

MASTER ENVIRONNEMENT
Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux

Thomas MONESTIER

**LA PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES SUR LE
BASSIN VERSANT DE LA DORDOGNE**

ETUDE DE CAS : RETENUE DE BORT LES ORGUES

Octobre 2006



Responsable d'étude : Frédéric MOINOT, Responsable Antenne Haute Dordogne

Etablissement Public Territorial du bassin de la Dordogne,

Place Gambetta

BP 22

15200 MAURIAC

Tel : 04.71.68.01.94

Mél : epidor.hd@eptb-dordogne.fr

www.eptb-dordogne.fr

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Guy PUSTELNIK, directeur d'EPIDOR, pour m'avoir accueilli au sein de son établissement pendant ces 6 mois. Je remercie en particulier Monsieur Frédéric MOINOT, responsable de l'antenne Haute Dordogne, qui m'a épaulé et guidé tout au long de l'étude, ainsi que toute l'équipe d'EPIDOR pour m'avoir chaleureusement reçue, que ce soit à l'antenne Haute Dordogne de Mauriac (Alice, Sylvie et Viviane) ou au siège de Castelnau la Chapelle (Bruno, Frédéric, Jeff, Nathalie, Olivier, Renaud, Thomas, ...).

Je remercie également le personnel de l'usine EDF de Bort les Orgues et Monsieur Hubert Teil, son directeur, pour avoir mis à notre disposition le matériel et les locaux indispensables à la bonne réalisation de l'étude.

Je remercie enfin tous ceux qui ont participé à la bonne marche de cette étude et dont les échanges et la collaboration m'ont été très précieux. Merci donc à Enora BRIAND et Madame Catherine QUIBLIER du Muséum National d'Histoire Naturelle, à Monsieur Jean François HUMBERT de l'INRA de Thonon les Bains, à la délégation de Brive de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, aux DDASS et aux fédérations de pêche du bassin de la Dordogne, au bureau d'étude SCE, au GIS ECOBAG et à tous ceux que je n'ai pas cités mais dont l'aide m'a été précieuse.

RÉSUMÉ

Les cyanobactéries, microorganismes planctoniques potentiellement toxiques, constituent un problème majeur à l'échelle du bassin versant de la Dordogne. De ce fait, l'établissement EPIDOR a décidé de réaliser un état des lieux de cette problématique sur son territoire de manière à en évaluer l'impact sur les différents usages de l'eau (baignades, activités nautiques, alimentation en eau potable, pêche). Ce diagnostic s'organise sous la forme de diverses enquêtes menées auprès des acteurs de la gestion de l'eau et des services de l'état : DDASS, DDAF, DIREN, Fédérations de Pêche, AAPPMA, suivant les usages de l'eau concernés. De plus, dans un second temps, il s'agira d'enquêter directement auprès des gestionnaires des plans d'eau de manière à obtenir des informations plus précises au cas par cas et faire bénéficier l'ensemble du bassin versant de la Dordogne des retours d'expérience déjà établis.

Les premiers résultats de cette enquête montrent une implication de plus en plus importante de la part des DDASS en terme de surveillance des eaux de baignade. En effet, aujourd'hui, toutes les DDASS du bassin recherchent les cyanobactéries et le nombre de sites prélevés a globalement augmenté de 36,2 % entre 2004 et 2005 sur le bassin. Toutefois, le nombre de plans d'eau touchés continue de s'accroître et la problématique touche plus particulièrement les territoires nord Corrèze et sud est Creuse, avec la plupart du temps un développement de *Mycrocystis*.

La retenue de Bort les Orgues (3^{ème} de France en volume) fait donc partie de ces nombreux plans d'eau victimes d'un bloom cyanobactérien à de maintes reprises ces 15 dernières années. C'est pourquoi l'établissement EPIDOR a saisi l'opportunité d'associer une étude de son eutrophisation à un projet de thèse au niveau national, en collaboration notamment avec l'INRA de Thonon les Bains et le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. En parallèle, un bilan des apports en nutriment provenant du bassin versant est réalisé, de même qu'une étude des mécanismes de transfert du phosphore, principal responsable de l'eutrophisation, vers les cours d'eau.

Ainsi, il est établi que la grande majorité du phosphore provient de l'activité agricole sur le bassin versant (environ 90%), le reste étant dû aux systèmes d'assainissement domestiques et industriels. De même, une analyse bibliographique des données, mise en relation avec le suivi qualité effectué autour de la retenue, montre l'importance des transferts de phosphore vers les cours d'eau par ruissellement et par érosion des sols lors des épisodes de crues. Les apports diffus sont donc marginaux et il s'agit de mettre en œuvre des actions d'une part visant à cibler sur le territoire les sources majeures de production de phosphore et d'autre part de tenter de limiter ces rejets par de meilleures pratiques et une sensibilisation des acteurs.

Enfin, concernant les prélèvements réalisés sur la retenue elle-même, ils montrent pour cette année un faible développement cyanobactérien, probablement dû à la vidange partielle réalisée en 2005 mais aussi à des conditions climatiques très défavorables (températures basses, pluie...) au mois d'août, période de développement de *Mycrocystis*. Les différents paramètres classent donc la retenue comme étant mésotrophe. Toutefois, le point de prélèvement le plus en amont montre des teneurs élevées en phosphore ainsi qu'une forte activité biologique.

Il s'agira donc de déterminer si possible, dans la deuxième année de l'étude, le point de départ du développement des cyanobactéries, ainsi que leur propagation sur la retenue, tout en engageant des actions pérennes dans le but d'atteindre l'objectif fixé par la DCE de bonne qualité de la masse d'eau.

ABSTRACT

Cyanobacteria, planktonic micro-organisms potentially toxic, constitute a major problem on the scale of the catchment's area of the Dordogne. So establishment EPIDOR decided to carry out an inventory of fixtures of these problems on its territory so as to evaluate its impact on the various water's uses (nautical bathes, activities, drinking water supply, fishing). This diagnosis is organized in the form of various surveys carried out near the water management's actors and the services of the state: DDASS, DDAF, DIREN, Fishing Federations, AAPPMA, according to the uses of water concerned. Moreover, in the second time, it will be a question of inquiring directly near the water levels managers so as to obtain more precise information and to make profit all the catchment's area of the Dordogne of the already established experience feedbacks.

The first results of this investigation show an increasingly important implication on behalf of the DDASS in term of monitoring bathe water. Indeed, today, all the DDASS of the basin seek cyanobacteria and the taken sites number increased overall by 36,2 % between 2004 and 2005 on the basin. However, the number of continuous water levels still increase and the problems touch more particularly the territories north Corrèze and south east Creuse, with most of the time a development of *Mycrocystis*.

The reserve of Bort les Orgues (3rd of France in volume) formed thus part of these many water levels victims of a bloom cyanobacteria to many recoveries these 15 last years. This is why establishment EPIDOR seized the advisability of associating a study of its eutrophication a project of thesis at the national level, in collaboration with INRA of Thonon les Bains and the Muséum National d'Histoire Naturelle of Paris. In parallel, an assessment of the contributions in nutrient coming from the catchment's area is carried out, just as a study of phosphorus mechanisms transfer, the main thing responsible for eutrophication, towards the rivers.

Thus, it is established that the great majority of phosphorus comes from the agricultural activity on the catchment's area (approximately 90%), the remainder being with the domestic and industrial systems of cleansing. In the same way, a bibliographical analysis of the data, comparison with the follow-up quality carried out around reserve, shows the importance of the transfers of phosphorus towards the rivers by streaming and erosion of the grounds during risings episodes. The diffuse contributions are thus marginal and it is a question of implementing actions on the one hand aiming at targeting on the territory the major sources of phosphorus production and on the other hand to try to limit these rejections by better practices and a sensitizing of the actors.

Lastly, concerning the taking away carried out on reserve itself, they show for this year a weak development of cyanobacteria, probably of with the draining partial carried out in 2005 but also due to very unfavourable climatic conditions (low temperatures, rain...) in August, period of *Mycrocystis* development. The various parameters thus classify reserve as being mesotrophic. However, the intake point upstream shows high phosphorus percentages as well as a strong biological activity.

It will be a question of determining if possible, in the second year of the study, the starting point of cyanobacteria development, like their propagation on reserve, while engaging of the perennial actions with an aim of achieving the goal lay down by the DCE, that's to say a good quality of the water mass.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	8
--------------------------	----------

<u>PARTIE I</u> : PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT DE LA DORDOGNE.....	9
---	----------

I.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	9
---	----------

I.1.1. Le bassin versant de la Dordogne.....	9
---	----------

I.1.2. Présentation générale d'EPIDOR.....	10
---	-----------

I.1.3. Les cyanobactéries	11
--	-----------

I.1.3.1 Systématique, caractéristiques	11
--	----

I.1.3.2. Nuisances et toxicité	12
--------------------------------------	----

I.1.3.3. Cadre réglementaire	12
------------------------------------	----

I.1.3.4. Conditions de développement ou « bloom »	13
---	----

I.1.3.5. Limites des connaissances actuelles.....	14
---	----

I.1.3.6. Coût des analyses	14
----------------------------------	----

I.1.3.7. Quelques exemples de conséquences sanitaires dans le monde	14
---	----

I.1.3.8. La situation sur la retenue de Bort les Orgues.....	14
--	----

I.2. ETAT DES LIEUX DE LA PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DORDOGNE.....	15
---	-----------

I.2.1. Objectifs globaux de la démarche.....	15
---	-----------

I.2.2. Mise en place de l'enquête : protocole	15
--	-----------

I.2.3. Résultats de l'enquête et perspectives	18
--	-----------

<u>PARTIE II</u> : ETUDE DE CAS : RETENUE DE BORT LES ORGUES	27
---	-----------

II.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.....	28
---	-----------

II.1.1. Présentation de la retenue et de son bassin versant	28
--	-----------

II.1.1.1. Caractéristiques générales de la retenue	28
--	----

II.1.1.2. Le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues.....	28
---	----

II.1.2. Le Contrat de Rivière Haute Dordogne	35
---	-----------

II.1.2.1. Contexte et problématique	35
---	----

II.1.2.2. Objectifs.....	37
--------------------------	----

II.1.2.3. Programme d'actions	37
-------------------------------------	----

II.1.3. Résultats et données de l'étude précédente	38
II.2. METHODOLOGIE ET RESULTATS.....	38
II.2.1. Bilan des apports par les affluents	38
II.2.1.1. Protocole d'échantillonnage.....	39
II.2.1.2. Résultats obtenus	33
II.2.1.3. Caractérisation des flux de phosphore et des flux d'azote arrivant dans la retenue	42
II.2.2. Analyse complémentaire des intrants provenant du pourtour direct de la retenue et des différents sous bassins	44
II.2.2.1. Volet agriculture	44
II.2.2.2. Volet assainissement.....	50
II.2.2.3. Volet industriel	57
II.2.2.4. Caractérisation des mécanismes de transfert du phosphore.....	57
II.2.2.5. Caractérisation des taux de phosphore dans les sols.....	52
II.2.3. L'étude de l'eutrophisation de la retenue de Bort les Orgues	62
II.2.3.1. Contexte	62
II.2.3.2. Mise en place et objectifs.....	62
II.2.3.3. Protocole d'échantillonnage et de suivi	63
II.2.3.4. Résultats des analyses physico-chimiques et bilan.....	68
II.2.3.5. Résultats des analyses biologiques et bilan	70
II.2.3.6. Caractérisation du niveau trophique et de la stratification de la retenue	72
II.3. PROGRAMME D'ACTIONS EN COMPLEMENT DU CRHD.....	75
II.3.1. Programme d'actions sur le pourtour de la retenue de Bort les Orgues ou sur la retenue elle-même	75
II.3.2. Programme d'actions sur le bassin versant de la retenue.....	77
CONCLUSION	79
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	82
ANNEXES	86

Liste des figures :

<u>Figure 1</u> : Organigramme d'EPIDOR.....	4
<u>Figure 2</u> : Les niveaux d'alerte relatifs au nombre de cellules de cyanobactéries.....	6
<u>Figure 3</u> : Tableau enquête envoyé aux DDASS	9
<u>Figure 4</u> : Evolution du nombre de sites prélevés par les DDASS entre 2004 et 2005	14
<u>Figure 5</u> : Répartition des genres cyanobactériens responsable de l'eutrophisation sur le bassin de la Dordogne, en 2004 et 2005	15
<u>Figure 6</u> : Points de mesures du suivi qualité de la retenue de Bort les Orgues	30
<u>Figure 7</u> : Bassin Haute Dordogne : évolution du nombre d'exploitants agricoles	36
<u>Figure 8</u> : Bassin Haute Dordogne : évolution du nombre d'exploitations de plus de 50 ha par rapport au nombre total d'exploitations.....	36
<u>Figure 9</u> : Bassin Haute Dordogne : évolution de la SAU moyenne utilisée par les exploitations	37
<u>Figure 10</u> : Bassin Haute Dordogne : évolution de la SAU	37
<u>Figure 11</u> : Bassin Haute Dordogne : pratiques culturales	38
<u>Figure 12</u> : Bassin Haute Dordogne : répartition du cheptel	38
<u>Figure 13</u> : Apports en azote provenant du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues	40
<u>Figure 14</u> : Apports en phosphore provenant du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues	40
<u>Figure 15</u> : Modélisation des flux de phosphore en fonction des épisodes de crues	51
<u>Figure 16</u> : Relation entre les conditions climatiques et la concentration en phosphore total	52
<u>Figure 17</u> : Calendrier de l'année 2006 des prélèvements sur la retenue de Bort les Orgues	56

Liste des cartes :

<u>Carte 1</u> : Le bassin versant de la Dordogne	2
<u>Carte 2</u> : Densité de des surfaces de plan d'eau par commune sur le bassin versant de la Dordogne	11
<u>Carte 3</u> : Répartition des résultats des analyses cyanobactéries des plans d'eau prélevés par les DDASS du bassin de la Dordogne.....	13
<u>Carte 4</u> : Liste des plans d'eau disposant d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable..	18
<u>Carte 5</u> : Les activités autour de la retenue de Bort les Orgues	20
<u>Carte 6</u> : Découpage administratif de la Haute Dordogne. Bassin versant de la Dordogne et de la Rhue	21
<u>Carte 7</u> : Occupation du sol sur le territoire de la Haute Dordogne.....	25
<u>Carte 8</u> : Complexe hydroélectrique du territoire de la Haute Dordogne	27
<u>Carte 9</u> : Localisation des points de suivi qualité des eaux sur le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues.....	31
<u>Carte 10</u> : Fonctionnement de l'assainissement collectif (et localisation) et non collectif sur les communes du pourtour de la retenue de Bort les Orgues	44
<u>Carte 11</u> : Localisation des points de prélèvements sur la retenue de Bort les Orgues	55
<u>Carte 12</u> : Localisation des sites servant à la veille visuelle de la retenue	58

INTRODUCTION

Les lacs et étangs constituent, sur le bassin versant de la Dordogne, un patrimoine historique, biologique et paysager important. Cependant, au cours de ces dernières années, de nombreux plans d'eau ont été victimes d'une contamination par développement massif de cyanobactéries, microorganismes potentiellement toxiques pour les animaux et l'homme. Une forte mobilisation de la part des acteurs locaux de gestion et des services de l'Etat a permis une réelle prise en compte de cette problématique et des moyens humains et financiers ont été investis. De même, le secteur de la recherche scientifique tente d'améliorer ses connaissances sur ce phénomène, aussi bien sur les aspects fondamentaux (systématique, génétique, biochimie, écologie, épidémiologie) que sur les aspects techniques (échantillonnage, analyses, techniques de traitement,...).

