



ENSP
ÉCOLE NATIONALE DE
LA SANTÉ PUBLIQUE

RENNES



ingénieur du génie sanitaire

Promotion 2005

**QUALITE BACTERIOLOGIQUE DE L'EAU DE LA
SOURCE DE L'ESPERELLE
INTERET DES PERIMETRES DE PROTECTION**

Présenté par:

*Isabelle Rouvié
Ingénieur ESTBB*

Lieu du stage:

*Parc naturel régional des Grands
Causses, Millau (12)*

Référent professionnel:

M. Laurent Danneville

Référent pédagogique:

M. Jean Carré

Remerciements

Je tiens à remercier M. Quatrefages, Président du Parc naturel régional des Grands Causses et M. Ilieff, Directeur du Parc de m'avoir accueillie dans leur établissement.

Je remercie particulièrement M. Laurent Danneville, mon référent professionnel, pour ses conseils, son aide précieuse et sa disponibilité.

Je remercie également M. Jean Carré, mon référent pédagogique, pour ses conseils avisés.

J'adresse mes plus sincères remerciements aux "exilés" du troisième étage, MM. Frédéric Affre, Alexandre Greffier, Maxime Pétraud et Sébastien Valat, techniciens SPANC, M. Frédéric Hervieu, chargé de mission, ainsi que David et Franck pour les réponses qu'ils m'ont apportées, leur aide et leur bonne humeur, tout au long de ce mémoire.

Merci enfin à tout le personnel du Parc, pour son accueil chaleureux et sa gentillesse, ainsi qu'aux enseignants chercheurs du département EGERIES, pour m'avoir guidée tout au long de l'année et à toutes les personnes qui ont participé de loin à la rédaction de ce mémoire.

Sommaire

INTRODUCTION.....	1
1 CADRE DE L'ETUDE	3
1.1 Le Parc naturel régional des Grands Causses.....	3
1.1.1 Les Parcs naturels régionaux.....	3
1.1.2 Le Parc naturel régional des Grands Causses.....	3
1.2 Le Causse du Larzac.....	4
1.2.1 Rappels sur le karst.....	4
1.2.2 La source de l'Espérelle	6
1.2.3 Qualité de l'eau de l'Espérelle	7
2 LA PROTECTION DE LA RESSOURCE.....	11
2.1 Au niveau national.....	11
2.2 L'arrêté de DUP pour la source de l'Espérelle.....	11
2.2.1 Le périmètre de protection immédiate	11
2.2.2 Les périmètres satellites de protection immédiate	11
2.2.3 Le périmètre de protection rapprochée.....	12
2.3 Le périmètre de protection rapprochée.....	14
3 CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES.....	17
3.1 Identification des risques microbiologiques.....	17
3.1.1 Les agents biologiques.....	18
3.1.2 Les moyens de détection	20
3.1.3 Les traitements possibles.....	21
3.2 Les analyses réalisées.....	22
3.2.1 Choix des sites	22
3.2.2 Analyses demandées	24
3.2.3 Intérêt.....	24
3.2.4 Résultats.....	25
3.2.5 Discussion des résultats.....	26
4 DISCUSSION	27
CONCLUSION	29
BIBLIOGRAPHIE.....	31

INDEX..... I

LISTE DES ANNEXES..... III

Liste des sigles utilisés

ADN	Acide DésoxyriboNucléique.
AEAG	Agence de l'Eau Adour-Garonne.
AEP	Adduction d'Eau Potable.
AFSSA	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments.
ARN	Acide RiboNucléique.
CGE	Compagnie Générale des Eaux.
CSP	Code de la Santé Publique.
DDASS	Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales.
DUP	Déclaration d'Utilité Publique.
EH	Equivalent Habitant.
NFU	Nephelometric Formazin Unit.
PCR	Polymerase Chain Reaction (réaction en chaîne de la Polymérase).
PNRGC	Parc naturel régional des Grands Causses.
PNSE	Plan National Santé – Environnement.
RT-PCR	Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction.
SATESE	Service d'Assistance Technique à l'Épuration et au Suivi des Eaux.
SPANC	Service Public pour l'Assainissement Non Collectif.
STEP	Station d'épuration.
TH	Titre Hydrotimétrique.
UV	UltraViolets (rayons).
VHA	Virus de l'Hépatite A.

INTRODUCTION

L'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG) a mis en œuvre son VIII^{ème} programme d'intervention (2003-2006) pour favoriser un aménagement et une gestion des milieux aquatiques mieux adaptés aux principaux sous bassins du Midi Atlantique. Les premières opérations envisagées dans le cadre de ce programme concernent les captages pour l'alimentation en eau potable qui possèdent un arrêté préfectoral de DUP pour les périmètres de protection et qui sont inscrits aux hypothèques ou dont la procédure d'instauration de périmètres de protection est bien avancée (avis de l'hydrogéologue agréé, arrêté de DUP).

Dans le cadre de ce programme, le Parc naturel régional des Grands Causses a engagé en 2004 un "Défi territorial". Celui-ci a pour objectif d'améliorer la protection des ressources en eau de l'ensemble de la population du Parc dans un délai de dix ans. Pour cela, il faut réduire les pollutions domestique, agricole et industrielle et adapter les dispositifs de potabilisation de l'eau pour supprimer la pollution non réductible par des actions préventives ou de terrain.

Le premier objectif du Défi concerne l'amélioration de la protection sur le périmètre de protection rapprochée de l'Espérelle. C'est une action qui a été engagée à partir du deuxième semestre 2004 avec la DDASS, la ville de Millau et la Compagnie Générale des Eaux.

Les problèmes de qualités rencontrés concernent surtout les paramètres bactériologiques. Le suivi de ces paramètres constitue donc un outil de choix. Il est nécessaire de connaître les variations temporelles et les améliorations qu'apportent les périmètres et la mise en place du Défi sur le bassin d'alimentation de la source.

La première partie de ce document est consacrée à la présentation du Parc naturel régional des Grands Causses ainsi qu'à celle de la source de l'Espérelle. La démarche "périmètres" avec son adaptation au cas de cette source est exposée en deuxième partie. Le suivi bactériologique conduit sur la ressource, replacé dans le cadre plus général de la contamination microbiologique des eaux, en particulier des pathogènes retrouvés sur l'usine du Monna est ensuite présentée. Une confrontation des résultats obtenus à l'occasion de ce suivi avec la situation de protection telle qu'elle existe actuellement est réalisée, afin de voir si les actions menées jusqu'à aujourd'hui sur le périmètre de protection rapprochée de l'Espérelle ont eu une incidence sur la qualité bactériologique de l'eau.

1 CADRE DE L'ETUDE

1.1 Le Parc naturel régional des Grands Causses

1.1.1 Les Parcs naturels régionaux

Le Parc naturel régional des Grands Causses (PNRGC), qui vient de fêter ses dix ans, fait partie des 44 Parcs naturels régionaux existant en France (D.O.M. et métropole) en 2005. Ceux-ci ont pour mission de "protéger et de mettre en valeur les grands espaces ruraux habités".

Le territoire d'un Parc naturel régional est un territoire rural, reconnu au niveau national pour sa valeur patrimoniale et paysagère. Il s'organise autour d'un projet concerté de développement durable, fondé sur la protection et la valorisation de son patrimoine. Le projet de Parc naturel régional est élaboré dans la concertation la plus large possible, entre les collectivités territoriales (Conseil(s) Régional(aux), Conseil(s) Général(aux), communes du territoire) et les différents partenaires (Chambres consulaires etc.) du territoire concerné. Cet accord est mis en forme dans la Charte, contrat qui concrétise le projet de protection et de développement de son territoire. Celle-ci est soumise à enquête publique, et après adhésion libre et volontaire de tous les partenaires, la(les) Région(s) approuve(nt) la Charte et sollicite(nt) le classement du territoire en "Parc naturel régional" auprès du Ministère chargé de l'Environnement. Le Parc est classé par décret du Premier Ministre (pour une durée de dix ans renouvelables) après avis du Conseil National de la Protection de la Nature, de la Fédération des Parcs naturels régionaux de France et des autres Ministères concernés.

A la différence des Parcs nationaux, généralement inhabités et qui ont pour vocation principale la protection et la conservation d'un espace naturel fragile, les Parcs naturels régionaux sont des territoires habités, totalement accessibles. La réglementation qui s'y applique est celle qui est mise en œuvre sur le territoire national, mais l'accès à des milieux ou sites particulièrement fragiles et certaines pratiques (escalade, circulation des véhicules tout-terrain...) peut être réglementé, soit par l'Etat, soit par la Charte du Parc.

1.1.2 Le Parc naturel régional des Grands Causses

Le Parc a été classé le 6 mai 1995 et regroupe 97 communes du sud de l'Aveyron, soit environ 65000 habitants sur six terroirs (le Causse du Larzac, pays Templier et Hospitalier ; le Causse Noir, les Gorges de la Dourbie et de la Jonte ; le Pays de Roquefort, le Saint-Affricain et les Rougiers ; les Raspes du Tarn et les Marches du Lézou ; le Sévéragais et le Millavois). Il a en charge autant l'entretien et l'aménagement de l'espace rural (rivières, berges, sentiers de randonnée...), la protection et la gestion de la ressource en eau que la promotion des métiers et des produits caussenards et la protection des paysages, de la faune et de la flore du Parc.

Le Parc naturel régional des Grands Causses couvre près de 325 000 ha (figure 1), à cheval sur le Causse du Larzac (le plus important des Grands Causses), le Causse Noir et une partie du Causse de Sauveterre (Causse de Séverac) et sur les Avant-Causses (Causse Rouge et Causse de Saint-Affrique). Les plateaux caussenards sont séparés par des canyons formés par les différentes rivières : Tarn, Jonte, Dourbie...



PNR Grands Causses

Figure 1 : Territoire du Parc naturel régional des Grands Causses, Aveyron.

Le PNRGC regroupe 35 personnes réparties au sein de plusieurs services. Le service "Eau", au sein duquel ce travail a été réalisé, englobe à la fois le service Hydrologie et le SPANC. Le SPANC assure les diagnostics ainsi que le suivi et le contrôle des travaux de réalisation des systèmes d'assainissement autonome, tandis que le service Hydrologie gère en outre le suivi des stations de mesure des différentes sources, les études hydrogéologiques des aquifères sur les différents territoires du Parc, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Adour-Garonne et le SATESE Aveyron.

1.2 Le Causse du Larzac

Présentant un paysage en partie ruiniforme en raison de la nature du terrain (calcaires et dolomies), le Causse du Larzac renferme des réserves souterraines d'eau très importantes, estimées à environ 76 millions de m³ par an.

