présentes sur le BA doit être réalisé. Le coût des études hydrogéologiques et des traçages est un frein important particulièrement pour les petites collectivités qui se contentent parfois d'études trop sommaires.

Les BE utilisent parfois la méthode de scoring PAPRIKA qui est une méthode multicritère de cartographie de la vulnérabilité des aquifères karstiques (Dörflinger et Plagnes 2009, Kavouri et al. 2011). Elle est issue de l'évolution des méthodes EPIK (Tripet et al, 1997) et RISKE (Doerflinger et al, 1997). Les cartes de vulnérabilité établies peuvent aider à identifier les secteurs qu'il serait nécessaire d'inclure dans les PPC mais ne suffisent pas

à délimiter les PPC. Cette méthode nécessite des connaissances importantes (étude du sol, des formations superficielles et du sous-sol notamment). L'acquisition des informations peut être longue et onéreuse. C'est pourquoi cet approche est recommandée pour les BA fortement urbanisé ou avec de l'industrie mais des approches plus classiques peuvent être tout à fait suffisante si le BA n'héberge que peu d'activité ou une activité agricole classique.

L'article L1321-2 du code de la santé publique (CSP) impose que des PPC déclarés d'utilité publique soient mis en œuvre pour protéger tous les captages d'eau publics. Trois types de périmètres sont prévus : le périmètre de protection immédiate (PPI), le périmètre de protection rapprochée (PPR) et le périmètre de protection éloignée (PPE). Ces périmètres permettent notamment de figer les pratiques en place lorsqu'elles sont peu impactantes et de contrôler le développement des activités présentes.

Le PPI permet d'interdire l'introduction de substances polluantes dans l'eau prélevée et d'empêcher la dégradation des ouvrages. Il doit être acquis par la PRPDE et clôturé. Certaines résurgences karstiques utilisées pour l'AEP sont des sites magnifiques où la population locale à l'habitude de se promener (voir de se baigner) ce qui peut engendrer des difficultés lors de l'instruction des dossiers de DUP et de la mise en place des clôtures. C'est notamment les cas de la source du Boundoulaou et de la source du Durzon (Larzac) en Aveyron annexe 20.

Le PPR a vocation à lutter contre les pollutions ponctuelles et accidentelles (Ministère de la Santé et des Sports, 2008). Son rôle est d'offrir un délai de réaction vis-à-vis de l'arrivée des pollutions accidentelles. En milieu poreux, le temps de transfert préconisé pour délimiter l'extension du PPR peut aller jusqu'à 50 jours. En milieu karstique, un tel délai impliquerait que tous le BA soit inclus dans le PPR. Or plus un PPR est vaste et plus il est difficile d'appliquer des prescriptions contraignantes. De nombreux retour d'expériences témoignent de la difficulté de l'instruction de tels dossiers et de l'inefficacité des périmètres lorsqu'ils sont trop vastes. En référence à la pratique utilisée pour les captages d'eau de surface, l'extension du PPR pourrait correspondre à un temps de transit de l'eau de 2 heures pour les vitesses les plus élevées connues dans l'aquifère étudié (Carré, 2010). Ce délai permet à l'exploitant d'interrompre le pompage et de mettre en place la ressource de substitution.

Les systèmes karstiques forment des réseaux avec des points d'infiltration préférentiels sur le BA. Pour que la protection soit efficace, il faut que ces zones sensibles soient spécifiquement protégées par des prescriptions plus fortes. Il est préférable de cibler des zones plus restreintes mais d'y appliquer de réelles contraintes (Muet P. et al, 2006). Cela peut se faire en déterminant des PPI ou PPR satellites (en fonction de la possibilité

d'acquérir les parcelles concernées) ou bien en divisant le PPR en deux catégories « PPR classique » et « PPR à zones sensibles ». Les retours d'expérience des DD ARS sont bien plus positifs pour ce type d'approche. Par ailleurs, les prescriptions d'aménagements des pertes et points d'infiltration rapide (talus, bassins tampon, ...) sont efficaces pour écrêter des pics de dégradation des eaux brutes.

Dans les PPE, il est impossible d'interdire certaines activités. Dans le cas des ressources karstique il est tout de même intéressant de définir un PPE correspondant généralement à l'ensemble du BA. Ce PPE permet d'identifier une zone de vigilance dans laquelle une attention particulière devra être portée lors du développement d'activité ou de l'élaboration de projets d'aménagement du territoire.

Dans tous les cas, le degré de protection que l'on peut assurer par des PPC en terrain karstique n'est pas le même qu'en milieu poreux. Les PPC seuls ne peuvent pas résoudre les problèmes de turbidité et de contamination microbiologique et parasitaire des eaux karstiques. Au vu de la complexité des systèmes karstiques et du coût des études hydrogéologiques, il y a parfois des erreurs de délimitation des BA. Par conséquent, en parallèle de l'instruction des dossiers de DUP, il est indispensable de mettre au place des solutions de sécurisation : mesures de gestion de la turbidité, traitements de l'eau, ressource de secours, interconnexion, système de surveillance, station d'alerte, ...

Il est important de noter que les PPC n'ont pas vocation à protéger le captage des pollutions diffuses. D'autres outils doivent être mis en œuvre pour résoudre ce type de problème, c'est notamment le cas des AAC (décret du 14 mai 2007).

Enfin, une fois les procédures terminées, il est fréquemment constaté un manque d'animation et de contrôle de l'application des prescriptions. Les élus locaux sont parfois retissant à exercer leur mission de police (enjeux économiques, politiques, ...) ou sont dans l'incapacité de le faire si le PPC se situe en dehors de leur territoire.

Les ouvrages de captage karstiques et les traitements :

Une bonne qualité de l'EDCH exige des ouvrages bien conçus, en bon état et bien entretenus. Or de nombreux captages nécessiteraient des travaux et un meilleur entretien. De plus, une méconnaissance technique des procédés de désinfection ou un défaut de surveillance sont régulièrement constatés pour les petits réseaux.

Les gestions de la turbidité par by-pass et l'utilisation de stock d'eau présentent fréquemment des difficultés à respecter les seuils de turbidité imposés par la réglementation. L'autonomie de desserte pour permettre l'alimentation durant la mise en décharge des eaux turbides est souvent insuffisante. Pour rappel, les systèmes de

désinfection ne sont efficaces, que si la turbidité est gérée de manière à ne pas dépasser 1 NFU. En cas d'absence de sécurisation de la ressource karstique par une ressource de secours non turbide ou une interconnexion, il est très fortement conseillé de disposer d'un traitement de la turbidité par rétention physique efficace: filtre à sable ou ultrafiltration (UF).

Le choix du traitement doit prendre en compte plusieurs paramètres notamment: la vulnérabilité de la ressource (historique de la turbidité d'un an au minimum), le coût de l'installation et de son fonctionnement (contrat de maintenance, consommation d'énergie), l'espace dont on dispose et la technicité nécessaire pour réaliser les entretiens et les maintenances. Il est constaté que dans de nombreux cas, les traitements nécessaires pour sécuriser les ressources karstiques ne sont pas à la portée de la PRPDE. Quel que soit le traitement choisi, il doit dans l'idéal être efficace contre les bactéries et les parasites. Un système multi-barrière, comprenant par exemple un système de filtration, un UV et un traitement au chlore pour la rémanence est fortement conseillé.

Le plan gestion et de sécurité sanitaire des eaux (PGSSE) :

Le PGSSE consiste en une approche globale visant à garantir en permanence la sécurité sanitaire de l'approvisionnement en eau destinée à la consommation humaine (EDCH). Les DD ARS questionnées sur ce sujet envisagent généralement d'inciter dans un premier temps les grosses structures à se lancer dans la démarche. En revanche, pour les petites collectivités, les priorités concernent plutôt les fondamentaux : l'instruction de procédure de DUP de PPC ou la mise en place de traitement ou de moyen de sécurisation.

Gouvernance :

Un décalage important a été constaté entre les actions et résultats des PRPDE des petites collectivités d'une part et les exigences réglementaires d'autre part. Une montée en compétence des services AEP ainsi qu'une mutualisation des moyens humains et financiers a été jugée nécessaire. C'est pourquoi, le transfert des compétences eau des communes vers les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) a été rendu obligatoire par la loi NOTRe (2015) et devra être réalisé pour le 1er janvier 2026. Ce transfert n'est pas toujours bien compris et accepté par les élus.

Il existe des grosses différences de structuration d'un département à un autre. Certains départements ont déjà regroupé leurs services eau alors que d'autre comme l'Aveyron ont encore beaucoup de travail à réaliser à ce sujet.

Les principaux freins à l'avancée des projets de sécurisation des captages karstiques :

Les PRPDE actives et souhaitant améliorer la sécurité sanitaire de leurs captages se heurtent à différentes barrières. Les DD ARS questionnées sur le sujet répondent bien souvent que ce sont les petites collectivités qui ont le plus de difficultés. En effet, les exigences réglementaires sont les mêmes peu importe la taille de la collectivité. Cela se justifie car chaque français a le droit à la même sécurité sanitaire. Cependant plus une collectivité est petite et moins elle dispose de moyen financier et humain et plus il est difficile d'amortir les projets. Le principal frein relevé est l'obtention de financement les freins suivants concernent les compétences techniques et administratives des collectivités.

Travailler en transversalité avec les acteurs du territoire est indispensable :

L'ARS dans toutes ces missions sur les EDCH est amené à interagir avec de nombreux services de l'État et acteurs du territoire. Pour que notre action soit efficace, il est indispensable que nous définissions une politique départementale. Nous devons nous concerter avec les autres acteurs afin d'identifier les projets que nous avons en commun pour avancer chacun dans nos domaines de compétences mais ensemble. Cela nécessite d'organiser des réunions d'échanges de communiquer davantage.

Concernant les procédures DUP, il est crucial de faire adhérer acteurs du territoire au projet. Les DD ARS expliquent que dans de nombreuses situations, l'organisation de réunions en amont avec la chambre d'agriculture, les PRPDE et les acteurs concernés permet d'identifier les points de blocage éventuels et favorise l'acceptation des prescriptions.

4.2. Etat des lieux de la situation Aveyronnaise

Suite aux échanges avec les 9 DD ARS, il m'a été possible de réaliser un état des lieux de la situation aveyronnaise. Le tableau suivant présente sous forme de matrice SWOT les points les plus importants relatifs à la sécurisation des ressources karstiques en l'Aveyron.

Tableau XX : matrice SWOT (Strengths - Weaknesses - Opportunities - Threats) relative à la sécurisation des ressources karstiques en Aveyron.

<p>Point forts :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'Aveyron est un département peu concerné par les problématiques de pesticides et de nitrate. • Les grandes études hydrogéologiques réalisées par le PNRGC ont permis de délimiter au moins partiellement la majorité des bassins 	<p>Faiblesses :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La synergie entre les acteurs du territoire (préfecture, Conseil Départemental et chambre d'agriculture notamment) mériterait d'être améliorée. • La gouvernance AEP est très morcelée en Aveyron ce qui multiplie nos interlocuteurs.
--	--

<p>d'alimentation karstiques présents sur le département.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les suivis annuels réalisés par le PNRGC améliorent la connaissance du fonctionnement des sources (suivi des débits, études de pollutions, ...) • De gros progrès ont été apportés sur la qualité bactériologique des eaux distribuées sur les 5 dernières années grâce à la mise en place de systèmes de désinfection 	<p>Beaucoup de communes Aveyronnaise sont en régie municipale et les structures de regroupement sont petites et nombreuses. (annexe 21)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les zones karstiques sont majoritairement situées en zones rurales. Les abonnés étant peu nombreux, les moyens humains et financiers des PRPDE sont souvent limités.
<p>Opportunités :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La nouvelle réglementation (Directive 2020/2184) prévoit de renforcer la surveillance effectuée par les PRPDE. • Tous les ans l'Agence de l'eau Adour-Garonne a un budget spécifique pour les zones rurales à revitaliser • Le traitement de la turbidité est éligible aux aides de l'Agence de l'eau Adour Garonne dans son 11ème programme alors que peu de paramètres ont été retenus. 	<p>Menaces :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 79 % des captages doivent faire l'objet d'une procédure de DUP (ou d'une révision). Tant que les PPC ne sont pas arrêtés, nous n'avons pas de maîtrise de l'évolution des activités sur le BA. • Depuis plusieurs années, les coûts des travaux augmentent alors que les taux de subvention diminuent. • Peu de collectivités Aveyronnaises semblent prêtes à engager un PGSSE

5. Propositions d'actions

5.1. Définir les réseaux que l'on souhaite prioriser

Au cours de mon stage, j'ai pu présélectionner les réseaux pour lesquels le risque sanitaire est le plus important. Je me suis basée sur une analyse multicritère prenant en compte : la qualité de l'eau, le type de filière de traitement, l'état d'avancement de la procédure DUP, la date du dernier avis hydrogéologique, la population desservie. J'ai ainsi pu identifier 16 réseaux sur lesquels il serait opportun d'agir en priorité. La présélection pourra être ajustée en fonction d'autres critères nécessitant la recherche d'information : présence de turbidimètres, présences d'enjeux particulier (établissements sensibles, industries agroalimentaires, activités présentes sur les bassins d'alimentation ...) et moyen de sécurisation. Les réseaux pouvant prétendre à des subventions (agence de l'eau et CD) seront préférentiellement choisis. Enfin, la motivation des PRPDE sera prise en compte. En l'absence de leur coopération, il est complexe de faire avancer les dossiers.

Dans un premier temps, au vu des effectifs du service, il est préférable de se limiter à 8-10 réseaux afin d'être en capacité à suivre les dossiers de manière assidue. En fonction de la charge de travail, d'autres réseaux pourront être ajoutés.

5.2. Mobiliser les acteurs de terrain

5.2.1. Fédérer les acteurs du territoire autour de nos priorités

Si l'on veut que nos actions soient efficaces, il est indispensable d'impliquer tous les acteurs du territoire et de travailler en transversalité. Une première étape peut être de réunir en Mission Inter-Services de l'Eau et de la Nature (MISEN) la préfecture, la Direction Départementale des Territoires (DDT), la direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL), l'Agence de l'eau et l'Office français de la biodiversité (OFB) afin de présenter notre projet.

L'objectif étant de faire converger nos actions et de définir un plan d'actions commun qui réponde aux priorités que nous nous sommes fixées précédemment et qui soit cohérent avec les objectifs de tous les partenaires. Il est essentiel que le préfet valide ce plan en amont de sa mise en œuvre afin que nous soyons assurés de son soutien en cas de difficultés. Dans un second temps, en fonction des territoires, d'autres acteurs pourront être associés au projet par exemple les syndicats de bassin ou le PNRGC.

5.2.2. Travailler l'accompagnement financier et technique

Un des principaux leviers à l'avancée des projets est l'obtention de financement. C'est pourquoi, l'ARS doit œuvrer pour que des aides publiques soient allouées aux projets et aux problématiques sanitaires qu'elle juge prioritaires. Il est de notre devoir de faire remonter les difficultés financières que rencontrent les PRPDE auprès des financeurs (préfecture, Agence de l'eau, CD, ...). Certes, la marge de manœuvre reste faible mais ce facteur étant clé, il est impératif d'explorer cette voie.

En Aveyron, les dotations d'équipement des territoires ruraux (DETR) de la préfecture ne sont jamais attribuées pour des projets concernant l'eau potable, or c'est le cas dans de nombreux départements. Des négociations avec la préfecture à ce sujet sont à envisager. Les subventions accordées par l'Agence de l'eau peuvent être majorées dans le cadre d'appels à projet sur une thématique spécifique. Les DD ARS doivent s'organiser pour faire remonter nos problématiques et priorités à l'ingénieur ARS référent de bassin à l'Agence de l'eau. Cet ingénieur doit négocier avec l'Agence de l'eau afin que les thématiques choisies pour les appels à projet soient cohérentes avec les sujets que l'on souhaite porter.

Un autre levier important est l'accompagnement technique et administratif des collectivités. Les appels à projets de l'Agence de l'eau sont souvent de courte durée. Ce

qui exigent des PRPDE qu'elles disposent des données et du personnel nécessaire pour être en capacité de monter un dossier de réponse à l'appel d'offre très rapidement. Souvent, les grosses structures sont en capacité de répondre à ces appels d'offre mais ce n'est pas nécessairement le cas des plus petites structures qui ne peuvent alors pas bénéficier d'aides renforcées. Or 70 % des captages karstiques aveyronnais alimentent moins de 500 habitants et sont gérés par de petites structures. Ainsi, l'ARS peut agir en incitant les collectivités que l'on priorise à se préparer en amont des appels d'offres et les orienter vers le CD pour qu'elles soient assistées dans l'élaboration de leur dossier.

Le CD dispose de Service d'Assistance Technique qui accompagne les collectivités dans différents domaines. En Aveyron, le Service d'Assistance Technique à l'exploitation des ouvrages d'Eau Potable (SATEP) n'est pas très impliqué auprès des collectivités. L'ARS pourrait tenter d'échanger avec le CD en mettant en avant le besoin de nombreuses collectivités d'une assistance sur l'eau potable plus active sur le territoire.

Le CD dispose également d'une assistance à Maîtrise d'ouvrage (AMO) pour les collectivités : Aveyron Ingénierie. Cette structure constitue une aide précieuse pour les collectivités qui les aide à amorcer et faire avancer les dossiers. Cependant, il serait utile de mieux partager notre priorisation des dossiers avec Aveyron Ingénierie. Pour ce faire, il serait souhaitable de mettre en place un planning annuel de réunions d'échanges concernant l'avancement, les difficultés rencontrées, et les moyens employés pour débloquer certaines situations. Cela permettrait d'éviter l'enlisement de certains dossiers.

5.2.3. Agir sur la gouvernance

En Aveyron trop de PRPDE ne disposent pas de services techniques adaptés aux réseaux desservis et ont des moyens financiers très limités. Il est nécessaire de mutualiser des moyens techniques, financiers et humains afin d'améliorer la gestion des services eau potable. Cependant, les PRPDE s'opposent parfois aux projets de mutualisation et refusent le transfert de leurs compétences sur l'eau potable. Un réel frein politique se fait parfois sentir. L'ARS doit mener des actions de sensibilisation afin de montrer le bénéfice qu'elles auront à aller vers ce regroupement. Il est parfois nécessaire de faire prendre conscience au PRPDE que les actions qu'elles mènent ne sont pas suffisantes au regard des exigences réglementaires et qu'elles ne sont pas en capacité d'assurer un service de qualité en toute sécurité sanitaire.

L'ARS pourra en cas de nécessité utiliser comme moyen de pression la communication sur la qualité de l'eau (bulletins sanitaires, limitations d'usage, fiche d'information annuelle) et / ou rendre des avis sanitaires défavorables sur justifications (urbanisme, classement tourisme, ...). Des inspections pourront également être menées afin de montrer les lacunes du service et donc la nécessité de regroupement et de faire monter

en compétence les services eau potable. Ce sont des actions efficaces mais très chronophages. C'est pourquoi il faudra veiller à utiliser l'inspection uniquement pour les situations les plus critiques.

L'ARS doit se rapprocher des autres services de l'État afin d'agir en synergie pour inciter et accompagner les EPCI à se préparer au transfert de compétence eau rendu obligatoire au 1er janvier 2026. Il est nécessaire que les EPCI se préparent et anticipent les actions à mener pour être aptes à assurer cette compétence. Il est fortement conseillé qu'elles missionnent un bureau d'étude pour préparer ce travail (mutualisation du personnel, du budget, des compétences techniques, ...). Il est également possible de définir une Schéma Directeur AEP à l'échelle de l'EPCI.

Outre les EPCI, d'autres structures peuvent permettre des regroupements de compétences. En Aveyron, il n'existe pas de syndicat départemental d'alimentation en eau potable (SDAEP). Ce type de syndicat peut créer une régie départementale et mutualiser les moyens pour les communes qui y adhèrent. Cela ne résout pas nécessairement l'aspect financier. En revanche cela permet de recruter une personne chargée d'impulser des dynamiques et du personnel technique plus qualifié. C'est une piste qui doit être explorée avec le CD notamment pour les communes envisageant de demander une délégation de compétence de l'EPCI en leur faveur en 2026.

5.3. Mobilisation des PRPDE

Une fois les réseaux que l'on souhaite cibler définis et les acteurs du territoire mobilisés, il est possible de passer à la phase opérationnelle du plan d'action en mobilisant les PRPDE.

Dans un premier temps, une réunion de présentation et d'échanges sera organisée par l'ARS en présence les acteurs du territoire (CD, agence de l'eau, préfecture, ...) avec les PRPDE « sélectionnées ». L'objectif sera de leur rappeler les enjeux sanitaires, les obligations des PRPDE en lien avec l'eau potable et leurs responsabilités dans ce domaine.

Enfin, nos attentes pour les prochains mois seront précisées :

- 1) Transmission des données d'enregistrement de la turbidité (historique sur 5 ans + mensuels à venir)
- 2) Transmission du bilan de la surveillance : suivi / entretien des installations, qualité de l'eau, ... (historique sur 5 ans + mensuels à venir)
- 3) Proposition d'un projet pour sécuriser et améliorer la qualité de l'eau (sous 12 mois)
- 4) Proposition d'un planning de mise en œuvre des mesures (sous 12 mois)

Il est en effet essentiel de disposer d'enregistrements en continue de la turbidité (sans plafonnement des mesures) pour s'assurer de l'adéquation de la ressource avec le traitement en place, pour déterminer le traitement le plus adapté s'il n'en existe pas ou pour définir les PPC et prescriptions. Aussi, une demande d'installation de turbidimètres enregistreurs, sera faite pour tous les réseaux n'en possédant pas. En cas de refus d'en installer par la PRPDE, un CS renforcé sera mis en place par l'ARS avec des instructions au laboratoire de réaliser les analyses après de fortes pluies. Si des non conformités sont mises en évidence, une mise en demeure de mettre en place un turbidimètre pourra être formulée.