Ainsi, l'apparition nouvelle d'un phénomène auparavant méconnu voir sous estimé a permis de mettre en lumière des dysfonctionnements liés à certaines pratiques et activités (agriculture, assainissement, industries) entraînant des rejets d'eaux chargées en éléments nutritifs (azote, phosphore) qui provoquent le développement des cyanobactéries. Ces dernières ont de plus un impact fort sur les usages de l'eau (baignade, activités nautiques, pêche, alimentation en eau potable), ce qui justifie cette préoccupation. Les cyanobactéries constituent par conséquent un enjeu fort pour la qualité des masses d'eau en vue de l'atteinte des objectifs fixés par la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour 2015.

Conscient de ce problème, l'établissement EPIDOR a souhaité effectuer un état des lieux précis de la problématique sur son territoire de manière à évaluer les conséquences sur les différents usages de l'eau. Cet état des lieux se traduit par la réalisation d'une enquête auprès des nombreux acteurs du bassin : DDASS, DIREN, MISE, fédérations de pêche, AAPPMA. L'objectif est d'évaluer la répartition et l'évolution spatiale et temporelle des développements cyanobactériens, mais aussi d'informer et de sensibiliser l'ensemble des acteurs de la gestion de l'eau sur le sujet.

Par ailleurs, EPIDOR a souhaité inscrire la retenue de Bort les Orgues dans un programme de recherche comptant deux autres plans d'eau en France. Cette thèse, menée conjointement par l'INRA de Thonon les Bains, le Muséum National d'Histoire Naturelle et le bureau d'étude SCE vise d'une part à obtenir une meilleure connaissance fondamentale sur les cyanobactéries, par l'identification des facteurs et processus environnementaux impliqués dans le déterminisme de leur prolifération, dans leur distribution spatiale et dans l'expression de leur toxicité. D'autre part, elle doit permettre de définir des stratégies d'échantillonnage adaptées aux suivis et à l'évaluation des risques liés aux cyanobactéries.

En effet, la retenue de Bort les Orgues, sous concession EDF, de surface égale à 1073 ha (3^{ème} retenue de France) a été classée en zone sensible d'après le décret du 24 novembre 1994, ce qui a justifié la création du Contrat de Rivière Haute Dordogne en 2003. Outre son rôle de réservoir hydroélectrique, ce plan d'eau constitue un enjeu touristique très fort pour le territoire (baignade, activités nautiques, pêche, etc...).

Par conséquent, cette étude diagnostic doit également permettre d'identifier et de quantifier les causes de l'eutrophisation, c'est-à-dire les sources de nutriments, d'origine exogène surtout, à l'origine de ce problème. D'autre part, elle doit préconiser une stratégie d'actions à court et long terme afin de maintenir de façon pérenne une qualité de l'eau propice aux activités nautiques et au bon fonctionnement de l'écosystème aquatique.

PARTIE I : PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES A L'ECHELLE DU BASSIN VERSANT DE LA DORDOGNE

I.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.1. Le bassin versant de la Dordogne

La Dordogne prend naissance dans le Massif Central à la confluence de la Dore et de la Dogne. Elle traverse ensuite l'Auvergne une partie du limousin et du bassin aquitain. Elle parcourt 480 km avant de rejoindre la Garonne et de former avec elle l'estuaire de la Gironde.

Elle draine, sur un bassin de près de 24 000 km² (1/20^{ème} du territoire national) composé de quatre sous bassins principaux (Isle-Dronne, Vézère, Cère, Dordogne), près de 5 300 km de cours d'eau d'au moins 15 km de long (Carte 1).



Carte 1 : Le bassin versant de la Dordogne

Le bassin versant s'étend sur cinq régions (l'Auvergne, le Limousin, les Midi-Pyrénées, l'Aquitaine et le Poitou Charente), 11 départements, le Puy de Dôme, le Cantal, la Creuse, la Haute Vienne, la Corrèze, le Lot, le Lot et Garonne, la Dordogne, les Charente et Charente Maritime, et la Gironde), 1513 communes, deux Agences de l'Eau (Adour Garonne et Loire Bretagne), et compte une population de plus de 1 100 000 habitants, les villes les plus importantes étant Brive-la-Gaillarde, Aurillac, Périgueux, Bergerac, Libourne.

I.1.2. Présentation générale d'EPIDOR (Rapport d'activité EPIDOR, 2005)

EPIDOR est un établissement public à caractère administratif qui regroupe les six Conseils Généraux concernés par la vallée de la Dordogne : le Puy de Dôme, le Cantal, la Corrèze, le Lot, la Dordogne et la Gironde.

Créé en février 1991 par une volonté commune de favoriser un développement coordonné et harmonieux de la vallée et du bassin de la Dordogne, l'établissement public a immédiatement joué son rôle d'animation à l'échelle du bassin en provoquant en février 1992 et après plus de huit mois de préparation, le sommet « Vallée Dordogne ». Celui-ci a réuni 17 délégations issues des six départements et 51 délégués mandatés par leurs pairs. Ce sommet est le résultat de la plus grande concertation jamais engagée sur un bassin versant : 402 propositions ont été discutées et 370 consensus retenus (soit 91 %).

La Charte Vallée Dordogne qui a été adoptée à l'issue de ce sommet constitue un cadre référence pour l'ensemble des acteurs de la gestion de l'eau et de l'environnement dans le bassin versant. Elle a été signée par tous les délégués mandatés, par le Préfet coordonnateur, par le Ministre de l'Environnement et le Ministre des Affaires Etrangères et par le Président d'EPIDOR.

Les objectifs d'EPIDOR :

Les six départements ont voulu, par la création d'EPIDOR, impulser et animer une politique de gestion cohérente de l'eau et de l'environnement à l'échelle du bassin versant hydrographique. Cette gestion cohérente repose sur :

- La protection et la restauration des milieux
- L'amélioration de la ressource en eau sur les plans de la qualité et de la quantité
- Le développement cohérent des activités économiques liées aux cours d'eau

Les Conseils Généraux membres ont également confié à EPIDOR le soin d'assurer certains aspects de la mise en œuvre des consensus de la Charte Vallée Dordogne comme la restauration de la qualité des eaux, en jouant un rôle de coordonnateur et de fédérateur à l'échelle du bassin versant de la Dordogne. Cette mission interdépartementale vise à donner plus de poids aux initiatives des Conseils Généraux avec deux bénéfices attendus : l'économie d'échelle et l'obtention de financements extérieurs sur des projets collectifs.

Le champ d'intervention d'EPIDOR s'étend des pentes Ouest du Puy de Sancy jusqu'à l'estuaire de la Gironde. Le bassin, qui draine une superficie de 23 972 km², comprend un réseau hydrographique très dense de 20 728 km de long. Ce territoire concerne les six départements fondateurs et quatre régions administratives : Auvergne, Limousin, Midi-Pyrénées et Aquitaine.

Le Conseil d'Administration de l'établissement public est composé d'un Président élu et de trois Conseillers Généraux de chacun des départements associés, désignés par leur assemblée respective. Certains organismes ont été invités à participer à ce Conseil d'Administration en tant que membres cooptés : quatre Conseils Régionaux, Union des Maires de chaque département, Agence de l'Eau Adour-Garonne, EDF et la SNCF. La présidence est actuellement assurée par Monsieur Bernard CAZEAU, Sénateur et Président du Conseil Général de la Dordogne.

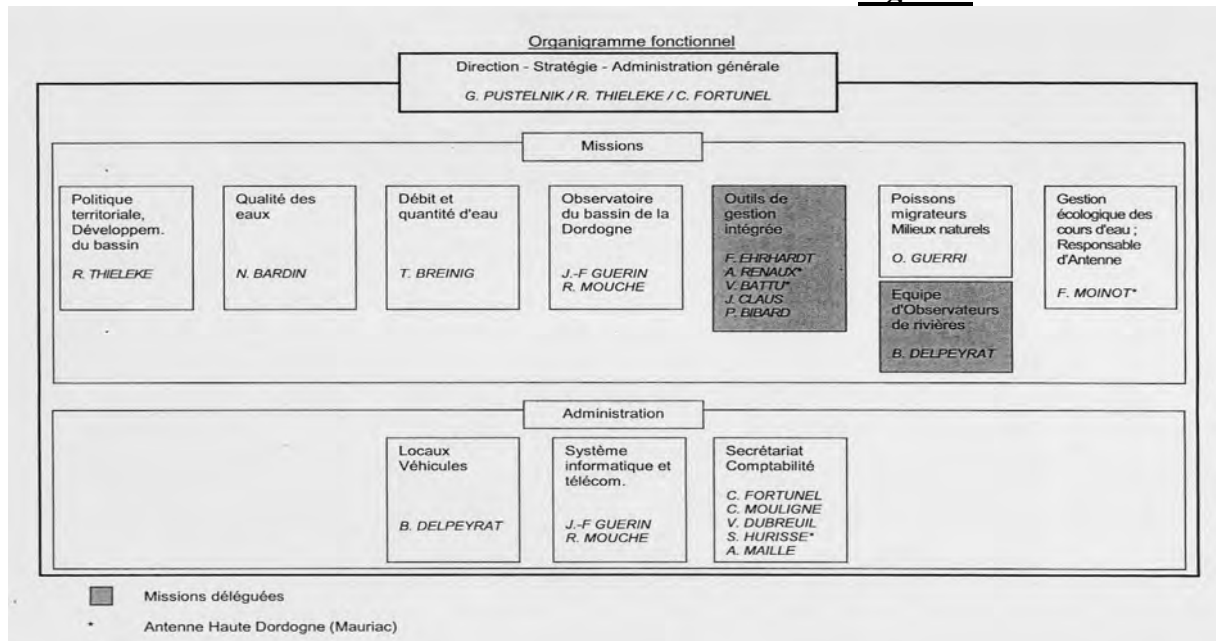
Pour assurer ses fonctions l'Etablissement Public s'est progressivement doté d'un ensemble de compétences scientifiques, techniques et administratives adaptées qu'il met à la disposition des acteurs de la rivière (gestionnaires et usagers). De par ses statuts et son mandat, EPIDOR joue ainsi un rôle d'interlocuteur privilégié au sein de partenariats multiples et représentant les départements auprès des instances régionales, nationales et communautaires sur des projets intéressant le bassin de la Dordogne. Il

cherche ainsi, en collaboration avec les organismes compétents, à optimiser les solutions techniques qui seront mises en œuvre dans le cadre de financements multiples.

EPIDOR a participé, au nom des départements, à l'élaboration du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE), et à l'élaboration d'une Politique Territoriale Dordogne répondant spécifiquement aux enjeux du bassin versant.

Les priorités et la politique d'intervention de l'Etablissement Public découlent directement des orientations définies dans ces différents documents directeurs (Charte Vallée Dordogne, Etats Généraux, SDAGE Adour Garonne, Politique Territoriale Dordogne, Directive Cadre Européenne sur l'Eau). EPIDOR est membre de l'Association Française des Etablissements Publics Territoriaux de Bassin.

Figure 1



I.1.3. Les cyanobactéries

I.1.3.1 Systématique, caractéristiques

Les cyanobactéries, encore appelées cyanophycées ou algues bleues, forment une classe de l'embranchement des Schizophytes qui regroupe les cyanobactéries et les bactéries. Elles se différencient des autres algues par l'absence de noyau différencié, et des bactéries par la présence de chlorophylle a (photosynthèse aérobie). On compte environ 150 genres, 2000 espèces dont une quarantaine potentiellement toxiques. Certaines espèces sont fixées (benthiques), d'autres planctoniques. (Les études des agences de l'eau, 1997)

Les cyanobactéries se reproduisent par division binaire, par bourgeonnement, fragmentation ou scission multiple. On peut les retrouver sous forme unicellulaire mais aussi filamenteuse ou coloniale. Ces regroupements cellulaires peuvent alors contenir des cellules spécialisées telles que les hétérocystes (fixation de l'azote atmosphérique) et les akinètes (cellules de résistance).

I.1.3.2. Nuisances et toxicité

Le développement massif de cyanobactéries va entraîner une réduction importante de la transparence de l'eau qui va prendre une coloration bleue-verte. Ensuite, des phénomènes d'anoxies, liés à la décomposition de l'importante matière organique, peuvent avoir de graves conséquences sur l'écosystème. Cette désoxygénation s'accompagne souvent de l'apparition d'ammoniac, gaz très toxique à des pH élevés pour les poissons. De plus, les cyanobactéries vont perturber la chaîne alimentaire, ne

constituant pas une nourriture appréciée des consommateurs du fait de la présence d'une paroi mucilagineuse. Ainsi, le zooplancton, placé dans un bloom de cyanobactéries, va mourir d'inanition au milieu de cette nourriture très abondante mais inadaptée ce qui se répercute sur toute la chaîne alimentaire. Par conséquent, ces blooms sont considérés comme des impasses trophiques. Enfin, les cyanobactéries excrètent des toxines (3 types : hépatotoxines, neurotoxines, dermatotoxines) qui atteignent la plupart des organismes de l'écosystème (action défavorable sur la nutrition et la reproduction, mort). Quant à l'homme, il n'est pas hors d'atteinte de ces toxines à la fois par ingestion de l'eau ou par contact de la peau lors de baignades d'où le seuil d'interdiction fixé à 100 000 cellules/ml. De fait, les cyanobactéries impactent les divers usages de l'eau : activités nautiques, pêche, alimentation en eau potable, abreuvement du bétail. La limitation de leur développement présente donc un intérêt écologique, mais aussi sanitaire et économique.

I.1.3.3. Cadre réglementaire

L'article 8 de la directive 2006/7/CE du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade est consacré aux risques liés aux cyanobactéries. Cet article met en avant d'une part la surveillance nécessaire en cas de prolifération et d'autre part les mesures de gestion adéquate à prendre, notamment en terme de prévention et d'information du public, en cas de prolifération. Toutefois, en aucun cas il n'est indiqué de valeur indicative permettant de classer la qualité de l'eau.

Concernant le droit français, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France lors de ses séances du 6 mai 2003 a demandé la mise en œuvre d'un protocole de surveillance et d'évaluation des risques liés à la prolifération des cyanobactéries avec la validation puis la normalisation d'une méthodologie de prélèvement et d'analyse/dénombrement des cyanobactéries et de certaines de leur toxines. Il demande également la mise en place d'une veille épidémiologique sur les pathologies associée à cette problématique. En annexe, il fixe un dispositif de suivi à plusieurs niveaux d'alerte (Figure 2) :

France	Seuil(s) Nombre de cellules de cyanobactéries	Seuil(s) Equiv. MC-LR	Impact sur les usages
Niveau 1	> 20 000 cfu	-	Information des risques
Niveau 2	> 100 000 cfu	< 25 µg/l	Information des risques Limitation des usages
		> 25 µg/l	Information des risques Interdiction de la baignade Limitation loisirs nautiques
Niveau 3	Mise en évidence visuelle d'une efflorescence	A mesurer	Information des risques Interdiction des usages

Figure 2 : Les niveaux d'alerte relatifs au nombre de cellules de cyanobactéries

I.1.3.4. Conditions de développement ou « bloom »

On note plusieurs facteurs principaux pouvant expliquer la dominance des cyanobactéries dans les lacs eutrophes pendant le milieu et la fin de l'été :

- **la température de l'eau** : leur optimum de croissance se situe, pour la plupart, à des températures plus élevées que l'ensemble des microalgues, entre 20 et 25°C environ.
- **la lumière** : de manière générale, les cyanobactéries ont des besoins en lumière importants. Cependant, certaines ont des besoins plus faibles que les autres microalgues, expliquant leur

développement plutôt en profondeur (inférieur à 2 m). Au contraire, d'autres espèces (comme *Microcystis*) se développent en surface, ayant des besoins plus importants.