1.2.1 Rappels sur le karst

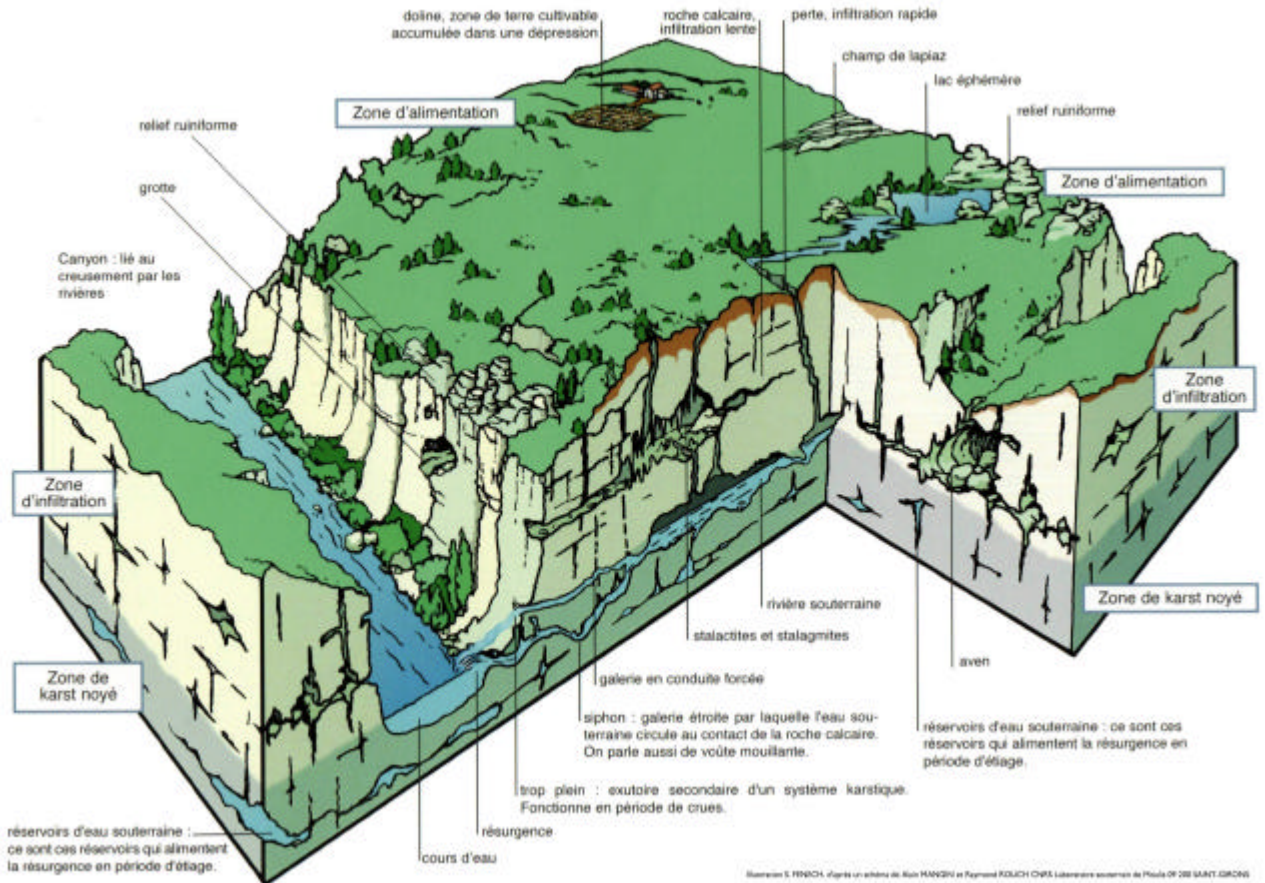
Le karst a fait l'objet de nombreuses études (Bakalowicz, 1979 ; Mangin, 1975) qui ont conduit à une représentation aujourd'hui acceptée par tous.

Du point de vue hydrogéologique, le milieu karstique est un milieu que l'on peut découper en trois grands secteurs (figure 2) : une zone d'alimentation qui va récupérer toutes les pluies qui tombent à la surface du plateau, une zone d'infiltration de l'eau, qui correspond avec la surface par des pertes¹, des gouffres...et enfin une zone de karst noyé qui peut contenir des rivières souterraines et qui va alimenter les résurgences et les

¹ Perte (d'un cours d'eau) : endroit où l'eau d'une rivière disparaît, en totalité ou en partie, en profondeur pour, le plus souvent, donner une rivière souterraine qui réapparaît plus loin par une résurgence.

rièrres de surface et leur permettre ainsi de garder un débit correct, même en période sèche.

Une zone épikarstique peut être également présente. Cette zone correspond à la couche superficielle des carbonates et est très fissurée, du fait de la décompression et de l'altération des terrains au voisinage de la surface. La perméabilité de cette zone est plus importante à cause de cette altération : l'eau sera stockée et donc les infiltrations se feront moins rapidement. Une zone d'épikarst va donc diminuer la vulnérabilité du massif karstique (Petelet et al, 2000). Les lapiaz² sont de bons indicateurs de la présence d'un épikarst.



PNR Grands Causses (d'après Mangin)

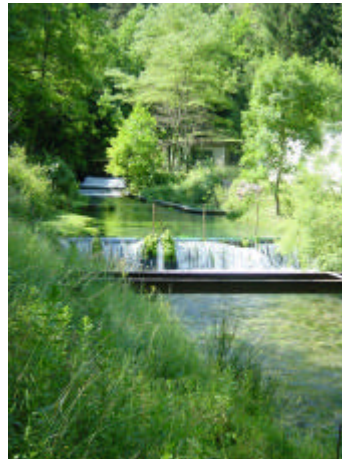
Figure 2 : Représentation schématique d'un modelé karstique.

L'eau de pluie qui arrive dans le massif calcaire est agressive et va ainsi se charger en sels minéraux et notamment en calcium et en magnésium. Les nombreuses fissures qui traversent ce massif sont autant de drains qui vont induire une réponse rapide aux événements pluvieux : des traçages réalisés ont mis en évidence des temps de séjour moyens, parfois insuffisants pour garantir une épuration naturelle et efficace des eaux, d'où une vulnérabilité par rapport aux pollutions de tous types et une nécessité de protection de cette ressource. En plus de cette réponse rapide, il existe également une composante retardée qui provient d'une infiltration plus lente de l'écoulement du karst noyé. Cette composante va permettre d'assurer les débits en période sèche.

² Lapiaz (ou lapiez) : surface de roche calcaire ou dolomitique qui, par dissolution, s'est creusée de trous, de cannelures ou de rigoles, larges de 1 cm à 1m et séparés par des lames tranchantes.

1.2.2 La source de l'Espérelle

Elle fait partie des neuf sources du Causse du Larzac utilisées pour l'AEP des communes du secteur.



PNR Grands Causses

Figure 3 : Source de l'Espérelle (La Roque Sainte Marguerite, 12).

C'est une résurgence karstique qui est située sur la commune de la Roque Sainte Marguerite (coordonnées Lambert III : x= 669 928, y= 1 902 575, z= 410). Elle draine le Causse du Larzac dans sa partie septentrionale, sur près de 100 Km², et alimente la Dourbie (puis le Tarn), comme le montre la figure 4.



Figure 4 : Les bassins versants du Causse du Larzac. (Ricard et Bakalowicz, 1996)

Le tableau suivant regroupe quelques données caractéristiques de la source :

Débit moyen	2 m ³ /s.
Débit d'étiage	0,1 m ³ /s (août - septembre).
Débit en crue	24 m ³ /s (printemps et automne).
Débits de prélèvement	Min : 350 m ³ /h, 3000 m ³ /j. Max : 800 m ³ /h, 10718 m ³ /j.
Débit maximum de prélèvement autorisé	800 m ³ /h, 16000 m ³ /j max.
Population desservie	22.280 hab. (en 2000).
Zone d'alimentation	106,58 Km ² , sur six communes.
Traitement subi par l'eau à l'usine de traitement du Monna	désinfection au dioxyde de chlore.

Tableau 1 : Données caractéristiques de la source de l'Espérelle. Données CGE- PNRGC.

1.2.3 Qualité de l'eau de l'Espérelle

Il s'agit d'un bilan réalisé à partir des données sur les cinq dernières années pour la physico-chimie, et sur les huit dernières années pour la bactériologie.

A) Qualité physico-chimique

En ce qui concerne les paramètres organoleptiques: l'eau de la source est exempte de coloration et d'odeur.

Le tableau suivant présente les intervalles de variations des paramètres physiques, ainsi que de la turbidité.

Paramètre	Valeur minimum mesurée (mois, année)	Valeur maximum mesurée (mois, année)	Valeur moyenne (sur 5 ans)
Conductivité (en µS/cm)	427 (mar 04)	523 (jun 04)	450
Température (en °C)	10.2 (déc 01, jan 04)	13.6 (jun 03)	11.5
pH	6.7 (sep 02)	7.9 (fév 01)	7.35
Turbidité (en NFU)	0.01	49	

Tableau 2 : Valeurs rencontrées pour les différents paramètres lors des analyses d'eau brute sur la résurgence de l'Espérelle (12). Années 2001-2005. Données SATESE 12- PNRGC.

Comme on peut le voir dans le tableau 2, la température subit de légères variations saisonnières mais est globalement constante (autour de 11,5°C). La conductivité est moyenne (450 µS/cm, stable depuis 5 ans), le pH est proche de 7,5, assez constant lui aussi. L'eau est proche de l'équilibre, ce qui traduit un écoulement en zone noyée, et le TH est compris entre 22 et 24°f: l'eau est assez dure (ceci est dû à un enrichissement en calcium et magnésium durant la traversée du massif karstique).

La turbidité est inférieure 91% du temps à 0,5 NFU (comme il s'agit d'une ressource karstique, la référence de qualité est de 0,5 NFU au point de mise en distribution). Lors de forts événements pluvieux, la turbidité de l'eau brute peut toutefois augmenter jusqu'à des valeurs très fortes (49 NFU en période de crue – valeur maximum pouvant être mesurée par le matériel en place) [13].

Le tableau suivant présente les intervalles de variations des chlorures et des nitrates.

Paramètre	Valeur minimum mesurée (mois, année)	Valeur maximum mesurée (mois, année)	Valeur moyenne (sur 5 ans)
Chlorures (mg/l)	0.21 (déc 01)	7.7 (juil 02)	4.1
Nitrates (mg/l)	3.00 (juil 01)	53.5 (mar 04)	8

Tableau 3 : Valeurs rencontrées pour quelques paramètres chimiques lors des analyses d'eau brute sur la résurgence de l'Espérelle (12). Années 2001-2005. Données SATESE 12-PNRGC.

En ce qui concerne les chlorures, leur teneur est très éloignée de la référence de qualité (4,1 mg/l pour 200 mg/l). Ils proviennent de sources multiples : salage des routes en hiver sur le plateau, rejets de la station d'épuration de La Cavalerie ainsi qu'activité agropastorale et habitat dispersé sur le Causse. Les nitrates sont eux aussi en concentration très inférieure à la limite de qualité (8 mg/l pour 50 mg/l). Ils ont également une origine liée à l'activité agropastorale et aux effluents domestiques et agricoles, qui peuvent être la cause des valeurs fortes qui ont parfois été mesurées, avec des incertitudes liées au matériel toutefois.

Quelques valeurs fortes sont à noter au niveau plomb et zinc, d'autant plus que les valeurs habituelles sont très faibles. Ces bouffées sont à mettre en parallèle avec des épisodes pluvieux. Les valeurs relevées pour le plomb en janvier 2002 sont supérieures à la limite de qualité applicable à partir du 25/12/2008 (10 µg/l), ce qui peut poser problème si cela se répète.

Au niveau des produits phytosanitaires, aucun problème n'apparaît à partir des analyses réalisées par la DDASS ou le Parc (les valeurs mesurées sont toujours inférieures au seuil de détection). Cependant, les analyses ne sont réalisées que deux fois par an, et on peut se demander si on ne passe pas à côté des contaminations. De plus, les substances utilisées ne sont pas forcément celles recherchées lors des analyses. Une pollution avec une substance particulière peut alors passer totalement inaperçue.

L'eau provenant de la résurgence de l'Espérelle présente en conséquence une bonne qualité du point de vue physico-chimique.

B) Qualité bactériologique

En plus des analyses mensuelles réalisées par le Parc depuis début 2005, il a été possible d'accéder aux précédentes analyses du contrôle sanitaire (DDASS). Cependant, l'eau de l'Espérelle provenant d'une ressource souterraine (karstique), avec un débit journalier de prélèvement inférieur à 19.999 m³ par jour, la fréquence d'analyses sur l'eau brute n'est que de 2 analyses par an. Certaines ne sont renseignées que pour une catégorie de micro-organisme, et il n'y a pas de régularité : une ou deux par an, avec des intervalles variant entre deux et six mois.

		revivifiables 22°C	revivifiables 36°C	coliformes totaux	E.coli	entérocoques	SBASR
Analyses réalisées par la DDASS 12	1 (25/11/1997)			32		0	
	2 (31/03/1998)			9		0	
	3 (26/04/1999)			20		0	
	4 (28/03/2000)			2		0	
	5 (19/09/2000)			15		2	
	6 (25/01/2001)	4600	300	100		1	5
	7 (26/03/2001)			59		2	
	8 (08/04/2002)					<15	
	9 (02/06/2003)				15	<15	
	10 (08/06/2004)				6	0	
	11 (25/10/2004)				3	1	
Analyses réalisées par le PNRGC	12 (07/02/2005)	700	100	8	1	0	2
	13 (07/03/2005)	1000	800	2	0	0	2
	14 (04/04/2005)	400	<100	5	0	0	0
	15 (02/05/2005)	800	<100	2	0	2	3
	16 (31/05/2005)	1900	400	8	6	0	0
	17 (28/06/2005)	1900	100	1	0	0	0
	18 (26/07/2005)	100	100	0	0	0	0

Tableau 4: Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur la résurgence de l'Espérelle (commune de la Roque Sainte Marguerite, 12).