Dans l'attente des propositions de sécurisation, un protocole de gestion du paramètre turbidité sera conclu avec les PRPDE. Ce protocole prévoira la mise en place d'un by-pass des eaux brutes en cas de dépassement de 2 NFU. L'alimentation se fera sur les eaux stockées. En cas de pénurie d'eau (stock insuffisant) et de nécessité de réalimentation du réseau, une restriction de l'usage alimentaire et une distribution d'eau en bouteille seront mises en place. Avant la remise en eau, un nettoyage des réservoirs, une purge du réseau ainsi que des analyses microbiologiques seront réalisés. Le SATEP en lien avec l'ARS, pourra accompagner les collectivités dans leur gestion de la turbidité.

Au cours du délai de 12 mois, l'ARS jouera un rôle d'accompagnateur et de conseil. Les acteurs du territoire seront mobilisés en fonction des situations et des projets (aides financière, aide technique, AMO). Une surveillance accrue de la qualité de l'eau sera effectuée par l'ARS sur la base des données de l'auto-surveillance recueillis. L'ARS conseillera les PRPDE sur les moyens de sécurisation de leurs ressources à mettre en place : traitements et DUP de PPC mais également interconnexions, recherche de ressources de secours, mise en place de stations d'alerte, ou création d'une réserve foncière notamment.

A l'échéance des 12 mois, les projets des PRPDE seront évalués. Si les propositions et le planning sont appropriés, ils seront validés par l'ARS qui suivra l'avancée du planning en continuant son accompagnement de la PRPDE jusqu'à l'arrivée à terme des projets. En revanche, si les propositions sont inexistantes ou insuffisantes l'ARS prendra des arrêtés préfectoraux qui en fonction des situations mettront en demeure les PRPDE de mettre en place un traitement de l'eau, et / ou de réaliser les entretiens et la surveillance des installations et/ ou de régulariser administrativement les captages sous un délai de 2-4 ans.

En dernier recours, en cas de risque sanitaire élevé, d'absence de projet proposé par la PRPDE et de non réaction aux mises en demeure, l'éventualité d'une consignation de sommes afin de réaliser des travaux d'office pourra être discutée avec le préfet.

5.4. La régularisation administrative des captages karstiques prioritaires

La démarche de protection d'un captage n'est cohérente que si elle est globale. Pour les ressources karstiques, même les PPC les plus adaptés ne seront jamais suffisant pour garantir une bonne qualité de l'eau. C'est pourquoi la procédure de DUP de PPC se fait dans une démarche globale d'évaluation de la filière traitement de l'eau qui est en place et des moyens de sécurisation envisageables. Il n'existe pas de protection type applicable à toutes les situations. Les choix de sécurisation dépendent des préconisations de l'hydrogéologue, de celles de l'ARS, du contexte politique local et de la capacité financière de la collectivité. Notre rôle d'accompagnateur et de conseil est primordial.

C'est une démarche qui est longue et nécessite beaucoup d'investissement pour les services SE de l'ARS. Il faudra donc prioriser dans un premier temps les dossiers ayant les enjeux les plus importants (débits et populations desservies important ou établissements sensibles à l'aval) et pour lesquels les PRPDE sont motivés et moteurs. Il faut dans la mesure du possible planifier le lancement des procédures et caler leur avancement afin d'être en mesure d'assurer le suivi de chaque dossier de manière optimale.

En fonction des départements, la chambre d'agriculture peut avoir un rôle facilitateur pour sensibiliser les agriculteurs, pour récupérer les données sur leurs pratiques agricoles et pour amorcer le dialogue dans le cadre de la mise en place des prescriptions visant les activités agricoles sur le PPR notamment. Cependant dans d'autres départements les échanges avec la chambre d'agriculture ont parfois tendance à aggraver les situations conflictuelles car elle a trop de parti pris. En Aveyron, bien que les pollutions diffuses ne soient pas prégnantes, certains dossiers comportent un enjeu agricole. Un travail d'échanges et de coopération est à mettre en place et à développer avec la Chambre d'Agriculture.

Si l'on souhaite que les prescriptions s'appliquant aux PPC soient respectées, il faut qu'elles soient acceptées par les agriculteurs et les acteurs présents sur les PPC. Or les services de l'Etat n'ont pas les capacités de prendre en charge cet aspect et les PRPDE ne sont pas toujours objectives. L'ARS doit identifier des relais pour prendre en charge ce type d'action. Dans une certaine mesure le PNRGC peut participer à ce type d'action. De plus, les syndicats de rivières et de bassins peuvent, dans certains cas, jouer un rôle de conciliateur entre les enjeux agricoles et la préservation de la ressource. En tant qu'acteur de terrain, ils sont en capacité de mobiliser des personnes et d'engager le dialogue.

Enfin, l'aboutissement de la procédure DUP n'est pas une finalité en soit. Pour que la protection soit efficace, il est impératif qu'il y ait un suivi des prescriptions sur le terrain et

que les PRPDE mobilisent d'autres outils (PLUi, opération sensibilisation des agriculteurs, ...). Il est important que l'ARS veille à l'implication des PRPDE sur ce sujet.

Conclusion

Le travail présenté dans ce rapport a permis d'identifier les ressources karstiques présentes dans le département et de déterminer qu'un quart de la population aveyronnaise est alimenté par une EDCH d'origine karstique. La méthode employée pour identifier les captages karstiques et notamment l'indicateur « Score karst/5 » pourra être réutilisée pour d'autres départements.

En Aveyron la sécurisation des ressources karstiques reste fragile : 92 % des captages n'ont pour traitement qu'une simple désinfection, 76 % des stations de traitement ne sont pas équipées contre le risque parasitaire, 79 % des procédures de DUP des PPC sont à instruire et très peu de captages sont sécurisés par une interconnexion ou une ressource de secours.

Un travail important est à réaliser pour améliorer la sécurisation des ressources karstiques et éviter la mise en place de restriction d'usage de l'EDCH en cas de NC bactériennes ou de la turbidité. 70 % des captages karstiques étant situés en zones rurales, les principales difficultés rencontrées par les PRPDE sont des problèmes de compétences et de moyens : humains, techniques et financiers. Pour agir sur la gouvernance, les financements et l'accompagnement technique et administratif des PRPDE, l'ARS doit mobiliser les acteurs du territoire sur ce sujet afin d'agir en transversalité.

Enfin, les ressources karstiques étant particulièrement vulnérables leur sécurisation ne peut qu'être globale. Le volet préventif dans le cadre des DUP de PPC doit être adapté spécifiquement pour ce type de ressources et pourra en aucun cas garantir la même protection que pour une ressource non karstique. Aussi, un volet curatif est inévitable pour les ressources karstiques. Ce volet doit inclure une gestion de la turbidité, et/ou la mise en œuvre d'une filière de traitement adaptée et si possible une sécurisation par interconnexion ou ressource de secours.

Enfin, l'évolution des activités sur les causes et le changement climatique sont à l'origine de conflits d'usages de plus en plus manifestes et qui menacent les ressources d'eaux karstiques. Il devient impératif de concilier l'enjeu eau potable et les enjeux sociaux et économiques. Afin de protéger les ressources, la sécurisation des captages karstiques doit être améliorée rapidement.

Bibliographie

Textes règlementaires :

Directive (UE) 2020/2184 du Parlement Européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

Décret n°2007-882 du 14 mai 2007 relatif à certaines zones soumises à contraintes environnementales et modifiant le code rural

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif au programme de prélèvements et d'analyses du contrôle sanitaire pour les eaux fournies par un réseau de distribution, pris en application des articles R. 1321-10, R. 1321-15 et R. 1321-16 du code de la santé publique

Circulaire DGS/SD7 A n° 2003-633 du 30 décembre 2003 relative à l'application des articles R. 1321-1 et suivants du code de la santé publique concernant les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux minérales naturelles

Publications scientifiques :

M. Bakalowicz, (2003). Karst et érosion karstique. Montpellier : Florence Kalfoun

A. Blum, L. Chery, J. Barbier, D. Baudry, E. Petelet-Giraud (2002). Contribution à la caractérisation des états de référence géochimiques des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Volume 1 : Rapport principal. Paris : BRGM/RP-51549-FR

A. Blum, J. Barbier, L. Chery, E. Petelet-Giraud (2001). Contribution à la caractérisation des états de référence géochimiques des eaux souterraines. Outils et méthodologie. Paris : BRGM/RP-51093-FR

Carré J., Oller G., Mudry J. (2010). Quelle protection pour les captages d'eau destinée à la consommation humaine en zone karstique ? *Environnement, Risques & Santé* – Vol. 9, n°1. DOI : 10.1684/ers.2010.0317.

CHERY L. (2006). Qualité naturelle des eaux souterraines Méthode de caractérisation des états de référence des aquifères français. Paris : Brgm ISBN 10 : 271590973x - ISBN 13 : 9782715909731

Doerflinger N., Zwahlen F., Meylan B., Tripet J.-P., Wildberger A. (1997). Vulnérabilité des captages en milieu karstique : nouvelle méthode de délimitation des zones de protection : méthode multicritère EPIK. GWA. 77 : 295-302.

Dörfliger N., Plagnes V. (2009). Cartographie de la vulnérabilité intrinsèque des aquifères karstiques. Guide méthodologique de la méthode PaPRIKa. BRGM : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-57527-FR.pdf>

Kavouri K., Plagnes V., Tremoulet J. et al. (2011) PaPRIKa: a method for estimating karst resource and source vulnerability-application to the Ouyse karst system (southwest France). Hydrogeology Journal 19:339-353. doi:10.1007/s10040-010-0688-8

Lorette G. (2019). Fonctionnement et vulnérabilité d'un système karstique multicouche à partir d'une approche multi-traceurs et d'un suivi haute-résolution : application aux Sources du Toulon à Périgueux (Dordogne, France). Université de Bordeaux, 2019. Français. NNT : 2019BORD0116.

Muet P., Vier E., Cadilhac L., Marchet P., Humbert D. (2006). Procédures de protection des captages d'alimentation en eau potable en milieu karstique en France : Bilan et préconisations. Cahiers de l'Association Scientifique Européenne pour l'Eau et la Santé. Vol. 11 - N°1-2006 (p.41 à 48).

Ollivier C., Lecomte Y., Chalikakis K. et al. (2019) A QGIS plugin based on the PaPRIKa method for karst aquifer vulnerability mapping. Groundwater, 57: 201-204. doi:10.1111/gwat.12855, hal:hal-02004758

Tripet J.-P., Doerflinger N., Zwahlen F. (1997). Vulnérabilité mapping in karst areas and its uses in Switzerland. Hydrogeologie. 3 : 51-7.

Guides :

Ministère de la santé et des sports (2008). Protection des captages d'eau, acteurs et stratégies. Guide technique. Paris : ministère de la Santé et des Sports.

Muet P. et Vier E. (2010). Stratégie de protection des ressources karstiques utilisées pour l'eau potable – Guide Pratique. Agence de l'eau Adour-Garonne.

Rapport hydrogéologique :

P. Chemin, hydrogéologue agréé (Mai 2012). SIAEP du Larzac - Captage AEP de la source karstique du Durzon : révision des limites du périmètre de protection rapprochée. Rapport hydrogéologique.

Sites internet :

<http://rese.intranet.sante.gouv.fr/>

<https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/erosion-karstique.xml>

<https://bdlisa.eaufrance.fr/>

<https://www.parc-grands-causses.fr/>

<https://sigesocc.brgm.fr/?page=carto>

<https://sokarst.org/logiciels/paprika/>

https://www.tourisme-aveyron.com/fr/diffusio/sites-naturels/la-source-du-durzon-nant_TFO387279538846

<https://www.philippe-crochet.com/galerie/karst/details/84/sources-karstiques/1076/h-08-0065-grotte-du-boudoulaoun-en-crue-aveyron>

Liste des annexes

Annexe 1 : Organisation du stage sous forme de diagramme de Gantt	II
Annexe 2 : Liste des entretiens professionnels réalisés au cours du stage	III
Annexe 3 : Récapitulatif des visites de terrain et des entretiens avec les DD ARS	IV
Annexe 4 : Points positifs et difficultés rencontrées lors du stage d'études	V
Annexe 5 : Questionnaire soumis à l'oral aux PRPDE ou Exploitant rencontrés	VI
Annexe 6 : Fiches récapitulatives des visites de terrain	VIII
Annexe 7 : Carte des zones karstique de France.....	XXI
Annexe 8 : Questionnaire sur la sécurisation des EDCH issues de ressources karstiques envoyé par mail pour réponses écrites aux 9 DD ARS sollicitées	XXII
Annexe 9 : Cartes des traçages répertoriées par le PNRGC	XXIX
Annexe 10 : Carte des bassins d'alimentation des sources karstique sur le territoire du PNRGC et zooms sur les bassins d'alimentation du Durzon et de l'Espérelle.....	XXXI
Annexe 11 : Coupe schématique des formations géologiques du causse du Larzac et des avants causses.....	XXXIII
Annexe 12 : Principaux causses présents en Aveyron	XXXIV
Annexe 13 : Localisation des captages AEP actifs en Aveyron.....	XXXV
Annexe 14 : Etats de référence des calcaires libres français (L. Chery, 2006).....	XXXVI
Annexe 15 : Valeurs des états de référence des calcaires libres français retenues pour établir le score « Score karst/5 ».....	XXXVIII
Annexe 16 : Localisation des captages AEP des groupes 5, 6 et 7.....	XXXIX
Annexe 17 : Tableaux et figures concernant les bilans faits sur les ressources karstiques AEP actives Aveyronnaises.	XLII
Annexe 18 : Extrait de la thèse de G. Lorette (2019) Schéma conceptuel de transfert des particules, COD, NO ₃ - et bactéries pendant les crues aux sources du Toulon	XLV
Annexe 19 : Zones d'incertitude du bassin d'alimentation de la source karstique du Durzon (A à I) SIAEP du Larzac	XLVIII
Annexe 20 : Photographies des résurgences du Boundoulaou (Creissels) et du Durzon (Nant Larzac) et extrait du site de l'office du tourisme de l'Aveyron	XLIX
Annexe 21 : Carte de la gouvernance du service AEP en Aveyron.....	LI

Annexe 1 : Organisation du stage sous forme de diagramme de Gantt

Semaines de stage	2022										
	Avant le stage	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39	S40	S41	S42
		16/08	22/08	29/08	05/09	12/09	19/09	26/09	03/10	10/10	17/10
Réflexion sur le sujet de stage et recherches bibliographiques											
Recensement des hydrogéologues et des PRPDE / Exploitants à contacter et préparation des entretiens (questionnaire)											
Réalisation des entretiens avec les hydrogéologues et des PRPDE / Exploitants											
Identification des captages karstiques : 1) extraction SISE-Eaux											
Identification des captages karstiques : 2) cartographie des captages AEP et des zones karstifiées.											
Identification des captages karstiques : 3) analyse de la qualité physicochimique des eaux											
Identification des captages karstiques : 4) synthèse des données, lecture des rapports hydrogéologiques et détermination de la liste finale											
Bilans de la qualité de l'eau et des protections par DUP des PPC des sources d'EDCH Aveyronnaises											
Détermination des départements français concernés par le karst et prise de RDV avec les ARS											
Réalisation des entretiens avec les ARS											
Construction d'une proposition d'action afin d'améliorer la sécurisation des ressources karstiques en Aveyron											
Rédaction du rapport											
Présentation du travail au service SE DD Aveyron											
Points avec le maître de stage		x	x		x		x		x	x	x
Echange avec ma référente pédagogique de l'EHESP	x			x		x			x	x	

Annexe 2 : Liste des entretiens professionnels réalisés au cours du stage

Catégorie	Nom	Fonction
Hydrogéologues	M. Danneville	Directeur Général Adjoint du Parc Naturel Régional des Grands Causses Et Hydrogéologue agréé coordinateur départemental de l'Aveyron
	M. Apolit	Assistant gestion hydrogéologue au Parc Naturel Régional des Grands Causses
	M. Marchet	Expert Eau Souterraine à l'Agence de l'eau Adour Garonne Et Hydrogéologue Agréé
	M. Chemin	Chef de la division Milieux Marins et Côtiers de la DREAL Occitanie Et Hydrogéologue
	M. Carré	Professeur à l'EHESP retraité et hydrogéologue agréé coordinateur
	M. Paretour	Ingénieur Hydrogéologue au Syndicat Mixte des eaux de la Dordogne (syndicat départemental)
	Mme Jacquemain	Hydrogéologue au Conseil départemental de la Dordogne
PRPDE / Exploitant	M. Creyssels	Responsable d'exploitation Eau potable-Travaux chez Véolia Eau (Millau et Larzac)
	M. Laborie	Président du Syndicat Larzac-Durzon
	M. Arnal	Responsable d'exploitation Eau potable-Travaux chez Véolia Eau (Muret le Château)
	M. Bobek	Responsable d'équipes Usines Eaux Potables
	M. Pescayre	Responsable du service Urbanisme / Aménagement commune de Saint Affrique
	M. Roques	Responsable de la gestion des réseaux de la SA SAUR à Saint Affrique
	M. Caussat	Responsable technique de la commune de Roquefort
	M. Moulières	Maire de la commune de Viala du Pas de Jaux
	M. Montiel	Responsable de la qualité d'eau de Paris. Expert en procédés de traitement pour l'OMS et le Ministère de la santé
Agence de l'eau Adour Garonne	M. Rouy	Chargé d'interventions ressource en eau et milieux aquatiques Délégation Garonne et rivières d'Occitanie
ARS	M. Durand	ARS Occitanie Cellule Mutualisée Eau
	Mme Wilhelm	ARS Occitanie DD Haute Garonne
	M. Bouchilloux	ARS Occitanie DD Lot
	M. Bideau	ARS Occitanie DD Lozère
	Mme Dubois	ARS Occitanie DD Hérault
	Mme Bonnaud	ARS Nouvelle Aquitaine DD Charente
	Mme Gerbaud	ARS Nouvelle Aquitaine DD Charente
	M. Rolland	ARS Nouvelle Aquitaine DD Dordogne
	Mme Gérard	ARS Normandie DD Seine Maritime
	M. Gentet	ARS Bourgogne Franche Comté DD Doubs
	M. Kron	ARS Bourgogne Franche Comté DD Jura
	Mme Persello-Prainito	ARS Bourgogne Franche Comté DD Jura
	Mme Chanteperrix	ARS Auvergne Rhône Alpes DD Drôme

Annexe 3 : Récapitulatif des visites de terrain et des entretiens avec les DD ARS

Etude de 6 sources karstiques Aveyronnaises

Captage	PRPDE	Traitement	DUP
Aiguebelle	Commune du Viala du pas de Jaux	Simple désinfection (javel)	En cours
La Dragonnière	Commune de Saint Affrique	Simple désinfection (Cl2)	En cours
Tendigues	Commune de Roquefort	Simple désinfection (Cl2)	En révision 1976
L'Esperelle	Commune de Millau	Simple désinfection (Cl2)	Terminé 2001
Le Durzon	Syndicat du Larzac	Coag/Floc Décant Filtra + Cl2	En cours
Source des 12	Syndicat Montbazens-Rignac	Coag/Floc Décant Filtra + Cl2	Terminé 2007

Entretiens avec les DD ARS

Région	Délégation Départementale
ARS Nouvelle Aquitaine	DD Charente
ARS Nouvelle Aquitaine	DD Dordogne
ARS Normandie	DD Seine Maritime
ARS Bourgogne Franche Comté	DD Jura
ARS Bourgogne Franche Comté	DD Doubs
ARS Occitanie	DD Lozère
ARS Occitanie	DD Lot
ARS Occitanie	DD Hérault
ARS Auvergne Rhône Alpes	DD Drôme

Annexe 4 : Points positifs et difficultés rencontrées lors du stage d'études

Les principales difficultés que j'ai rencontrées sont les suivantes :

- Trouver du temps en amont du stage pour préparer le stage et commencer les premières étapes de travail (bibliographie, identification des captages à visiter, prise de rendez-vous, élaboration du questionnaire, ...). En effet, notre emploi du temps était très chargé en fin d'année ce qui ne nous laissait que peu de temps et sur des horaires pas toujours judicieux (maitre de stage ARS absent ou occupé, prise de RDV difficile, ...)
- Trouver une personne compétente pour m'expliquer comment faire de la cartographie sur QGIS. En Occitanie, l'ARS a mutualisé certaines missions à l'échelle régionale. Aussi une seule personne gère la cartographie toutes les autres n'ont qu'un accès de consultation. Cette personne n'étant pas sur site et étant très sollicitée elle n'a pas pu m'aider sur ce sujet. Ma référente pédagogique Mme Rousseau-Gueutin a heureusement pu m'expliquer les bases afin que je puisse réaliser mes différentes cartes.
- Le réseau informatique parfois insuffisant. J'ai dû reporter à plusieurs reprises des sessions de travail en cartographie car le logiciel ne fonctionnait pas et les extractions dans Business Object ont parfois dû être reportées.
- L'identification des ressources karstique a été plus chronophage que prévue ce qui a contraint le planning de fin de stage.
- Les analyses des données extraites de la base SISE-Eaux sont bien souvent plus complexes qu'il n'y paraît.