- **la stabilité physique de la colonne d'eau** : ces organismes peuvent être en effet perturbés par des variations du niveau de l'eau ou des mouvements de brassage internes du plan d'eau.
- **le rapport N/P** : ces microorganismes, avec ou sans la capacité de fixer l'azote atmosphérique, sont favorisés par un rapport N/P bas (inférieur à 7/1).
- **la migration verticale** : les cyanobactéries peuvent contrôler leur flottaison sur toute la hauteur de la colonne d'eau, ce qui leur permet d'optimiser leur activité photosynthétique en se plaçant dans une zone où l'apport d'énergie lumineuse et de nutriments est optimal.
- **le broutage par le zooplancton**, ce dernier ne les consommant pas ou peu, mais se nourrissant des autres microalgues, ce qui favorise d'autant plus les cyanobactéries.
- **le pH / teneur en CO₂** : les cyanobactéries, pouvant utiliser les ions bicarbonates, dominent les microalgues quand les teneurs en CO₂ sont faibles (pH élevés).
- **la capacité de stockage du phosphore et de l'azote**, ce qui permet aux cyanobactéries de supporter des périodes où ces éléments sont déficitaires dans le milieu.

I.1.3.5. Limites des connaissances actuelles

La réalisation de cette étude se situant dans le cadre d'une thèse, elle doit logiquement permettre d'apporter une meilleure connaissance fondamentale sur les cyanobactéries. En effet, plusieurs points fondamentaux dans l'apparition de cyanobactéries restent à préciser. Ainsi, il s'agit d'identifier de manière plus précise tous les facteurs et processus environnementaux impliqués dans le déterminisme de leur prolifération, certaines des conditions d'apparition de bloom énoncées ci-dessus étant remises en cause.

D'autre part, il est généralement constaté une hétérogénéité de la distribution des cyanobactéries dans les 3 dimensions de l'espace d'un même lac pouvant faire varier le nombre de cellules d'un endroit à un autre d'un facteur 100.

Ensuite, si l'on connaît les différentes espèces susceptibles de produire des toxines qui seront relarguées dans le milieu, les raisons faisant qu'elles produisent ou non ces toxines restent encore mal déterminées même s'il semble qu'elles soient de nature génétique. Par conséquent, on peut distinguer au sein d'une même souche des clones toxiques et non toxiques.

Enfin, les méthodes d'analyses des cyanobactéries en elles-mêmes ne permettent pas de connaître la nature exacte du risque qu'un bloom peut présenter. En effet, il n'existe à l'heure actuelle aucune méthode de prélèvement ou d'analyse normalisée à l'échelle européenne ou française. De plus, même si les cyanobactéries sont capables de produire un grand nombre de toxines différentes, seule la microcystine LR est couramment recherchée. De même, les différents seuils d'alerte utilisés sont des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé qui s'appliquent dans le cadre du principe de précaution.

Par conséquent, en plus de l'amélioration de la situation au niveau de la retenue de Bort les Orgues, cette étude doit permettre d'identifier les facteurs et processus environnementaux impliqués dans le déterminisme de la prolifération des cyanobactéries, dans leur distribution spatiale et dans l'expression de leur toxicité, et de définir des stratégies d'échantillonnage adaptées aux suivis et à l'évaluation des risques liés aux cyanobactéries.

I.1.3.6. Coût des analyses

Les chiffres suivants proviennent du Laboratoire Départemental des Eaux du département de la Haute-Garonne. L'observation et le dénombrement des cyanobactéries coûtent 65,26 euros par prélèvement tandis que l'analyse des toxines (microcystine LR) coûte 236,67 euros.

I.1.3.7. Quelques exemples de conséquences sanitaires dans le monde

Plusieurs cas d'intoxications humaines ont été dénombrés au cours de ces cinquante dernières années et ce par différents modes : dermatite, inhalation, ingestion, hémodialyse. Parmi les cas les plus graves, on note une contamination du réseau d'eau potable au Brésil en 1993 entraînant la mort de 88 personnes (dont une majorité d'enfants). Toujours au Brésil, en 1996, de l'eau contaminée servant pour des hémodialyses a fait 50 victimes. Concernant le contact avec la peau, aucun décès n'a jusqu'à présent été constaté, seulement des hospitalisations pour des baigneurs ou des pratiquants d'activités nautiques diverses. Il faut tout de même mettre en avant la difficulté de distinguer les troubles dus aux cyanobactéries (vomissements, diarrhées) de ceux ayant une autre origine (comme une intoxication alimentaire...).

Enfin, les animaux ne sont pas non plus épargnés par cette problématique, qu'ils soient domestiques, sauvages ou d'élevage. Ainsi, on dénombre sur la rivière Tarn, dans le département de la Lozère, la mort de 20 chiens ayant consommé l'eau de la rivière en 2002, 6 morts en 2004 et encore 5 en 2005 (Dumont et coll., 2005).

I.1.3.8. La situation sur la retenue de Bort les Orgues

Au cours de ces quinze dernières années, plusieurs étés ont été marqués par un développement plus ou moins important de cyanobactéries sur la retenue de Bort les Orgues. Toutefois, depuis que les cyanobactéries sont recherchées par les DDASS (1995 pour la Corrèze et 2005 pour le Cantal), on a constaté une dégradation de la qualité de l'eau entraînant une fermeture de la baignade de la plage des Aubazines (côté Corrèze) en août 2004. Les espèces de cyanobactéries responsables étaient alors *Anabaena spiroides* et surtout *Microcystis aeruginosa*.

I.2. ETAT DES LIEUX DE LA PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES SUR LE BASSIN VERSANT DE LA DORDOGNE

I.2.1. Objectifs globaux de la démarche

Depuis plusieurs années, il a été constaté sur le bassin de la Dordogne une dégradation régulière de la qualité de l'eau due au phénomène de développement massif et incontrôlé de cyanobactéries, en particulier sur les plans d'eau, touchant tous les usages de l'eau : baignade, loisirs nautiques, alimentation en eau potable, pêche, abreuvement du bétail.

Il s'agit par conséquent d'évaluer le degré d'affectation de ces différents usages sur le bassin de la Dordogne. Le but est donc de lister le plus de plans d'eau possible avec leur(s) usage(s) et voir s'ils ont été victimes d'un bloom cyanobactérien.

Ensuite, nous nous intéresserons également à la répartition temporelle et géographique de ces blooms sur le bassin versant de la Dordogne, à savoir leur localisation actuelle ainsi que leur évolution spatiale au cours de ces dernières années. Il s'agit donc de constater si le phénomène peut être corrélé avec la fréquence de présence de plans d'eau et s'il a tendance à se déplacer sur le bassin versant.

Enfin, cet état des lieux doit constituer un moyen d'information et de sensibilisation pour les gestionnaires des plans d'eau mais aussi les acteurs locaux (élus, pêcheurs, techniciens, ...). En effet, ce problème est assez récent et se pose différemment sur le bassin de la Dordogne, avec certaines zones jusqu'à présent peu ou pas touchées et nécessitant donc davantage d'information.

I.2.2. Mise en place de l'enquête : protocole

La mise en place de cet état des lieux nécessite le recueil et la coordination des informations utiles auprès des différents services et personnes ressources. Il s'agit donc d'établir une stratégie efficace et ce pour chaque usage de l'eau concerné.

Par conséquent, la réalisation de cette enquête est prévue en 2 phases :

- une première phase de renseignements globaux, à l'échelle d'un territoire, par usage de l'eau, auprès des personnes ressources concernées (DDASS, DIREN, MISE, fédérations de pêche, AAPPMA)
- une seconde phase de renseignements, plus précise, par plan d'eau, directement auprès de leurs gestionnaires.

Ainsi, à la suite des résultats obtenus grâce à la première phase, il s'agira de choisir les plans d'eau semblant être les plus intéressants pour approfondir l'enquête, étant donné qu'il paraît évident que tous les gestionnaires ne peuvent être questionnés.

- Liste des plans d'eau du bassin versant de la Dordogne

Au préalable, nous recherchons une liste des plans d'eau du bassin versant de la Dordogne la plus complète possible de manière à disposer d'une référence sous la forme d'une base de données ou de cartographie. Pour cela, nous contactons les Missions Inter Services de l'Eau des 10 départements du bassin susceptibles d'avoir réalisé un recensement des plans d'eau de leur territoire de taille supérieure à 1000 m². C'est le cas pour la plupart d'entre elles (7). Pour les autres départements, il n'existe pas de recensement précis, les informations obtenues ne sont donc que partielles.

Par conséquent, pour compléter ces données, on se sert également de la liste des plans d'eau référencés par BD Carthage, qui reste malgré tout moins précise et ne fait pas apparaître les plans d'eau de petite taille.

➤ Résultats cyanobactéries des plans d'eau à usage baignade

Ensuite, pour évaluer l'impact des cyanobactéries sur l'usage baignade de l'eau, nous envoyons aux 10 DDASS du bassin versant un tableau à compléter ainsi que quelques questions afin d'obtenir les renseignements qui nous paraissent les plus pertinents (Figure 3). En effet, les DDASS sont chargés du contrôle de la qualité des eaux de baignade et peuvent recommander aux gestionnaires l'interdiction de toute activité sur le plan d'eau si un critère mesuré présente un danger quelconque pour la santé publique (dont le nombre de cyanobactéries).

Ainsi, à l'aide de la base de données interne d'EPIDOR, nous prélistons les plans d'eau de chaque département ayant un usage destiné à la baignade et appartenant au bassin versant de la Dordogne :

Nom du plan d'eau	Nombre de prélèvements en 2005	Gestionnaire du plan d'eau	Etude en cours ou en projet sur ce plan d'eau ?	Résultats 2005, 2004, 2003 (plus mauvais résultat)			
				Date	nb de cellules / ml (niveau d'alerte 0, 1 ou 2)	concentration en toxine	principal type de cyanobactérie

Figure 3 : Tableau enquête envoyé aux DDASS

Nous pouvons ajouter que seuls les résultats des 3 dernières années (2005, 2004, 2003) sont demandés, afin de disposer d'une évolution récente de la situation et ne pas trop alourdir le tableau qui comporte de 2 à 41 plans d'eau selon les départements. De plus, la majorité des DDASS ont commencé la recherche des cyanobactéries depuis peu de temps en routine. De même, il n'est demandé que le plus mauvais résultat par année pour chaque plan d'eau.

D'autre part, il paraît important de demander s'il existe une homogénéité dans les techniques de prélèvement entre les différentes DDASS. En effet, étant donné qu'il n'existe pas de norme, la technique employée ainsi que les conditions de prélèvement (endroit précis, heure de la journée...) peuvent d'hors et déjà impliquer une variation du nombre de cellule, et ce avant même l'analyse.

➤ Liste des plans d'eau possédant un captage destiné à l'alimentation en eau potable

Les DDASS étant également chargées du contrôle de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine, nous leur demandons une liste des plans d'eau possédant un captage pour l'eau potable ainsi que des informations complémentaires sur ces plans d'eau : nom du gestionnaire, problématique cyanobactéries passée, le captage est-il une prise d'eau de secours,...

Cette enquête est réalisée en contactant les DDASS par téléphone et/ou par courrier. Son intérêt porte sur les solutions employées par les gestionnaires pour résoudre ou traiter la problématique liée à la présence de cyanobactéries dans le plan d'eau capté.

➤ Enquête concernant la problématique liée à la pratique de la pêche

Pour tenter de faire un bilan lié à l'impact des cyanobactéries sur la pratique de la pêche, nous décidons, en collaboration avec l'Agence de l'Eau Adour Garonne, d'interroger les Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) du bassin versant (au nombre de 153, source fédérations de pêche). En effet, elles ont l'avantage de se situer au plus près du terrain et regroupent de nombreux membres susceptibles de remarquer l'apparition de blooms cyanobactériens.

Cependant, les cyanobactéries étant souvent méconnues, de même que leur reconnaissance peut s'avérer être difficile pour des personnes plus ou moins averties, cette enquête doit constituer également un outil d'information et de sensibilisation à la problématique cyanobactéries. C'est pour cela qu'il est joint au questionnaire une note technique devant servir de guide de détermination pour une meilleure appréhension du problème de la part des pêcheurs.

Plus généralement, cette enquête vise à lister les plans d'eau appartenant au territoire de chaque AAPPMA (même s'ils n'en sont pas les gestionnaires) qui ont été ou sont touchés par les cyanobactéries et à en évaluer les conséquences (mortalité piscicole, mesures prises, ...). Il s'agit donc de tenter d'obtenir des résultats les plus justes et les plus précis possible tout en proposant une enquête simple et rapide à remplir. Pour sa distribution, nous avons sollicité les fédérations de pêche de chaque département concerné, étant donné leur bonne connaissance des AAPPMA et les relations régulières qu'elles entretiennent. L'enquête est donc constituée d'une seule page et est envoyée sous la forme d'un tableau et de quelques questions complémentaires (voir enquête en annexe 1).

Ainsi, il est probable que la difficulté de cette enquête réside dans la capacité certaine ou non de reconnaissance du phénomène, à ne pas confondre avec d'autres (comme un autre bloom phytoplanctonique). De plus, il serait intéressant de pouvoir mettre en évidence l'impact éventuel de ces proliférations sur la population piscicole ainsi que la réactivité des acteurs locaux quant à la décision d'interdire la pêche.

I.2.3. Résultats de l'enquête et perspectives

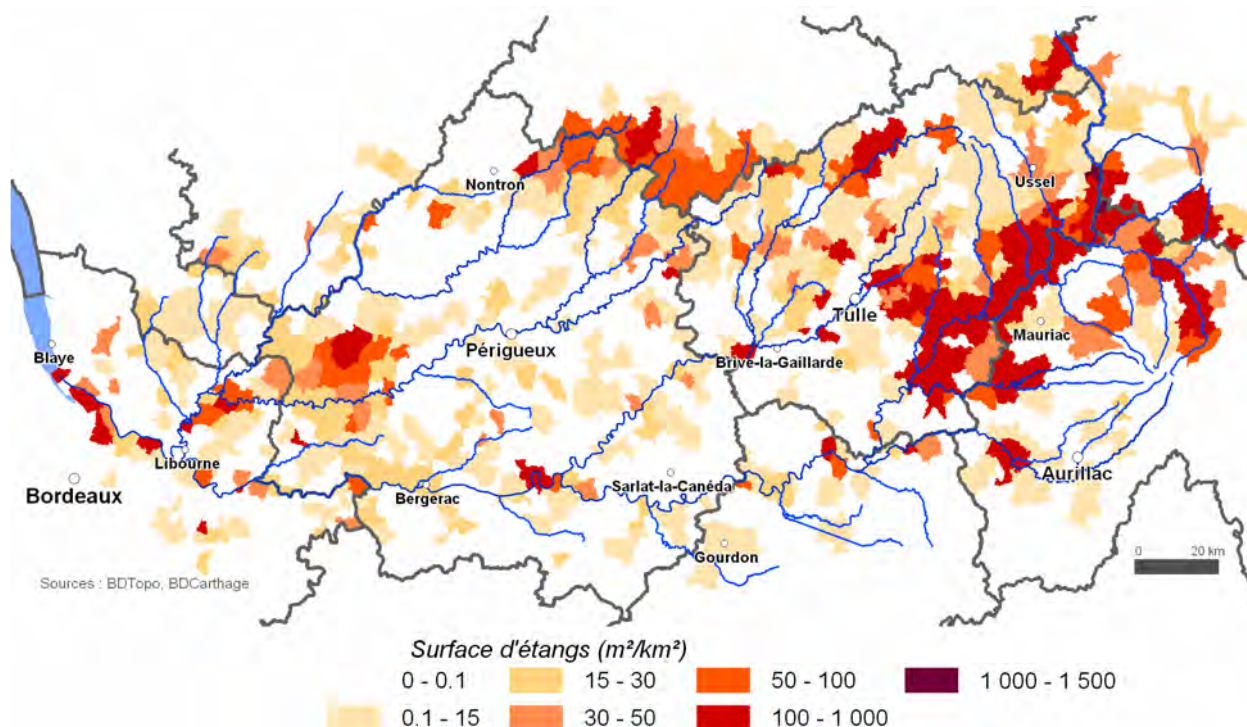
A l'heure actuelle, les seuls résultats exploitables sont constitués par l'enquête auprès des DDASS concernant l'usage baignade et l'alimentation en eau potable et la liste des plans d'eau appartenant au bassin versant de la Dordogne.