Remarque : Toutes les valeurs sont données en n/100ml.

Le tableau 3 ci-dessus présente les valeurs obtenues pour chaque paramètre bactériologique recherché depuis 1997. Pour certains prélèvements, les résultats sont très lacunaires ; ainsi l'analyse du 8 avril 2002 ne comporte qu'un seul résultat, exprimé par rapport à un seuil de détection, assez élevé par ailleurs.

Il paraît assez difficile de corréliser les épisodes de forte bactériologie avec des phénomènes météorologiques, car les appareils en place ont eu quelques dysfonctionnements. Cependant, avant les mesures du 31 mai 2005, il y a eu un petit épisode pluvieux (le 14) qui aurait pu faire augmenter la quantité de bactéries revivifiables dans l'eau, en augmentant les infiltrations rapides à partir de la surface du causse. Le 28 juin et le 26 juillet 2005, les prélèvements ont été effectués pendant que le fermier pompait l'eau de la ressource et, de plus, le miroir de l'eau dans la vasque était assez bas, ceci étant certainement lié avec la sécheresse du moment (niveau des ressources de fin de mois d'août).

Les bactéries témoins de contamination fécale (coliformes totaux, entérocoques) proviennent d'une pollution chronique due aux rejets d'eaux usées, aux lixiviats (tas de fumiers, etc.) et à la faune sauvage (déjections, cadavres, etc.).

La présence de spores de bactéries anaérobies sulfite-réductrices est plus inquiétante car elle est signe d'une pollution organique plus ancienne et signifie que d'autres organismes, plus résistants, peuvent survivre dans l'eau, comme par exemple certains protozoaires comme *Giardia* ou *Cryptosporidium*, qui ont déjà été retrouvés dans l'eau en 2000, lors d'une campagne organisée par la CGE. La présence de ces

protozoaires était à relier avec une forte turbidité. Un suivi des ces organismes a été réalisé sur l'eau brute en 2003 (5 analyses dans l'année) par la CGE et les résultats des analyses ont été négatifs (<0,001/ 100 ml).

Il est à noter la présence assez fréquente de bactéries revivifiables dans les résultats d'analyses. Toutefois leur présence dans l'eau est naturelle, surtout dans les nappes libres et dans les réseaux karstiques, comme c'est le cas ici. Ces bactéries ne sont pas représentatives des micro-organismes pathogènes qui pourraient survivre dans l'eau.

C) Conclusion

Les paramètres pour lesquels des dépassements peuvent être observés sur les eaux qui alimentent Millau sont donc :

- La bactériologie, régulièrement.
- La turbidité, surtout en période de crue.
- Le plomb, d'origine inconnue et par bouffées.

La présence de produits phytosanitaires n'a pas été observée mais il serait intéressant de surveiller les variations de concentration de ces produits plus fréquemment au cours de l'année.

La source de l'Espérelle est à ce jour la seule ressource d'eau potable qui alimente la ville de Millau. Aussi, quand certains paramètres des analyses affichent des teneurs trop importantes, l'eau ne peut pas être distribuée à la population.

En plus de la protection, une diversification de la ressource (pompage dans la nappe alluviale du Tarn) a été envisagée par la ville de Millau et le fermier dans le cadre du défi, afin de disposer d'une ressource de secours dans les moments de crise.

2 LA PROTECTION DE LA RESSOURCE

2.1 Au niveau national

Déjà, en 1964, la première loi sur l'Eau impose l'instauration de périmètres de protection autour des ouvrages de captage d'eau mis en service à cette date et la deuxième loi sur l'Eau de 1992 étend cette mesure à tous les captages, exception faite des captages naturellement protégés, ce qui n'est pas le cas de la source de l'Espérelle (de nature karstique).

En 1998, la Directive Européenne sur l'eau, transcrite en droit français en 2001 par le décret 2001-1220 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exception des eaux minérales naturelles, modifié par le décret 2003-461 relatif à certaines dispositions réglementaires du CSP, impose la création de périmètres de protection autour des captages d'eau destinée à la consommation humaine.

Le CSP, dans son article L.1321-2, modifié par les articles 57 à 59 de la loi 2004-806, indique dans quelles conditions doit se faire la mise en place de ces périmètres.

Le PNSE, par son objectif prioritaire 1, veut "Garantir un air et une eau de bonne qualité". Pour cela l'action 1.3 impose "d'assurer une protection de la totalité des captages d'eau potable " avec pour objectif la protection de 100% des captages d'ici 2010.

2.2 L'arrêté de DUP pour la source de l'Espérelle

L'arrêté préfectoral de périmètre de protection du 25 septembre 2001 définit aux articles 9 et 10 les limites des différents périmètres (protection immédiate, périmètres satellites de protection immédiate, protection rapprochée) autour de la source de l'Espérelle. Les périmètres satellites de protection immédiate correspondent aux avens³ et pertes qui sont directement en relation avec la source, du fait de la nature karstique des sols du Causse du Larzac. C'est le premier arrêté de ce type qui a été pris dans l'Aveyron.

Voici les différents périmètres, tels qu'ils sont décrits dans l'arrêté préfectoral. La carte de la figure 5 montre les limites de chacun de ces périmètres.

2.2.1 Le périmètre de protection immédiate

Au niveau du captage, il est constitué de quatre parcelles situées sur la commune de La Roque Sainte Marguerite, propriétés de la Ville de Millau, dans les gorges de la Dourbie, à proximité de la rivière. Il "sera ceinturé par une clôture grillagée de 1,50 mètre de haut, ancrée dans le sol ou dans une murette. Elle sera munie d'un portail à double vantail, fermé à clé en permanence."

Il est représenté par le point bleu.

2.2.2 Les périmètres satellites de protection immédiate

Au nombre de 10, situés sur quatre des communes du bassin d'alimentation, ce sont des avens et des caves, dont quatre sont dans le périmètre du camp militaire. La commune de Millau est autorisée à intégrer de nouveaux avens dans la liste donnée par l'arrêté, si une relation directe avec le captage de l'Espérelle est démontrée, et après accord du Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales. De la même

³ Aven : gouffre s'ouvrant sur une cavité souterraine et résultant de la dissolution de couches calcaires.

manière que le périmètre de protection immédiate, ils doivent être "ceinturés par une clôture grillagée de 1,50 mètre de haut, ancrée dans le sol ou dans une murette". Sur la carte, ce sont les points rouges.

2.2.3 Le périmètre de protection rapprochée

Il comprend l'ensemble du bassin d'alimentation de la source. A l'intérieur de ce périmètre, des servitudes et des mesures de police sont instaurées, ayant pour objectif de protéger le captage vis-à-vis de la migration souterraine des substances polluantes. Sont concernés : l'habitat humain (assainissement autonome et collectif), les installations et activités agricoles, les voies routières, les activités ou installations diverses (dépôts d'ordures ménagères, lavage et vidange des véhicules), les activités et aménagements futurs.

Il est représenté sur la carte par un trait rouge.

Une surveillance de l'évolution de la qualité des eaux sera réalisée 3 fois par an les deux premières années, puis 2 fois par an les années suivantes.

Son environnement est détaillé dans le paragraphe suivant.

Remarque : il n'y a pas de périmètre de protection éloignée, qui protège habituellement le bassin versant dans son extension la plus large, car le contexte hydrogéologique est tel que la zone d'appel du captage et le bassin versant sont superposés.

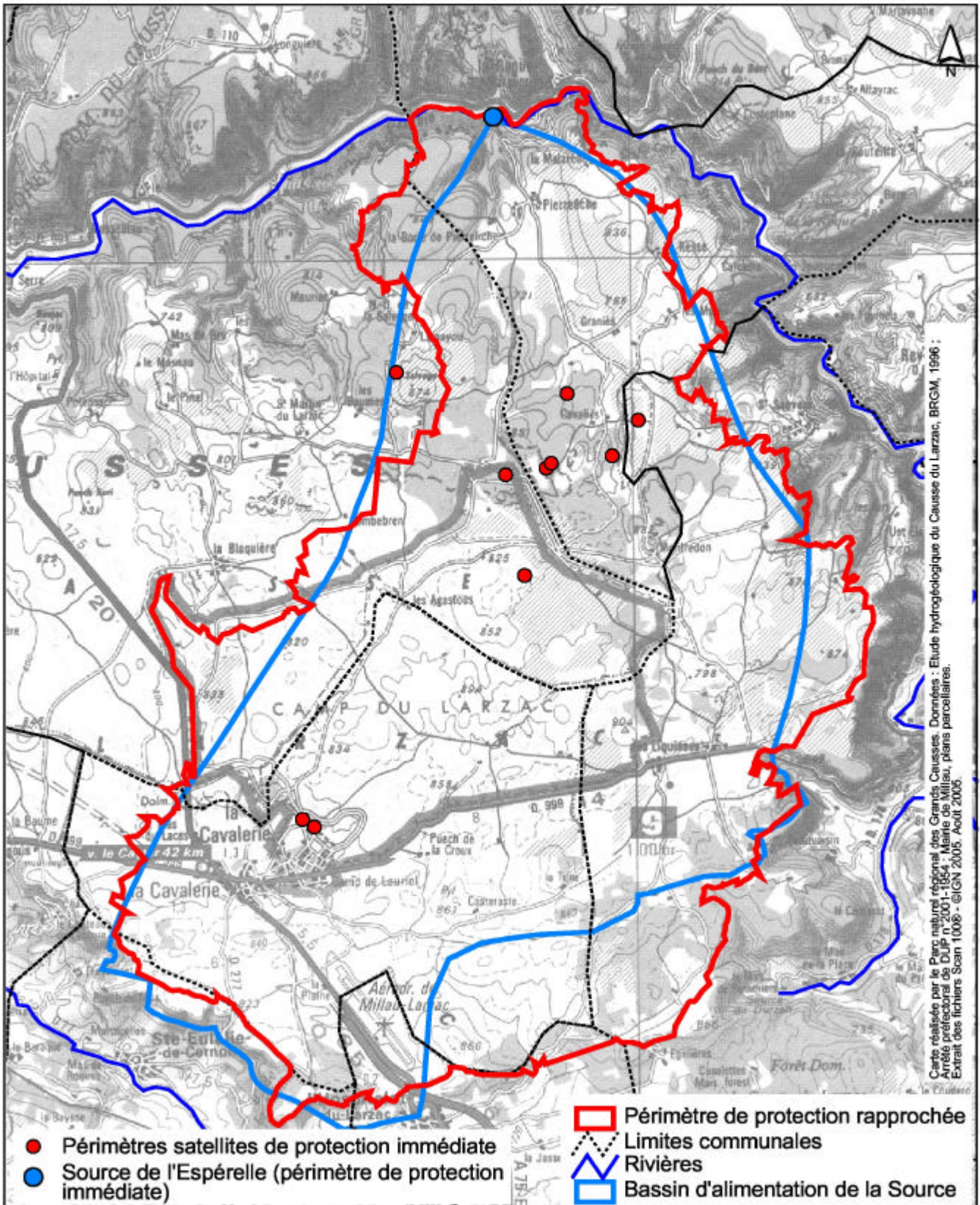


Figure 5 : Carte des périmètres de protection du captage de l'Espérelle.

2.3 Le périmètre de protection rapprochée

La mise en place des périmètres de protection de la source de l'Espérelle a été faite d'après l'étude hydrogéologique du bassin de cette même source, (Bakalowicz et Ricard, 1994, [7]) et celle du Larzac Septentrional (Ricard et Bakalowicz, 1996, [24]).

Il faut savoir que les délimitations des périmètres de protection en zone karstique ne sont pas aisées : les écoulements et les vitesses de restitution des traçages sont plus ou moins grands selon que le système est en basses eaux ou en hautes eaux, il va exister des reliefs de surface (avens, pertes) qui feront que les précipitations arriveront plus rapidement à la source observée. De plus, la géologie elle-même ne facilite pas cette délimitation : le calcaire fissuré qui constitue la majorité du sol du Causse rend toute la surface du plateau très sensible à toute pollution. La présence d'argile (terra rossa⁴ dans les Causses) en épaisseur variable au fond de certaines dolines⁵ (voir figure 2) rend relativement imperméable leur surface et de ce fait, les rend moins sensibles que le reste de la surface du Causse.