Les principaux points positifs du stage sont les suivants:

- Ce stage a été l'occasion de rencontrer de nombreux acteurs sur la thématique de l'eau avec qui je serai amenée à travailler.
- Les contacts que j'ai eus auprès d'autres ARS ont été très chaleureux. De nombreuses personnes m'ont proposé de rester en contact lors de ma prise de poste.
- Le stage est l'occasion d'approfondir un sujet et de prendre du recul sur nos missions ce qui est parfois difficile lorsque l'on est en poste.

Annexe 5 : Questionnaire soumis à l'oral aux PRPDE ou Exploitant rencontrés

Remarque : En fonction des discussions, certaines questions ont été reformulées ou n'ont pas pu être posées.

Questionnaire PRPDE / Exploitant

Nom prénom :

Parcours professionnel :

Intitulé de poste / Fonctions :

Depuis combien de temps exercer vous sur ce poste ou un poste similaire ?

Le débit :

Le débit de votre ressource a-t-il été enregistré sur une année ?

Etes-vous en pénurie d'eau ? à l'étiage.

Constatez-vous des évolutions quantitatives ou qualitatives dues au changement climatique ?

La turbidité :

Suivez-vous la turbidité en continu ? Avez-vous des enregistrements ?

Combien de jours par an la turbidité dépasse 2 NTU ?

Lors d'un épisode pluvieux, combien de jours sont nécessaire pour que la turbidité revienne en dessous de 2 NTU ?

Savez-vous que les contaminations bactériennes sont parfois en décalage avec les pics de turbidité ?

Comment gérez-vous les pics de turbidité ?

La qualité de l'eau

Quels traitements sont actuellement en place ?

Le traitement inclue-t-il une désinfection ? De quel type ?

Quelles sont les problèmes de qualité de l'eau ?

Les PPC :

Ressource protégée par DUP ? Rapport Hydro ?

Quelles sont les pressions anthropiques ? Sources de pollution ?

Des traçages ont-ils été réalisés ? PNRGC et/ou autre ?

Avez-vous rencontré des difficultés pour faire appliquer les prescriptions des AP DUP PPC ?

La sécurisation :

Comment est assurée la sécurité sanitaire de l'eau ? Ressource de secours, interconnexion, ...

Que pensez-vous de l'état actuel de vos installations et de la sécurisation de l'EDCH ?

D'après votre expérience quelles seraient les actions à mettre en œuvre qui amélioreraient la qualité et sécurisation de l'eau ?

Quelles sont les principales difficultés auxquelles vous devez faire face pour sécuriser la ressource ?

Quels sont les projets à court et plus long terme pour améliorer la sécurisation de l'eau ?

Quels sont les freins principaux à l'avancée des projets ?

Qu'est ce qui pourrait vous aider dans vos démarches ?

Annexe 6 : Fiches récapitulatives des visites de terrain

Captage : La Dragonnière

Commune : Saint Affrique

Situation : Avant Causse du Saint Affricain

Exploitant : CEMOP « Saint Aff'O »

Population aval du captage : 8 397 habitants

Dernier rapport hydrogéologique : 21/02/2019

DUP : En cours

Activité sur le Bassin d'alimentation : Activité agricole (fermes)

Traçages : réalisés par le PNRGC

Débit de la ressource suivie par le PNRGC (à droite : photo de la station de mesure du débit du ruisseau de Vailhauzy à l'aval de la Dragonnière)



Capacité/Autonomie réservoir : environ 24h (1400 m³)

Traitement : Simple chloration (automatique au chlore gazeux dans la canalisation avant le réservoir).

Gestion de la turbidité :

Turbidimètre avec enregistrement continu renouvelé en avril mai 2022.

Si détection de turbidité, basculement automatique sur le Forage de Vendeloves en nappe alluviale.

Quantité : pas de problème quantitatif

Sécurité : dispositifs anti-intrusion

Alimentation : gravitaire

Rendement du réseau : 80 % environ

Prix de l'eau : 2.7 euros / m³ (suffisant pour amortir les investissements prévus)

Projets : finir la procédure DUP + Travaux d'investissement (dont clôture)

Difficultés : problème foncier pour réaliser la DUP

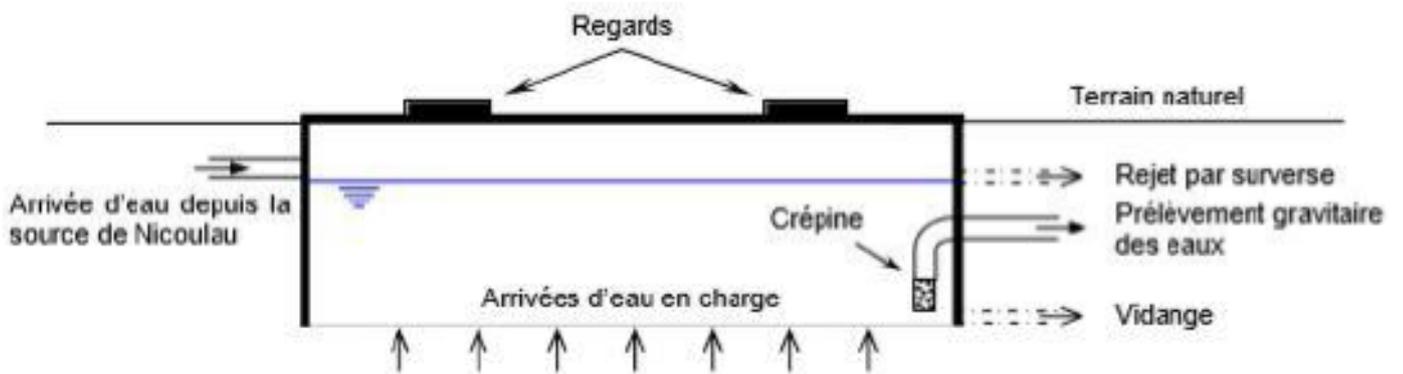
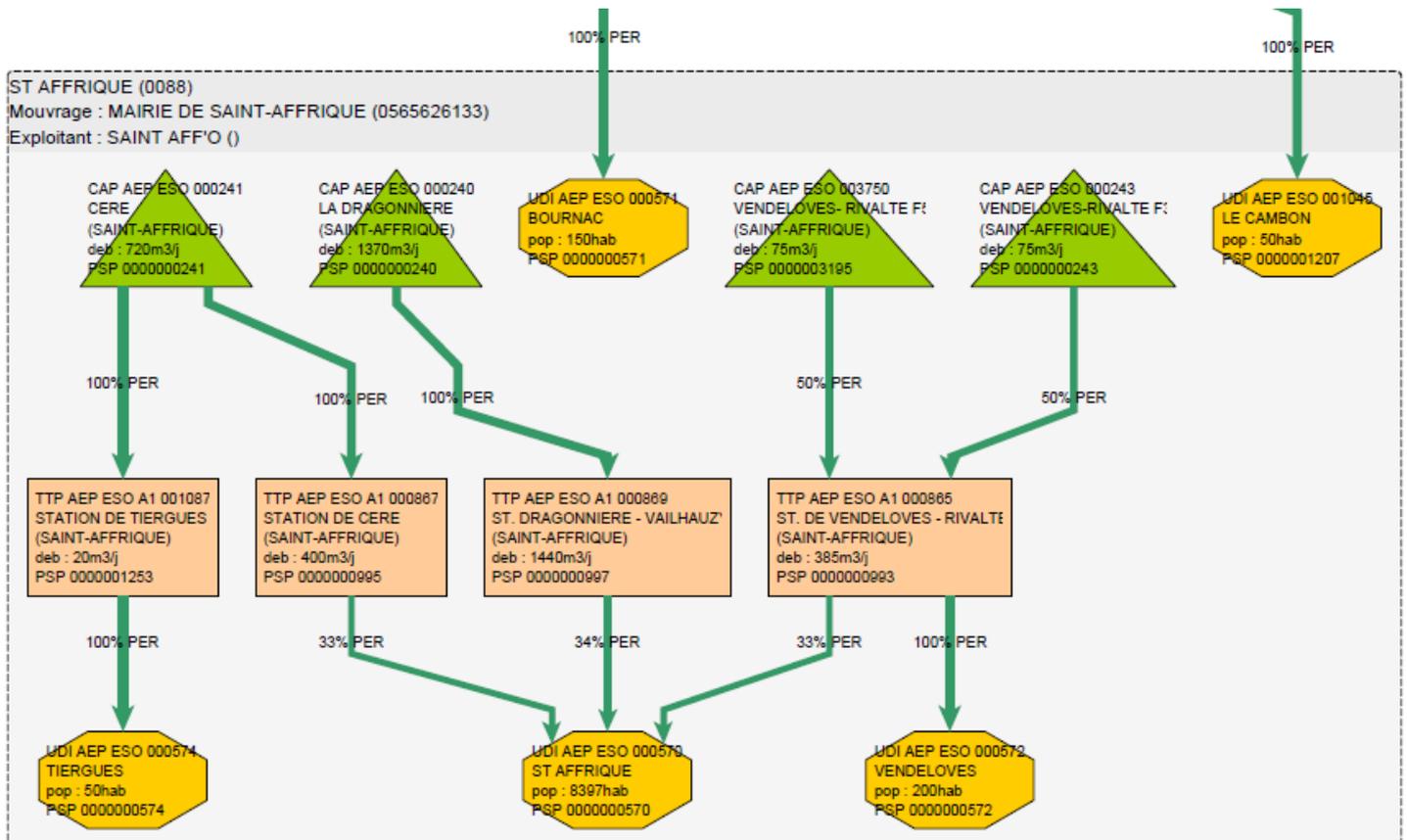


Schéma des aménagements du captage de « La Dragonnière »

Photo de l'extérieur et de l'intérieur du captage de la Dragonnière



Synoptique de la commune de Saint Affrique



Parc naturel régional
des Grands Causses

Etude hydrogéologique
des Avant-causses Saint-Affricains
et du Causse du Guilhaumard

Bassins d'alimentation des sources et traçages

Planche n°2
Version 3
Novembre 2015



Echelle : 1/45 000e
0 2 600 5 200 Mètres



Légende

Réseau routier

- Astaroute
- Route nationale
- Route départementale

Réseau hydrographique

- Cours d'eau permanent
- Surface en eau

Stations de suivi

- Type de suivi hydrogéologique :
- débit
 - chimie
 - * débit + chimie

Bassins d'alimentation

- Bassin d'alimentation hydrogéologique
- 11,15 km² surface du bassin en km²
- Bassin d'alimentation dont les limites sont à préciser
- Bassin d'alimentation du Larzac

Limites

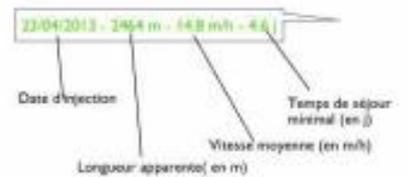
- Délimitation de la zone d'étude
- Limite communale
- Commune
- Périmètre du Parc naturel régional des Grands Causses
- Zone bâtie

Sources

- Point de prélèvement d'eau potable (dont sources captées)
- Sources identifiées pendant l'étude

Traçages

- Traçage réalisé durant l'étude
- Points d'injection
- Points d'injection n'ayant pas donné de restitution aux sources étudiées et pendant la durée du prélèvement
- Autres traçages ou colorations



Carte réalisée par le Parc naturel régional des Grands Causses, Octobre 2015. Extraits des fichiers BD TOPO - IGN 2015, fond altimétrique et relief - INZE ASTOR GODIN - INAZA et PIETI of Jason 2008, points de prélèvements pour l'eau potable : SIE de l'ADAG 2015. Bassins d'alimentation, sources et traçages : PMR&C. Carte réalisée avec les coordonnées françaises de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, de la Région Midi-Pyrénées, et de la Région Languedoc-Roussillon.

Localisation estimée du bassin d'alimentation du captage de la Dragonnière

Captage : Résurgence du Durzon

Captage sur la commune de : Nant

Situation : Causse du Larzac

EPCI : Syndicat du Larzac et du Lodévois

Exploitant : Véolia

Population aval du captage : 3 904 habitants

Dernier rapport hydrogéologique : mai 2012

DUP : En cours

Activité sur le Bassin d'alimentation : Exploitations agricoles et autoroute

Traçages : réalisés par le BE, BRGM et PNRGC

Débit de la ressource suivie par le PNRGC

Capacité/ Autonomie réservoir : environ 16h

Traitement : coagulation, décantation filtration sur sable (rapide 2 à 15 m³/h) et désinfection au chlore gazeux

Gestion de la turbidité :

Turbidimètre avec enregistrement continu. By-pass des eaux les plus turbides et station de traitement performante. Pas de ressource de secours mais en cas d'urgence possibilité de faire venir une unité de traitement mobile.

Quantité : pas de problème quantitatif

Sécurité : pas de dispositifs anti-intrusion

Alimentation : pompage

Rendement du réseau : 67.2 % environ

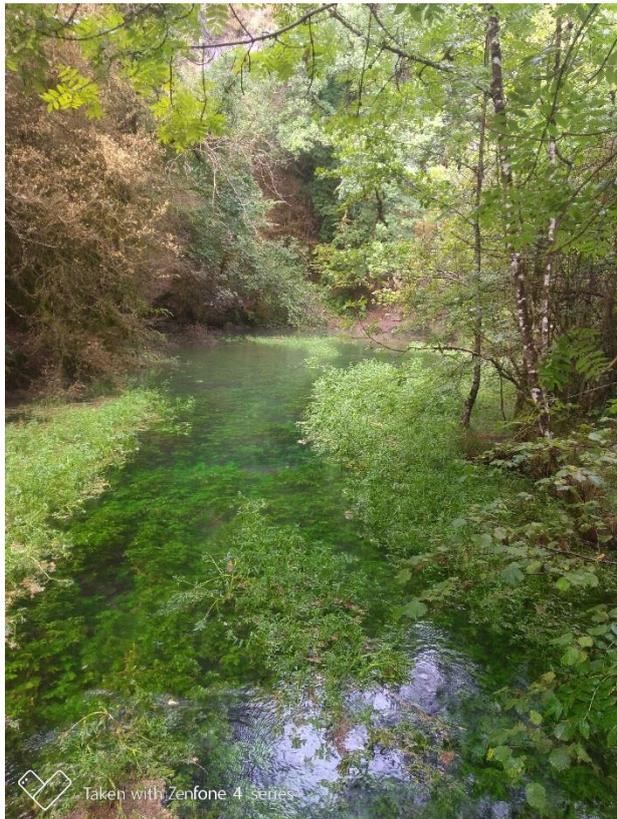
Prix de l'eau : 3.54 euros / m³

Projets : remise en état (station de 50 ans) et amélioration des capacités de traitement de la station.

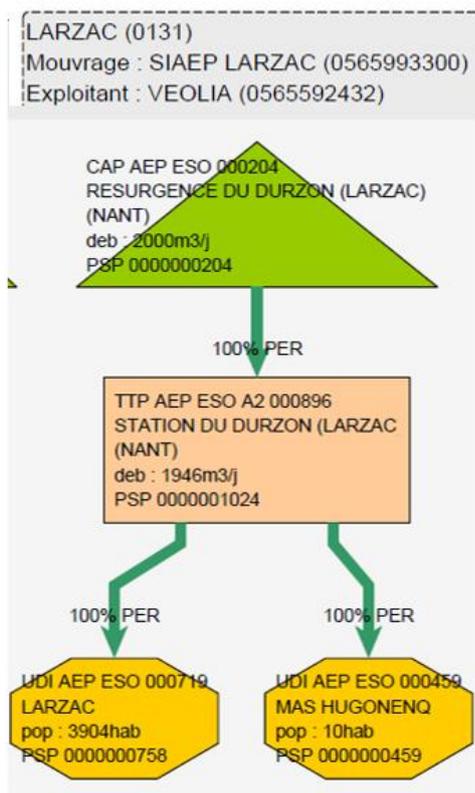
Difficultés :

- Syndicat peu actif
- Résurgence touristique
- Bassin très vaste avec plusieurs points d'entrée très sensibles.

Photo de la prise d'eau de la résurgence du Durzon



Synoptique de la résurgence du Durzon



Captage de l'Espérelle:

Commune : Millau

Situation : Causse du Larzac

Exploitant : Véolia

Population aval du captage : 22 821 habitants

Dernier rapport hydrogéologique : 27/03/2000

DUP : Procédure terminée le 25/09/2001 (PPI satellites)

Activité sur le Bassin d'alimentation : Activité agricole, fromagerie, autoroute, urbanisme

Traçages : réalisés par le PNRGC, ville Millau

Débit de la ressource suivie par le PNRGC



Capacité/Autonomie réservoir : environ 48 h

Traitement : Simple désinfection (automatique au chlore gazeux).

Gestion de la turbidité :

2^{ème} ressources indépendantes par rapport aux pollutions et non sensible à la turbidité en cas de fortes pluies : Forages en nappe alluviale à la confluence Tarn-Dourbie

Turbidimètre avec enregistrement continu et vannes asservies. Si détection de turbidité, basculement automatique. Les forages sont utilisés tous les lundis pour s'assurer du fonctionnement des pompes tout en limitant la consommation énergétique.

Quantité : pas de problème quantitatif

Sécurité : pas de dispositifs anti-intrusion. En cas d'urgence possibilité de faire venir une unité de traitement mobile.

Alimentation : gravitaire et pompage

Rendement du réseau : 75,6 % environ

Prix de l'eau : 1.69 euros / m³

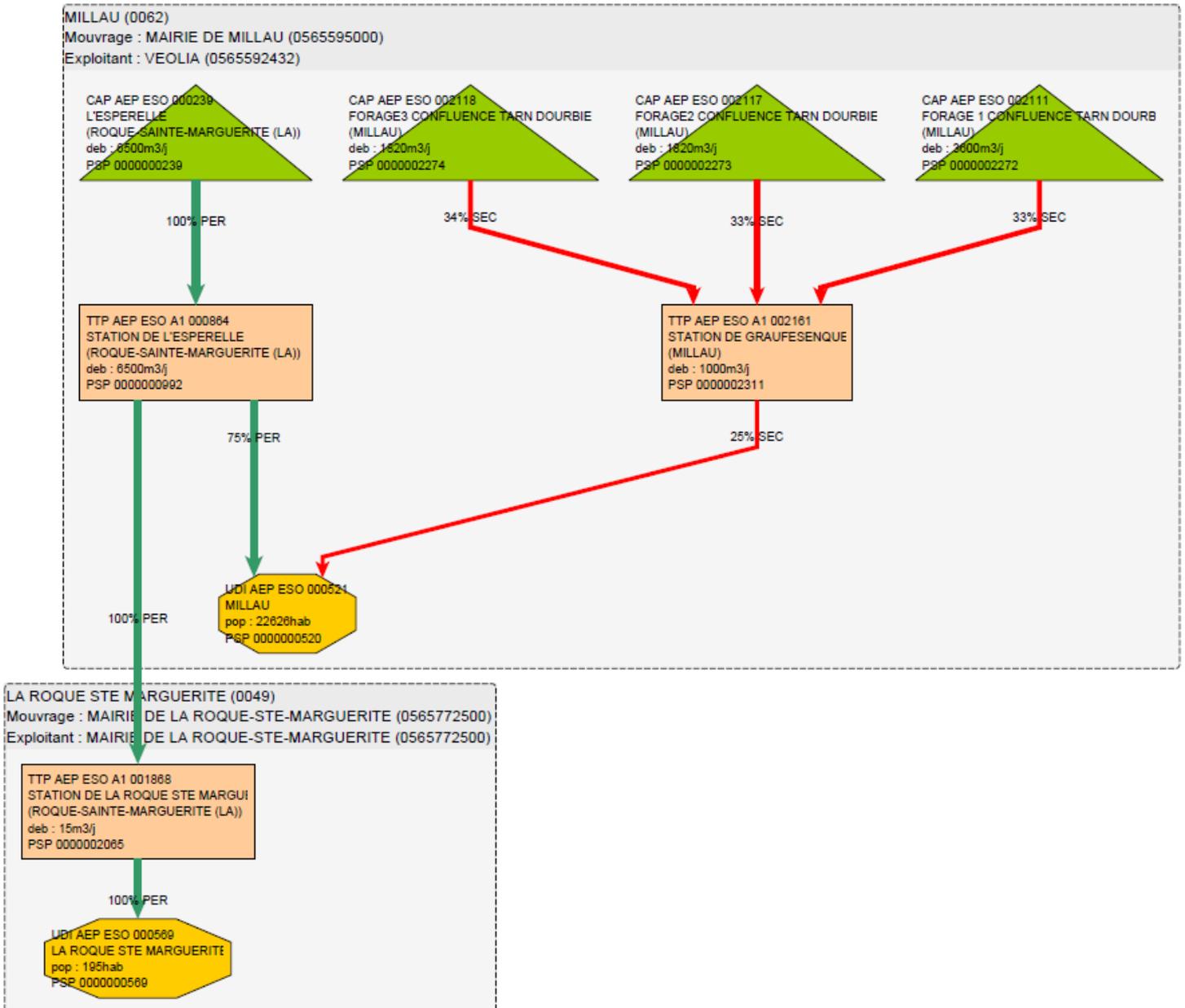
Projets : pas de prévu

Difficultés : prescriptions difficiles à appliquer au vu de l'étendue des PPC.