L'enquête réalisée auprès des AAPPMA a été envoyée pendant l'été pour une sensibilisation au problème optimale et seules quelques enquêtes nous ont été retournées.

Quant à la rencontre avec les gestionnaires des plans d'eau, elle constitue une seconde phase qui ne peut être menée qu'après une étude poussée et une synthèse complète de la première phase de renseignements.

➤ Liste des plans d'eau du bassin versant de la Dordogne

Du fait de l'importante hétérogénéité des réponses obtenues, nous nous servons seulement de la base de données BD Carthage pour réaliser l'estimation de la densité de la surface en plan d'eau par commune (Carte 2). Toutefois, l'analyse des données renvoyées notamment par les DDAF se poursuit et aboutira à la réalisation d'une carte plus précise.



Carte 2 : Densité de des surfaces de plan d'eau par commune sur le bassin versant de la Dordogne

Par conséquent, nous voyons sur cette carte la prédominance des plans d'eau sur la région Limousin, autour de la rivière Dordogne (barrages hydroélectriques) et également sur la partie nord Corrèze et Haute Vienne. Nous pouvons même estimer que sur cette zone, la densité de plans d'eau a été sous évaluée en raison d'une présence massive de petits étangs non répertoriés par BD Carthage.

Ce référencement doit permettre de recouper les informations obtenues sur la présence de cyanobactéries grâce aux enquête DDASS et AAPPMA.

➤ Plans d'eau à usage baignade

Sur les 10 DDASS du bassin versant, 9 ont retournés le tableau enquête. Dans le tableau suivant, on distingue, ces trois dernières années et par département, les plans d'eau ayant atteint au moins une fois dans la saison les seuils d'alerte 1 (20 000 cellules/ml) et 2 (100 000 cellules/ml). C'est le plus mauvais résultat de l'année qui est indiqué.

Année 2005 :

DDASS	Nombre de points prélevés	Seuil d'alerte 0	Seuil d'alerte 1 atteint	Seuil d'alerte 2 atteint
Cantal (15)	13	12	0	1
Charente (16)	1	1	0	0
Charente-Maritime (17)	0	0	0	0
Corrèze (19)	34	19	13	2
Creuse (23)	2	1	0	1
Dordogne (24)	21	17	2	2
Gironde (33)	4	0	3	1
Lot (46)	2	1	0	1
Puy de Dôme (63)	4	4	0	0
Haute-Vienne (87)	?	?	?	?
TOTAL	81	55 soit 68%	18 soit 22%	8 soit 10%

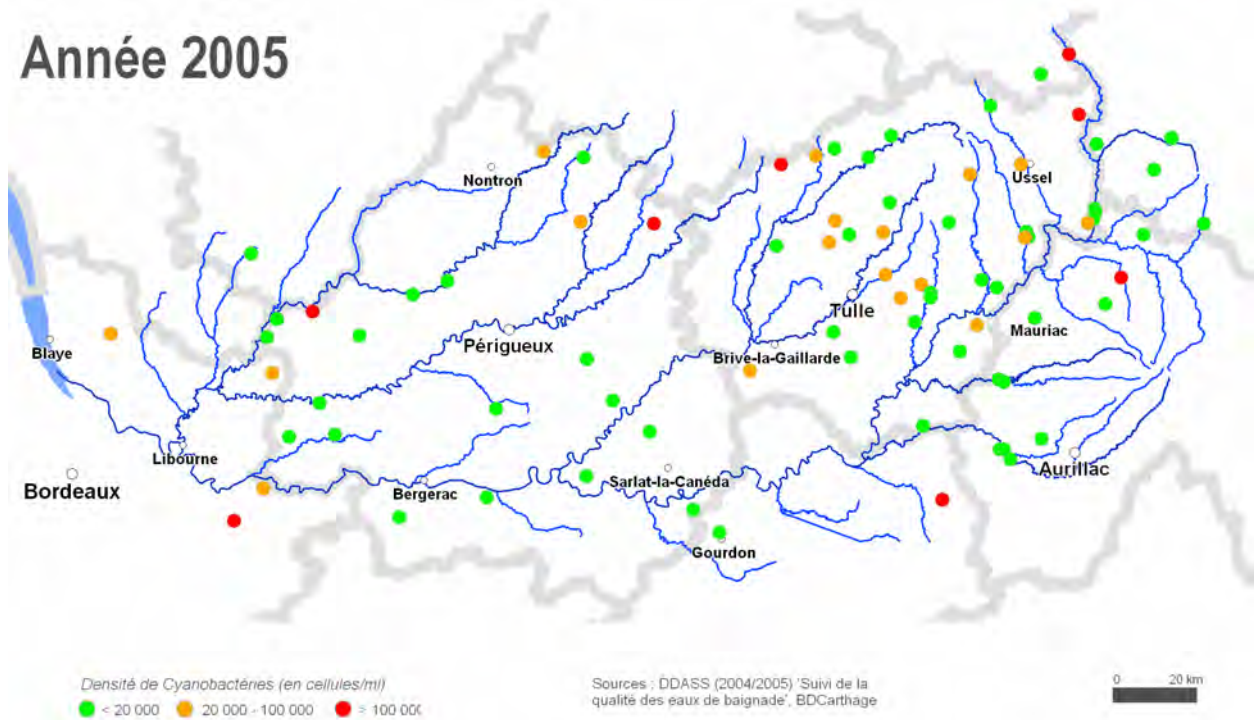
Concernant les années 2003 et 2004, moins de données sont disponibles, notamment du fait que certaines DDASS n'ont commencé à rechercher les cyanobactéries qu'à partir de ces deux années.

Année 2004 :

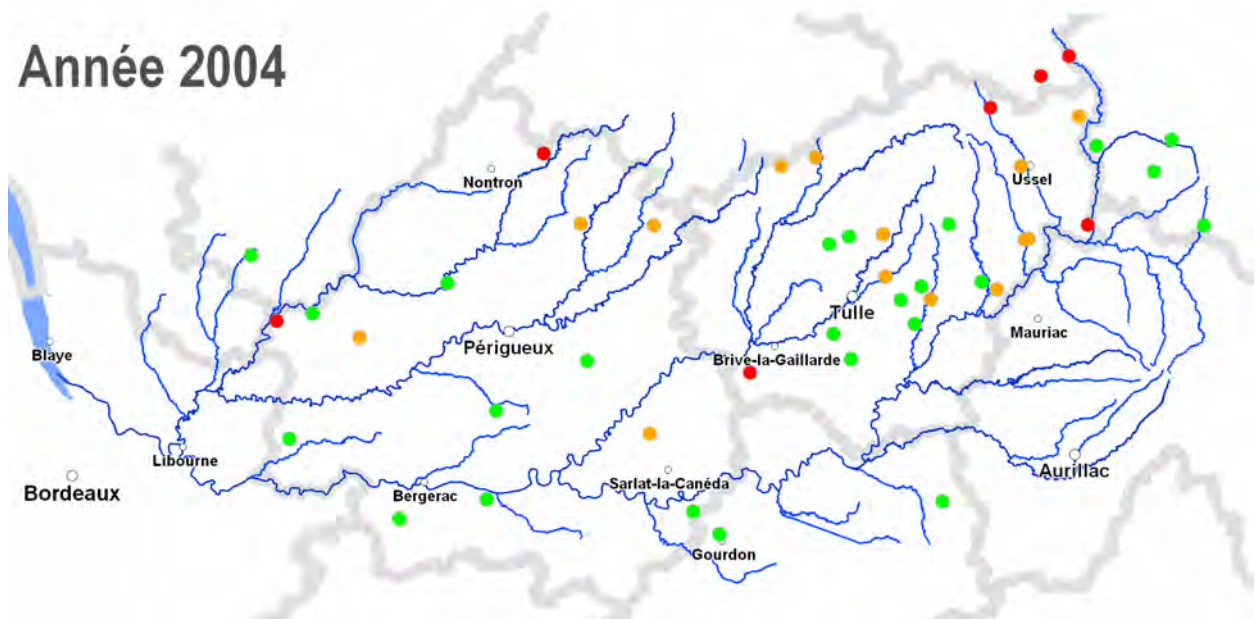
DDASS	Nombre de points prélevés	Seuil d'alerte 0	Seuil d'alerte 1 atteint	Seuil d'alerte 2 atteint
Cantal (15)	0	0	0	0
Charente (16)	1	1	0	0
Charente-Maritime (17)	0	0	0	0
Corrèze (19)	23	8	12	3
Creuse (23)	2	0	0	2
Dordogne (24)	15	10	3	2
Gironde (33)	?	?	?	?
Lot (46)	2	2	0	0
Puy de Dôme (63)	4	4	0	0
Haute-Vienne (87)	?	?	?	?
TOTAL	47	25 soit 53%	15 soit 32%	7 soit 15%

Tous ces résultats sont récapitulés de manière plus précise, plan d'eau par plan d'eau, sur la carte ci-contre (Carte 3). On remarque donc un nombre de prélèvements réalisés par les DDASS toujours plus important (Figure 4).

Année 2005



Année 2004



Carte 3 : Répartition des résultats des analyses cyanobactéries des plans d'eau prélevés par les DDASS du bassin de la Dordogne

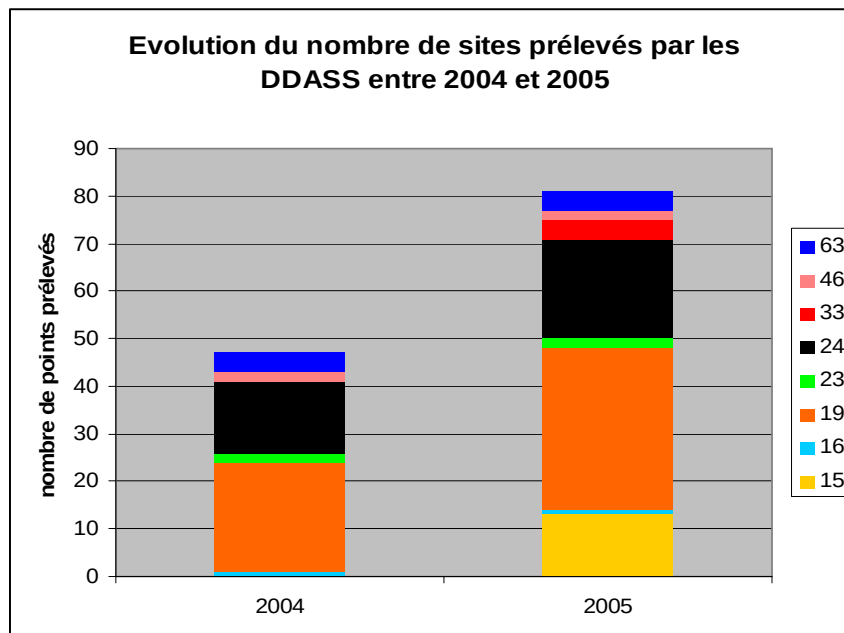


Figure 4 : Evolution du nombre de sites prélevés par les DDASS entre 2004 et 2005

En revanche, les données obtenues pour l'année 2003 sont difficilement utilisables et donc interprétables.

Année 2003 :

DDASS	Nombre de points prélevés	Seuil d'alerte 0	Seuil d'alerte 1 atteint	Seuil d'alerte 2 atteint
Cantal (15)	0	0	0	0
Charente (16)	1	1	0	0
Charente-Maritime (17)	0	0	0	0
Corrèze (19)	?	?	?	?
Creuse (23)	2	0	0	2
Dordogne (24)	0	0	0	0
Gironde (33)	0	0	0	0
Lot (46)	2	2	0	0
Puy de Dôme (63)	4	4	0	0
Haute-Vienne (87)	?	?	?	?
TOTAL	9	7	0	2

Ensuite, on s'intéresse aux genres cyanobactériens dominants responsables pour chaque plan d'eau de l'atteinte des seuils 1 ou 2. Ainsi, on a :

Genre cyanobactérien	2005	2004	2003
<i>Mycrocystis</i>	10	12	1
<i>Anabaena</i>	2	2	
<i>Aphanothece</i>	4	6	
<i>Merismopedia</i>	1		
<i>Oscillatoria</i>	2		
<i>Woronichinia</i>	2		
<i>Aphanizomenon</i>	1		
<i>Planktothrix</i>		2	
<i>Raphidiopsis</i>			1
Inconnu	4		
TOTAL	26	22	2

On obtient donc la répartition suivante (Figure 5) :

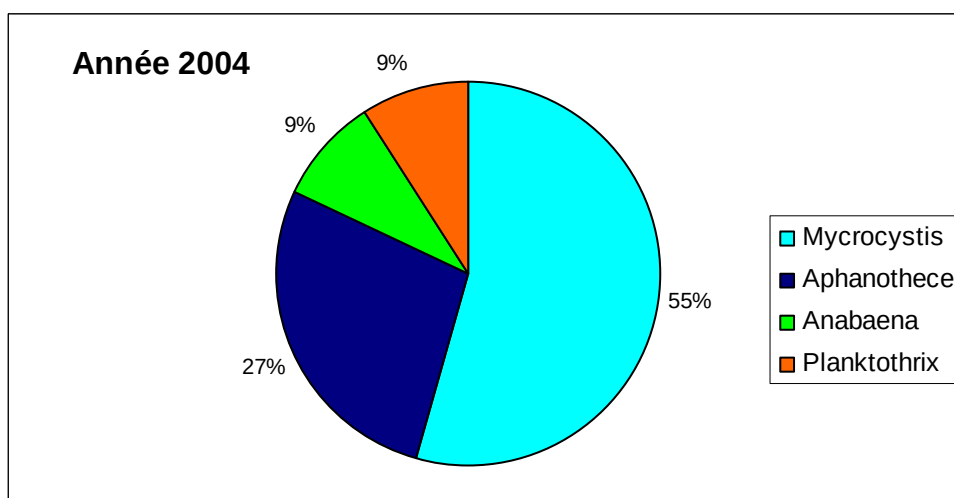
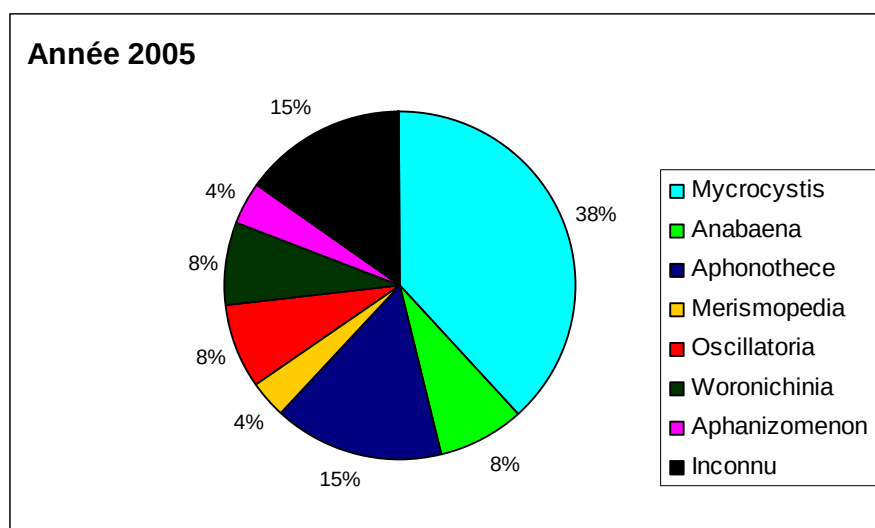


Figure 5 : Répartition des genres cyanobactériens responsable de l'eutrophisation sur le bassin de la Dordogne, en 2004 et 2005

Enfin, trois questions avaient été posées à chaque DDASS de manière à évaluer l'historique de la recherche des cyanobactéries dans chaque département ainsi que l'implication des acteurs concernés, notamment les surveillants de baignade.