La présence de nombreux avens communiquant directement avec la source, donc considérés comme périmètres de protection immédiate, situés un peu partout sur l'aire d'alimentation posait problème quant au classement de la zone. Une étude plus approfondie, notamment du point de vue géomorphologie, aurait pu permettre de déterminer plusieurs périmètres de protection rapprochée autour de chaque périmètre immédiat et de classer le reste du bassin versant en protection éloignée. Mais la gestion des servitudes et de la mise aux hypothèques des parcelles concernées, sans parler du coût d'une telle étude, aurait compliqué la gestion de l'espace. De ce fait, il a été décidé de classer toute l'aire du bassin versant en périmètre de protection rapprochée, soit près de 100km². Il s'étend sur les territoires de six communes, (Millau, La Roque-Sainte-Marguerite, Nant, La Cavalerie, L'Hospitalet-du-Larzac et Sainte-Eulalie-de-Cernon) entre les gorges de la Dourbie au nord et à l'est, et la vallée du Cernon au sud.

En théorie, aucune activité polluante ne devrait exister sur le périmètre de protection rapprochée. Seulement, comment imposer ces interdictions sur une telle surface? Des restrictions et des servitudes ont donc été proposées lors de la prise de l'arrêté du 25 septembre 2001, basées sur les recommandations des hydrogéologues agréés, et concernant, entre autres, l'habitat humain, les installations et activités agricoles, les voies routières.

Sur ce périmètre, comme on peut le voir sur la carte de la figure 6, sont établis de nombreux hameaux, bergeries (jasses) et lieux-dits habités, outre la commune de La Cavalerie et le Camp Militaire du Larzac où est située la station d'épuration de la commune. Ceci représente environ 1500 habitants sur le bassin, près de 5000 ovins et 120 bovins. Les hameaux ne sont pas -tous- raccordables à des réseaux d'assainissement collectif (contraintes topographiques et géographiques), et les dispositifs d'assainissement autonome existants ne sont pas toujours conformes aux normes en vigueur. Le Défi territorial, mené par le PNRGC, a tout d'abord recensé tous les systèmes de dépollution domestique (assainissement autonome et collectif) et agricole (concernant surtout les salles de traite), afin de les réhabiliter si besoin.

Sur le bassin de l'Espérelle, ce sont ainsi 40 systèmes d'assainissement autonome qui vont être réhabilités d'ici la fin 2005, une station d'épuration biologique qui va être

⁴ Terra rossa : argile rouge, résidu de la dissolution des calcaires, avec appauvrissement en SiO₂ et enrichissement en Fe₂O₃, qui se concentre dans les cavités en morphologie karstique.

⁵ Doline : dépression circulaire à fond plat, forme de surface d'un modelé karstique.

mise en place ainsi qu'une vingtaine de systèmes d'assainissement propres aux salles de traite.

Il faut aussi tenir compte de la présence de l'aérodrome de Millau Larzac et de dépôts de carburants, ainsi que celle de l'axe A75, qui coupe le bassin d'alimentation de la source au sud-ouest. Il a été également décidé, suite aux restrictions imposées par l'arrêté, de n'autoriser qu'une seule zone d'activités, au niveau de La Cavalerie.

De plus, il ne faut pas oublier les pratiques agricoles sur le bassin d'alimentation. De nombreux agriculteurs ont des élevages (brebis, bovins ou volailles), qui produisent des fumiers. Le Règlement Sanitaire Départemental (Arrêté préfectoral du 31 octobre 1984) indique comment doivent se faire l'évacuation et le stockage des fumiers et autres déjections solides, ainsi que pour les lisiers, purins et autres liquides provenant des bâtiments d'élevage. Sur le périmètre, il y a de nombreux usagers de produits phytosanitaires : autant les agriculteurs que les particuliers, mais aussi le camp militaire (chemin anti-feu) et l'autoroute.

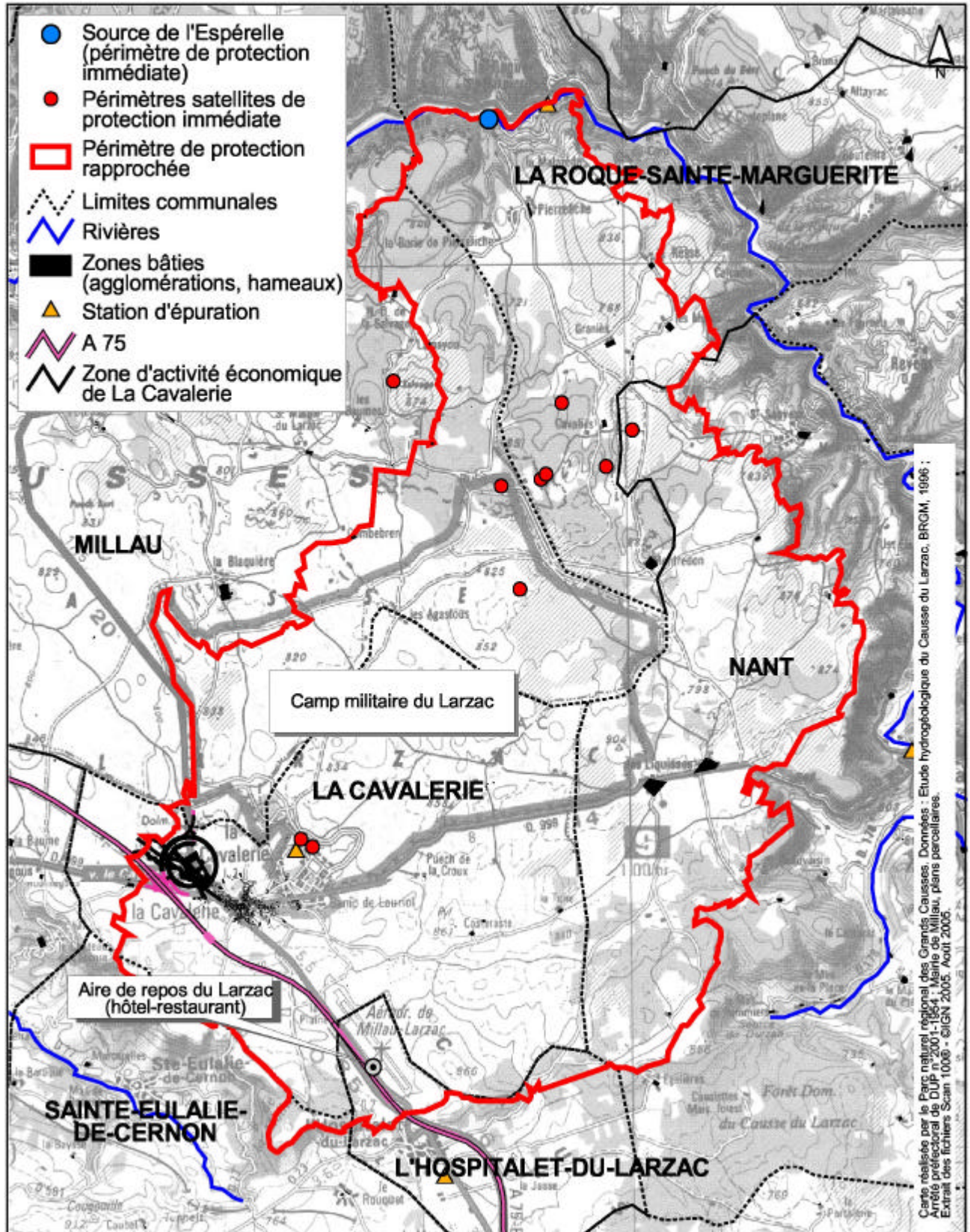


Figure 6 : Carte du périmètre de protection rapprochée et de son environnement.

3 CONTAMINATION MICROBIOLOGIQUE DES EAUX SOUTERRAINES

La présence d'organismes pathogènes dans l'eau destinée à la consommation humaine est toujours indésirable mais ne signifie pas obligatoirement que les consommateurs de cette eau développeront une pathologie. En effet, le pouvoir pathogène d'un micro-organisme résulte de ses caractéristiques, c'est à dire que son pouvoir infectant est resté intact malgré son parcours dans l'environnement et est en concentration suffisante malgré la dilution, et du degré de réceptivité de son hôte : quel que soit le moyen d'exposition, les mécanismes de défense peuvent être dépassés ou simplement affaiblis : personnes âgées, nourrissons, immunodéprimés : ce sont les populations sensibles.

Lorsque l'exposition à une eau contaminée dépasse les limites de défense naturelles du corps humain, la maladie se développe.

Cette partie porte sur une analyse des risques bactériologiques potentiellement associés à la consommation d'eau de la source et sur le suivi bactériologique de quelques systèmes d'assainissement pour approcher leur impact sur le sol. Après avoir discuté les résultats obtenus, une analyse de la stratégie de protection en place est proposée.

3.1 Identification des risques microbiologiques

Une démarche d'évaluation des risques microbiologiques (ERM) ne serait pas facilement réalisable ; vu le manque de renseignements sur les doses minimales infectieuses (DMI) ou les doses infectieuses pour 50% de la population (D_{50}) pour l'ensemble des pathogènes considérés, nous nous limiterons à une identification des dangers liés à la consommation d'eau potable (alimentation et usages domestiques), ainsi qu'aux moyens de détection existants adaptés à ces organismes et aux solutions possibles pour désinfecter l'eau.

Actuellement, le contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation ne porte pas sur les germes pathogènes, mais sur des micro-organismes " indicateurs ", généralement non pathogènes, plus faciles à mettre en évidence et présents en grand nombre dans l'intestin de l'homme et des mammifères.

Les agents pathogènes sont de natures très diverses: bactéries, protozoaires, virus... Leur dose minimale infectieuse (DMI) peut être très variable et est souvent inconnue. De plus, les effets ainsi que la gravité peuvent être très différents suivant les personnes. Les possibilités thérapeutiques sont elles aussi variées et dépendent beaucoup de la source de l'infection (infections bactériennes qui vont se soigner facilement ou bien infections à protozoaires plus délicates).

L'eau destinée à la consommation humaine étant majoritairement utilisée comme eau de boisson et de préparation des aliments, il faut tout d'abord considérer une transmission des agents pathogènes par ingestion, mais il est également important de considérer les autres modes de contamination tels que l'inhalation ou la voie cutanée, car l'eau distribuée est utilisée pour des usages domestiques (douches, vaisselle etc.) et pas seulement pour la préparation des aliments et la boisson.

Après contact avec la DDASS, il apparaît qu'aucune épidémie de maladie hydrique due aux virus, bactéries ou autre n'a été recensée pour la ville de Millau.

3.1.1 Les agents biologiques

A) Les parasites

Les parasites⁶ pouvant se retrouver dans l'eau de rivière sont essentiellement des protozoaires⁷, mais on peut également trouver des œufs d'helminthes (en particulier *Ascaris*).

a) Les helminthes

Ce sont des vers (organismes pluricellulaires), par opposition aux protozoaires. Ils vont être retrouvés dans l'eau sous diverses formes (kystes de résistance, œufs etc.), qui peuvent survivre plusieurs semaines voire plusieurs mois dans le milieu (sol, végétaux mais aussi dans les eaux usées). Cependant, ces formes de résistance ne permettent pas à l'animal de se reproduire dans l'environnement.