Photos du captage de l'Espérelle



Synoptique de la ville de Millau



Captage : Source des Douzes

Commune : Muret de Château

Situation : Causse Comtal

Exploitant : Veolia

Population aval du captage : 3975 habitants

Rapport hydrogéologique : 10/11/2002

DUP : Terminée le 05/07/2007 PPC Classiques

Activité sur le Bassin d'alimentation : activité agricole, fromagerie, route, traitement déchet verts

Traçages : par le Syndicat de Montbazens Rignac

Capacité/Autonomie réservoir : environ 24h l'été et 48 h l'hiver

Traitement : Station de traitement neuve (3 ans) avec coagulation, floculation, décantation lamellaire, filtration sur sable et désinfection au chlore gazeux

Gestion de la turbidité :

Capacité de traitement de la turbidité élevée de la station de traitement.

Turbidimètre avec enregistrement continu.

Interconnexion fonctionnelle avec le Syndicat Montbazens-Rignac.

Quantité : débits réservé très proche à l'étiage

Sécurité : dispositifs anti-intrusion pour la TTP + truitotest

Alimentation : gravitaire

Rendement du réseau : % environ

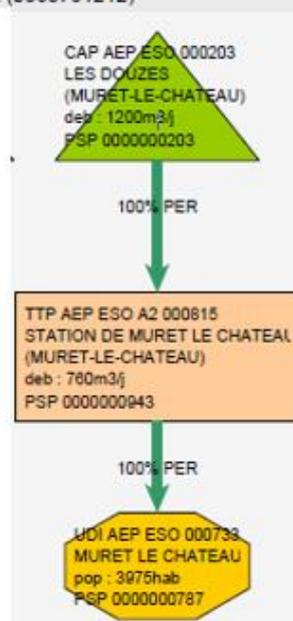
Prix de l'eau : 1,74 euros / m3

Projets : pas dans l'immédiat

Difficultés : manque d'eau à l'étiage et clôtures du PPI constamment à refaire avec intrusion d'animaux.

Synoptique Muret le Château

SMAEP MONTBAZENS-RIGNAC (MURET) (0576)
Mouvrage : SIAEP DE CONQUES-MURET LE CHÂTEAU (05 65 46 93 84)
Exploitant : VEOLIA (0565761212)



Captage : Résurgence de Tendigues

Commune : Roquefort

Situation : Avant-cause du Saint Affricain

Exploitant : Commune de Roquefort

Population aval du captage : 607 habitants

Dernier rapport hydrogéologique : 30/04/2007

DUP : procédure terminée le 23/08/1979 en cours de révision

Activité sur le Bassin d'alimentation : Activité agricole

Traçages : réalisés par le PNRGC

Débit de la ressource suivie par le PNRGC

Capacité/Autonomie réservoir : environ 5 j mais pics de turbidité pouvant durer 10 jours

Traitement : Simple chloration (hypochlorite de sodium).

Gestion de la turbidité :

Turbidimètre avec enregistrement continu. By-pass des eaux les plus turbides et utilisation du stock du réservoir. Pas de ressource de secours

Quantité : pas de problème quantitatif

Sécurité : pas de dispositifs anti-intrusion

Alimentation : pompage jusqu'au réservoir puis gravitaire

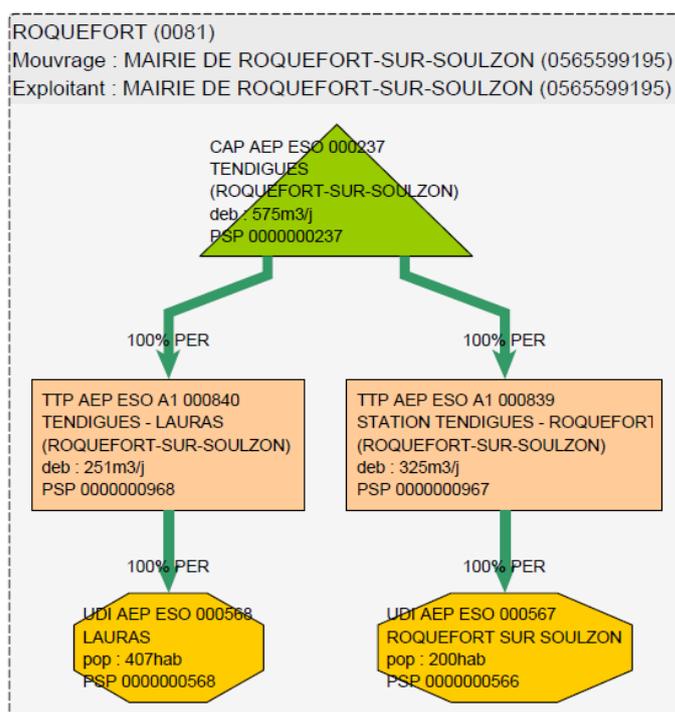
Rendement du réseau : 70 % environ

Prix de l'eau : 5 euros / m³

Projets : mise en place d'une ultrafiltration prévue courant 2023.

Difficultés : Non-conformité récurrentes en turbidité et en bactériologie.

Synoptique de la commune de Roquefort



Photos du captage de Tendigues



Photo du réservoir de Roquefort



Captage : Aiguebelle

Commune : Viala du Pas de Jaux

Situation : Avant-causse du Saint Affricain

Exploitant : Commune de Viala du Pas de Jaux

Population aval du captage : 85 habitants

Rapport hydrogéologique : 28/09/2012

DUP : En cours

Activité sur le Bassin d'alimentation : Activité agricole : élevage

Traçages : réalisés par le PNRGC

Débit de la ressource suivie par le PNRGC

Capacité/Autonomie réservoir : environ 2,5 jours

Traitement : Simple chloration (hypochlorite de sodium).

Gestion de la turbidité :

Pas de turbidimètre. En cas de pluie, augmentation de la chloration.

Quantité : pas de problème quantitatif

Sécurité : pas dispositifs anti-intrusion pas de ressource de secours

Alimentation : gravitaire

Rendement du réseau : 70 % environ

Prix de l'eau : 4.46 euros / m3 (suffisant pour amortir les investissements prévus)

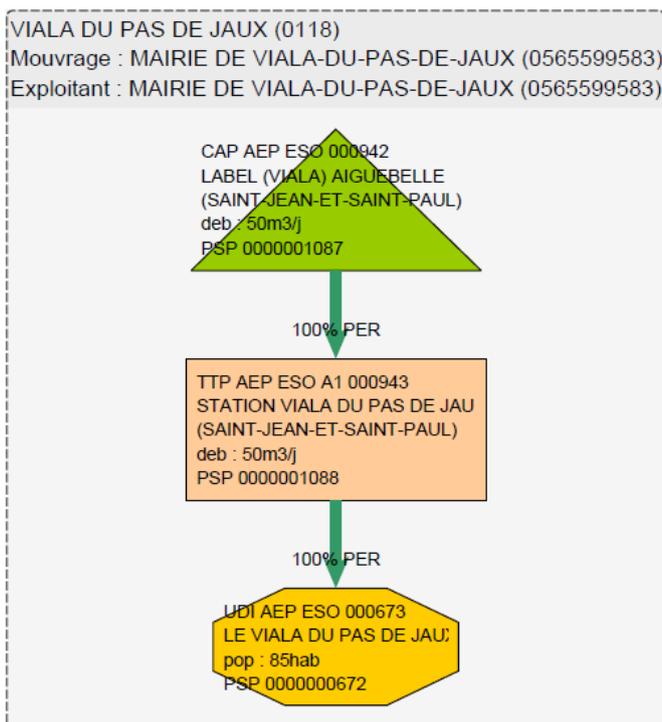
Projets : finir la DUP des PPC

Difficultés : financières. Impossibilité de rentabiliser l'investissement d'un traitement performant pour 85 personnes.

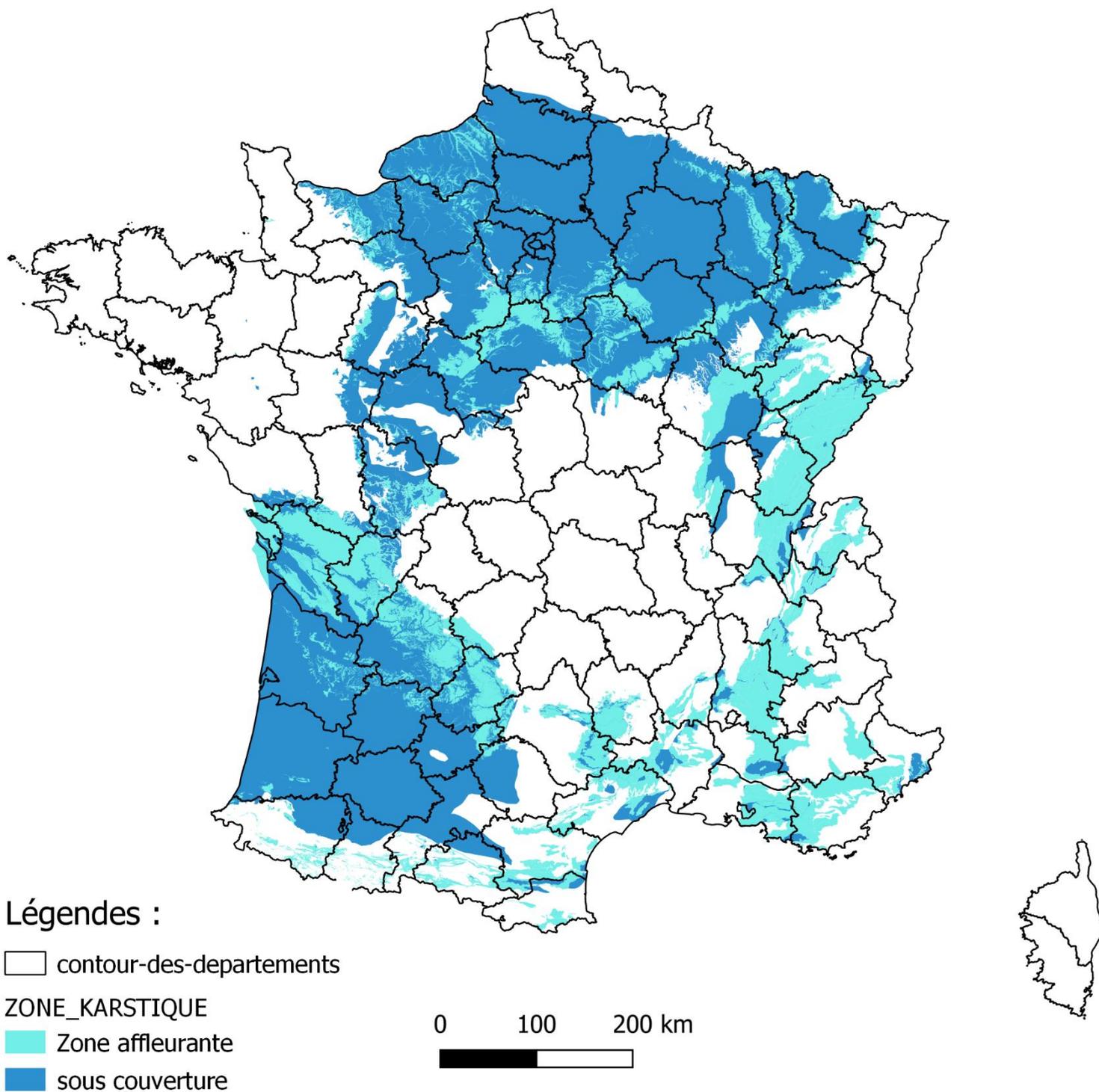
Photos du captage d'Aiguebelle



Synoptique de Viala du Pas de Jaux



Carte des zones karstiques de France



Annexe 8 : Questionnaire sur la sécurisation des EDCH issues de ressources karstiques envoyé par mail pour réponses écrites aux 9 DD ARS sollicitées

Questionnaire sur la sécurisation des EDCH issues de ressources karstiques

Les données recueillies dans ce questionnaire seront exploitées dans mon rapport d'étude dans le cadre de la formation « Ingénieur d'Etudes Sanitaires » dispensée par l'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP) de Rennes. Les données seront anonymisées.

Vous pouvez compléter ce questionnaire en version informatique.

Nom prénom :

Délégation Départementale :

Intitulé de poste :

Missions :

Depuis combien de temps exercez-vous dans le domaine de l'EDCH ?

Etat des lieux des ressources karstiques du département

Savez-vous combien de captages AEP karstiques sont actifs dans votre département ?

Sinon pouvez-vous indiquer un ordre de grandeur ?

Les captages karstiques de votre département alimentent le plus souvent (plusieurs réponses possibles) :

- moins de 50 habitants
- de 50 à 500 habitants
- de 500 à 2000 habitants
- plus de 2000 habitants

Des études hydrogéologiques ont-elles été menées sur le territoire de votre département ? Si oui dans quel cadre ?

Dans votre département, les bassins d'alimentation des sources karstiques, sont-ils globalement (plusieurs réponses possibles):

- totalement inconnus
- peu délimités
- moyennement délimités
- bien délimités
- très bien délimités

Quelles sont les tailles des bassins d'alimentation des sources karstiques de votre département ? (plusieurs réponses possibles)

- petits bassins < 20 km²
- bassins de taille moyenne 20 km² – 50 km²
- grands bassins > 50 km²
- très grands bassins > 100 km²

Quels sont les sources de pollution les plus problématiques / fréquentes sur les bassins d'alimentation des sources karstiques de votre département?

- Agriculture
- Laiteries / fromageries (risque d'eaux blanches)
- ICPE précisez type :
- Industries précisez type :
- Axes routiers
- Autres précisez :

Les eaux issues des sources karstiques sont-elles soumises à une étape de désinfection lors du traitement de l'eau brute?

- dans moins de 50 % des TTP
- dans 50 à 80 % des TTP
- dans 80 % à 95 % des TTP
- dans près de 100 % des TTP

Quel type de désinfectant sont utilisés dans votre département pour les sources karstiques ?

- javel
- dioxyde de chlore
- chlore gazeux
- UV seul
- UV avant chloration
- ozone
- autre : précisez :

Pour les sources karstiques est ce qu'un type désinfectant vous semble plus approprié ?
Si oui expliquez pourquoi ?

Quels types de traitements des eaux sont les plus représentatifs pour les sources karstiques de votre département ? (plusieurs réponses possibles)

- aucun traitement
- simple désinfection
- floculation-coagulation + décantation + filtration sur sable + désinfection
- floculation-coagulation + décantation + filtration sur sable + désinfection + filtre charbon
- ultrafiltration
- autre précisez :

Quelle filière de traitement vous semble la plus appropriée pour des ressources karstiques ? (plusieurs réponses possibles)

Dans votre département avez-vous des problèmes de pénurie d'eau pour des sources karstiques ?

- aucune ressource karstique est concernée
- moins de 10 % des ressources karstiques sont concernées
- 10-30 % des ressources karstiques sont concernées
- plus de 30 % des ressources karstiques sont concernées

Constatez-vous des évolutions quantitatives ou qualitatives des eaux karstiques causées par le changement climatique ?

Qualité des eaux issues de sources karstiques

Les non-conformités des paramètres turbidité et microbiologiques sont-elles fréquentes pour les sources karstiques de votre département ?

- moins de 5 % des résultats non-conformes
- 5-10 % des résultats non-conformes
- 10 à 20 % des résultats non-conformes
- plus de 10 % des résultats non-conformes

Pensez-vous que la fréquence des analyses du CS est suffisante pour détecter les problèmes de NC des sources karstiques ?

- Oui
- Non
- Remarque (facultatif) :

Concernant les eaux karstiques, en dehors de la turbidité et des analyses bactériologiques, quelles sont les paramètres qui sont le plus fréquemment non conformes ou qui ont pu présenter une menace pour la sécurité sanitaire ?

Pensez-vous que les PRPDE, de votre département, concernées par la problématique du karst, aient conscience de la vulnérabilité de leur ressource en cas de fortes pluies et agissent en conséquence ?

- globalement oui
- globalement non
- Remarque (facultatif) :

Les périmètres de protection de captage (PPC)

Quelle méthode est employée le plus fréquemment par les hydrogéologues pour déterminer les PPC des ressources karstiques dans votre département ? (plusieurs réponses possibles)

- PPC classiques (PPI, PPR et PPE)
- PPC avec des PPI satellites
- PPR avec des zones sensibles spécifiques
- PPR avec une seule zone peu étendue mais des restrictions fortes + PPE plus

étendu

- autre, précisez :

Avez-vous des retours de l'efficacité des différentes approches de délimitation de PPC ?

Les PRPDE de votre département ont-ils rencontré des difficultés pour faire appliquer des prescriptions des AP déclarant d'utilité publique les PPC ? Si oui lesquelles ?

Dans l'instruction des dossiers de DUP, quelles sont les principales difficultés auxquelles vous devez faire face ?

Lorsque vous instruisez un dossier « DUP » pour un captage karstique, quels sont vos points de vigilance au cours de l'instruction du dossier ?

Pensez-vous que l'outil réglementaire, PPC, soit pertinent pour les sources karstiques ? Expliquer pourquoi.

Quelles sont les limites de la sécurisation des ressources karstiques par des PPC ?

Sécurisation des ressources karstiques :

Quelles sont les principaux moyens employés sur votre département pour assurer la sécurité sanitaire des EDCH issues de sources karstiques en cas de fortes pluies?

- Une absence de gestion
- Un by-pass de la ressource quand il pleut (sans valeur de turbidité)
- Un by-pass de la ressource lorsque la turbidité dépasse une consigne donnée
- Une station de traitement performante (ultrafiltration, coagulation floculation, filtration sur sable)
- Une ressource alternative non dégradée en cas de fortes pluies (ex : forage en nappe alluviale)
- Une interconnexion avec un autre réseau
- Autre, précisez :

Quelles sont les principales difficultés si l'on veut sécuriser les sources karstiques ?

Quels sont les projets les plus fréquents des PRPDE à court et plus long terme pour améliorer la sécurisation des eaux issues de ressources karstiques?

Quels sont les principaux freins à l'avancée de ces projets ?

Qu'est ce qui pourrait aider à l'avancée de ces projets ?

Que pensez-vous de l'état actuel de la sécurisation de l'EDCH issue de sources karstiques de votre département?

- Globalement très insuffisant
- Globalement insuffisant
- Globalement correct
- Globalement bon
- Globalement très bon

Si vous deviez améliorer la qualité et la sécurisation des sources karstiques de votre département par quoi commenceriez-vous?

Quelles autres actions à court, moyen et long terme peuvent être mises en œuvre par les ARS afin d'améliorer la qualité et la sécurisation des eaux issues de ressources karstiques sur leur territoire?

Quelles sont les actions que les autres acteurs peuvent mettre en place ? L'ARS peut-elle avoir un rôle d'incitateur ?

Avez-vous des exemples d'action qui ont pu améliorer directement ou indirectement la qualité et/ou la sécurité des sources karstiques ?

Avez-vous des remarques ? avez-vous des éléments à ajouter concernant la sécurisation des ressources karstiques ?

Avez-vous des remarques pour améliorer ce questionnaire ?

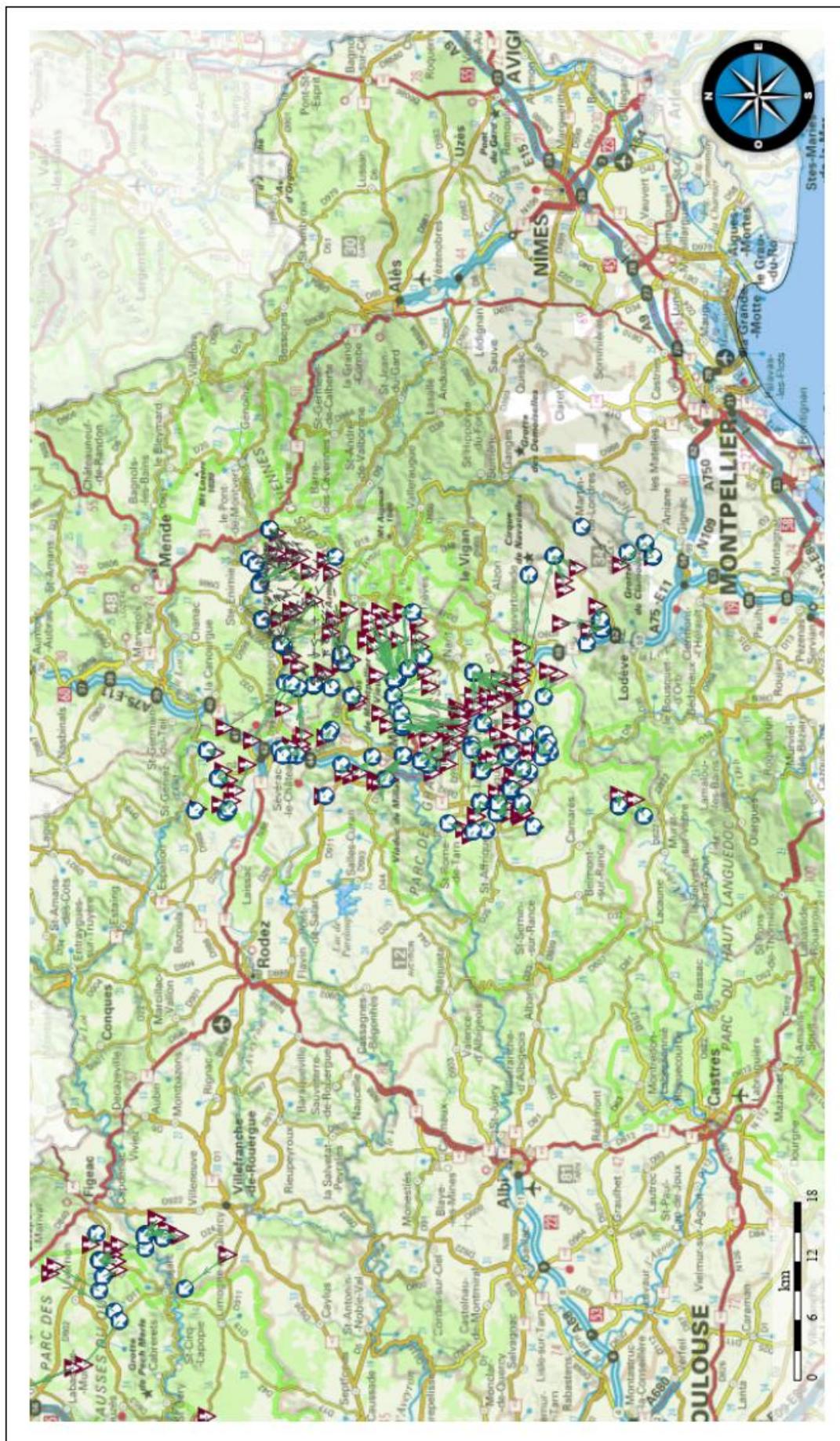
Je vous remercie grandement d'avoir répondu à ce questionnaire.