Année de la première recherche de cyanobactéries sur le département :

DDASS	15	16	17	19	23	24	33	46	63	87
Année	2005	1997	2003	1995	2002	2004	2004	2003	2003	?

Existence d'une veille quotidienne de la part des surveillants de baignade :

Département	15	16	17	19	23	24	33	46	63	87
Veille	non	oui	non	oui	non	non	oui	non	non	?

Homogénéisation des techniques de prélèvements entre les DDASS ou avec d'autres partenaires

A l'heure actuelle, les DDASS du Lot et du Puy de Dôme ne collaborent pas avec d'autres structures pour leurs techniques de prélèvement des cyanobactéries. En revanche, il existe une coopération entre les DDASS de la région Poitou-Charentes, comprenant les départements de la Charente et de la Charente Maritime, qui de plus travaillent sur le plan analytique avec le laboratoire spécialisé UMR Ecobio de l'université de Rennes I dirigé par Luc Brient. De même, il existe une homogénéisation des techniques entre les DDASS de la région Limousin (Corrèze, Creuse, Haute Vienne) et la DDASS du Cantal, dont le protocole a été élaboré en concertation avec le bureau d'étude Aqua Gestion de Neuvic Entier (87). Enfin, à partir de cette année, les DDASS Gironde et Dordogne appliqueront le même protocole d'échantillonnage, eux aussi en collaboration avec le bureau d'étude Aqua Gestion.

Exploitation des résultats

Ainsi, on constate un nombre de points prélevés par les DDASS plus important en 2005 et globalement au fil des ans (Figure 4), et ce même si certaines données sont manquantes (les résultats de l'année 2003 ne sont pas significatifs). L'intérêt croissant pour la problématique cyanobactéries, qui constitue aujourd'hui la principale raison des fermetures de baignade, se traduit d'une part par des prélèvements systématiques des DDASS du bassin de la Dordogne (la dernière étant la DDASS du Cantal à partir de 2005), et d'autre part par un nombre de points prélevés plus important par département, avec une augmentation moyenne de 36,2 % entre 2004 et 2005. De plus, cette généralisation des mesures explique une plus faible proportion de plans d'eau touchés en 2005 (32%) par rapport à 2004 (47%). En effet, auparavant, les plans d'eau à risque étaient ciblés et seuls ceux-ci avaient tendance à être prélevés.

Au niveau de la répartition géographique, on constate un nombre important de plans d'eau touchés au niveau de la région Limousin et notamment sur les parties Nord Corrèze et Sud Est Creuse (Carte 3). En effet, ces territoires contenant beaucoup de lacs et d'étang, il paraît donc logique que statistiquement, davantage de plans d'eau soient concernés par la problématique cyanobactéries dans cette zone. Toutefois, il faut préciser que cette région a subi au cours de dernières décennies la perte de nombreuses zones humides, par drainage des terres notamment. Or ces zones sont susceptibles de jouer un rôle tampon dans le transfert des nutriments (azote, phosphore). En parallèle, de nombreux lacs et étangs ont vu le jour et se sont donc chargés de ces nutriments responsables de leur eutrophisation.

Quant au genre cyanobactérien responsable de l'eutrophisation dans le bassin versant de la Dordogne, on remarque qu'il s'agit le plus souvent de *Mycrocystis* (Figure 5) et plus précisément de l'espèce *aeruginosa* (au moins 38% en 2005 et 55% en 2004). Ces cyanobactéries sphériques (diamètre :

0,8-10 μm), qui se développent généralement à la fin de l'été et vers la surface (grâce à leurs vacuoles gazeuses), se regroupent en colonies de formes variées. Elles sont capables de migrations verticales et préfèrent les eaux calmes ou stratifiées (lacs, réservoirs, plans d'eau, mares), d'où leur bonne capacité adaptative (Leitão et Couté, 2005). Enfin, elles sont assez exigeantes en nutriments et peuvent former des fleurs d'eau très importantes. On retrouve ensuite les genres *Aphanothece* (planctonique ou benthique) et *Anabaena*, eux aussi présent en nombre important sur le bassin versant de la Dordogne.

Les cyanobactéries étant potentiellement toxiques, un système d'information réactif et fiable est nécessaire pour garantir la sécurité du public. Par conséquent, une veille quotidienne de la part des surveillants de baignade présente un atout pour la prévention auprès du public et la transmission de données diverses aux DDASS et au gestionnaire du plan d'eau. Cette veille est simplement constituée par un relevé quotidien des conditions climatiques, de la température de l'eau et de l'air, de la transparence de l'eau et donc par la surveillance de l'apparition de cyanobactéries. Or, seuls 3 départements sur le bassin de la Dordogne disposent d'un tel réseau d'information. A l'image de ce qui est réalisé par la DDASS Corrèze, une journée de sensibilisation pourrait être mise en place sur chacun des départements.

Concernant l'année de la première recherche systématique de cyanobactéries, on remarque que les DDASS de la Corrèze et de la Charente ont été les précurseurs, les autres DDASS pratiquant des prélèvements ponctuels uniquement. Ces dates ont été définies tout d'abord en fonction du degré d'eutrophisation constaté dans le département mais aussi suivant les capacités budgétaires des DDASS. Toutefois, aujourd'hui, toutes les DDASS du bassin de la Dordogne recherchent les cyanobactéries.

Enfin, on peut noter une bonne collaboration de la part des DDASS dans le but d'homogénéiser leurs techniques de prélèvement, pour une comparaison des résultats plus fiable. De plus, il est intéressant de constater que nombre d'entre elles collaborent avec des scientifiques, universitaires ou bureaux d'étude pour perfectionner les méthodes de travail et ainsi établir un réel contrôle qualité du prélèvement jusqu'à l'analyse par le laboratoire ou le bureau d'étude. Néanmoins, on peut regretter un déficit de communication au grand public des résultats relatifs aux cyanobactéries, notamment par l'intermédiaire du site www.baignades.sante.gouv.fr qui ne recense pas ces informations.

➤ Plans d'eau destinés à l'alimentation en eau potable

Après recueil d'informations auprès des DDASS, chargées de leur contrôle, voici la liste des plans d'eau destinés à l'alimentation en eau potable de la population (Carte 4):

- Retenue de la Couze, commune de Vénarsal (19) : il alimente une partie de Brive et a connu une eutrophisation aux cyanobactéries en 2002.
- Retenue de l'Eau Grande sur le Maumont, commune de Saint Mexant (19) : le gestionnaire est le Syndicat des Eaux de Maumont, il s'agit d'un captage de secours.
- Plan d'eau du Tolerme, commune de Latronquière (46) : le gestionnaire est le Syndicat de Gestion du Lac du Tolerme. Il s'agit d'un captage de secours ayant connu des problèmes liés aux cyanobactéries en 2005.
- Plan d'eau de la Godivelle, commune de la Godivelle (63)
- Lac du Guéry, commune du Mont Dore (63) : ce plan d'eau est seulement utilisé pour l'alimentation en eau potable d'un restaurant.
- Le Moulin de Jalles, sur la partie amont du barrage de Saint Etienne Cantalès, commune de Lacapelle Viescamp (15)

- Lac de Saint Saury, commune de Saint Saury (15)



Carte 4 : Liste des plans d'eau disposant d'un captage destiné à l'alimentation en eau potable

Ainsi, on peut noter qu'un captage (sur la Couze) alimente environ la moitié de la ville de Brive et a déjà connu de problèmes liés au développement de cyanobactéries, l'enjeu est donc important. De plus, la présence de plans d'eau en amont de captages en rivières surfaciques peut aussi constituer un risque. En effet, en août 2006, sur la commune de la Coquille (24), un captage en rivière a été touché par un développement cyanobactérien provenant de nombreux étangs situés en amont. La collectivité ne disposant pas de système de traitement, le réseau d'eau potable contenait par conséquent entre 15 000 et 20 000 cellules cyanobactériennes par millilitre d'eau. Pendant deux semaines, il a été fortement déconseillé de boire cette eau et des bouteilles ont été distribuées à la population.

II.1. ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1.1. Présentation de la retenue et de son bassin versant

II.1.1.1. Caractéristiques générales de la retenue

Le barrage hydroélectrique de Bort les Orgues, située dans la partie supérieure du cours de la Dordogne, est le plus important du Massif Central. Cette retenue de 21 km de long (débutant au Pont d'Arpiat), sous concession EDF, a été mise en service en 1952 et s'étend sur un vaste territoire comprenant 10 communes (Bort les Orgues, Sarroux, Monestier Port Dieu, Confolent Port Dieu, Lanobre, Beaulieu, Labessette, Larodde, Savennes, Singles), 3 départements (Corrèze, Cantal, Puy de Dôme) et 2 régions (Auvergne, Limousin). Les principales autres caractéristiques de ce plan d'eau sont :

- superficie de 1073 ha
- altitude de 540 m
- volume de 477 millions de m³ (3^{ème} retenue de France)
- superficie du bassin versant de 1740 km²
- profondeur maximale de 95 m pour une profondeur moyenne de 33 m
- hauteur de la digue de 120 m
- les principaux affluents sont le Chavanon, le Lys, le Dognon en rive droite et la Burande, la Mortagne, la Tialle et la Rhue (par une conduite forcée) en rive gauche.

Ainsi, on peut noter la nécessité de prendre en compte la Rhue dans le bilan hydraulique de la retenue puisque ses eaux, après turbinage à l'usine de la Rhue, vont effectivement dans la retenue de Bort. L'usine de la Rhue est alimentée à partir du barrage de Vaussaire par une galerie en charge d'une longueur totale de 12 km et d'un diamètre de 4,5 m.

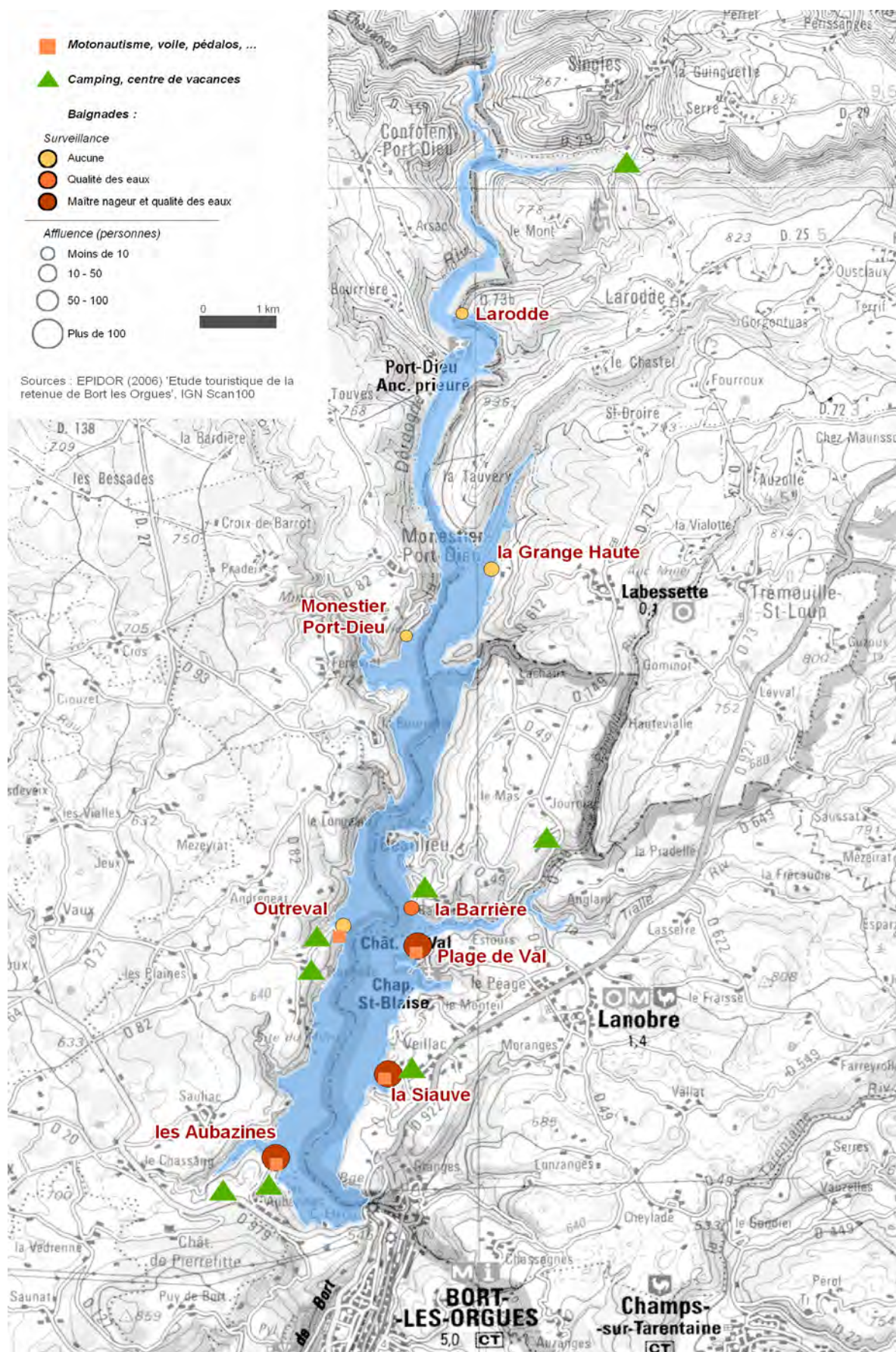
D'autre part, ce plan d'eau artificiel représente un haut lieu touristique pour la région, avec de nombreuses plages (dont 3 surveillées), des campings, gîtes... (Carte 5). Il génère donc une activité économique essentielle pour les communes limitrophes, surtout sur la partie aval.

Par conséquent, la retenue de Bort les Orgues constitue un enjeu important sur le territoire de la Haute Dordogne, de par les multiples intérêts et usages qu'elle permet. La préservation de sa qualité se doit ainsi d'être une démarche active et concertée entre les différents acteurs contribuant à la bonne santé de ce plan d'eau.

II.1.1.2. Le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues

- Localisation et description générale

Le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues comprend donc le bassin versant amont de la Dordogne ainsi qu'une partie du bassin versant de la Rhue (jusqu'au barrage de Vaussaire). Administrativement, il s'étend sur 1740 km² sur 2 régions (Auvergne, Limousin) et 4 départements (Corrèze, Creuse, Cantal, Puy de Dôme). Il est délimité à l'est par les Monts-Dore, au sud par les Monts du Cantal, à l'ouest par le plateau de Millevaches et au Nord par la région des Combrailles (Carte 6).