Provenant des boues de stations d'épuration ou de fosses individuelles, où leur présence est quasi systématique, ils peuvent se retrouver dans l'eau après épandage ou par une contamination directe de l'eau brute à partir de matières fécales ou de boues. Beaucoup d'études se sont intéressées au devenir des helminthes dans les boues d'épuration (urbaines, agricoles et industrielles) traitées ou pas. [8]

La contamination par ces organismes se fait par ingestion d'eau ou de légumes lavés avec une eau souillée. Les pathologies provoquées par ces organismes, notamment *Ascaris lumbricoides*, sont essentiellement des diarrhées, puis selon les espèces, des troubles nerveux, des douleurs musculaires ou bien des anémies.

b) Les protozoaires

Parmi eux, on retrouve essentiellement *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia (intestinalis)*. L'origine de ces protozoaires est essentiellement fécale (bétail, eaux usées domestiques ou agricoles) et ils provoquent majoritairement des gastro-entérites qui peuvent être mortelles pour les populations sensibles. [27]

Ces organismes n'ont pas tous les mêmes caractéristiques de survie, mais ont une résistance globale dans l'environnement assez exceptionnelle. Les *Cryptosporidium* et les *Giardia* développent des formes de résistance (respectivement oocystes et kystes) et vont ainsi pouvoir survivre plusieurs mois dans de l'eau froide (entre 2,8 et 18 mois à 4°C).

Remarque : *Naegleria fowleri*, organisme ubiquitaire dans l'environnement, est une amibe qui peut provoquer dans les cas les plus graves des méningo-encéphalites amibiennes primitives (MEAP, souvent mortelles).

B) Les bactéries

a) Par ingestion

Les bactéries pathogènes les plus fréquemment rencontrées dans l'eau sont *Echerischia coli* O157 :H7, *Salmonella spp*, *Shigella spp*, *Campylobacter jejuni* ainsi que *Yersinia enterocolitica*. ([28], [18])

Les contaminations par ces bactéries se font essentiellement par ingestion d'eau souillée par des matières fécales (c'est ce que l'on appelle le péril fécal), humaines ou animales (surtout pour *E.coli*, *Campylobacter* et *Yersinia*). Les pathologies associées à

⁶ Parasite : organisme qui nécessite un hôte pour survivre et se reproduire.

⁷ Protozoaire : microorganisme formé d'une seule cellule, mobile au moins à un stade de son cycle. Il se déplace grâce à des pseudopodes, des flagelles ou des cils vibratiles.

ces micro-organismes sont généralement des gastro-entérites ou des diarrhées (syndrome dysentérique) et dans des cas particuliers, cela peut être des fièvres (typhoïde ou paratyphoïde).

La survie dans l'environnement de ces organismes est très variable : de quelques jours (*Shigella* notamment) à un an (*Yersinia*, *E.coli*) dans l'eau à 5°C, quelques mois à un an (*Yersinia*) dans le sol.

Les Clostridies (*Clostridium spp*, *C. difficile* en particulier) sont des bactéries qui sont à la fois présentes naturellement dans l'environnement et d'origine fécale. Ces bactéries sont différentes des précédentes car dans des conditions de vie difficiles, elles vont produire des formes de résistance (spores) qui seront peu sensibles aux variations environnementales, notamment à la chaleur. Ces spores sont d'ailleurs utilisées comme paramètre dans les analyses bactériologiques ("Bactéries anaérobies sulfito-réductrices, y compris les spores") Les pathologies provoquées par ces bactéries sont, comme précédemment, essentiellement des problèmes entériques (intoxications alimentaires, gastro-entérites...) mais ceux-ci sont provoqués par des toxines libérées par la bactérie.

b) Par contact

Pseudomonas aeruginosa est une bactérie autochtone des cours d'eau et c'est aussi une bactérie opportuniste, c'est-à-dire qu'elle va profiter de l'état du malade (immunodéficience) pour se développer ([20]). De plus *Pseudomonas* est une bactérie qui peut être contractée soit par contact avec des lésions cutanées et provoquer dans ces cas-là des infections cutanées ou bien des infections pulmonaires si elle est inhalée. *Pseudomonas* est une bactérie saprophyte⁸ de l'eau, elle aime surtout les eaux chaudes et peut ainsi survivre pendant près d'un an lorsque l'eau est à 37°C, mais peut croître dans une gamme de température très étendue (entre 10 et 41°C).

Le Staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*) est un autre pathogène habituellement présent dans l'environnement et donc dans l'eau. Il peut provoquer des troubles par contact sur des plaies ou des coupures (inflammations, ...) ou bien des toxi-infections alimentaires par l'ingestion d'aliments contaminés (production d'une toxine très réactive, responsable notamment du syndrome du choc toxique, SCT). C'est une bactérie qui a développé de nombreuses résistances aux antibiotiques et qui survit très bien dans l'environnement, de quelques heures (milieu sec) à quelques mois (milieu organique humide).

C) Les virus

Plusieurs sortes de virus peuvent se retrouver dans l'eau, à partir essentiellement des rejets des eaux usées domestiques. Ces virus peuvent être regroupés en trois catégories: virus des gastro-entérites (norovirus, rotavirus, astrovirus et adénovirus) qui vont provoquer essentiellement des gastro-entérites ; virus entériques (poliovirus, coxsackievirus, echovirus et entérovirus) dont les pathologies sont assez variées dont essentiellement des méningites et des fièvres ; enfin les virus des hépatites A et E. [26]

Tous ces virus peuvent survivre plusieurs mois dans l'eau douce, plus longtemps à basse température et en présence de sédiments et de matière organique. La lumière du soleil, les températures plus élevées ainsi que l'activité microbienne (flore qui sera en compétition) raccourcissent leur durée de survie. Dans les eaux souterraines protégées (T°<10°C), ils peuvent survivre jusqu'à deux ans.

⁸ Saprophyte : organisme qui trouve dans l'environnement les moyens de survivre et de se multiplier.

D) Les micro-algues

Certaines algues sont présentes dans les eaux douces et pourront être retrouvées dans les rivières de surface, mais rarement dans les réserves d'eau souterraine, sombres et froides, car ce sont des algues qui se développent dans les eaux tièdes, stagnantes et peu profondes. Il faut surtout en tenir compte lors de prises en rivière, ou en aval des résurgences karstiques.

Ces algues bleues-vertes, appelées Cyanobactéries (en particulier, les genres *Microcystis*, *Anabaena*, *Aphanitomenon*) vont fabriquer des toxines qui appartiennent à différentes catégories : certaines vont être hépatotoxiques, d'autres seront neurotoxiques, d'autres enfin ne seront que dermatotoxiques (irritantes pour la peau). Ces toxines ne sont libérées que dans des conditions précises dans la vie de l'algue : rupture ou mort des cellules algales. Un groupe de ces hépatotoxines est appelé microcystine (car elles ont été isolées à partir d'une algue, appelée *Microcystis aeruginosa*), dont l'une d'elles, la microcystine-LR, semble être l'une des plus répandues ; c'est elle qui est recherchée dans les analyses de contrôle sanitaire d'eau destinée à la consommation humaine, et la seule cyanotoxine qui fasse l'objet de limites de qualité ou de recommandations de la part d'organismes de sécurité sanitaire (Organisation Mondiale de la Santé, Institut National de Santé Publique du Québec...) [25].

Les personnes en contact avec ces toxines vont présenter des affections différentes : lésions hépatiques, maux de têtes, fièvre, diarrhées lors de l'ingestion d'une eau contaminée ; irritations de la peau, des yeux ou réactions allergiques par contact. Toutefois les enfants sont plus fragiles, car ils ont une masse corporelle plus faible que les adultes. Il est important de savoir que les animaux sont plus gravement touchés (chez eux cela peut aller jusqu'à la mort) car ils ne font pas attention à la qualité de l'eau qu'ils boivent (mauvaise odeur, mauvais goût).

3.1.2 Les moyens de détection

La détection des protozoaires dans les échantillons d'eau n'est pas facile : la méthode normalisée se fait par une réaction d'immunofluorescence (Utilisation d'anticorps spécifiques marqués par une molécule fluorescente sur un filtrat d'eau). Mais la détection peut également se faire grâce aux puces à ADN. Une technique plus facile et plus rapide consiste à réaliser une PCR, c'est-à-dire une amplification d'une séquence de l'ADN de l'organisme recherché, ce qui va permettre de détecter la présence ou l'absence de celui-ci ou une approximation de sa quantité selon qu'elle est quantitative ou non. Mais cette méthode n'est pas encore normalisée et de plus, cela implique une bonne connaissance du génome de l'organisme recherché. Ces deux derniers dispositifs (puce et PCR) sont relativement lourds à mettre en place et assez longs ; de plus ils nécessitent un matériel adapté et spécifique. [27], [2]

Les bactéries peuvent être détectées par des cultures sur milieux spécifiques/sélectifs (moyen "classique", normalisé) ou bien en employant les outils de la biologie moléculaire, notamment la PCR. On peut aussi utiliser la puce à ADN. Pour certains de ces micro-organismes, les recherches effectuées en routine dans les laboratoires pour contrôler la qualité bactériologique des eaux destinées à la consommation humaine (analyses B3, voir 3.2.2) ne sont pas représentatives (cas de *Yersinia* et *Campylobacter* en particulier). Pour détecter *Pseudomonas*, il existe également une méthode normalisée. Le staphylocoque est une bactérie qui se cultive bien sur milieu spécifique, et une analyse par PCR est aussi possible. [2]

L'identification et l'analyse des virus est assez compliquée et lourde : l'isolement en culture est assez délicat car ces virus se multiplient très mal in vitro. Un autre moyen de détection est la prise en compte des indicateurs bactériens, mais les capacités de résistance dans l'environnement ne sont pas identiques. La meilleure technique de détection est la quantification du génome viral (grâce aux bactériophages et spores des

bactéries sulfite-réductrices, à la PCR - RT-PCR pour les virus à ARN). Un autre moyen de détection utilise les puces à ADN (mais restreint pour l'instant aux norovirus, VHA et entérovirus). [12], [26]

3.1.3 Les traitements possibles

Afin d'éliminer les protozoaires de l'eau, il est possible d'optimiser la filtration et la désinfection, d'effectuer un entretien des réseaux de distribution ainsi que protéger les bassins versants (surveillance de la faune). Une chloration est possible mais le temps de contact doit être très long et elle ne doit pas être utilisée seule.

Une filière efficace pour éliminer ces organismes peut être composée d'une étape de filtration suivie d'une coagulation /floculation et une désinfection finale.

L'AFSSA recommande les UV pour l'élimination de ces protozoaires (efficaces pour des doses > 60 mJ /cm²).

Par contre, les moyens de désinfection classiques (chloration, chlore résiduel de l'ordre de 0,5 mg/l) sont suffisants pour traiter une eau contaminée par des bactéries.

Les outils de désinfection utilisables pour neutraliser ou inactiver les virus sont essentiellement des moyens chimiques (ozone, chlore, UV), mais des moyens physiques sont également efficaces (filtration sur membrane en particulier).

Les traitements efficaces pour éliminer les toxines (bactériennes ou algales) sont l'oxydation ou la filtration sur charbon, tandis qu'un traitement de coagulation/filtration permettra de filtrer seulement les cellules et non les toxines. Il est important de savoir qu'une simple ébullition ne permet pas d'éliminer les toxines de l'eau. [25]

3.2 Les analyses réalisées

Outre les analyses de routine réalisées dans le cadre du défi sur l'eau brute de la résurgence (prélèvements mensuels), il nous a paru pertinent de réaliser des analyses supplémentaires sur les dispositifs d'assainissement existants sur le périmètre de protection rapprochée de la source de l'Espérelle, car les valeurs permettaient de vérifier les taux d'abattement demandés par le cahier des charges concernant les dispositifs d'assainissement autonome, et de plus, cela permettait d'avoir des valeurs françaises (et locales) plutôt que d'utiliser des valeurs étrangères.

Les résultats des analyses réalisées par le PNRGC sur l'eau brute ont été donnés précédemment (1.2.3B) ci-dessus), tandis que les résultats des analyses "complémentaires" sont donnés ci-après.

3.2.1 Choix des sites

A) Le particulier

Il fallait un dispositif d'assainissement autonome qui permette le prélèvement d'un échantillon. Le choix s'est donc porté vers une filière comportant un filtre à sable drainé vertical, avec un regard de sortie ou bien un exutoire accessibles.