Vous pouvez me retourner ce questionnaire à l'adresse suivante : aurelie.thomas@ars.sante.fr

N'hésitez pas à me transmettre tout document que vous jugerez utile. Je suis notamment intéressée par des exemples :

- *de DUP*
- *de prescriptions qui se sont révélées très utiles / bien formulées*

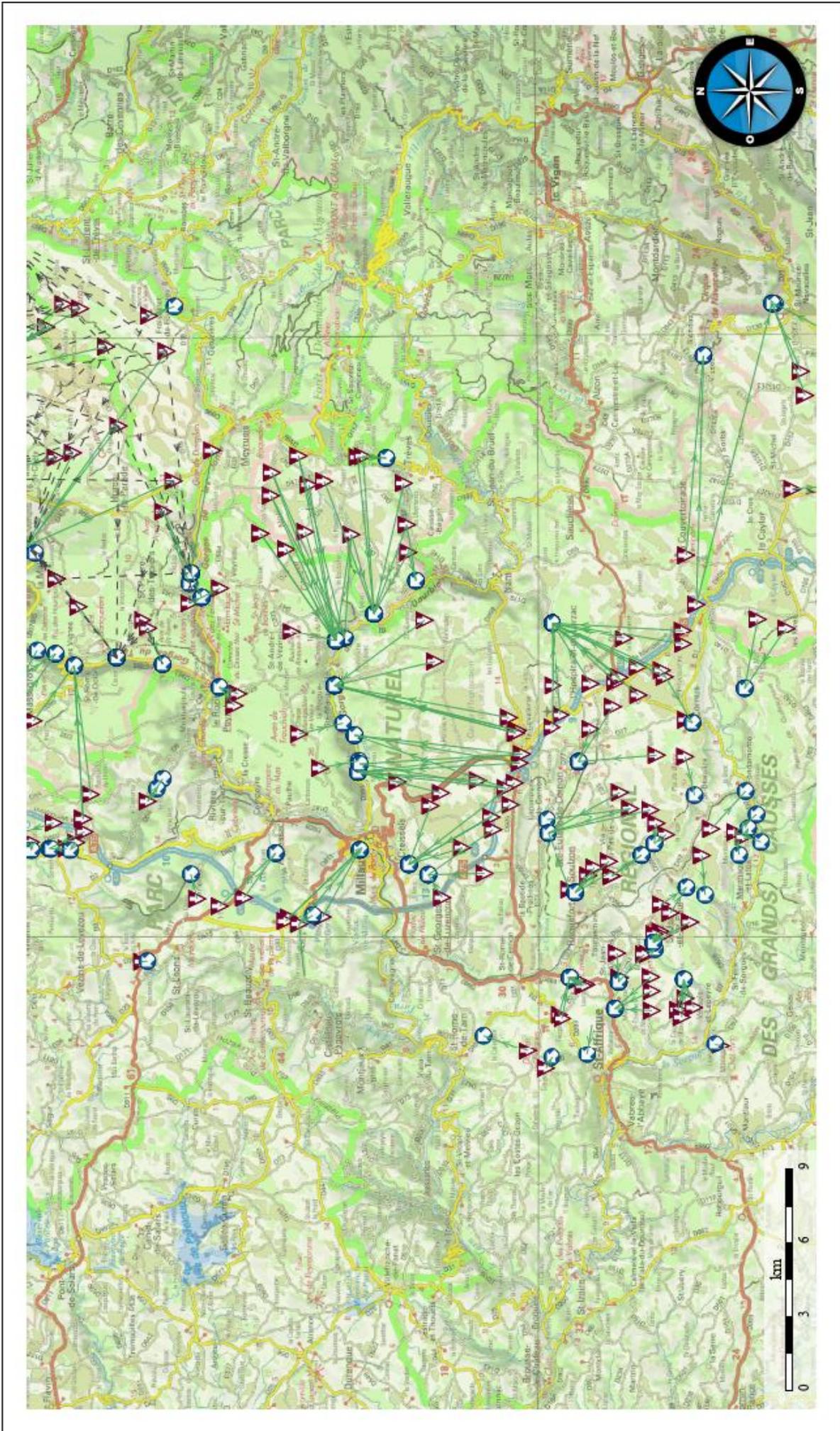
Tracages répertoriés par PNRGC



Imprimé depuis le site SIGES Midi-Pyrénées - <https://sigesmpy.brgm.fr>

- Régions
- Limite de région
- Tracage négatif
- Tracage positif
- Point de surveillance
- Point d'injection

Tracages répertoriés par PNRGC



Imprimé depuis le site SIGES Midi-Pyrénées - <https://sigesmpy.brgm.fr>

Régions
 Limite de région

Tracage négatif
 Tracage négatif

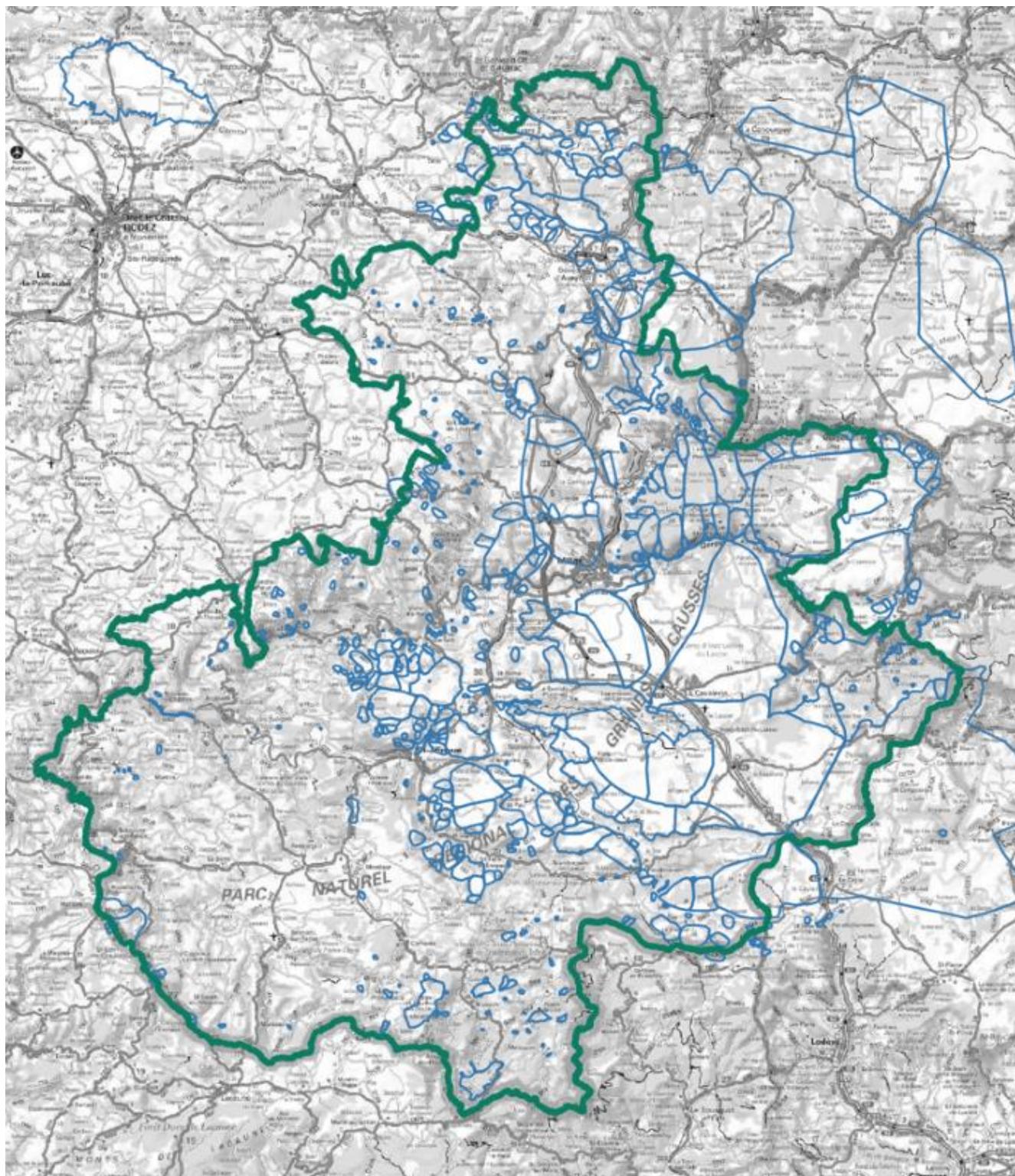
Tracage positif
 Tracage positif

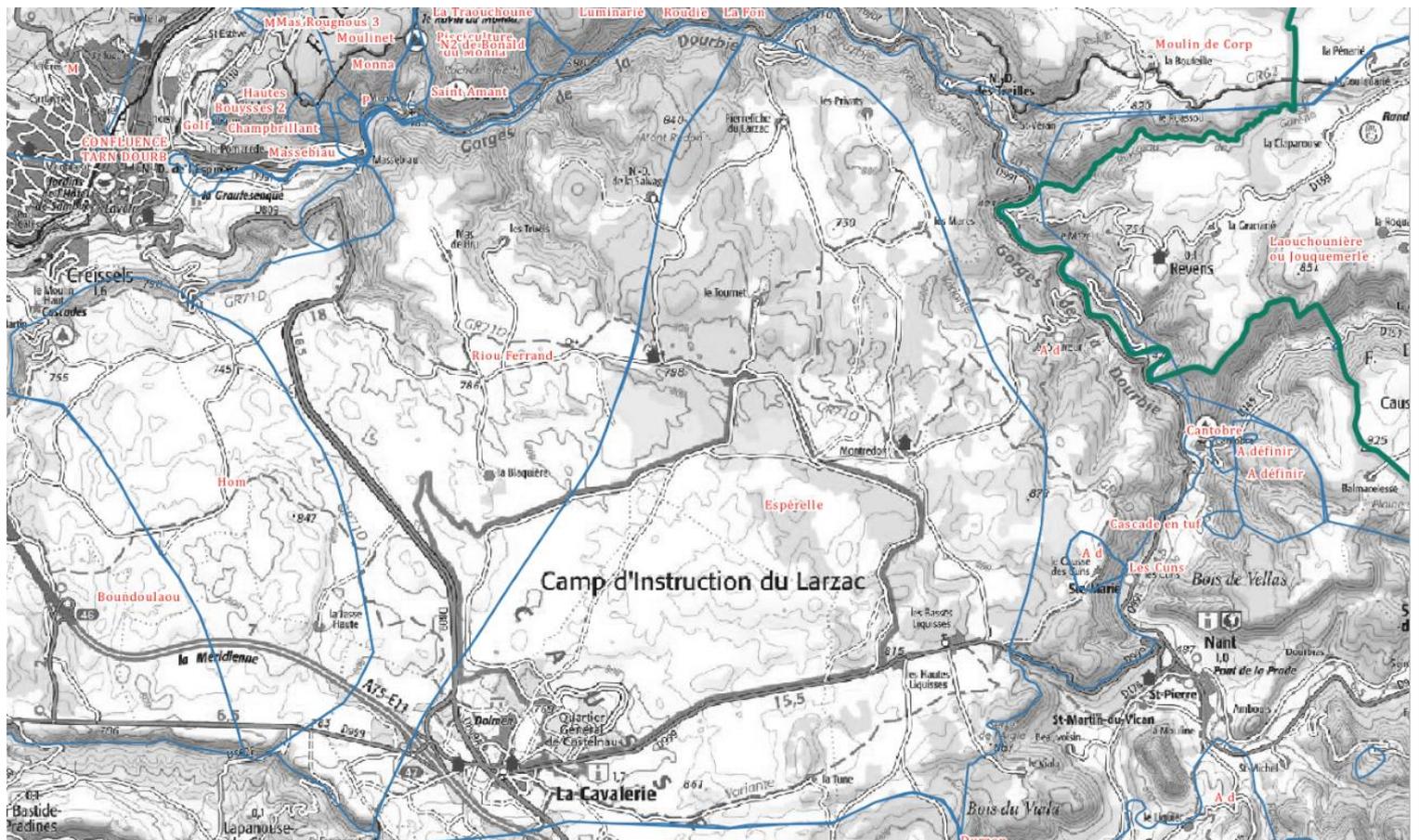
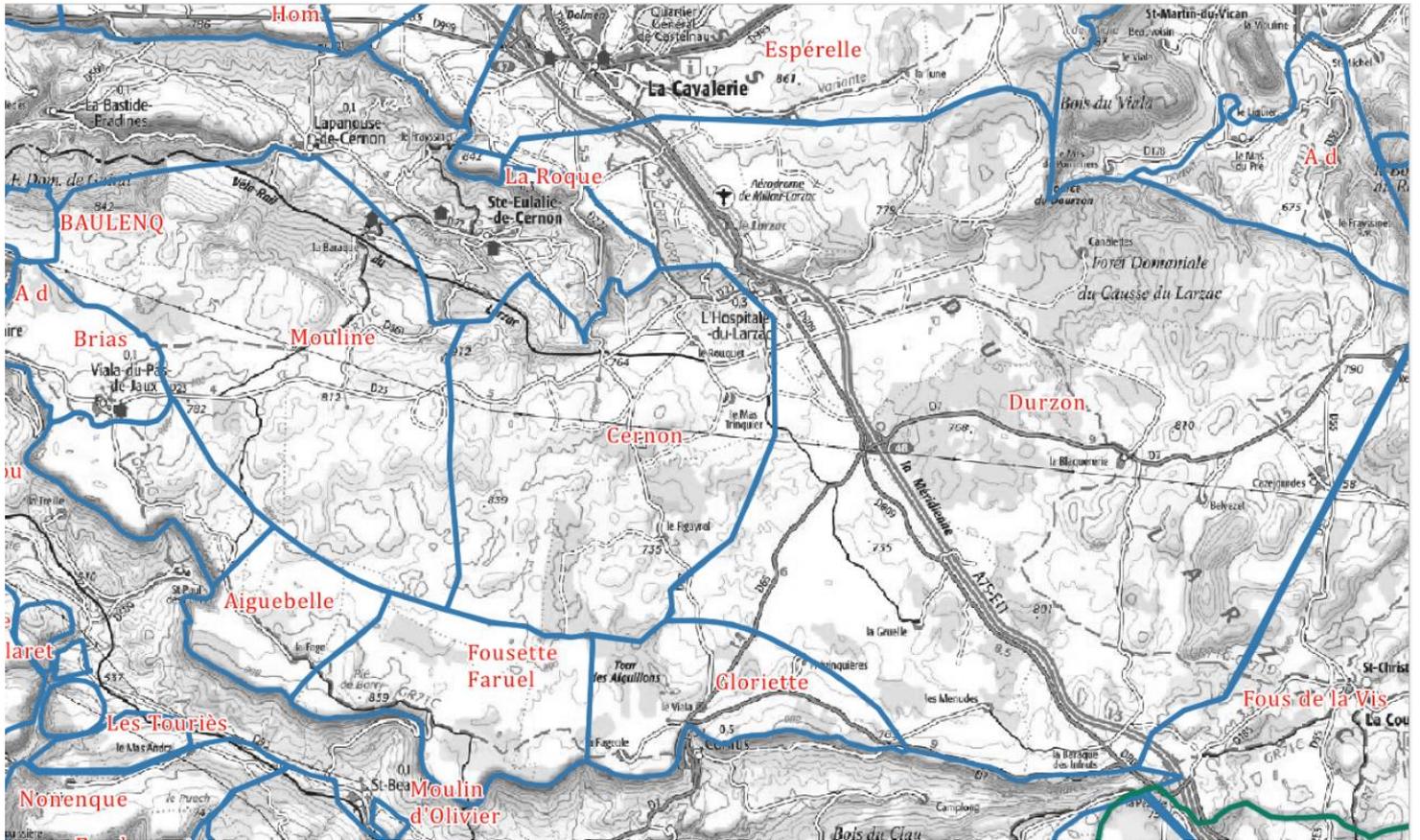
Point de surveillance
 Point de surveillance

Point d'injection
 Point d'injection

Annexe 10 : Carte des bassins d'alimentation des sources karstiques sur le territoire du PNRGC et zooms sur les bassins d'alimentation du Durzon et de l'Espérelle.

En bleu : contours des bassins d'alimentation des principales sources karstiques
En vert et gras : limites du PNRGC





Annexe 11 : Coupe schématique des formations géologiques du causse du Larzac et des avants causes