Carte 5 : Les activités autour de la retenue de Bort les Orgues

Sur ce secteur, la Dordogne s'écoule sur 55 km de sa source au barrage de Bort les Orgues et elle conflue avec 6 cours d'eau principaux :

- en rive gauche : la Mortagne (17 km), la Burande (27 km), la Tialle (22 km) et la Rhue (par la conduite forcée).
- en rive droite : le Chavanon (28 km), le Dognon (26 km) et le Lys (17 km)

- Population et urbanisation

Au dernier recensement, la population était de 51 514 habitants permanents. Les communes sont rurales avec une densité moyenne de population inférieure à 20 habitants par km², variant de 1,7 hab/km² sur la commune de La Godivelle (63) à 238 hab/km² sur celle de Bort les Orgues (19). La population se concentre sur les communes de Bort les Orgues, Riomès Montagne, la Bourboule, le Mont Dore et Messeix.

Cette population augmente considérablement lors des périodes touristiques (hiver, été) avec d'importantes capacités d'accueil dans la région.

Enfin, les axes routiers sont peu concentrés. Cependant, l'autoroute A89 reliant Clermont-Ferrand et Bordeaux vise à améliorer le confort routier pour ce secteur et à renforcer l'économie locale.

- Relief

Le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues se situe au cœur du Massif Central, massif ancien rajeuni par l'activité volcanique de plusieurs grands ensembles, notamment les Monts Dore et les Monts du Cantal, situés en partie sur ce territoire.

Ainsi, le bassin versant comporte des altitudes comprises entre 1885 m au Puy de Sancy et environ 540 m au niveau du barrage. En s'éloignant vers l'ouest, les altitudes deviennent plus modestes (inférieurs à 800 m) et les reliefs s'adoucissent.

Les différentes régions formant le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues sont donc :

- les Combrailles, au nord, avec des altitudes faibles et des reliefs doux
- les Monts Dore, au nord-est, avec le massif du Sancy où l'altitude est importante et les terrains sont accidentés
- l'Artense, à l'ouest et le Cézallier à l'est, avec des modelés moins marqués
- les Monts du Cantal, au sud-est, semblables au massif du Sancy pour les altitudes et le relief
- le Plateau de Millevaches, à l'extrême ouest, en rive droite de la retenue, avec des formes plus arrondies

- Géologie et pédologie

L'histoire géologique du haut bassin de la Dordogne est celle d'un socle primaire rajeuni par le volcanisme et isolé par les glaciers quaternaires.

La base du substratum est constituée de roches métamorphiques anciennes du "noyau arverne" (schistes, micaschistes et gneiss) et de granite. Ces formations sont entrecoupées par des failles nord-sud formant le sillon houiller sur lequel une activité minière importante s'est développée jusque dans les années 80.

A l'est, les éruptions et les coulées qui se sont succédées ont conduits à l'émergence des massifs du Sancy et des Monts du Cantal, formés de roches volcaniques.

Par conséquent, la nature de ces roches essentiellement métamorphique et volcanique implique des caractéristiques particulières des eaux de surface (pH plutôt acide et conductivité faible) et des eaux souterraines (présence d'eaux thermales et faibles aquifères).

Quant à la nature des sols, on note une certaine homogénéité sur l'ensemble du bassin versant, avec pour la plupart des sols bruns et limoneux, sols peu perméables favorisant ainsi le ruissellement des eaux de surface et donc un transfert plus rapide des nutriments ou polluants vers le réseau hydrographique.

- Climat

Le climat de la Haute Dordogne est de type continental caractérisé par des hivers froids et secs et des étés tempérés. Les précipitations sont très importantes sur les reliefs, atteignant annuellement 2000 mm au dessus des Monts Dore et des Monts du Cantal alors que dans le nord du bassin, où l'altitude est plus faible, les précipitations sont de l'ordre de 900 mm/an.

L'enneigement des massifs, entre décembre et mars, constitue un stock d'eau important et la fonte nivale influence fortement les débits qui augmentent au printemps.

Sur les massifs volcaniques, les températures sont relativement basses en hiver (entre 6 et 8°C de moyenne) et douces en été (entre 12 et 15°C de moyenne). Le plateau des Combrailles présente par contre des variations de températures estivales et hivernales plus réduites (respectivement entre 10 et 12°C et entre 15 et 18°C).

- Hydrographie

Le réseau hydrographique du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues est très dense en raison de la faible perméabilité des sols. Les cours d'eau issus des massifs volcaniques du Sancy et du Cantal sont dans leur partie haute caractérisés par une pente et un courant forts pour une largeur et un débit faibles. Les fonds sont majoritairement formés de blocs. Le fort courant engendre des eaux turbulentes et bien oxygénées. Plus en aval, la pente s'adoucit, diminuant la force du courant et donc le transport solide. La granulométrie du fond est donc plus fine (graviers, galets).

Pour les cours d'eau descendant des Combrailles et du plateau de Millevaches, où le relief est plus doux, la turbulence et le transport solide des cours d'eau sont également moins importants. La granulométrie est essentiellement constituée de galets et de graviers.

La pente moyenne varie généralement entre 1 et 3% pour une longueur moyenne comprise entre 30 et 55 kilomètres par cours d'eau.

Caractéristiques physiques des principaux cours d'eau :

Nom Rivière	Altitude sources (m)	Longueur (km)	Pente moyenne (%)	Sinuosité moyenne
Dordogne	1658	55	3,1	1,14
Chavanon	740	28	0,3	1,08
Rhue	1250	52	1,6	1,23
Santoire	1300	38	1,6	1,18

La sinuosité des cours d'eau indique s'ils ont un tracé tortueux ou rectiligne. Plus le coefficient est fort et plus le cours d'eau fait des détours et allonge son cours. La sinuosité est assez faible pour les cours d'eau de la Haute Dordogne compte tenu de leur enserrement dans des vallées étroites. Le linéaire total des cours d'eau sur l'ensemble du bassin versant est de plus de 2000 km.

Par conséquent, la multitude et la diversité des cours d'eau confèrent au bassin versant de la retenue de Bort les Orgues une grande richesse de milieux aquatiques (cours d'eau à truite).

- Hydrologie

La Haute Dordogne possède plusieurs stations limnimétriques (suivies par la DIREN Auvergne et par EDF) qui permettent de suivre le débit des cours d'eau.

Les débits sont étroitement liés au climat, en raison du court temps de réponse des bassins sur roche imperméable et de la faiblesse des réseaux souterrains. En période pluvieuse (automne) ou de fonte nivale (printemps), les cours d'eau atteignent rapidement leur débit de crue. Ceux-ci peuvent varier du simple au triple entre l'été et le printemps.

De plus, les débits sont influencés par la présence de nombreux étangs, notamment sur la partie nord-ouest du bassin versant, et par les retenues hydroélectriques qui engendrent des variations artificielles de débits en aval (marnages). Ces éclusées provoquent des nuisances pour la vie piscicole, les berges mais aussi des risques pour la sécurité des usagers.

- Occupation du sol

Le territoire de la Haute Dordogne est occupé à environ 45% par des zones de prairies et 45% par des zones boisées. Les 10% restants sont formés par des zones urbanisées et des zones de culture (Carte 7).

- Milieux remarquables

En raison de son potentiel écologique fort, le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues fait l'objet de nombreuses zones de protection et d'inventaire au niveau communautaire et national : ZNIEFF, ZICO, sites Natura 2000, réserve naturelle de la Godivelle, Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

Caractérisation des activités humaines

- Agriculture

Le bassin versant s'étend sur 7 régions agricoles : la Marche, les Combrailles, le plateau de Millevaches, les Dômes, l'Artense, le Cézallier et le Cantal. De manière globale, l'activité agricole sur ce territoire est essentiellement constituée par l'élevage bovin (races Salers, Limousine, Ferrandaise) avec un double objectif de production de lait et de viande.

La Surface Agricole Utile (SAU) est majoritairement affectée aux pâtures (96%), utilisées pour l'alimentation des animaux. Le fourrage et les légumes constituent une production minoritaire.

- Industries

Les industries sont peu nombreuses et concernent principalement l'agro-alimentaire. Ainsi, on recense 4 laiteries importantes sur le territoire du bassin versant de la retenue. Il existe également une usine d'embouteillage d'eau de source au Mont-Dore. Enfin, les mines de charbon situées autour de Messeix dans le Puy de Dôme ont été exploitées jusqu'en 1989. L'arrêt de l'exploitation minière a nécessité la création de bassins de décantation près de la Dordogne et de la Clidane pour épurer les eaux chargées en fer et en manganèse issues des mines.

- Hydroélectricité

On trouve un grand nombre de barrages hydroélectriques sur le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues, cette dernière étant bien sûr le plus important d'entre tous aussi bien par la taille que par la production d'électricité (Carte 8).

Les barrages situés sur le bassin versant de la Rhue sont interconnectés entre eux par un réseau de conduites forcées qui détournent les eaux de plusieurs petits ruisseaux vers des retenues artificielles, de manière à offrir une meilleure production d'énergie. Au final, toutes ces conduites acheminent l'eau vers le barrage de Vaussaire qui lui-même renvoie ces eaux vers l'usine de la Rhue où elles sont turbinées avant d'être rejetées dans la retenue de Bort les Orgues.

Par conséquent, la présence de cet important complexe de barrages permet une production d'énergie instantanée qui, avec les autres usines de la chaîne Dordogne, contribue à la fourniture d'électricité de pointe en période de forte demande.

II.1.2. Le Contrat de Rivière Haute Dordogne

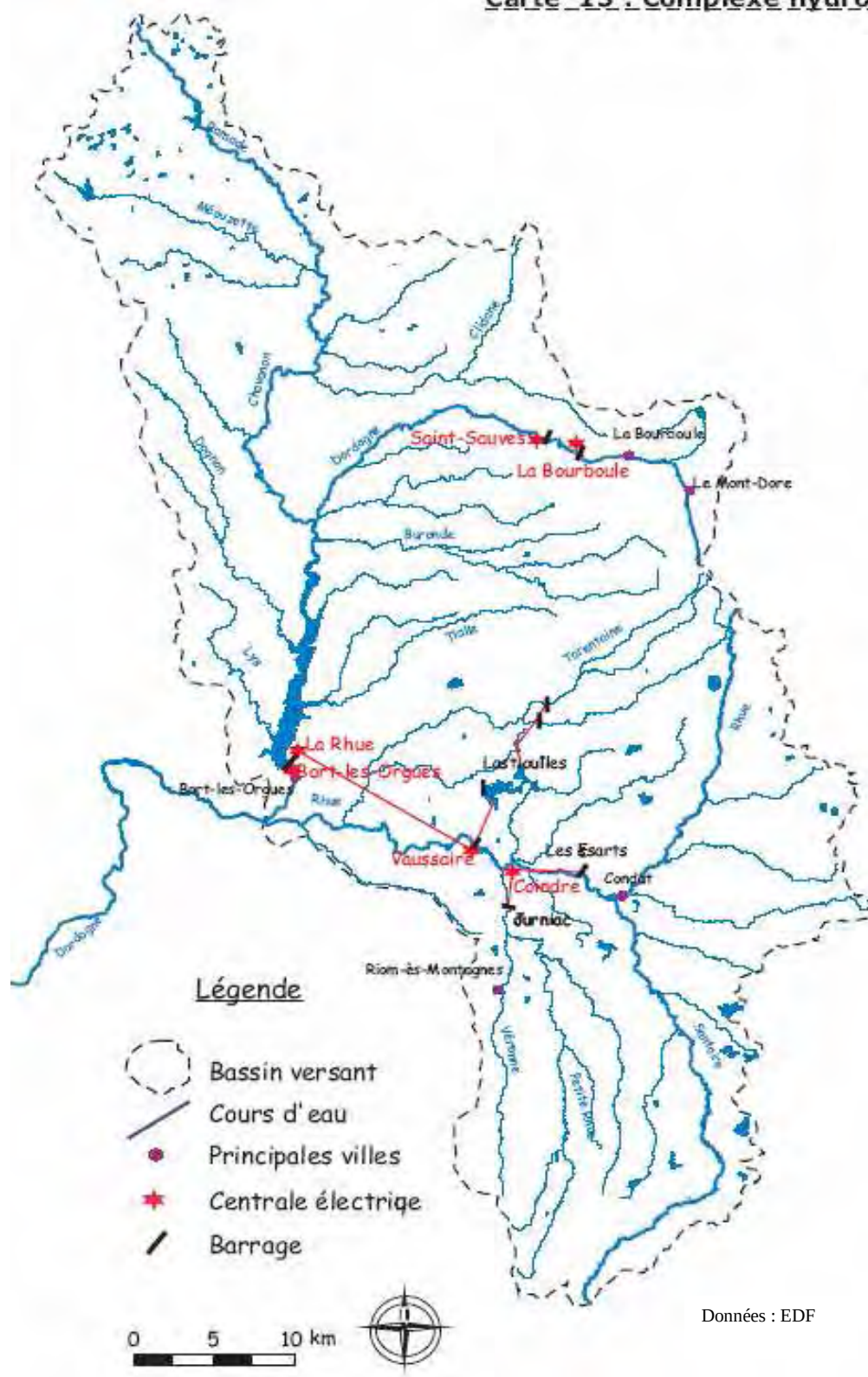
II.1.2.1. Contexte et problématique

Le contrat de rivière, démarche de gestion intégrée et concertée, a mobilisé dans le haut bassin de la Dordogne de nombreux partenaires depuis 1996 prenant en compte de façon très ciblée la problématique de l'eutrophisation de la retenue de Bort les Orgues.

Ainsi, le contrat de rivière Haute Dordogne constitue un outil de gestion intégrée de l'eau à l'échelle du bassin versant amont de la Dordogne pour adapter les usages, qu'ils soient domestiques, industriels ou agricoles, à la ressource en eau disponible. Il est donc signé le 20 juin 2003 par différents partenaires dont l'Etat, les collectivités territoriales, les socioprofessionnels, etc..., pour une durée de 5 ans. Il est animé par l'établissement EPIDOR qui tient également rôle de conseil et d'accompagnement auprès des maîtres d'ouvrage.

Par rapport au bassin versant de la retenue de Bort les Orgues, le périmètre du contrat de rivière Haute Dordogne comprend l'ensemble du bassin versant de la Rhue ainsi que celui de la Dordogne jusqu'à la confluence avec la Rhue, en aval de la retenue. Il s'étend donc sur 1931 km², regroupant 2 régions (Auvergne, Limousin), 4 départements (Cantal, Corrèze, Creuse, Puy de Dôme) et 91 communes.

Carte 13 : Complexe hydroélectrique



Carte 8 : Complexe hydroélectrique du territoire de la Haute Dordogne

II.1.2.2. Objectifs

Les objectifs du contrat de rivière peuvent être regroupés selon les 4 thèmes suivants :

- la reconquête de la qualité de l'eau pour répondre aux usages du bassin versant à savoir l'alimentation en eau potable, les loisirs nautiques, la pêche.
- la reconquête de la dynamique fluviale et de la libre circulation de l'eau.
- la préservation des milieux remarquables ainsi que des espèces qui en dépendent.
- la mise en valeur touristique et du patrimoine paysager de manière à encourager les activités liées à l'eau.

II.1.2.3. Programme d'actions

Le contrat de rivière Haute Dordogne doit permettre la mise en place d'actions concrètes en concertation avec les différents partenaires dans un but de gestion intégrée, cohérente et justifiée du bassin versant.

Ainsi, ce programme d'actions va concerner les 4 volets donnés ci-dessus.