Le filtre à sable vertical est utilisé pour traiter et disperser les eaux usées domestiques, lorsque le terrain est trop perméable (lorsque $k > 500\text{mm/h}$, dans du calcaire fissuré par exemple : l'infiltration de l'eau dans le milieu est trop rapide, donc il n'y a pas de traitement de la pollution) ou au contraire lorsque le terrain est imperméable (quand $k < 15\text{mm/h}$, il n'y a pas d'infiltration de l'eau dans le milieu, donc le massif filtrant est saturé et il ne traite plus l'eau ; dans ce cas-là, le filtre est drainé, afin d'évacuer l'eau épurée). Dans les deux cas (drainé ou non drainé), le système épurateur est le sable. C'est l'évacuation des eaux traitées qui diffère : sol en place pour les filtres non drainés, milieu superficiel (fossé, ruisseau...) ou souterrain (par tranchées d'infiltration ou puits d'infiltration) pour les filtres drainés. **[Annexe 1]**

Sur le bassin d'alimentation de l'Espérelle, il y a peu de filtres à sable drainés, du fait de la nature des sols (calcaire fissuré) et les regards de ceux qui sont en place ne sont pas rehaussés (ce qui pose problème pour la récupération de l'échantillon). Dans une autre partie du Parc, sur le Causse de Séverac, il y a d'autres filtres à sable drainés car le sol est de nature différente (schistes et marnes). Certains de ces filtres sont même bâchés pour éviter toute infiltration d'eaux claires et d'impuretés venant du sol en place dans le massif filtrant. Ici le prélèvement a pu s'effectuer dans de bonnes conditions à l'exutoire du rejet. Ce système a été construit en 2004.



PNR Grands Causses

Figure 7 : Vue du filtre à sable drainé, en cours d'installation, commune de Lavernhe (12).

Remarque : on ne voit pas la fosse toutes eaux.

B) La salle de traite

Une salle de traite va produire une grande quantité d'eaux blanches⁹ qui sont très chargées en matières grasses et matières organiques, ainsi qu'en détergents, acides, etc. La composition des effluents d'une salle de traite est très différente de celle d'un particulier.

Pour les mêmes raisons que précédemment, le prélèvement nécessitait un filtre à sable vertical drainé. Sur le bassin d'alimentation de la source, plusieurs salles de traite avaient ces caractéristiques : filtre à sable vertical drainé planté de roseaux 2 x 1,5 m² ; les deux filtres fonctionnent en alternance, une semaine sur deux. Les roseaux favorisent l'oxygénation du filtre par leurs rhizomes et assimilent une partie des substances minérales synthétisées.



PNR Grands Causses

Figure 8 : Vue du filtre à sable planté de roseaux, lieu dit "La Tune " (Commune de La Cavalerie, 12).

Le dispositif d'assainissement qui a été choisi a été réalisé en 2003.

C) La station d'épuration

La station d'épuration de La Cavalerie est une station comprenant une filière boues activées et un lagunage composé de deux lagunes tertiaires à microphytes (2500 EH). Mise en service en 1985, elle est située dans le camp militaire du Larzac, et traite à la fois l'assainissement du camp militaire et celui de la commune de La Cavalerie. Récemment, des fromageries se sont aussi raccordées à cette station, ce qui pose problème car celle-ci n'a pas été dimensionnée pour cela (évacuation des eaux chargées en petit lait et donc en matière organique... plus un apport d'eaux usées non prévu à l'origine).

Le trop-plein du déversoir d'orage de la station ainsi que la sortie du lagunage se déversent à proximité de l'aven de la Station, qui fait partie des dix périmètres satellites de protection immédiate.

De plus les rapports du SATESE 12 sur cette station signalent que les boues sont épandues sur des champs communaux ou chez des particuliers.

⁹ Eaux blanches : eaux de lavage issues des salles de traite. Cela représente entre 400 et 500 litres par jour en période de traite (de décembre/février à juillet/août).

3.2.2 Analyses demandées

Les analyses réalisées sur les échantillons sont des analyses bactériologiques complètes (B3) : une recherche des bactéries revivifiables à 22 et 37°C, les coliformes totaux, les entérocoques, les *Escherichia coli* et les bactéries sulfito-réductrices, y compris les spores (SBASR : spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices). Pour des raisons de budget, il n'a pas été possible de réaliser d'autres types d'analyse. Le tableau **[Annexe 2]** présente les paramètres recherchés ainsi que leurs méthodes d'analyse et l'intérêt qu'ils présentent dans l'analyse de la qualité de l'eau.

3.2.3 Intérêt

Les échantillons chez le particulier et à la salle de traite ont consisté en un prélèvement en sortie de fosse toutes eaux et un en sortie de filtre à sable, ce qui permettra de calculer un abattement entre l'entrée et la sortie du filtre, et permettra d'avoir une idée sur ce qui peut s'échapper vers la nappe.

Les analyses en routine permettent de voir l'évolution bactériologique associée aux épisodes météorologiques (sécheresse, épisodes pluvieux). Il faut savoir que l'été 2005 a été particulièrement sec et qu'au début du mois de juillet, les niveaux des rivières étaient ceux d'une fin de mois d'août normal.

Pour des raisons de budget, les analyses sur les effluents de la station d'épuration n'ont pu être réalisées. Cependant, des résultats datant de 1995 ont été exploités dans l'étude hydrogéologique du Causse du Larzac [24].

3.2.4 Résultats

A) Bactériologie des échantillons complémentaires.

Les résultats obtenus par le Laboratoire départemental d'analyses sur les échantillons complémentaires sont consignés dans le Tableau 5 ci-dessous.

Echantillon	Date	Revivifiables 22°C (n/ml)	Revivifiables 37°C (n/ml)	E.coli (n/100ml)	Coliformes totaux (n/100ml)	Entérocoques (n/100ml)	SBASR (n/100ml)
Sortie fte salle de traite	07/06/05	>300	>300	198 089	Non mesuré	325 931	2
Sortie fas salle de traite	07/06/05	>300	>300	804	Non mesuré	1 432	2
Sortie fte particulier	28/06/05	>30 000	>30 000	1 860 130	>30 000	3 198	5 000
Sortie fas particulier	28/06/05	>30 000	>30 000	77 428	>30 000	483	2

Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques réalisées sur les systèmes d'assainissement autonome (particulier et salle de traite). fte : Fosse toutes eaux ; fas : filtre à sable.

Les résultats des analyses des la salle de traite et du particulier montrent que les filtres éliminent respectivement 99,6% et 90,4% (en moyenne) des bactéries. En ce qui concerne les bactéries sulfito-réductrices, les résultats sont assez vagues car le nombre de spores donné dans chaque analyse est majoritairement celui après 20h d'incubation, le laboratoire départemental précisant que les "Spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices [sont] incomptables (rendu 2, lecture à 20h)".

Le taux d'abattement du filtre du particulier correspond bien à ce qui est demandé dans le cahier des charges des systèmes d'assainissement autonome (90%). Aucune étude n'a, par contre, été réalisée au niveau bactériologique sur les filtres plantés de roseaux des salles de traite.

La différence de quantité de bactéries (notamment en *E.coli* et entérocoques), en sortie de fosse toutes eaux, peut s'expliquer par le fait que les eaux provenant des salles de traite sont surtout chargées en matières organiques, car ce ne sont que des eaux de rinçage du matériel de traite.

B) Bactériologie de la station d'épuration.

		revivifiables 22°C /100ml	revivifiables 36°C /100ml	coliformes totaux /100ml	Streptocoques /100ml	SBASR /100ml
11/04/1995	sortie step	53 200 000	10 400 000	800 000	65 000	3 000
	sortie lagunage	574 000	56 500	50	10	120
15/06/1995	sortie step	561 000 000	282 000 000	1 760 000	440 000	>50 000
	sortie lagunage	440 000	30 000	61	30	40
22/08/1995	sortie step	42 500 000	14 000 000	1 880 000	50 000	30 000
	sortie lagunage	18 000 000	7 000 000	20	7	1 500

Tableau 6 : Résultats des analyses effectuées sur la station d'épuration (STEP) de la Cavalerie (12).

Dans le Tableau 6, on peut voir que les bassins de lagunage ont un bon effet épurateur au niveau bactérien, surtout en ce qui concerne les coliformes totaux et les streptocoques (ancien paramètre recherché à la place des entérocoques). En effet le pourcentage d'abattement est voisin de 99,99% pour les coliformes totaux et les streptocoques, pour chacune des trois dates ci-dessus.

En ce qui concerne les bactéries revivifiables, la grande quantité en sortie de lagunage est normale et s'explique par le fait qu'il s'agit d'un lagunage (production de biomasse pour dégrader la matière organique qui peut rester à la sortie de la station). Cependant, cela va poser problème car la sortie du lagunage se déverse à proximité de l'Aven de la Station qui fait partie des dix périmètres satellites de protection immédiate. Il communique donc directement avec la source de l'Espérelle. Toutefois, les effluents du lagunage (en sortie du deuxième bassin) ont souvent un débit très faible voire inexistant (données SATESE 2005 : débit instantané en sortie : 0 m³/h pour le bassin 2, qualifié de faible ou non mesurable pour le premier bassin). Cependant en cas de fortes précipitations, il faudra surveiller cette sortie ainsi que le déversoir d'orage qui arrive au même endroit.

De plus les rejets de la station sont non conformes pour les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO) à cause d'un développement algal, mais des travaux de rénovation doivent être réalisés (curage des bassins, remise en état de la bêche...) ainsi qu'une filière tertiaire (mise en place d'un filtre à sable à la suite des rejets du lagunage).

Il faut aussi savoir que la majorité des boues de station d'épuration sont contaminées par des œufs de vers (Helminthes, cf. 3.1.1A)a).

3.2.5 Discussion des résultats

L'interprétation des résultats obtenus pendant cette étude est fragile car elle n'est basée que sur une seule série de prélèvements. Des moyens plus importants auraient non seulement permis de réaliser plusieurs séries de mesures (au lieu d'une) sur les sorties de filtres et de fosses et de disposer ainsi de plusieurs résultats propres au lieu et à la période et de pouvoir ainsi tirer des conclusions plus fiables. D'autres analyses (qui avaient été prévues au départ), notamment sur les effluents de la station d'épuration et sur des lixiviats de fumières, auraient également pu être menées et de ce fait constituer une base de données récente et adaptée en particulier aux modifications qu'a subies la station depuis dix ans.

La liste des agents pathogènes donnée dans la troisième partie de cette étude ne se veut pas exhaustive. Il a fallu choisir les organismes selon leurs caractéristiques et leur mode de vie, afin de voir si leur existence en milieu karstique était possible. La littérature est très importante sur ces sujets et les lieux d'expérimentation sont très variés. Réaliser les analyses sur les fosses toutes eaux et les filtres à sable de particulier a non seulement permis d'avoir une confirmation du bon fonctionnement des ouvrages pour le SPANC, mais a aussi constitué quelques résultats "français", car beaucoup d'études dans ce domaine se sont déroulées en Amérique du Nord ou en Afrique, et pas forcément en terrain karstique.

Une autre difficulté rencontrée pendant le déroulement de ce mémoire a été de pallier le manque d'analyses sur l'eau brute. Excepté les analyses réalisées depuis le début de l'année 2005 par le Parc, je n'ai pu avoir accès qu'à une dizaine d'analyses sur l'eau brute depuis 1997 (il en aurait fallu le double). Les dysfonctionnements du matériel de suivi installé sur les sources ont également été un problème.

4 DISCUSSION

Mettre en place des périmètres de protection autour d'un captage correspond à une volonté de protéger celle-ci pour préserver sa qualité ainsi que la santé des populations alimentées par cette ressource.

Sur le Causse du Larzac, les périmètres de protection de la source de l'Espérelle datent de 2001 et il s'agit de la première source protégée dans l'Aveyron. Vu l'hétérogénéité de la surface du bassin d'alimentation de la source au niveau karstification et fissuration, l'établissement des périmètres a fait l'objet de nombreuses réflexions. La présence de zones d'infiltration rapide assez éloignées du captage a soulevé la question de la création de périmètres satellites immédiats. Mais comment classer le reste du bassin ? Ne faut-il considérer que la proximité des périmètres immédiats et créer des zones de protection rapprochée tout autour de ceux-ci et laisser le reste du bassin en protection éloignée ou bien prendre l'option qui a été choisie, c'est-à-dire toute l'aire d'alimentation est périmètre de protection rapprochée ?