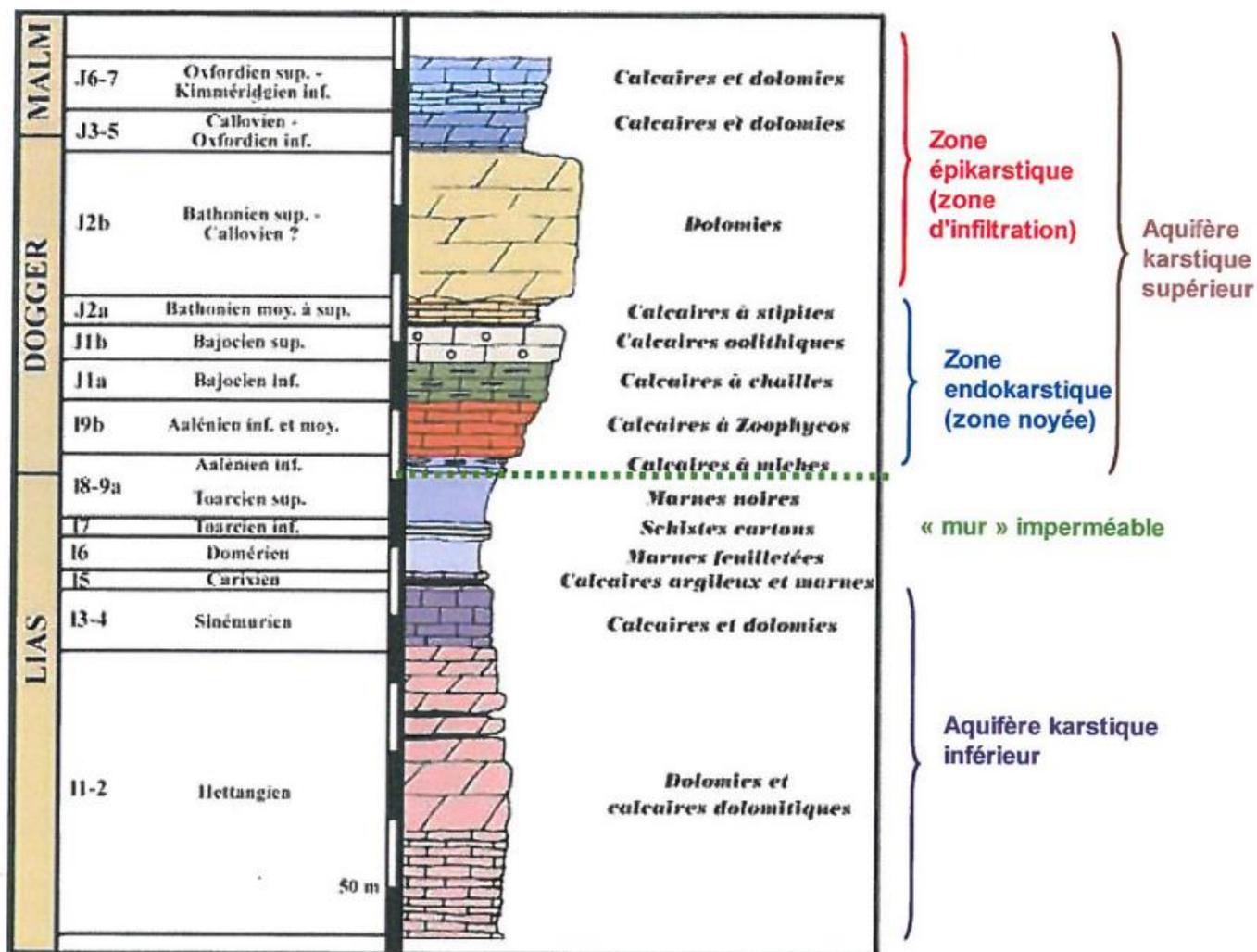


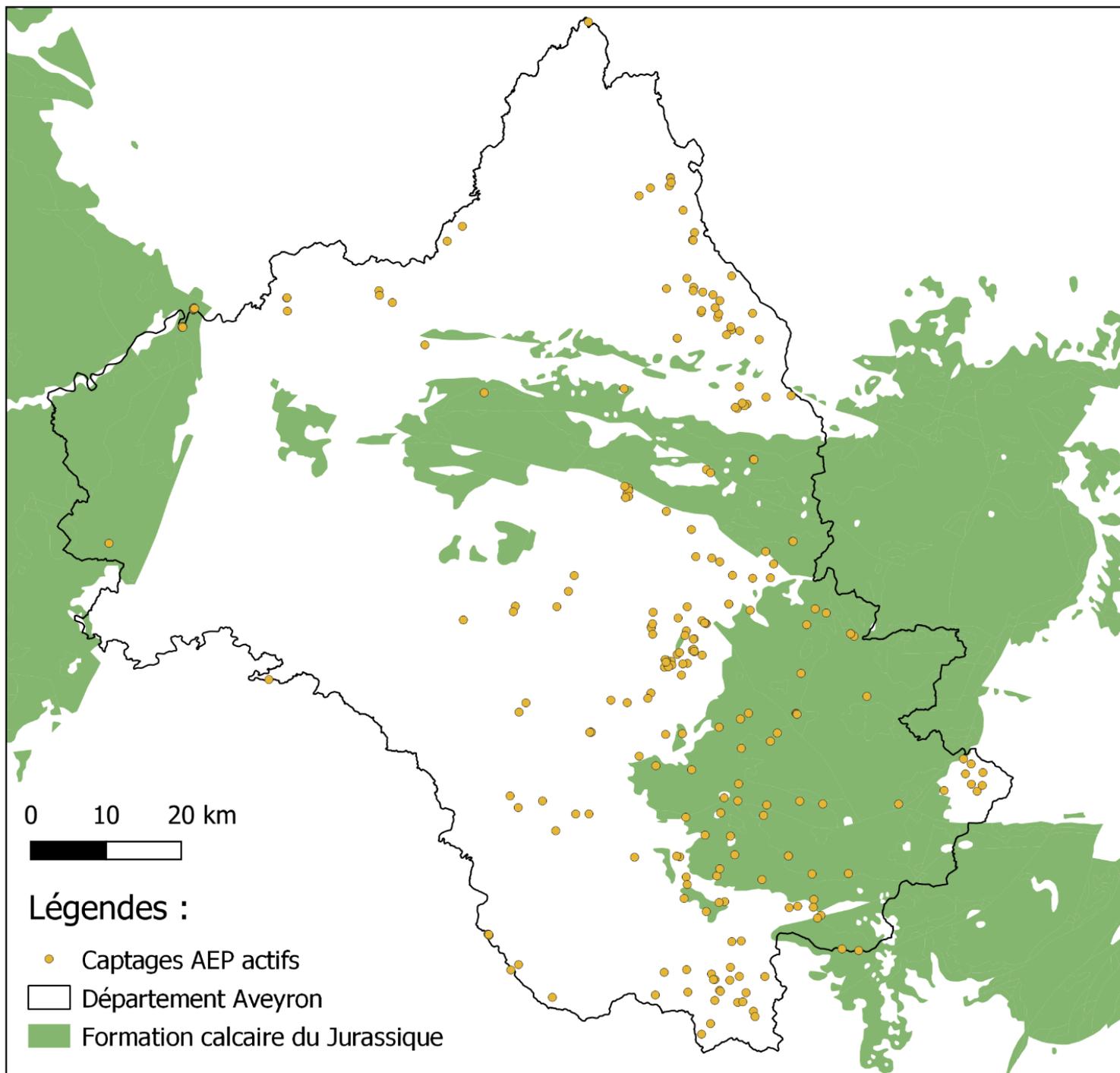
Fig. 2 – Coupe schématique des formations géologiques du causse du Larzac et des avants causes (Charcosset 1998, modifié)

Extrait du Rapport hydrogéologique de P. Chemin, hydrogéologue agréé. Mai 2012. SIAEP du Larzac - Captage AEP de la source karstique du Durzon : révision des limites du périmètre de protection rapprochée

Annexe 12 : Principaux causses présents en Aveyron



Localisation des captages AEP actifs en Aveyron



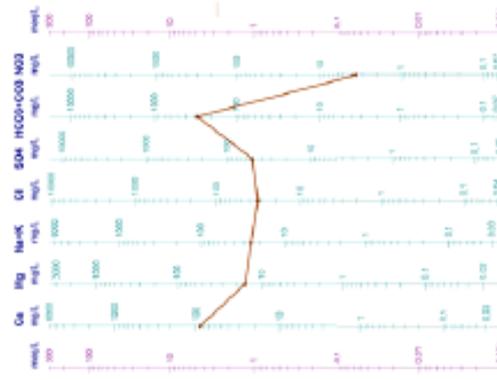
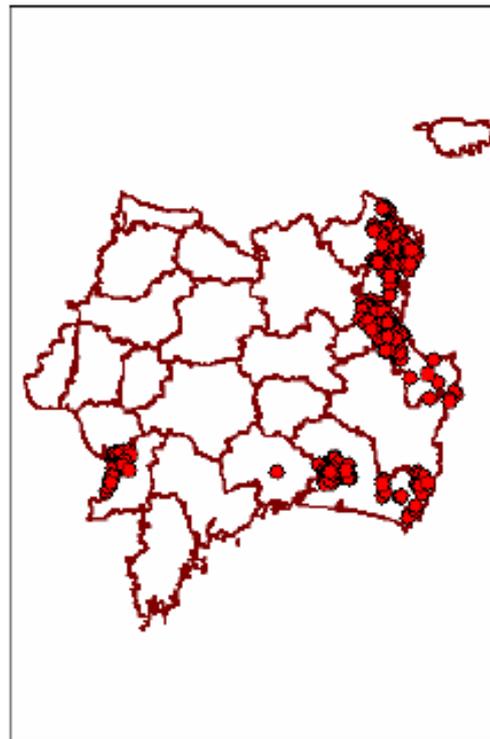
Annexe 14 : Etats de référence des calcaires libres français (L. Chery, 2006)

Calcaire ; Libre
 NO₃ < 10 mg/L ; Distance < 100 km de la côte

Paramètre	T	pH	Cond. 25°C	Cond. 30°C	Cond.	Eh	O ₂	CO	SiO ₂	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	NO ₂	TAC	F tot	PO ₄
Unité	°C		µS/cm	µS/cm	µS/cm	mV	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°f	mg/L	mg/L
Code Sanoité	1301	1302	1003	1004	1300	1300	1311	1841	1348	1374	1372	1375	1367	1337	1338	1327	1340	1335	1339	1347	1350	1433
Nb. de valeurs utilisées	350	303	58	237	7	272	40	286	305	305	305	305	305	305	305	305	305	305	304	255	235	73
Minimum	6,5	6,5	234	183	90	0,1	0,25	0,6	5,2	1,11	0,49	0,1	0,8	1	91,5	0,05	0,01	0,005	7,5	0,01	0,02	0,02
1 ^{er} quartile	12,3	7,2	480	396	182	2,075	0,375	5,8	55,6	6,4	4,9	0,8	14	221,525	1,1	0,01	0,01	19,55	0,05	0,05	0,05	0,05
Médiane	14	7,44	582,5	528	231	6,15	0,55	8,3	88,76	12,9	9,7	1,35	14,55	26	296,45	2,5	0,05	0,01	25,95	0,09	0,05	0,05
3 ^{ème} quartile	16	7,65	647	629	255	8	0,875	11,775	112,5	22,1	18,95	2,495	24,575	53	350,5	5,8	0,05	0,02	29,55	0,1	0,1	0,1
Maximum	34,1	8,56	873	1989	340	10,9	3,2	48,9	209	162	1240	39,1	2300	699	483,12	9,9	1,56	0,74	39,6	1,3	3,3	3,3
Moyenne	14,51	7,45	568,14	554,41	223,29	5,30	0,71	9,93	88,11	15,73	22,83	2,23	32,00	50,14	289,15	3,51	0,06	0,02	24,55	0,12	0,12	0,12
Ecart type	3,37	0,32	141,25	238,73	70,81	3,14	0,53	6,58	36,01	14,61	75,14	3,21	134,21	76,53	83,90	2,92	0,11	0,04	7,00	0,14	0,38	0,38

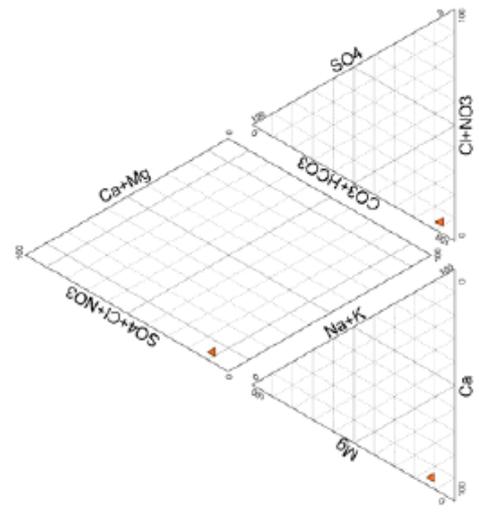
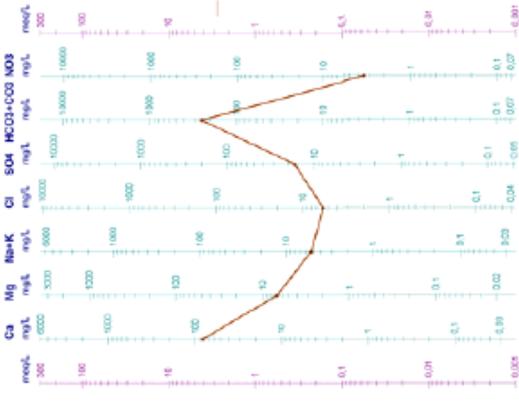
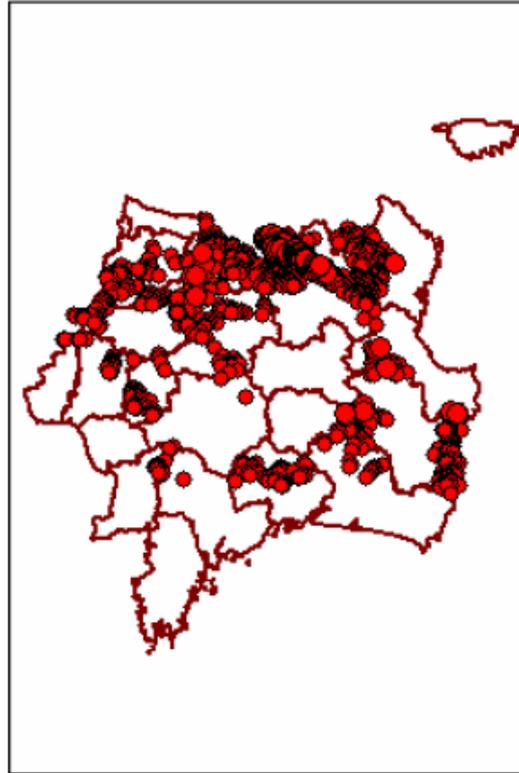
Paramètre	Fe	B	As	Sb	Pb	Zn	Se	Ni	Cr	F	Cu	Mn	Ba
Unité	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Code Sanoité	1393	1392	1369	1376	1382	1383	1385	1386	1389	1391	1392	1394	1396
Nb. de valeurs utilisées	293	42	27	18	257	274	24	18	18	302	271	296	12
Minimum	2	5	0,3	1	0,5	1	0,3	1	1	0,01	1	1	4
1 ^{er} quartile	20	5	1	1	10	0,65	1	1	1	0,1	3	5	8,5
Médiane	40	21	1	5	20	3,95	2	2	2	0,12	20	10	11
3 ^{ème} quartile	123	39	5	5	23	5	5	5	3,2	0,37	30	20	30
Maximum	3200	310	20	5	49	1030	5	5	12	2,48	120	306	70
Moyenne	161,53	34,43	3,04	3,44	3,71	35,16	2,95	2,61	2,79	0,31	19,11	16,20	22,08
Ecart type	377,38	53,84	3,84	1,95	4,04	91,32	2,13	1,74	2,64	0,41	16,15	22,88	21,01

Commentaires



Calcaire ; Libre
NO₃ < 10 mg/L ; Distance > 100 km de la côte

Paramètre	T	pH	Cond.	Cond.	O ₂	CO	SiO ₂	Ca	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	NH ₄	NO ₂	TAC	P tot.	PO ₄
Unité	°C		µS/cm	µS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	°f	mg/L	mg/L
Code Sambre	1301	1302	1003	1004	1311	1841	1348	1374	1372	1375	1367	1337	1338	1327	1340	1335	1339	1347	1350	1433
Nb. de valeurs utilisées	796	1153	4	945	840	39	1073	1159	1159	1159	1159	1159	1159	1159	1159	1157	1130	1061	677	588
Minimum	1	6,3	323	63	0,04	0,2	0,2	7,84	0,01	0,1	0,04	0,1	1	36,6	0,1	0,002	0,01	3	0,01	0,01
1 ^{er} quartile	8	7,34	359,5	296,5	6,55	0,7	3,4	60,5	2,3	1,26	0,38	1,3	6	200	1,3	0,01	0,01	16,3	0,08	0,01
Médiane	10	7,53	429	389	8,9	1,4	4,9	80,7	4,4	2,47	0,7	3,6	10,54	259,86	2,5	0,02	0,02	21,2	0,1	0,05
3 ^{ème} quartile	12	7,77	463	482	9,8	2,3	7,05	100	8,7	5,2	1,35	7,2	20,6	313,5	5,1	0,05	0,03	25,7	0,22	0,08
Maximum	20	8,54	464	979	96,4	2,9	34,13	166,7	39,1	30	15,6	39,5	88,1	481,9	9,9	7,6	1	39,5	4,63	0,6
Moyenne	10,09	7,55	411,25	393,44	8,01	1,43	6,069	80,1	6,82	4,01	1,15	5,78	16,92	255,5	3,45	0,07	0,03	20,9	0,21	0,08
Ecart type	2,86	0,32	57,83	131,46	5,77	0,85	4,309	27,29	6,85	4,31	1,69	6,53	17,26	82,38	2,72	0,34	0,04	6,83	0,3	0,11
Paramètre	Fe	B	As	Sb	Pb	Zn	Se	Ni	Cr	F	Cu	Mn	Ba	Commentaires						
Unité	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L							
Code Sambre	1393	1392	1389	1376	1392	1383	1385	1388	1388	1391	1392	1394	1396							
Nb. de valeurs utilisées	871	112	224	98	833	1034	219	96	203	1080	1042	982	70							
Minimum	5	5	0,1	1	0	0,7	1	1	1	0,01	0,1	0,05	8							
1 ^{er} quartile	50	50	5	10	2	10	5	5	2	0,05	3	2	10							
Médiane	50	50	5	10	5	20	10	10	5	0,09	10	10	10							
3 ^{ème} quartile	100	50	10	10	10	50	10	10	10	0,12	41	20	50							
Maximum	6887	1000	46	10	73	1540	12	201	26	120	820	925	125							
Moyenne	168,8	65	7,207	8,6224	5,73	27,4	7,147	10,72	7,06	1,67	23,1	19,5	33,76							
Ecart type	508,9	93,5	4,896	2,8631	4,85	55,5	3,263	19,87	6,84	12,2	38,3	54	31,98							



Annexe 15 : Valeurs des états de référence des calcaires libres français retenues pour établir le score « Score karst/5 ».

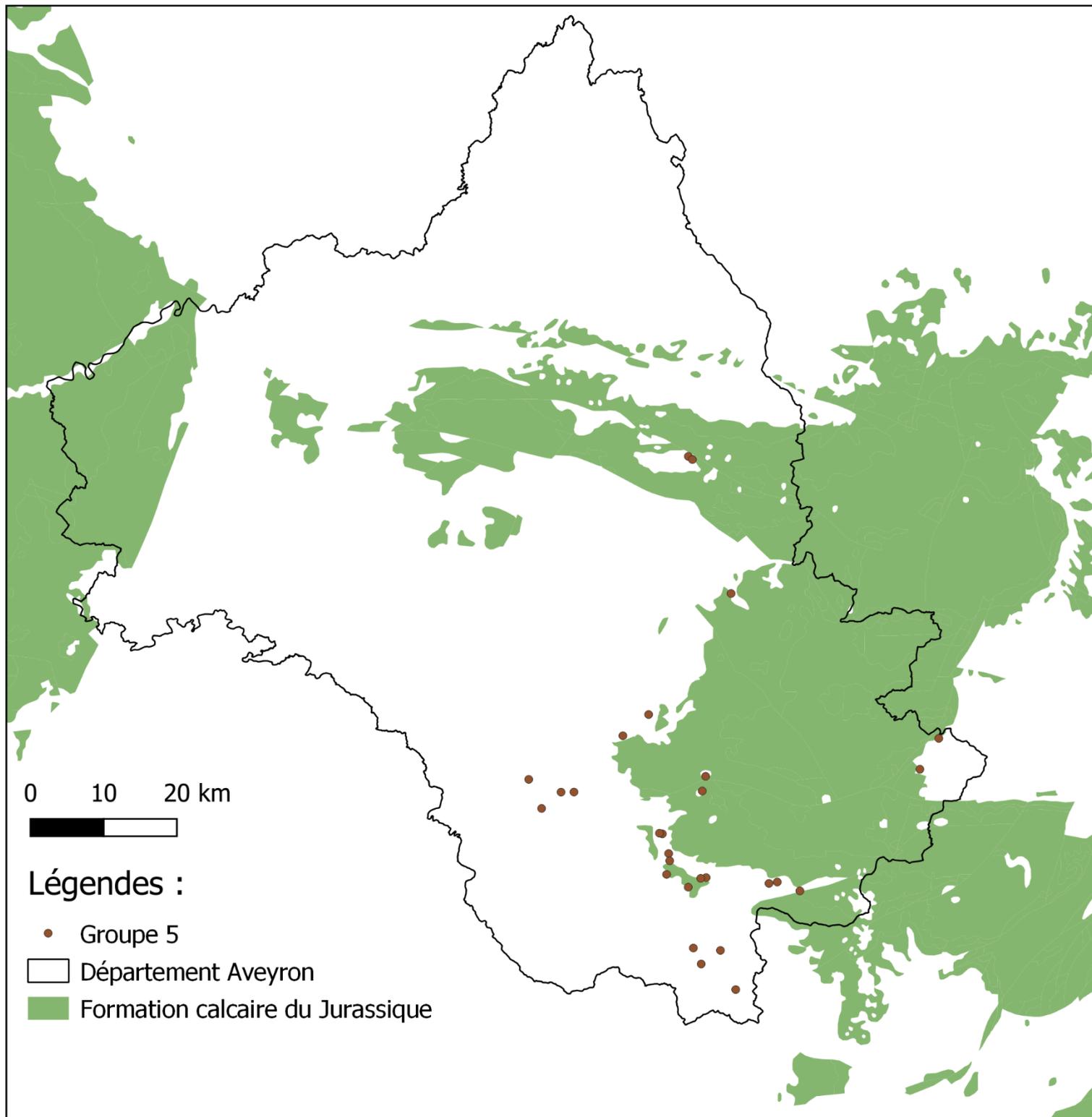
X_Y = moyenne du paramètre Y pour un captage donné sur 20 ans d'analyses en eaux brutes. Cond = Conductivité ($\mu\text{S/cm } 25^\circ\text{C}$) ; Ca = Calcium (mg/l) ; Mg = Magnésium (mg/l) ; HCO_3 = Hydrogénocarbonate (mg/l)

Paramètre :	X < Mini	Mini < X < 1er quartile	X > 1er quartile
Conductivité ($\mu\text{S/cm } 25^\circ\text{C}$)	$X_{\text{Cond}} < 234^*$	$234 < X_{\text{Cond}} < 480$	$X_{\text{Cond}} > 480$
pH	$X_{\text{pH}} < 6,3$	$6,3 < X_{\text{pH}} < 7,34$	$X_{\text{pH}} > 7,34$
Calcium (mg/l)	$X_{\text{Ca}} < 5,2$	$5,2 < X_{\text{Ca}} < 60,5$	$X_{\text{Ca}} > 60,5$
Magnésium (mg/l)	$X_{\text{Mg}} < 0,01$	$0,01 < X_{\text{Mg}} < 6,4$	$X_{\text{Mg}} > 6,4$
Hydrogénocarbonate (mg/l)	$X_{\text{HCO}_3} < 36,6$	$36,6 < X_{\text{HCO}_3} < 221$	$X_{\text{HCO}_3} > 221$
Note attribuée	0	0,5	1