- pour le volet relatif à la reconquête de la qualité de l'eau, en plus de l'instauration d'un suivi qualité, il s'agira de contribuer à l'amélioration de l'assainissement des collectivités, la gestion des effluents agricoles, l'amélioration du traitement des laiteries, la limitation de l'impact des étangs, l'amélioration de la qualité de la ressource en eau potable.
- concernant la reconquête de la dynamique fluviale, une stabilisation du profil en long de la Dordogne et une meilleure gestion des débits des retenues semblent être les priorités.
- ensuite, la préservation des milieux et des espèces passe par la réhabilitation et l'entretien de la végétation des berges, la mise en valeur paysagère des cours d'eau, la préservation des milieux remarquables et une gestion piscicole.
- enfin, la mise en valeur touristique nécessite une valorisation du patrimoine existant et une création paysagère ainsi que des aménagements touristiques.

En plus des actions concertées qu'il permet de mener, l'animation du contrat de rivière a aussi pour rôle de communiquer sur ces actions et de sensibiliser les acteurs locaux (collectivités, grand public, scolaires) sur les problématiques et enjeux du territoire de la Haute Dordogne.

II.1.3. Résultats et données de l'étude précédente

Une précédente étude de l'eutrophisation de la retenue hydroélectrique de Bort les Orgues a été réalisée de 1996 à 1999 par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées de Nantes, en collaboration avec le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand, le bureau d'étude Eco-Hydro-Services de Clermont-Ferrand et le Laboratoire de Biologie Comparée des Protistes de l'Université de Clermont-Ferrand. Les principaux objectifs de cette étude étaient de :

- réaliser un bilan des apports et des sorties de nutriments (avec prélèvements sur les affluents)
- réaliser un bilan de la retenue (état trophique, fonctionnement, concentration en nutriments)

- évaluer le stock de phosphore dans les sédiments et déterminer les flux de relargage de l'azote et du phosphore des sédiments en chambre benthique

Les résultats obtenus montraient un apport de phosphore dans la retenue de 121 tonnes par an provenant pour 36% de la Rhue, 14% de la Dordogne, 14% du Chavanon, 9% de la Tialle et 27% des autres affluents. Les flux d'apports en phosphore total par secteurs d'activités proviennent principalement de l'agriculture (76%) puis de l'industrie (12%), des effluents domestiques (8%) et autres (4%), comme l'érosion.

Concernant les nitrates, on notait un apport de 930 tonnes par an provenant pour 40% de la Rhue, 16% le Chavanon, 11% la Mortagne et 33% les autres affluents.

La quantification des sorties était quand à elle de 58 tonnes pour le phosphore total et 710 tonnes pour les nitrates. Ainsi, plus de 60 tonnes de phosphore restent dans le lac, soit dans la colonne d'eau, soit dans les sédiments.

Quant au niveau trophique de la retenue, l'étude la classait comme étant méso-eutrophe. Une réduction des apports en phosphore de 30 tonnes serait nécessaire pour atteindre le niveau mésotrophe.

L'étude phytoplanctonique révélait l'abondance des cyanobactéries (*Anabaena spiroides* notamment) en août 1997, ces micro-organismes sont caractéristiques de milieux eutrophes. De même, l'abondance de l'espèce de diatomées *Fragilaria crotonensis* témoigne d'un milieu à caractère eutrophe.

Enfin, dans les sédiments, le stock de phosphore potentiellement relargable a été estimé à 330 tonnes. Cependant, compte tenu de la topographie (pentes très raides dépourvues de sédiment), les conditions favorables au relargage ne se produisent pas sur l'ensemble de la retenue. De plus, en période d'oxygénation, les risques de relargage sont nuls. La retenue peut toutefois être anoxique à certaines périodes et dans ces conditions, les échanges de phosphore à l'interface eau-sédiments sont possibles. Toutefois, l'hypothèse est faite que la vidange réalisée en 1995 a pu contribuer à la non anoxie de la retenue.

En conclusion, les manifestations du caractère méso-eutrophe ou eutrophe de la retenue sont la conséquence des apports par les affluents. L'abondance des cyanobactéries qui a été observée dans les eaux superficielles de cette partie amont de la retenue semble donc uniquement due à la qualité des apports externes.

II.2. METHODOLOGIE ET RESULTATS

II.2.1. Bilan des apports par les affluents

Comme on l'a vu précédemment, les blooms cyanobactériens se produisent en cas d'apport nutritifs importants (azote et surtout phosphore). Leur provenance peut être d'origine double : endogène (sédiments du plan d'eau) et exogène (apports par le bassin versant). Or, il semble que l'origine exogène soit prépondérante dans le cas de la retenue de Bort les Orgues.

Par conséquent, il s'agit d'essayer de quantifier cet apport de manière globale mais aussi en fonction des différents affluents de la retenue.

II.2.1.1. Protocole d'échantillonnage

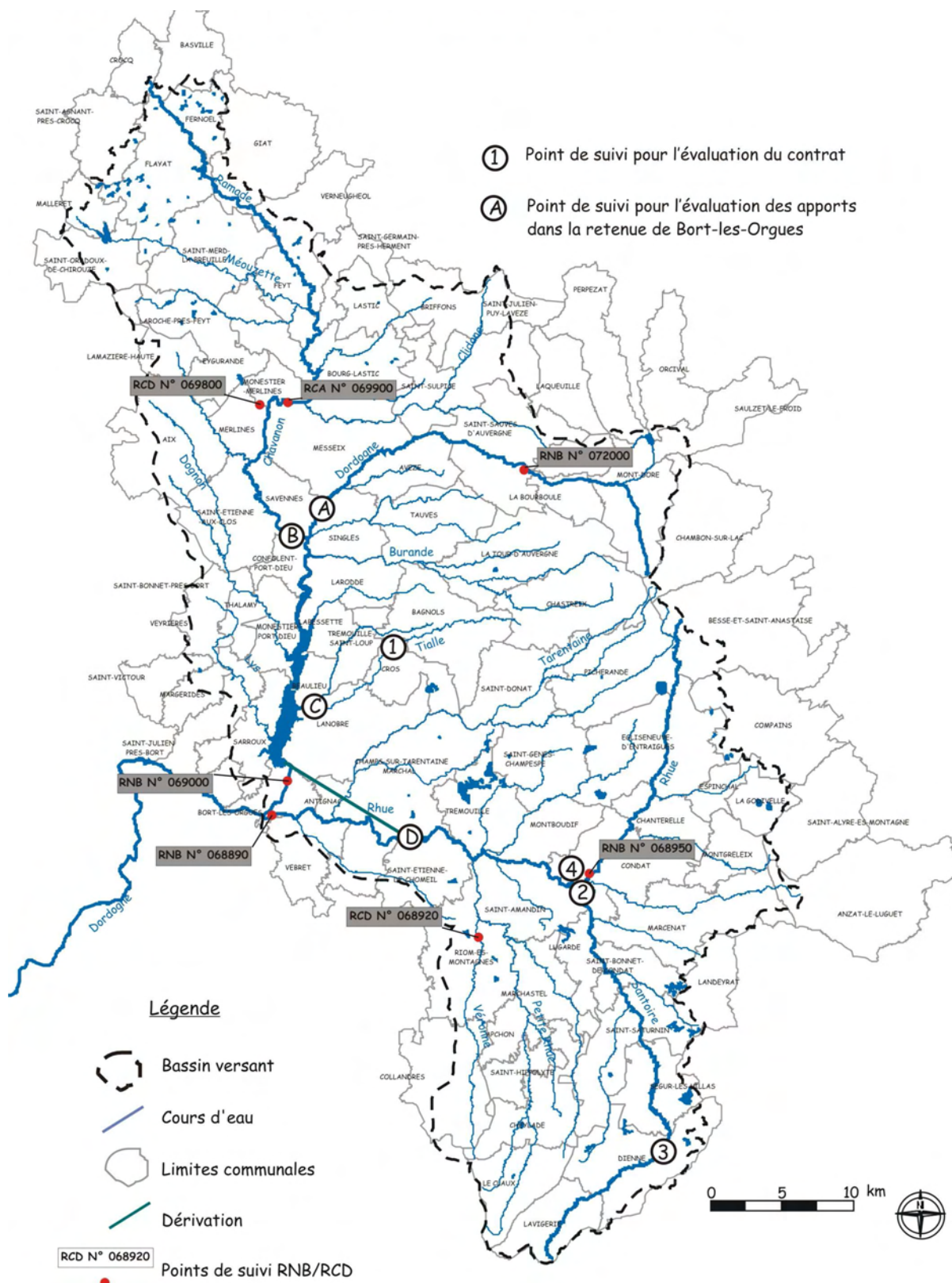
L'échantillonnage de certains affluents de la retenue de Bort les Orgues s'inscrit dans le cadre du suivi qualité du Contrat de Rivière Haute Dordogne, ce suivi étant complémentaire à d'autres points de mesure déjà existants :

- 4 points Réseau National de Bassin (RNB) : deux sur la Dordogne, deux sur la grande Rhue.
- 2 points Réseaux Complémentaires Départementaux (RCD) : un sur la Véronne, un sur le ruisseau de l'Abeille.
- 1 point Réseau Complémentaire des Agence de l'eau (RCA), sur le Chavanon.

Quant au suivi complémentaire de la qualité de l'eau sur le bassin versant de la retenue, il prévoit 8 points de mesures répartis au mieux par rapport aux informations qu'ils sont susceptibles de fournir (Figure 6 et Carte 9). Ces 8 points peuvent être divisés en deux catégories dont une concerne directement l'évaluation des apports en nutriments dans la retenue de Bort les Orgues.

N°	Rivière	Commune	Objectif	Qualité actuelle	Objectif de qualité	Année
1	Tialle	Bagnols (63)	Evaluation des travaux réalisés sur la station d'épuration du bourg.	Qualité mauvaise	1B	1 et 5
2	Grande Rhue	Condat (15)	Evaluation de la qualité des eaux en aval du bourg	Qualité passable	1B	1 et 5
3	Ruisseau de Granget	Condat (15)	Evaluation de la qualité des eaux en aval du bourg	Qualité passable	1A	1 et 5
4	Santoire	Dienne (15)	Evaluation des travaux réalisés sur la station d'épuration de la laiterie de Dienne.	Qualité passable	1A	1 et 5
A	Dordogne	Singles (63)	Estimation des apports en azote et en phosphore	Qualité passable	1B	1, 2, 3, 4 et 5
B	Chavanon	Savennes (63)	Estimation des apports en azote et en phosphore	Qualité passable	1B	1, 2, 3, 4 et 5
C	Tialle	Lanobre (15)	Estimation des apports en azote et en phosphore	Qualité excellente	1B	1, 2, 3, 4 et 5
D	Rhue	Trémouille (15)	Estimation des apports en azote et en phosphore	Qualité bonne	1B	1, 2, 3, 4 et 5

Figure 6 : Points de mesures du suivi qualité de la retenue de Bort les Orgues



Carte 9 : Localisation des points de suivi qualité des eaux sur le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues

Les objectifs sont les suivants :

- évaluer les travaux d'assainissement engagés : 4 stations de suivi de la qualité des eaux sur les cours d'eau de la Santoire, de la Rhue, du ruisseau de Granget et de la Tialle (numérotés de 1 à 4).
- mesurer les apports en azote et en phosphore dans la retenue : 4 stations sur le Chavanon, la Dordogne (rivière), la Tialle et la Rhue (répertoriés de A à D). La localisation de ces points de mesure a été déterminée en fonction des conclusions de l'étude sur l'eutrophisation de Bort les Orgues (1999), qui a identifié les principaux affluents responsables des apports, à savoir la Rhue, la Dordogne, le Chavanon et la Tialle. Dans la mesure du possible, ces points de prélèvements sont situés au plus près de la confluence de ces cours d'eau avec la retenue de Bort les Orgues (Carte 9).

Paramètres analysés :

- *Mesures in situ* : température de l'air et de l'eau, conditions climatiques, oxygène dissous, conductivité, pH et relevé des observations de terrain.
- *Paramètres physico-chimiques* : ions ammonium, azote Kjeldhal, ions nitrates, orthophosphates, Phosphore Total, Chlorophylle a, Phéopigments. Ces analyses sont effectuées par le Laboratoire Vétérinaire Départemental de la Corrèze basé à Tulle (laboratoire agréé).
- *Mesure ou estimation des débits* aux différentes périodes de prélèvement.

Périodicité :

Les campagnes de prélèvements sur les cours d'eau ont été couplées aux campagnes de prélèvement des stations RNB, RCD et RCA. Les campagnes d'analyses s'échelonnent de mars à novembre conformément aux modalités d'utilisation du Système d'Evaluation de la Qualité des eaux (SEQ eau) mis en place par les Agences de l'Eau. Ainsi, on dénombre 6 campagnes de prélèvements sur les apports en azote et en phosphore de la retenue de Bort les Orgues sur les 4 stations de mesure à partir de fin mars jusqu'à mi-novembre avec une fréquence d'une campagne par mois pendant l'été (voir calendrier).

2004
24 mars
16 juin
7 juillet
11 août
9 septembre
17 novembre

2005
23 mars
22 juin
20 juillet
10 août
7 septembre
16 novembre

2006
21 mars
15 juin
6 juillet
3 août
5 septembre
10 octobre

II.2.1.2. Résultats obtenus (voir tableaux en annexe 2)

On ne s'intéresse ici qu'aux résultats des années 2004 et 2005 qui sont complets. Le code de couleurs des tableaux correspond aux grilles de qualité du Seq Eau (annexe 3) :

Bleu : très bonne qualité de l'eau
Vert : bonne qualité de l'eau
Jaune : qualité moyenne de l'eau
Orange : qualité médiocre de l'eau
Rouge : qualité mauvaise de l'eau

II.2.1.3. Caractérisation des flux de phosphore et des flux d'azote arrivant dans la retenue

De manière à évaluer l'évolution des flux de phosphore et d'azote arrivant dans la retenue de Bort les Orgues, on tente d'évaluer ces flux pour les années 2004 et 2005 de manière à les comparer à ceux définis lors de l'étude de 1999, c'est-à-dire 121 tonnes par an en phosphore total et 930 tonnes par an pour les nitrates.

- Méthode de calcul des flux

Avec différentes données ponctuelles sur les concentrations respectives en phosphore et azote dans les eaux des quatre affluents prélevés, les flux moyens annuels Φ_i ont été calculés selon l'équation de Walling et Webb, 1985 :

$$\Phi_i = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i Q_i)}{\sum_{i=1}^n Q_i} \times \overline{Q_r}$$

C_i et Q_i représentent, respectivement, la concentration ponctuelle et le débit moyen journalier mesurés pour le mois i , Q_r le débit moyen annuel.

Afin d'avoir un bilan le plus complet possible, plusieurs extrapolations ont été menées sur l'estimation des flux d'apports moyens entrant dans la retenue :

- étant donné que seulement 6 prélèvements sont effectués par an, Q_r le débit moyen annuel est remplacé par une moyenne des débits moyens mensuels des mois où un prélèvement a été effectué.
- la mesure de débit sur les stations B et D étant impossible, on obtient ces données sur les stations RNB et RCD plus en amont des stations du suivi qualité, sur le site www.hydro.eaufrance.fr. On extrapole ensuite le débit par rapport à la taille du bassin versant aux points des stations B et D.