Les deux solutions sont discutables :

- La première montre un aménagement du territoire tout à fait adapté au terrain. Mais les personnes qui possèdent des parcelles sur le périmètre de protection éloignée ne sont pas forcément au courant qu'ils sont sur un bassin d'alimentation d'une source, à l'inverse des propriétaires de terrains dans le périmètre rapproché, car les servitudes sont inscrites au cadastre et les parcelles mises aux hypothèques. De ce fait, les utilisations de produits polluants (engrais, produits phytosanitaires...) ne sont pas réglementées et peuvent être autant de sources de pollution si ces produits sont utilisés à proximité de zones très sensibles, pas encore répertoriées. Les restrictions imposées par le périmètre de protection rapprochée sont par contre plus facilement gérables car appliquées sur une petite surface.

- La deuxième solution est certes plus difficile à mettre en œuvre, car mettre en place des servitudes sur 100km² de parcelles n'est pas évident. Mais du point de vue protection de la ressource, ces servitudes vont en partie servir à apprendre aux agriculteurs à utiliser les produits "agricoles" et à faire attention à leurs bêtes. Tout le bassin sera géré de la même façon et les accidents comme il y en a eu par le passé (avens qui servaient de charniers, vidanges de cuves d'engrais dans les dépressions...) seront évités. De plus, les activités génératrices de pollutions sont soumises aux règles des établissements classés.

La difficulté dans la pollution bactériologique est de connaître la part d'origine anthropique. Les animaux sauvages, par leurs déjections, leurs cadavres..., sont générateurs de bactéries qui seront retrouvées dans les terrains. D'autres organismes se retrouvent naturellement dans les milieux. Mais quelle est la part apportée par des systèmes d'assainissement défaillants, voire inexistant ? En mettant en place cette étude, le Parc naturel régional des Grands Causses a voulu essayer de montrer qu'il était possible de minimiser l'apport microbiologique anthropique. Dans cette optique, le Défi propose un aménagement du territoire sur les sites sensibles, comme c'est le cas sur le bassin d'alimentation de l'Espérelle. Réhabiliter les systèmes d'assainissement autonomes et mettre en place des filières de traitement adaptées aux salles de traite, voilà les solutions que le Parc a proposées aux habitants de ce bassin.

Pour l'instant, une petite partie de ce travail a été réalisée car à terme, ce doit être près de 80 filières autonomes qui doivent être mises en place, ainsi que le raccordement de deux bourgs à un réseau collectif. Il n'y a donc pas assez de recul pour voir si cela aura le but escompté.

Par ailleurs il faut savoir que la réhabilitation de l'assainissement sur le bassin de l'Espérelle aurait été envisagée, même si la protection en place n'était qu'éloignée. De cette manière il aurait été possible de jouer sur la pollution microbiologique, mais les autres sources de pollutions (engrais etc.) n'auraient pas été contrôlées de la même façon.

Telle qu'elle est actuellement, l'eau de l'Espérelle est d'une bonne qualité. Du fait de la structure du massif karstique, les volumes d'eau sont très importants et le facteur de dilution également. Mais il y a des infiltrations rapides qui peuvent amener une pollution en quelques heures à la source, tandis que d'autres vont se diluer ou disparaîtront par bouffées à la source : il y a eu le cas du chrome par exemple, provenant d'une ancienne décharge de tannerie ou celui du plomb qui a déjà été évoqué.

CONCLUSION

Assurer la protection de la ressource en eau, c'est également assurer la protection de la population alimentée par cette ressource. Le Défi que l'Agence Adour-Garonne a mis en place avec le Parc naturel régional des Grands Causses œuvre dans ce sens. Dans l'Aveyron, seulement 2% des sources et des captages sont protégés par un arrêté de DUP, avec mise aux hypothèques. De plus les périmètres sont fragiles, et leur délimitation dépend beaucoup de l'hydrogéologue qui est chargé de l'étude.

Le recul face à ces résultats n'est pas suffisamment important pour pouvoir tirer des conclusions pertinentes et la mise en place des modifications est trop récente pour voir un impact sur la bactériologie de la source. Cependant au vu des quelques résultats obtenus, il est vraisemblable de penser que les systèmes mis en place au niveau de l'assainissement autonome vont participer à l'amélioration bactériologique des rejets dans les milieux. Au niveau du traitement des effluents de salles de traite, le système mis en place est très efficace, avec un abattement des bactéries de 99,6%. Les trois systèmes d'assainissement sur lesquels j'ai pu travailler lors de ce mémoire fonctionnent très bien et les abattements en ce qui concerne les bactéries possédant des limites de qualité dans les eaux brutes sont excellents. Cependant, les bactéries revivifiables sont parfois présentes en assez grandes quantités et posent problème lorsque les rejets se situent en zone sensible, c'est à dire lorsqu'ils vont aller directement dans la ressource. Des équipements supplémentaires, notamment des lampes UV en sortie de l'usine de production d'eau potable permettraient de réduire tout risque pour la population en ce qui concerne les agents pathogènes les plus résistants et en particulier les protozoaires.

Les paramètres "bactéries aérobies revivifiables" des analyses pourront d'ailleurs être supprimés des analyses réalisées en routine par le Parc, car la DDASS et le distributeur les suivent obligatoirement lors des contrôles pour la distribution d'eau alimentaire. D'autres paramètres pourront en revanche être recherchés, comme les *Pseudomonas* notamment. Des analyses complémentaires pourront être également réalisées sur les *Cryptosporidium* et les *Giardia*. Toutefois la fréquence de ces analyses particulières pourra être adaptée en fonction des épisodes météorologiques puisque la CGE a signalé en 2000 que les analyses positives pour les *Cryptosporidium* et *Giardia* étaient à relier à des épisodes de forte turbidité.

Toutefois, les pratiques agricoles, même en traitant les effluents de salles de traites, ne pourront pas être totalement modifiées (produits phytosanitaires) et l'épandage de boues issues des stations d'épuration ou de la vidange des fosses devra être surveillé : un traitement des boues devrait être envisagé afin de diminuer les populations bactériennes, dans le but d'éviter une surcontamination des sols. Une étude complémentaire sur les produits phytosanitaires utilisés sur le périmètre de protection rapprochée de la source de l'Espérelle devrait être menée afin de savoir quelles sont les molécules utilisées et à quelles périodes, et un suivi de ces molécules au niveau de la ressource permettrait d'avoir des indications sur la circulation des produits dans les réserves karstiques. L'AEAG et le Parc naturel régional des Grands Causses ont d'ailleurs envisagé cette étude prochainement.

La solution de diversification de la ressource proposée par la CGE et la Ville de Millau, à savoir un pompage dans la nappe alluviale du Tarn, à la confluence du Tarn et de la Dourbie s'impose et aurait dû être envisagée dès le début de la réflexion sur les périmètres de protection.

Bibliographie

SITES INTERNET

- [1] ADEME. Les micro-organismes pathogènes présents dans les boues d'épuration. [Consulté le 06 juillet 2005] Disponible sur Internet <http://www.ademe.fr/partenaires/Boues/Pages/f32.htm>
- [2] AFNOR. Normes en ligne [Consulté le 22 août 2005]. Disponible sur Internet <http://www.boutique.afnor.fr/Boutique.asp?url=NRM%5Fn%5Fhome%2Easp&lang=Frenc h&btq=HOM>
- [3] Agence de Santé publique du Canada. "Fiches Techniques Santé/Sécurité - Matières infectieuses" [consulté le 16 mai 2005] Disponible sur Internet http://www.phac-aspc.gc.ca/msds-ftss/index_f.html
- [4] GLS. Memotec n°27- La microbiologie de l'eau destinée à la consommation humaine. [Consulté le 23 mai 2005]. Disponible sur Internet <http://www.gls.fr/memotec27.htm>
- [5] "La pollution microbienne" [consulté le 13 mai 2005]. Disponible sur Internet http://www3.uqar.quebec.ca/jpellerin/sem/05_pollution_microbienne/pollution_microbienne.htm

OUVRAGES ET ARTICLES

- [6] Bakalowicz M., Plagnes V. La protection des ressources en eau souterraine en région karstique. Eléments de réflexion pour une politique d'aménagement raisonné. *Hydrogéologie*, 1998, 4, 23-27.
- [7] Bakalowicz M., Ricard J. *Etude hydrogéologique de la source de l'Espérelle et de son bassin d'alimentation, en vue de l'établissement de périmètres de protection*. 1994, Rapport BRGM R37951 MPY 94 4S, 37 p.
- [8] Baumont S., Camard JP., Lefranc A. et al. *Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*. ORS-IdF. [Consulté le 1 août 2005]. Disponible sur Internet http://www.ors-idf.org/etudes/Pdf/4_pages2002/REURapport.pdf
- [9] Carré J., Marjolet G. Les périmètres de protection pour quoi faire ? Cas de la Bretagne. *Hydrogéologie*, 1998, 4, 17-21.
- [10] Documentation interne du PNRGC.
- [11] Foucault A., Raoult J.F. *Dictionnaire de géologie*. 5^{ème} édition, Paris : Dunod, 2001. 380 p. Masson sciences.
- [12] Gantzer C., Lucena F., Schwartzbrod L. et al. Indicateurs de contamination virale du milieu hydrique : mythe ou réalité? *Rev. Virologie*, 1998, 2, 117-125.
- [13] Générale des Eaux - Veolia Environnement. Ville de Millau, Production et distribution de l'eau potable. 2004. 35p

- [14] Gofti L., Zmirou D., Seigle Murandi F. et al. Evaluation du risque microbiologique d'origine hydrique : un état de l'art et des perspectives. *Rev. Epidém. et Santé Publ.*, 1999, 47, 61-73.
- [15] Havelaar A.H., Melse J.M. Quantifying public health risk in the WHO. Guidelines for Drinking-Water Quality: A burden of disease approach. 2003 (RIVM report 734301022). 23-46. [Consulté le 03 mai 2005] Disponible sur Internet http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/rivmrep.pdf
- [16] Institut de Veille Sanitaire. *Epidémie de gastro-entérites à germes multiples liée à la consommation de l'eau de distribution - Gourdon (46). Août/ Septembre 2000*. Disponible sur Internet [consulté le 12 mai 2005] http://www.invs.sante.fr/publications/rap_gastro_gourdon_1101/gastro_rapport.pdf
- [17] Institut national de santé publique du Québec. *Coliformes fécaux (fiche)*. 2003 [Consulté le 01 juillet 2005] Disponible sur Internet <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/198-CartableEau/ColiformesFecaux.pdf>
- [18] Institut national de santé publique du Québec. *Incidence des maladies entériques potentiellement transmissibles par l'eau : analyse des hospitalisations et des cas déclarés aux directions de santé publique 1995-1999*. 2004 [Consulté le 01 juillet 2005]. Disponible sur Internet http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/333-BassinsVersantsFumier_Hospitalisations.pdf
- [19] Institut national de santé publique du Québec. *Propositions de critères d'intervention et de seuils d'alerte pour les cyanobactéries*. 2005 [Consulté le 30 juin 2005]. Disponible sur Internet <http://www.inspq.qc.ca/pdf/publications/348-CriteresInterventionsCyanobacteries.pdf>
- [20] Leclerc H. Y a-t-il des infections bactériennes opportunistes transmises par les eaux d'alimentation? *Journal Européen d'Hydrogéologie* 2003, 34, 1, 11-44. [Consulté le 30 juin 2005] Disponible sur Internet http://www.waternunc.com/fr/jhydro_H-Leclerc_2004.htm#publi
- [21] Lesne J. Hygiène publique, microbiologie et gestion de l'eau. *Bulletin de la société de Pathologie exotique*, 1998, 91, 5-5bis, 438-444. [Consulté le 11 mai 2005] Disponible sur Internet <http://www.pathexo.fr/pdf/1998n5/Lesne.pdf>
- [22] Marshall M.M. Naumowitz D., Ortega Y. et al. Waterborne Protozoan Pathogens. *Clin Microbio Rev.* 1997, 10, 1, 67-85. [Consulté le 26 juin 2005] Disponible sur Internet <http://www.pubmedcentral.gov/picrender.fcgi?artid=172915&blobtype=pdf>
- [23] Réseau de Bassin Adour-Garonne. Tableau de bord du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux – Année 2002. 96p.
- [24] Ricard J., Bakalowicz M. *Connaissance, aménagement et protection des ressources en eau du Larzac Septentrional, Aveyron (France)*. 1996, Rapport BRGM R38953, 94p.
- [25] Santé Canada. Les algues bleues (cyanobactéries) et leurs toxines. *Parlons d'eau*. 2003 [Consulté le 01 juillet 2005] Disponible sur Internet http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/water-eau/drink-potab/cyanobacteria-cyanobacteries_f.html
- [26] Santé Canada *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Documentation à l'appui : Les virus entériques*. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). 2004. [consulté le 10 mai 2005]

Disponible sur Internet http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/enteric-enterovirus/index_f.html

[27] Santé Canada *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Documentation à l'appui - Les protozoaires : la Giardia et le Cryptosporidium*. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). 2004. [consulté le 10 mai 2005] Disponible sur Internet http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/protozoa/index_f.html

[28] Santé Canada. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Pièces à l'appui : la qualité bactériologique*. Bureau de la qualité de l'eau et de la santé, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ontario). 2002. [consulté le 10 mai 2005] Disponible sur Internet http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/doc_sup-appui/bacteriologique-bacteriologique/index_f.html

TEXTES REGLEMENTAIRES

AFNOR / OIEAU. DTU 64.1. XP P16-603 Mise en œuvre des dispositifs d'assainissement autonome. Août 1998. 37p

Arrêté préfectoral du 31 octobre 1984. Règlement sanitaire départemental "Prescriptions applicables aux activités d'élevage et autres activités agricoles". Titres VIII et IX. 8p.