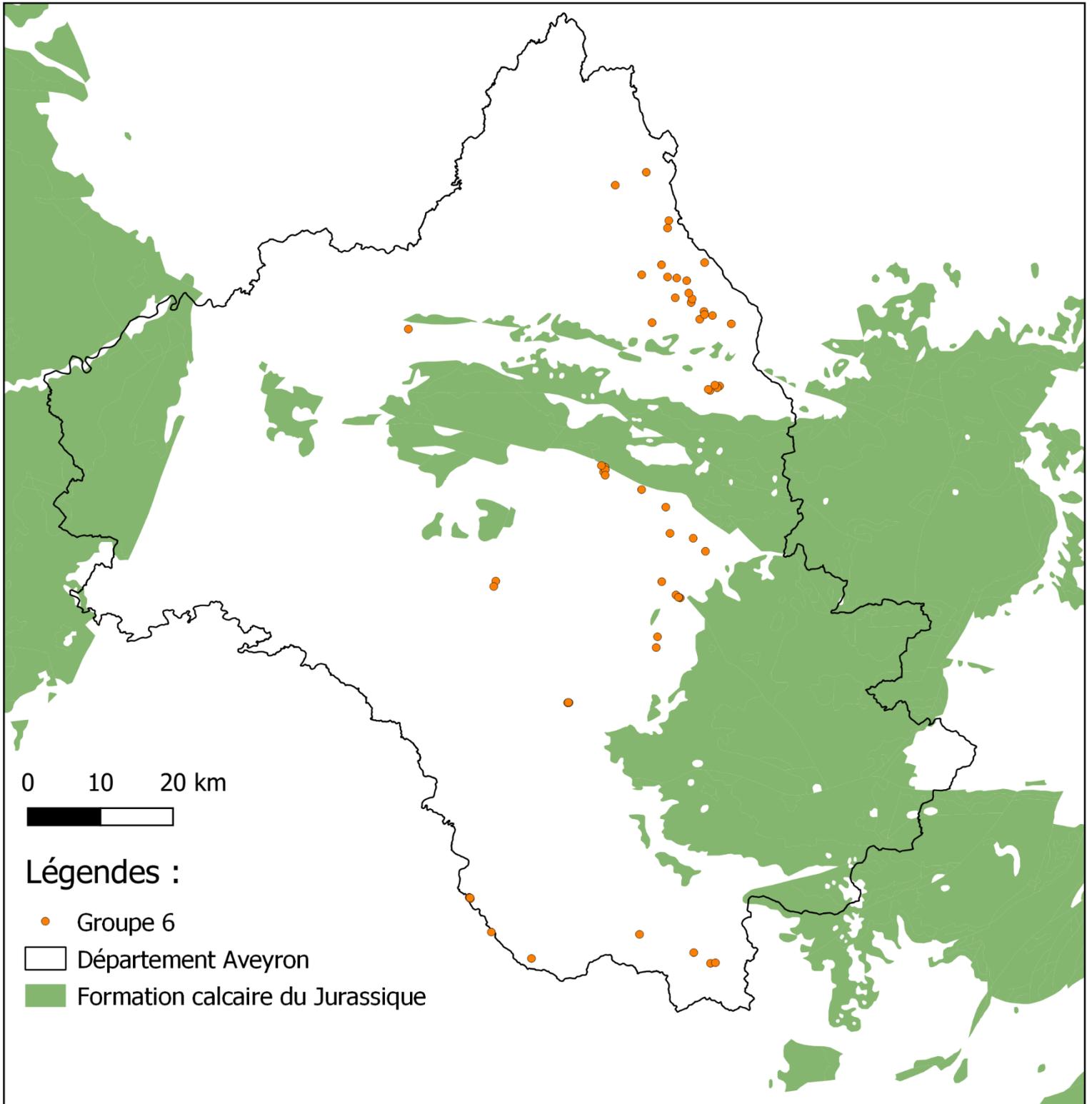
* Pour tous les paramètres physicochimiques, la valeur « Mini » est la valeur la plus basse des 2 tableaux retenus des états de référence des calcaires libres français sauf pour la conductivité où la valeur « Mini » est celle du tableau « < 100 km » car seulement 4 mesures ont été utilisées pour déterminer la conductivité du tableau « >100 km » donc ce chiffre paraissait moins robuste.

Tableau des valeurs retenues pour établir le score « Score karst/5 ».

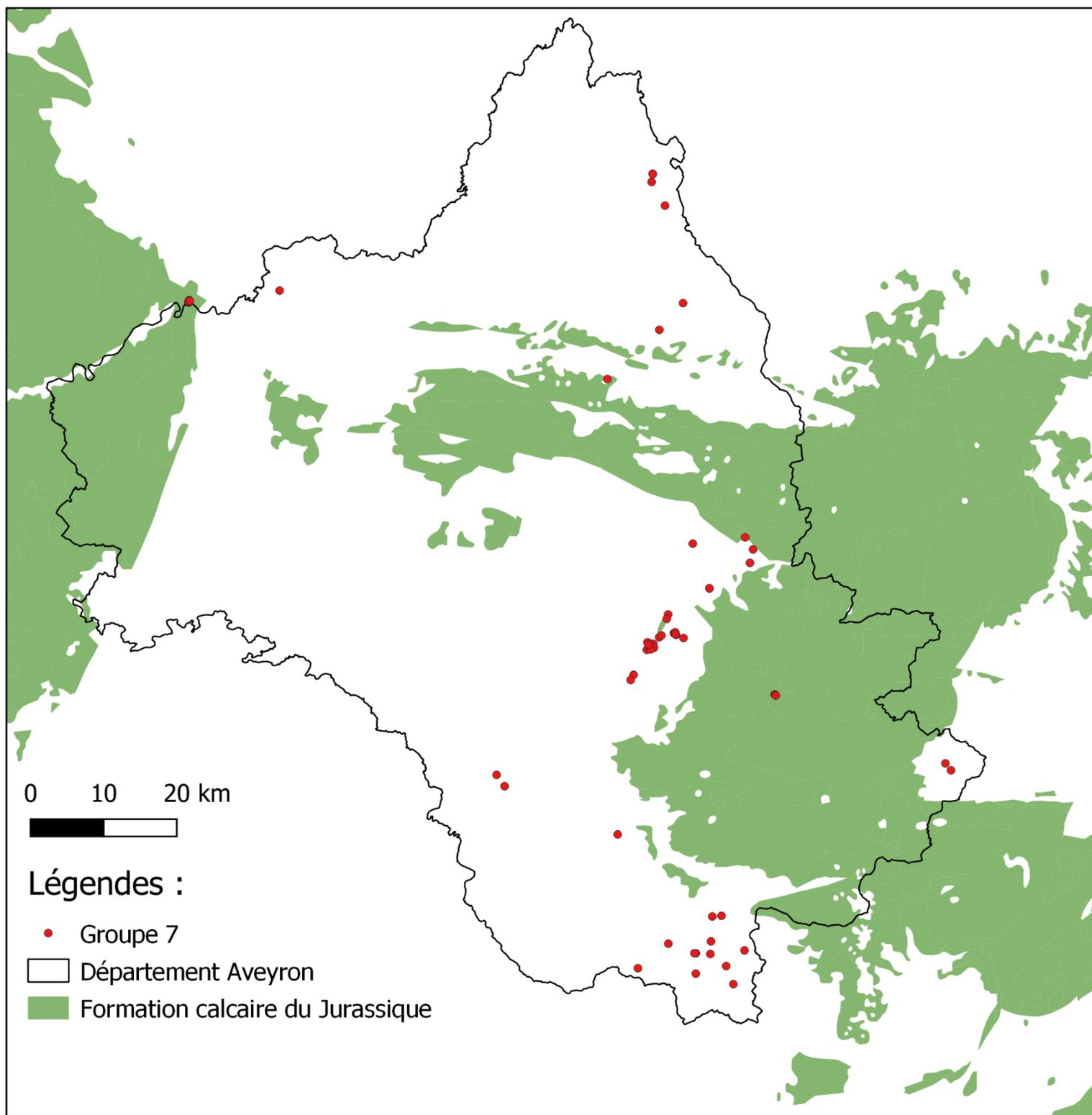
Localisation des captages du groupe 5



Localisation des captages du groupe 6

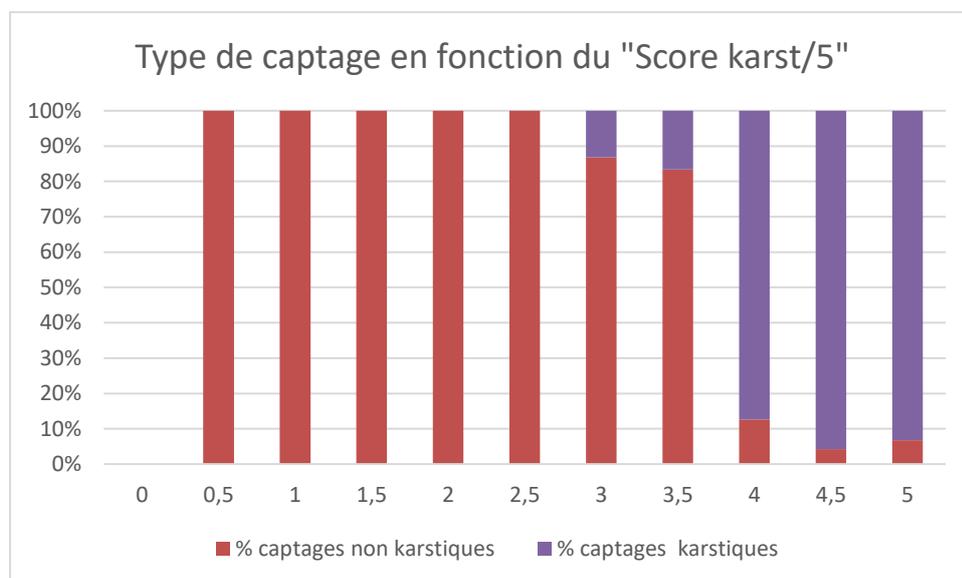
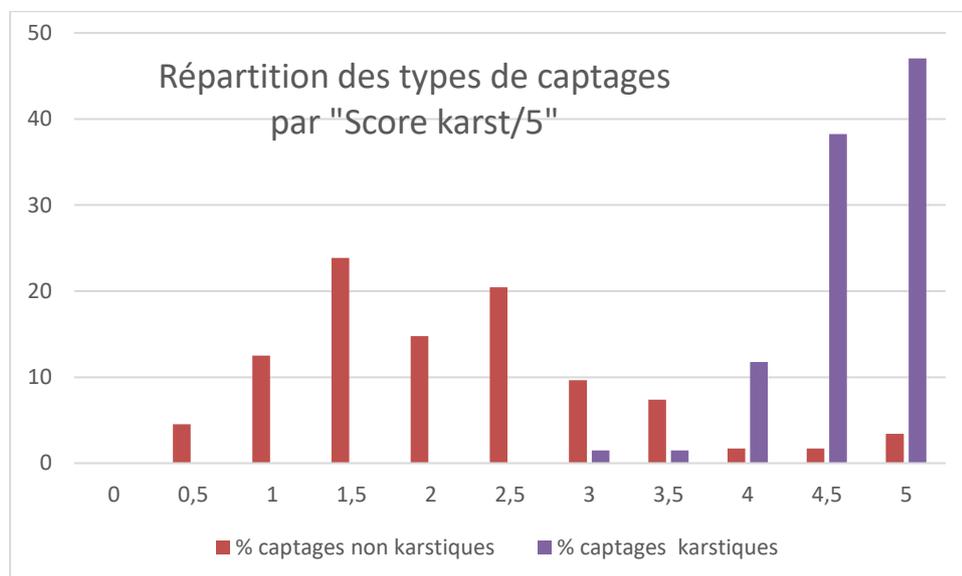


Localisation des captages du groupe 7



Annexe 17 : Tableaux et figures concernant les bilans faits sur les ressources karstiques AEP actives Aveyronnaises.

Répartition des 244 captages par type de captage et résultat au « Score karst/5 »

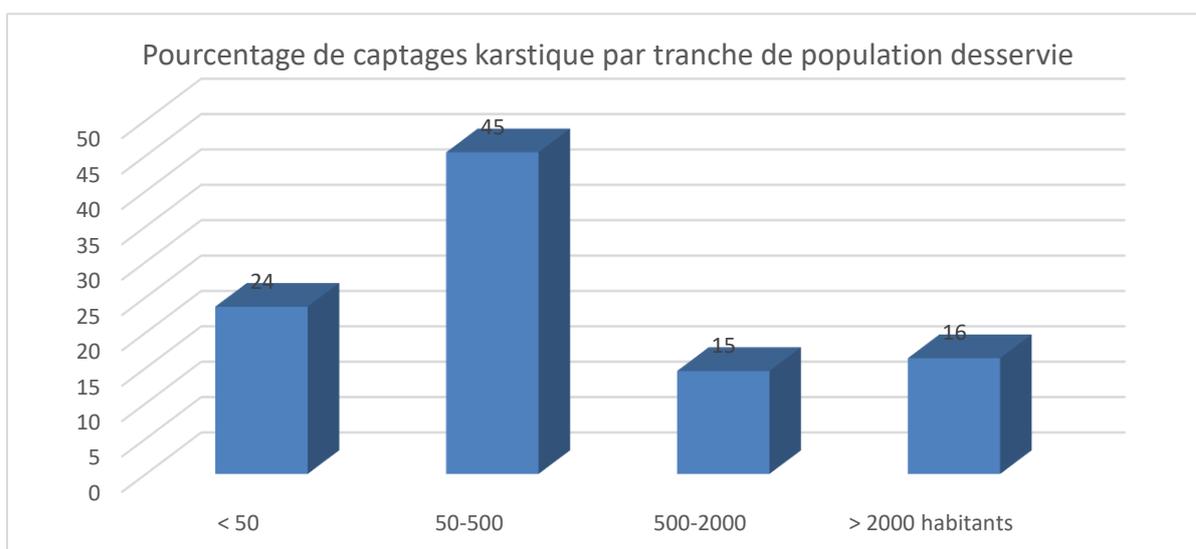


On constate que le « Score karst/5 » est un bon indicateur pour déterminer si une ressource est d'origine karstique.

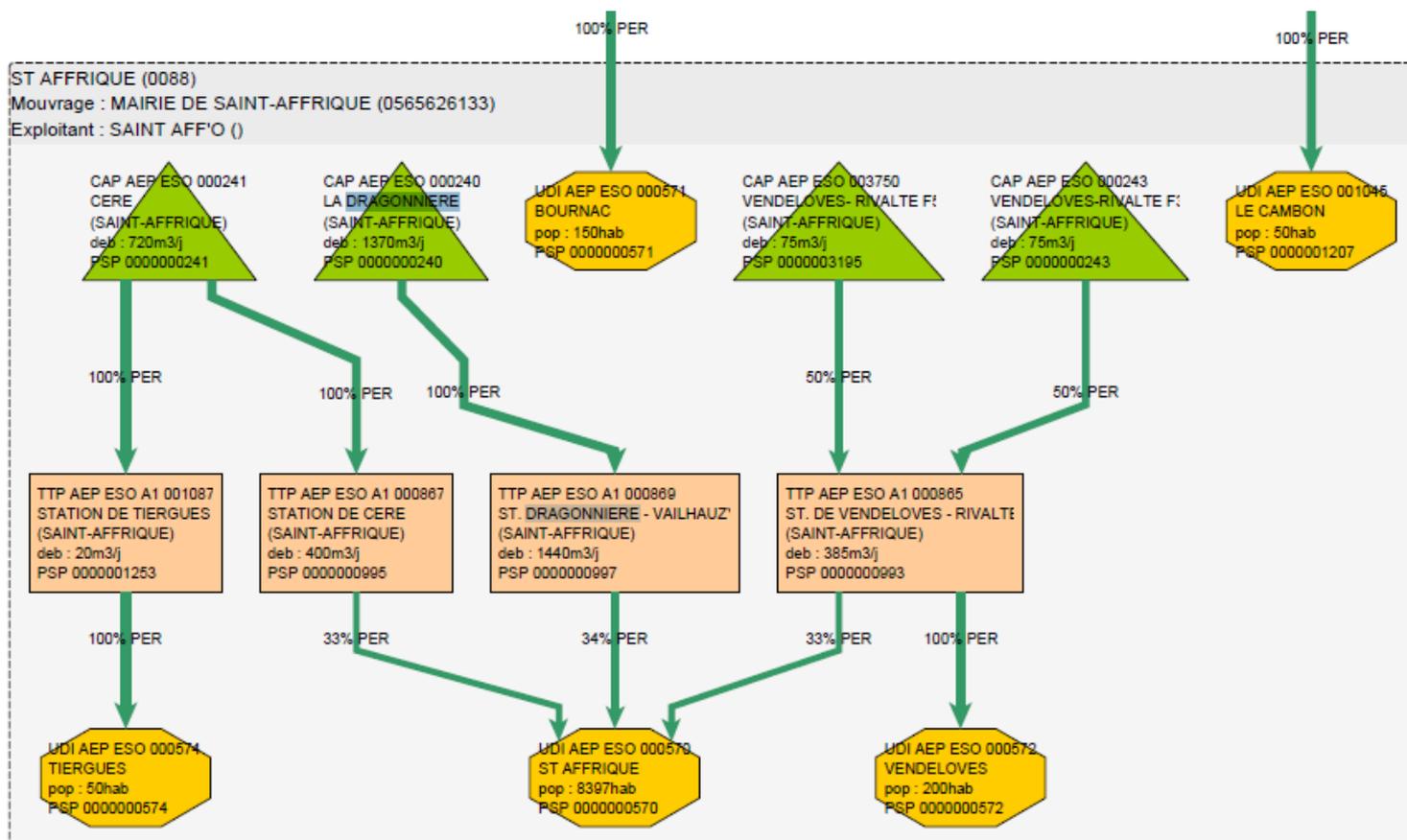
Population desservie par une ressource karstique	68 090 habitants	23 % de la population Aveyronnaise
Population desservie par une ressource non karstique	229 570 habitants	77 % de la population Aveyronnaise
Volume moyen journalier prélevés par les ressources karstique	24 462 m3	25 % des volumes départementaux
Volume moyen journalier prélevés par les ressources non karstique	73 273 m3	75 % des volumes départementaux

Population desservie ainsi que volumes moyens journalier d'eaux brutes prélevés par les captages karstiques et non karstique Aveyronnais.

Nombre de captages karstiques par tranche de population desservie



Exemple de synoptique de la commune de Saint Affrique



Dans cet exemple, la population de l'UDI « St Affrique » était comptée 4 fois pour chacun des captages en amont.

Paramètres :	Nombre d'analyses	Nombre de NC	% NC
Coliformes	2863	160	5,59
Sulfite-Red	2866	164	5,72
Enterocoques	2872	53	1,85
E. coli	2864	57	1,99
Turbidité	2877	147	5,11

Nombre et pourcentage de NC des analyses réalisées dans le cadre du CS pour les captages karstiques aveyronnais

Etat d'avancement :	Nombre de captage	Pourcentage de captages
Non entamée	1 captage	1 %
Terminée - 30 ans	14 captages	21 %
En révision / + 30 ans	12 captages	18 %
En cours	41 captages	60 %

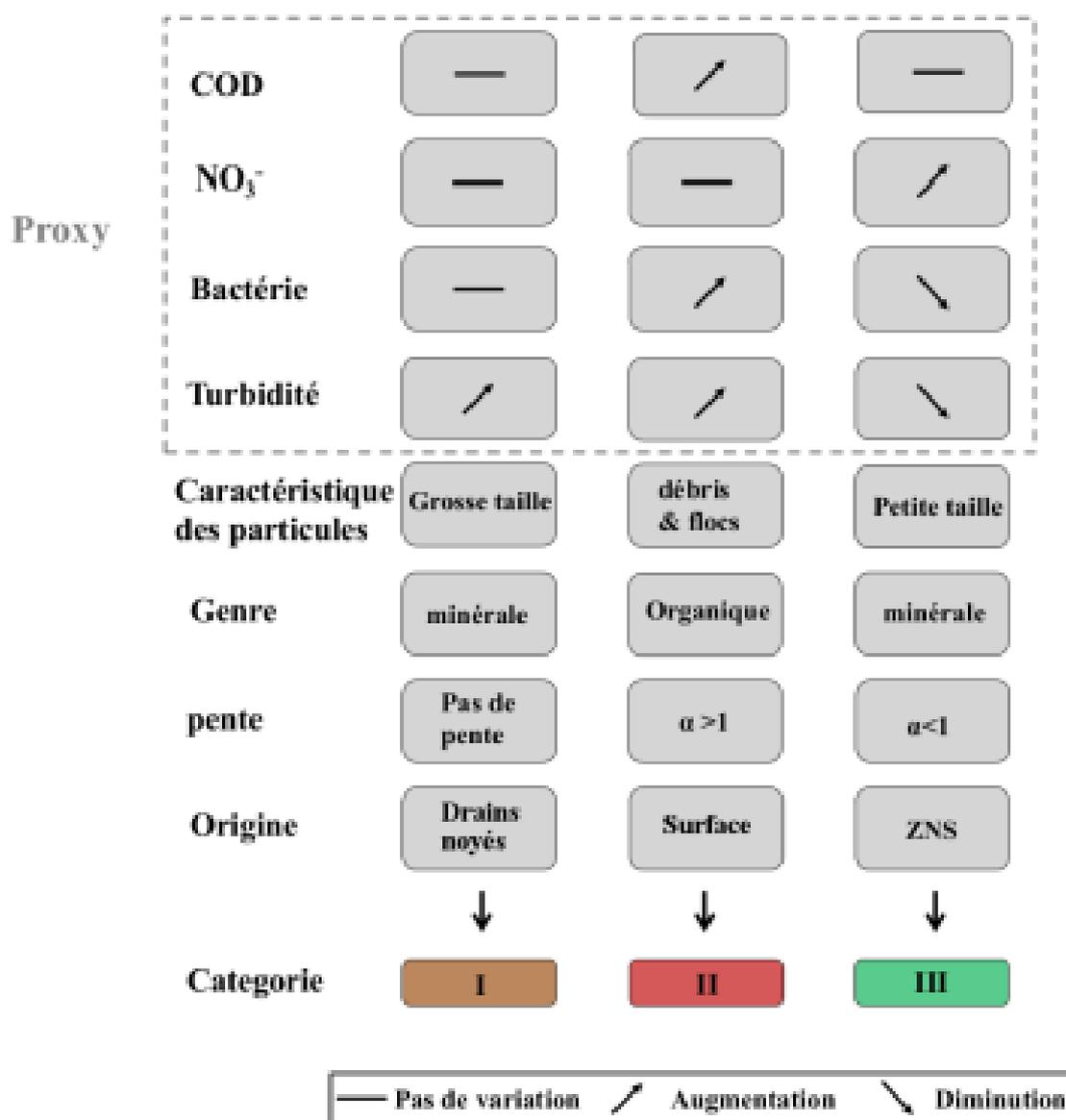
Etat d'avancement de la procédure de DUP des captages karstiques Aveyronnais

2.4 Schéma conceptuel de transfert de particules, COD, NO₃⁻ et bactéries pendant les crues aux Sources du Toulon

L'approche proposée dans ce chapitre permet de décrire plusieurs paramètres comme dégradant pour la qualité de la ressource en eau : (i) les particules en suspension présents dans l'eau, (ii) le carbone organique dissous, (iii) les bactéries, (iv) les nitrates. La crue de février 2017 permet de mieux comprendre les relations entre ces paramètres. Un synoptique d'utilisation de la méthode d'interprétation est proposé en Figure 81, permettant la réalisation d'un schéma conceptuel (Figure 82). Il permet l'identification de plusieurs masses d'eau témoignant de plusieurs types de vulnérabilité :

- **une remise en suspension des particules déposées dans le réseau noyé** (Figure 82), illustrée par une augmentation singulière du signal de turbidité pendant la montée de crue. Les particules associées à cette évolution du signal sont minérales (quartz, calcite) et de taille supérieure à 100 µm. Ces particules sont à associer à une origine autochtone et ne transportent pas de contamination fécales. La faible variation des autres paramètres hydrochimiques (NO₃⁻, COD) confirme l'origine d'une masse d'eau localisée dans le réseau de drainage de la zone noyée ;
- **l'infiltration concentrée d'une masse d'eau en provenance de la surface** (Figure 82), illustrée par une augmentation conjointe de bactériologie, de COD et de la turbidité. Malgré une diminution de l'énergie au sein du système karstique (décrue) une augmentation de la turbidité est enregistrée. Les particules analysées correspondent à des particules organiques (débris d'algues, floccs organo-minéraux, colonies de bactérie adsorbée sur des débris végétaux), et de taille comprise entre 50 et 100 µm. Ce type de particule, de provenance allochtone, confirme l'origine de surface de la nouvelle masse d'eau identifiée. Dans le diagramme NO₃⁻_{norm} vs COD_{norm}, l'arrivée de cette masse d'eau se traduit par une pente $\alpha > 1$;
- **l'infiltration diffuse à travers la zone non saturée de l'aquifère** (Figure 82), illustrée pendant la décrue par une augmentation de la concentration en NO₃⁻ indépendamment d'une évolution de COD, et d'une diminution de la concentration en bactéries et du signal de turbidité. Les particules associées à cette masse d'eau sont minérales, et la proportion de particules de taille comprise entre 50 et 100 µm augmente. Elles sont d'origine autochtone au système karstique. Dans le diagramme NO₃⁻_{norm} – COD_{norm}, l'arrivée de cette nouvelle masse d'eau s'identifie par une pente $\alpha < 1$.

Act



- I** Chasse d'eau de la zone saturée de l'aquifère
- II** Infiltration concentrée d'eau de surface
- III** Arrivée d'eau en provenance des horizons de subsurface

Figure 81 : Synoptique d'utilisation de la méthode d'interprétation proposée dans ces travaux.

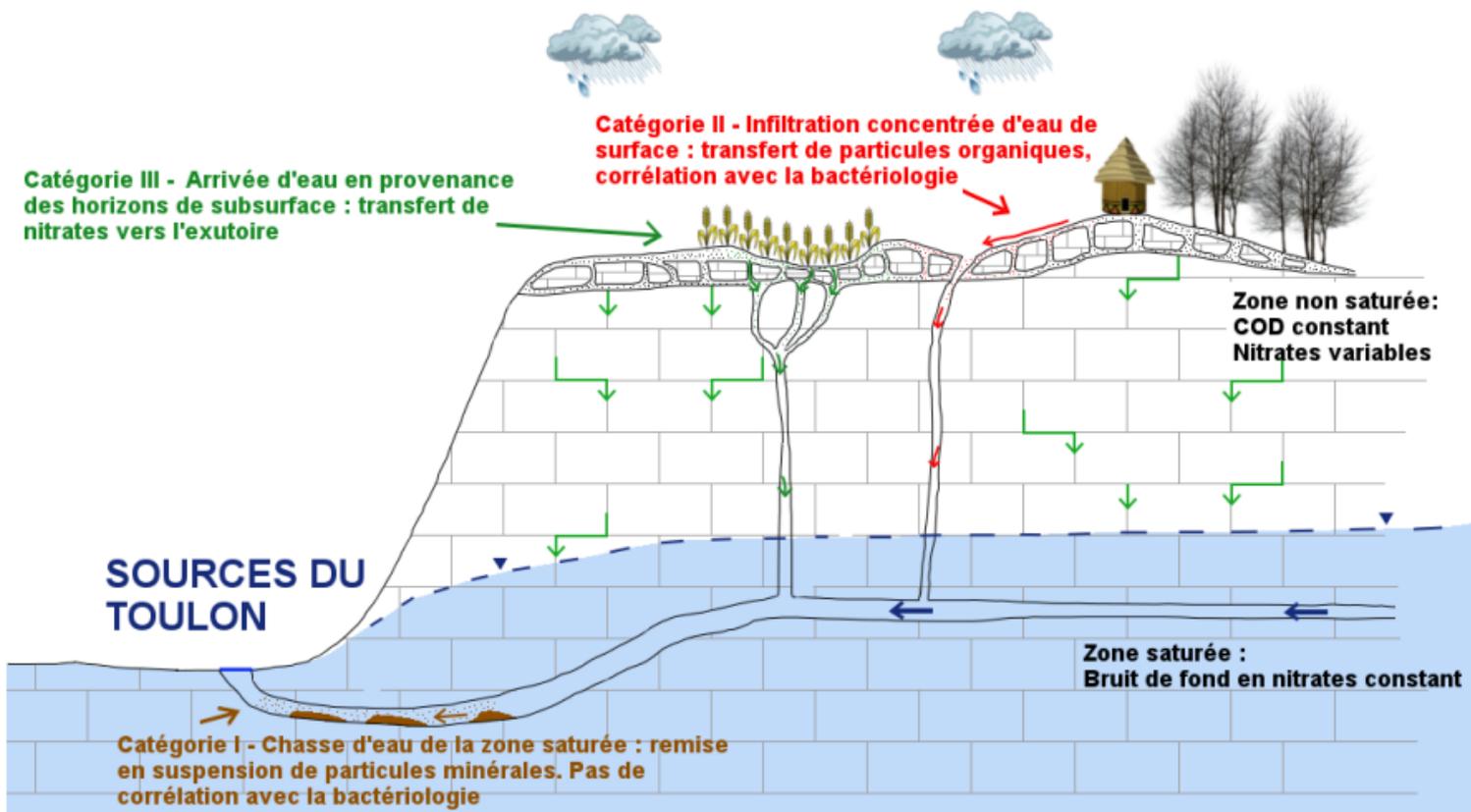


Figure 82 : Schéma conceptuel illustrant la vulnérabilité du système karstique du Toulon en lien avec la turbidité, les nitrates, et les bactéries en période de crue. Les catégories I, II, III correspondent à celles de la Figure 81.

Acti

Annexe 19 : Zones d'incertitude du bassin d'alimentation de la source karstique du Durzon (A à I) SIAEP du Larzac

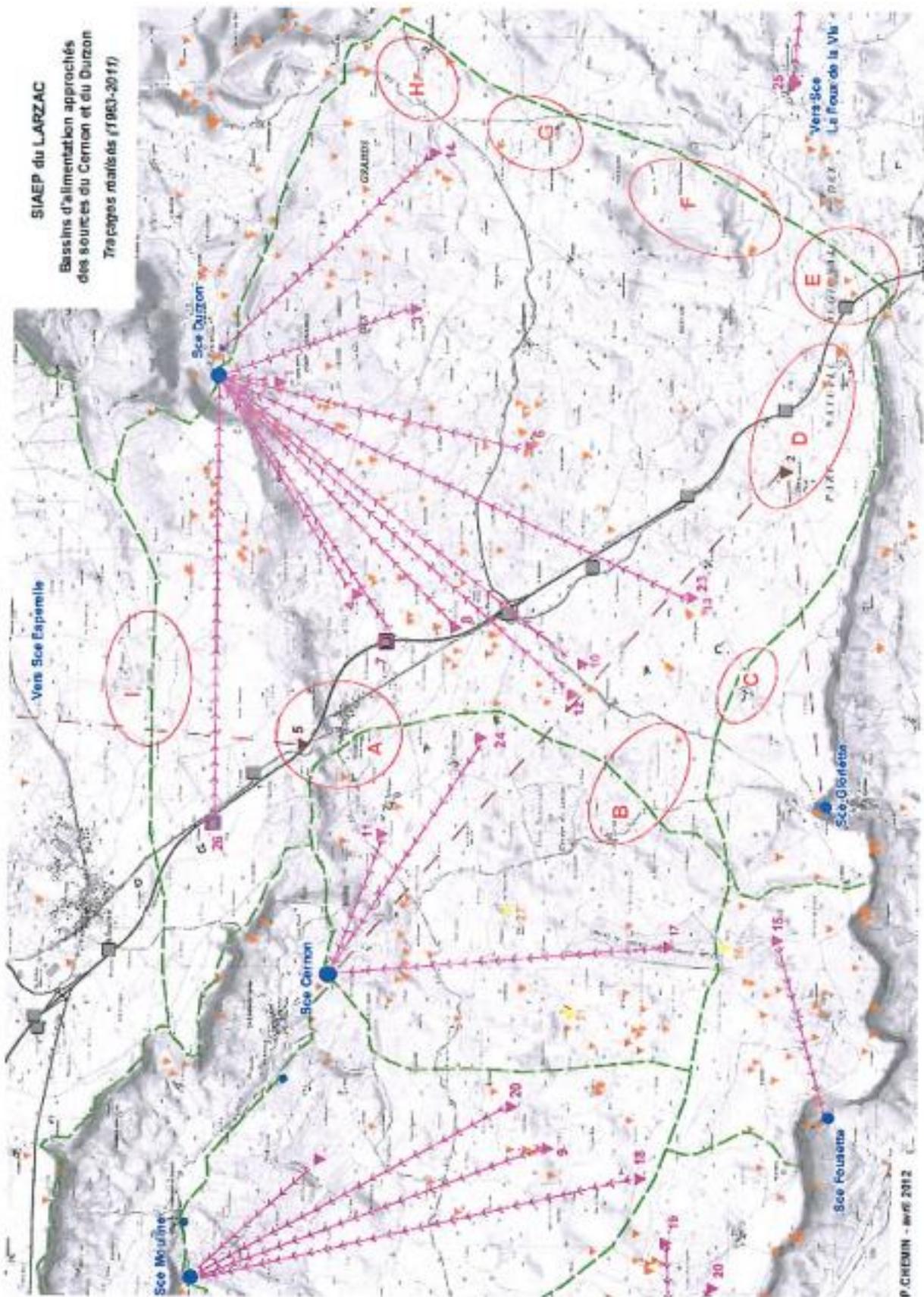


Fig. 6 – Traçages et bassins d'alimentation des sources du Durzon et du Cernon

Annexe 20 : Photographies des résurgences du Boundoulaou (Creissels) et du Durzon (Nant Larzac) et extrait du site de l'office du tourisme de l'Aveyron

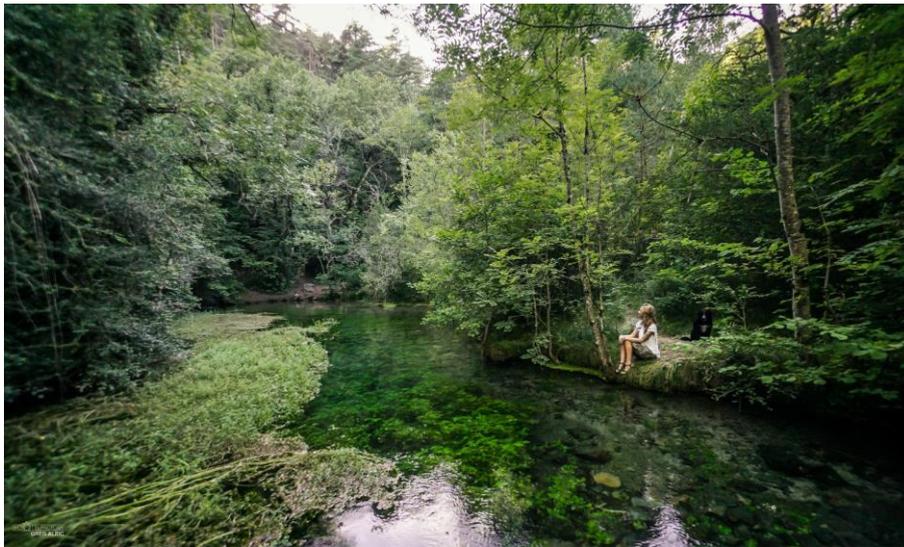


Photos de la résurgence du Boundoulaou

<https://www.parc-grands-causses.fr/source-du-boudoulaou>



<https://www.philippe-crochet.com/galerie/karst/details/84/sources-karstiques/1076/h-08-0065-grotte-du-boudoulaoun-en-crue-aveyron>
Photos de la résurgence du Durzon



https://www.tourisme-aveyron.com/fr/diffusio/sites-naturels/la-source-du-durzon-nant_TFO387279538846

Extrait du site de l'office du tourisme de l'Aveyron

TOURISME AVEYRON ✉️ ❤️ 🔍 MENU

← À voir à faire > Visiter > Sites naturels de l'Aveyron > La source du Durzon

← RETOUR

PATRIMOINE NATUREL 📍 NANT

PRÉSENTATION **OUVERTURE/TARIFS** LOCALISATION CONTACTS

LA SOURCE DU DURZON

Un lieu paisible et verdoyant pour à découvrir en famille.

À 6 km de Nant, les eaux souterraines absorbées par le causse du Larzac ressortent à la surface sous la forme d'une résurgence. La source du Durzon avec son eau limpide et ses couleurs verdoyantes est un lieu bucolique peuplé de papillons et libellules*.

N'hésitez pas à venir découvrir la source lors d'une balade en famille. Un sentier ombragé longe la rivière depuis le pont du Mas du Pré (D178), accessible même aux plus petits. Pour le retour, vous avez le choix de faire sens inverse ou de revenir par une route peu fréquentée. **Je consulte la rando-fiche.**

Pour s'approcher au plus près en voiture, prendre la D178 jusqu'au Mas de Pommiers et prendre le sentier sur quelques mètres à pieds.

*Attention : le Durzon alimente en eau potable plusieurs communes, la trempette des pieds ou le bain de votre animal de compagnie est interdite...merci.

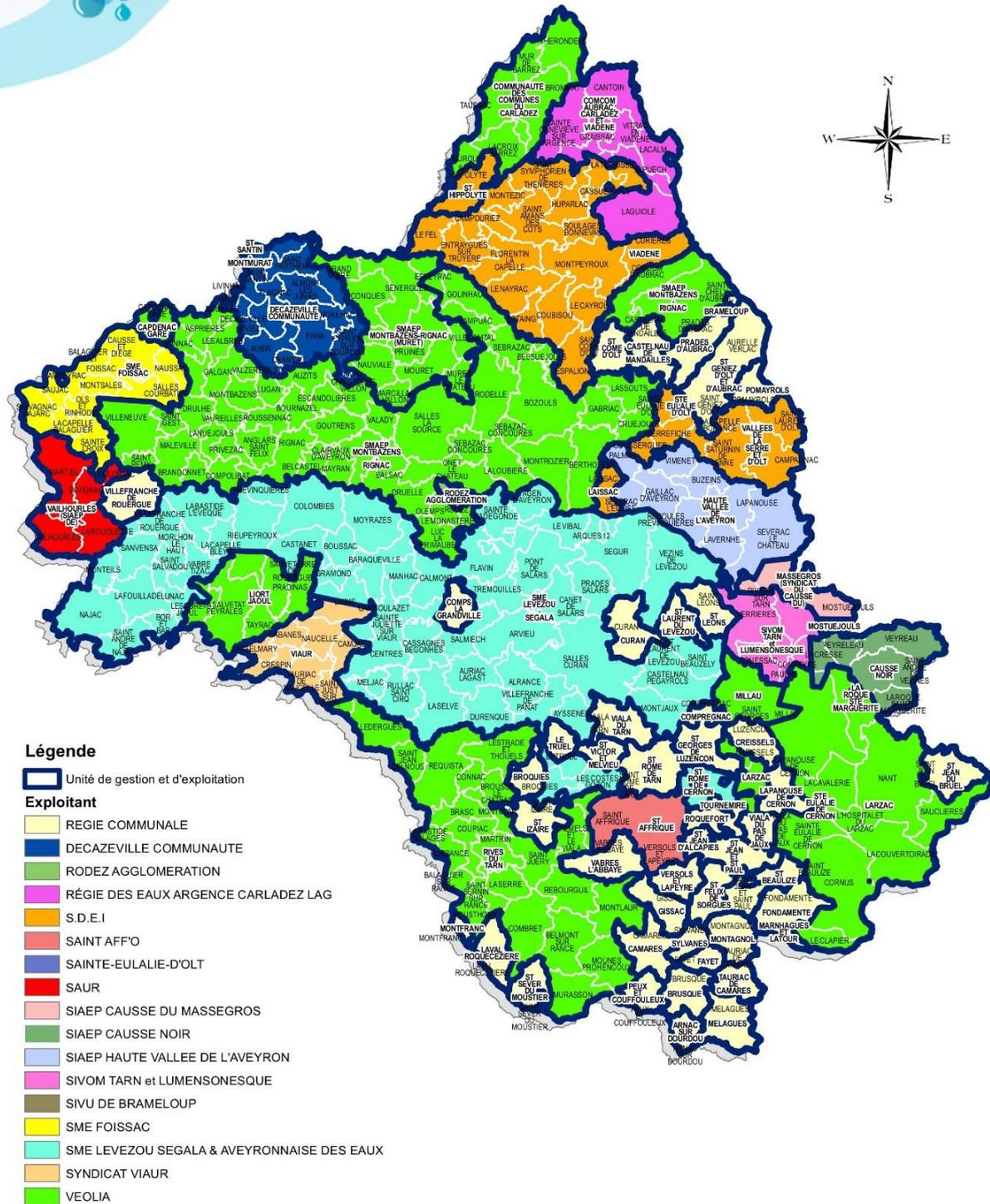
+33 (0)5 65 62 23 64
infos@tourisme-larzac.com
Site web
AJOUTER AU CARNET

https://www.tourisme-aveyron.com/fr/diffusio/sites-naturels/la-source-du-durzon-nant_TFO387279538846

Annexe 21 : Carte de la gouvernance du service AEP en Aveyron



Eau destinée à la consommation humaine Exploitants des unités de gestion et d'exploitation Département de l'Aveyron - 2021



Conception: DSP/SE - Cellule Mutualisée Eaux - YA - contrôle sanitaire ARS - BD TOPO version 2.1 IGN© - Paris - 2015

01/02/2022

THOMAS

Aurélie

29 novembre 2022

INGENIEUR D'ETUDES SANITAIRES

Promotion 2022

Les captages karstiques : état des lieux et analyse de la problématique en Aveyron

Résumé :

Le travail présenté dans ce rapport a permis d'identifier les ressources karstiques présentes en Aveyron. Environ $\frac{1}{4}$ de la population est alimentée par ce type de ressource. La sécurisation des captages karstiques en Aveyron est fragile : simple désinfection, risque parasitaire, beaucoup de procédures de déclaration d'utilité publique (DUP) des périmètres de protection de captage (PPC) à instruire.

Un travail important est à réaliser pour améliorer la sécurisation des ressources karstiques. 70 % des captages karstiques étant situés en zones rurales, les principales difficultés rencontrées par les personnes responsables de la production et de la distribution de l'eau sont des problèmes de compétences et de moyens. L'ARS doit mobiliser les acteurs du territoire sur ce sujet afin d'agir en transversalité.

Enfin, les ressources karstiques étant particulièrement vulnérables leur sécurisation ne peut qu'être globale. Le volet préventif dans le cadre des DUP de PPC doit être adapté spécifiquement pour ce type de ressources et pourra en aucun cas garantir la même protection que pour une ressource non karstique. Aussi, un volet curatif est inévitable pour les ressources karstiques. Ce volet doit inclure une gestion de la turbidité, et/ou la mise en œuvre d'une filière de traitement adaptée et si possible une sécurisation par interconnexion ou ressource de secours.

Mots clés :

Karst, Résurgence, EDCH, Eau potable, Turbidité, Non-conformité bactériologique, Giardia, Cryptosporidium, parasite, PPI /PPR satellites, Gouvernance, Aveyron

L'Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les mémoires : ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.