Arrêté préfectoral 2001-1954 du 25 septembre 2001. "Autorisation de prélèvement et d'utilisation d'eau pour la consommation humaine, déclarant d'utilité publique le prélèvement des eaux de la résurgence de l'Espérelle, commune de La Roque Sainte Marguerite et l'instauration des servitudes de protection réglementaire au profit de la commune de Millau". 7 p.

Code de la Santé Publique, art. L.1321-2 et art. 57 à 59 de la loi 2004-806 du 9 août 2004.

Décret 2001-1220 du 20 décembre 2001 relatif aux eaux destinées à la consommation humaine à l'exception des eaux minérales naturelles.

Décret 2003-461 du 21 mai 2003 relatif à certaines dispositions réglementaires du CSP, Annexe, première partie Livre III, Titre II, Chapitre 1^{er}, section 1.

Plan National Santé-Environnement. Fiche 1.3 "Assurer une protection de la totalité des captages d'eau potable." 3p.

Index

Index des figures :

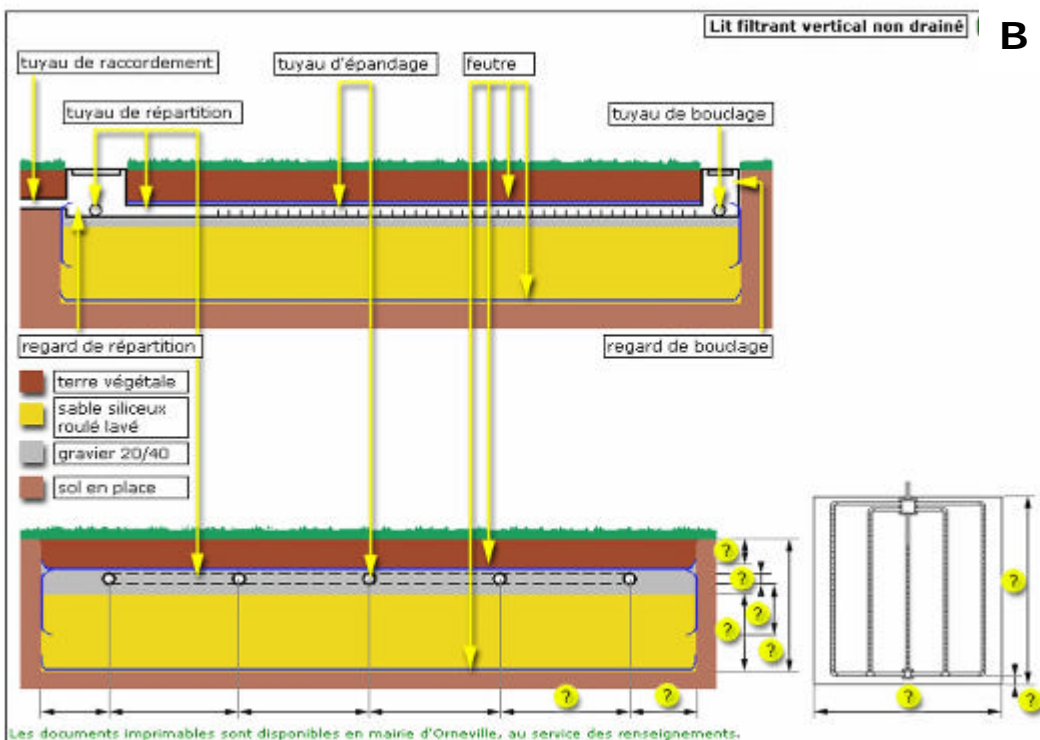
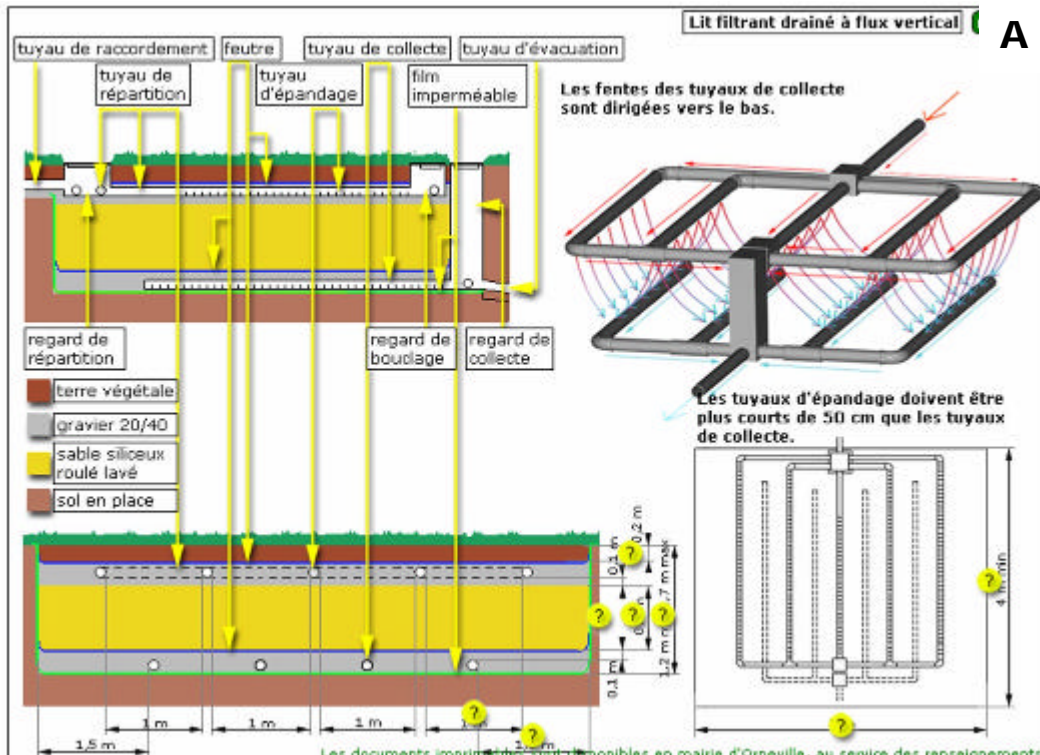
Figure 1 : Territoire du Parc naturel régional des Grands Causses, Aveyron.	4
Figure 2 : Représentation schématique d'un modelé karstique.	5
Figure 3 : Source de l'Espérelle (La Roque Sainte Marguerite, 12).....	6
Figure 4 : Les bassins versants du Causse du Larzac. (Ricard et Bakalowicz, 1996)	6
Figure 5 : Carte des périmètres de protection du captage de l'Espérelle.	13
Figure 6 : Carte du périmètre de protection rapprochée et de son environnement.	16
Figure 7 : Vue du filtre à sable drainé, en cours d'installation, commune de Lavernhe (12).	22
Figure 8 : Vue du filtre à sable planté de roseaux, lieu dit "La Tune" (Commune de La Cavalerie, 12).	23

Index des tableaux :

Tableau 1 : Données caractéristiques de la source de l'Espérelle. <i>Données CGE- PNRGC</i>	7
Tableau 2 : Valeurs rencontrées pour les différents paramètres lors des analyses d'eau brute sur la résurgence de l'Espérelle (12). Années 2001-2005. <i>Données SATESE 12- PNRGC</i>	7
Tableau 3 : Valeurs rencontrées pour quelques paramètres chimiques lors des analyses d'eau brute sur la résurgence de l'Espérelle (12). Années 2001-2005. <i>Données SATESE 12- PNRGC</i>	8
Tableau 4: Résultats des analyses bactériologiques réalisées sur la résurgence de l'Espérelle (commune de la Roque Sainte Marguerite, 12).	9
Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques réalisées sur les systèmes d'assainissement autonome (particulier et salle de traite). fte : Fosse toutes eaux ; fas : filtre à sable.	25
Tableau 6: Résultats des analyses effectuées sur la station d'épuration (STEP) de la Cavalerie (12).	25

Liste des annexes

Annexe 1 : Schéma d'un filtre à sable vertical. A drainé, B non drainé.	IV
Annexe 2 : Tableau des analyses réalisées pour une analyse B3.....	V



Annexe 1 : Schéma d'un filtre à sable vertical. A drainé, B non drainé.

Annexe 2 : Tableau des analyses réalisées pour une analyse B3.

	Caractéristiques et analyses	Intérêt analytique	Valeurs limites / guides : EB (eaux brutes) ET (eaux traitées)
Bactéries revivifiables	Toute bactérie aérobie, levure ou moisissure, capable de former des colonies dans le milieu et dans les conditions d'essais spécifiées. Culture à 22°C et à 37°C (NF EN ISO/6222 / AFNOR T90-401)		ET : variations de 10 par rapport à la valeur habituelle.
Coliformes totaux	Bactéries pouvant former des colonies en aérobiose à 36± 2°C sur milieu de culture lactosé sélectif et différentiel avec production d'acide dans les 21± 3h, et qui sont oxydase négative. (NF EN ISO 9308-1 / AFNOR T90-414)	A la fois les coliformes thermotolérants (origine fécale ou non) et d'autres qui sont d'origine fécale.	EB : A1 50/100ml, A2 5000/100ml, A3 50000/100ml; ET : 0/100ml
E.coli	- bactéries coliformes définies comme ci-dessus et qui produisent également de l'indole à partir du tryptophane dans les 21± 3h, à 44± 0,5°C. (NF EN ISO 9308-1 / AFNOR T90-414) - micro-organisme qui est β-D glucuronidase + à une température d'incubation de 44°C dans le milieu liquide spécifié, contenant du 4-méthylumbelliferyl- β-D glucuronidase (NF EN ISO 9308-3 / AFNOR T90-433)	Germe fécal exclusif du tractus digestif des êtres humains et des animaux à sang chaud, excrétée en grand nombre dans les matières fécales.	EB : A1 20/100ml, A2 2000/100ml, A3 20000/100ml; ET : 0/100ml
Entérocoques	- bactéries capables de réduire le chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium en formazan et d'hydrolyser l'esculine à 44°C sur les milieux spécifiés. (NF EN ISO/ FDIS 7899-2 / AFNOR T90-416) - bactéries capables de croître en aérobiose à 44°C et d'hydrolyser le 4-méthylumbelliferyl-β-D glucoside en présence d'acétate de thallium, d'acide nalidixique et de chlorure de 2,3,5-triphényltétrazolium dans le milieu liquide spécifié. (NF EN ISO 7899-1 / AFNOR T90-432)	(streptocoques fécaux) bonne survie dans l'environnement, meilleure que celle de E.coli.	EB : A1 20/100ml, A2 1000/100ml, A3 10000/100ml; ET : 0/100ml
SBASR	Microorganismes anaérobies formant des spores et sulfito-réducteurs appartenant à la famille des Bacillacées et au genre Clostridium. (NF EN 26461-2 / AFNOR T90-417)	Plus résistantes que les bactéries aux désinfectants. Témoins du bon fonctionnement des installations	ET : 0/100ml