- Résultats obtenus

Phosphore total :

Flux en tonnes par an	2004	2005
Dordogne (station A)	5,50 soit 19,9%	2,05 soit 9,6%
Chavanon (station B)	6,30 soit 22,8%	1,56 soit 7,3%
Tialle (station C)	0,00 soit 0,0%	0,04 soit 0,2%
Rhue (station D)	15,85 soit 57,3%	17,70 soit 82,9%
Flux total de ces quatre affluents	27,66	21,35

Nitrates :

Flux en tonnes par an	2004	2005
Dordogne (station A)	190,67 soit 13,5%	160,01 soit 11,6%
Chavanon (station B)	465,23 soit 33,0%	540,21 soit 39,1%
Tialle (station C)	35,32 soit 2,5%	15,63 soit 1,1%
Rhue (station D)	720,45 soit 51,0%	666,73 soit 48,2%
Flux total de ces quatre affluents	1411,67	1382,57

- Interprétation des résultats

Les résultats obtenus montrent un apport en éléments nutritifs globalement plus important en 2004 qu'en 2005, notamment pour le paramètre phosphore total. La Rhue, qui possède le sous bassin le plus important, est à l'origine de la majorité des apports. L'axe Chavanon est ensuite le second pourvoyeur en nutriments, devant l'axe Dordogne et l'axe Tialle. Concernant le paramètre nitrate, les résultats sont assez similaires entre les deux années 2004 et 2005, ce qui semble logique car les apports en nitrate étant très largement diffus, le caractère ponctuel des prélèvements n'a que peu d'influence. Pour le phosphore total, on note une légère diminution en 2005, provenant surtout des axes Chavanon et Dordogne. Toutefois, ce paramètre est beaucoup plus sensible au caractère ponctuel des prélèvements car les apports sont très localisés en fonction des conditions météo et notamment de la pluviométrie ce qui peut expliquer cette variation. En effet, entre 2004 et 2005, très peu d'actions relatives au Contrat de Rivière avaient été définitivement mise en place.

La comparaison de ces différents résultats avec ceux obtenus lors de l'étude de 1999 nous est pour le moment impossible. Dans le rendu de l'étude, toutes les extrapolations effectuées, notamment en matière de débit calculé, n'étaient pas clairement indiquées. Par conséquent, nous avons contacté le bureau d'étude en question pour plus de renseignements et nous sommes à l'heure actuelle en attente de leur réponse. Cependant, les proportions d'apports entre affluents peuvent être comparés entre eux, ainsi on note la part aussi prépondérante de l'axe Rhue, dans des proportions même supérieures ces dernières années pour le phosphore total. De même, il semble que l'axe Chavanon ait gagné en importance en terme d'apports, au contraire de l'axe Dordogne qui semble se maintenir et surtout de l'axe Tialle, paraissant marginal aujourd'hui. En effet, sur l'axe Chavanon, on dénombre une importante chaîne d'étangs pour beaucoup eutrophisés (notamment le plan d'eau de la Ramade fermé régulièrement à la baignade), ainsi que des pollutions agricoles diffuses et du drainage. Il paraît donc essentiel de concentrer les actions prioritaires au niveau des sous bassins Rhue et Chavanon.

Ainsi, pour évaluer l'origine de la variation de flux en phosphore total obtenue entre 2004, année de bloom sur la retenue de Bort les Orgues, et 2005, nous nous intéressons à la pluviométrie de ces deux années, donnée par le site www.meteociel.fr. Les données sont issues d'une moyenne de la pluviométrie

entre les stations d'Aurillac, de Brive-la-Gaillarde et de Clermont-Ferrand, qui sont les plus proches disponibles. La période d'analyse est de janvier à juin 2004 et 2005 pour pouvoir comparer ces deux années. En effet, la première période d'épandage annuelle, susceptible de drainer des nutriments au cours d'eau, se situe entre février et avril. Par ailleurs, les pluies ou orages d'été, même s'ils contribuent aussi au lessivage des sols, perturbent la stabilité de la colonne d'eau et sont donc néfastes au développement cyanobactérien. On obtient les résultats suivants (précipitations en mm):

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	TOTAL	mm/an
2004	103	27	63	114	67	24	398	796
2005	37	23	55	119	74	60	368	736

On remarque donc une pluviométrie plus importante en 2004 qu'en 2005 sur les 6 premiers mois. Cependant, la différence ne semble pas assez significative pour expliquer la différence du flux de phosphore entre 2004 et 2005. En revanche, on note une pluviométrie bien plus forte sur les premiers mois de l'année 2004, et notamment en janvier, ce qui s'explique très certainement par les chutes de neiges. Or, durant cette période, on déplore souvent des pratiques d'épandage males adaptées qui entraînent un acheminement direct d'éléments nutritifs (dont le phosphore) vers les cours d'eau sans possibilité de valorisation agronomique et donc contribuent par la suite à l'eutrophisation des plans d'eau.

Le diagnostic agricole réalisé sur le territoire montre que 70 % des exploitations fromagères ont une capacité de stockage inférieure à 4 mois. Les exploitants agricoles sont alors contraints d'épandre sur des terrains enneigés ou gelés. Il faudrait idéalement sur ce territoire 6 mois de stockage pour pouvoir valoriser agronomiquement les effluents d'élevage.

II.2.2. Analyse complémentaire des intrants provenant du pourtour direct de la retenue et des différents sous bassins

II.2.2.1. Volet agriculture

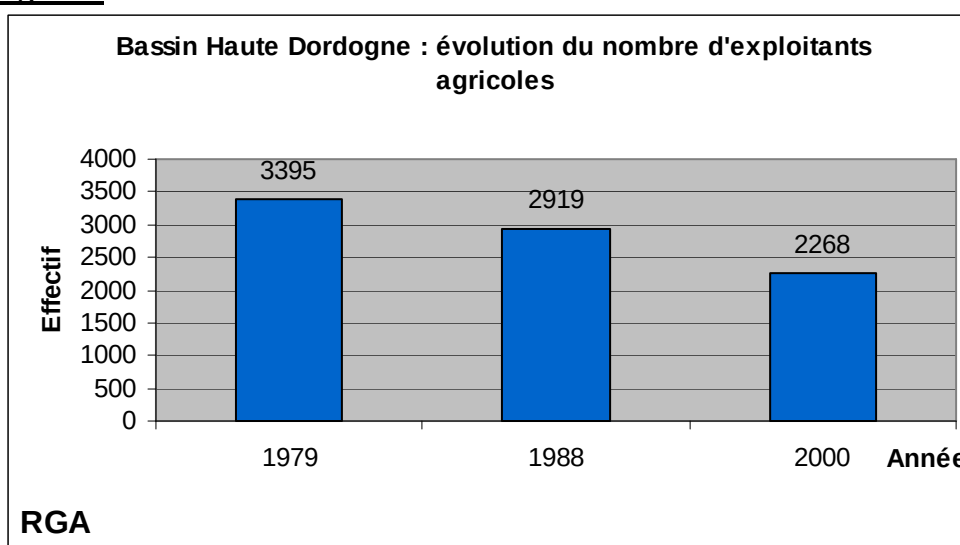
L'analyse de la problématique agricole porte sur l'ensemble du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues. Elle s'appuie principalement sur deux rapports : un portant sur la gestion des effluents agricoles chez les producteurs fromagers et l'autre étant un état des lieux des activités et des pollutions agricoles sur le territoire de la Haute Dordogne. Ces deux rapports ont été effectués dans le cadre du contrat de rivière Haute Dordogne.

Description de l'activité agricole :

Les données exploitées sont issues du Recensement Général Agricole de 1979, 1988 et 2000.

- *Effectif de la population agricole*

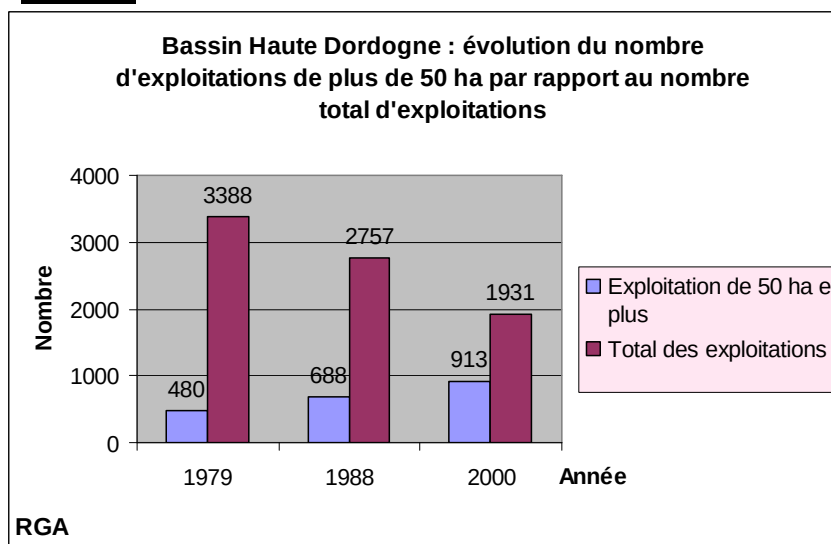
Figure 7



Ainsi, entre 1979 et 2000, on observe une diminution du nombre d'exploitants de 33 %

- *Nombre et taille des exploitations agricoles*

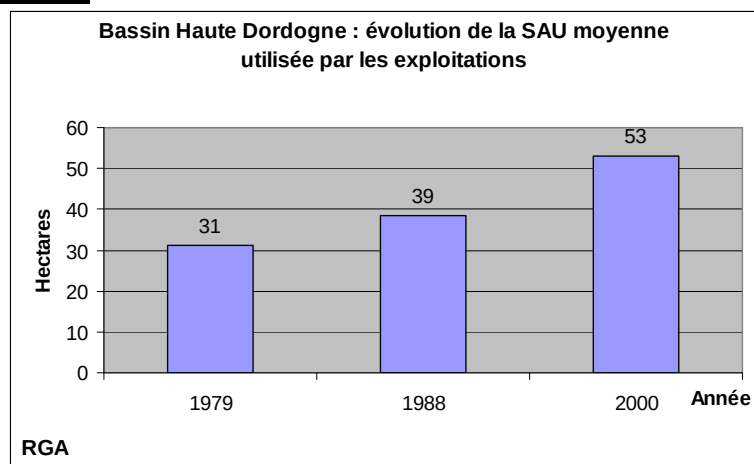
Figure 8



En 21 ans, on observe un nombre d'exploitations moins important sur le territoire de la Haute Dordogne (baisse de 43 %). Cependant, leurs tailles respectives sont plus grandes : les exploitations se sont agrandies.

De manière à vérifier cette tendance, on étudie les chiffres de la Surface Agricole Utile (SAU) et plus particulièrement de la SAU moyenne utilisée par exploitation agricole :

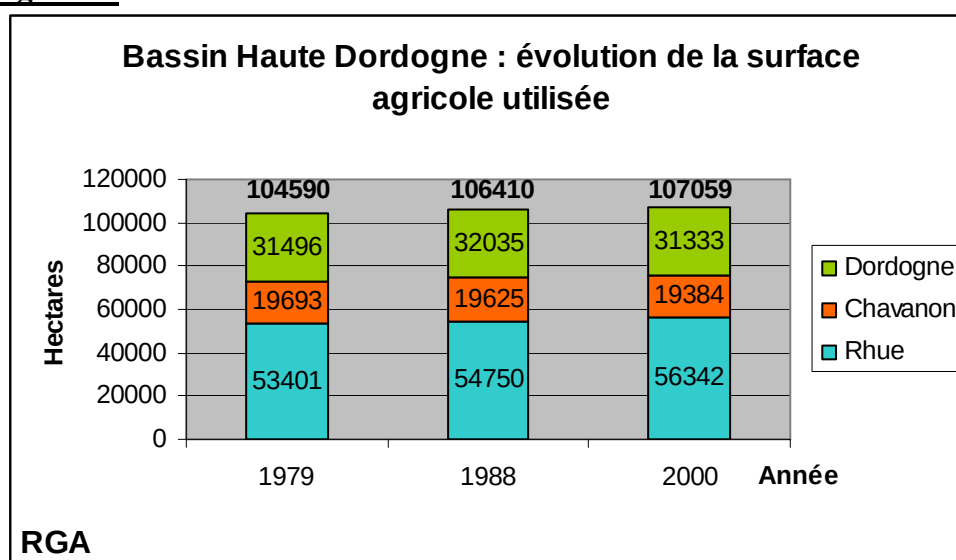
Figure 9



Par conséquent, ce graphique confirme bien une augmentation de la taille des exploitations agricoles, surtout entre 1988 et 2000.

Quant à l'évolution de la SAU totale au cours du temps et par sous bassin versant, elle donne les résultats suivants :

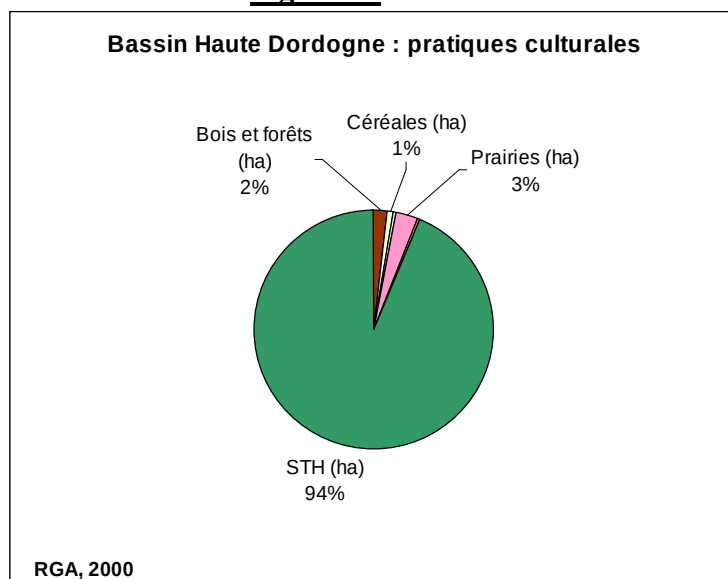
Figure 10



Ainsi, en 21 ans, on observe une augmentation de la SAU de 2 % sur l'ensemble du territoire. Cependant, cette variation fluctue suivant les sous bassins : on constate donc une déprise agricole sur le bassin du Chavanon et l'axe Dordogne et au contraire une reconquête sur le bassin de la Rhue (53 % de la SAU totale de la Haute Dordogne). Les reliefs, la topographie et l'altitude de ce bassin versant favorisent les pratiques agricoles d'aujourd'hui.

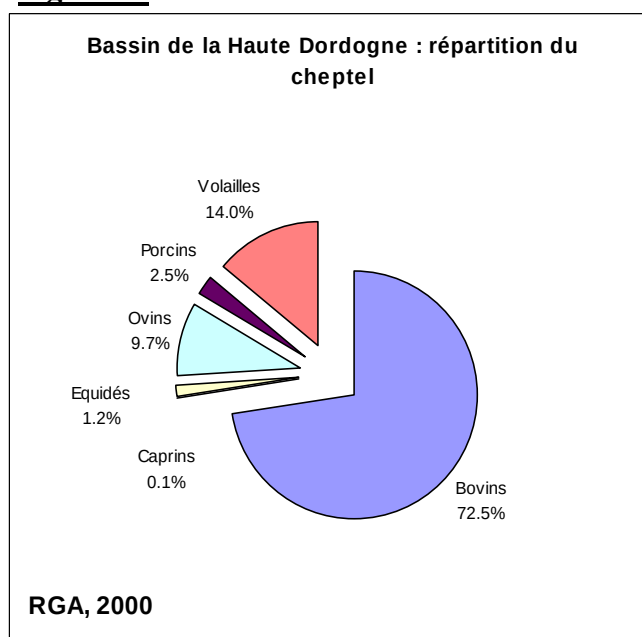
- Les activités agricoles

Figure 11



Le territoire de la Haute Dordogne possède donc essentiellement des surfaces toujours en herbes sur lesquelles l'activité de l'élevage est nettement développée et concerne différentes catégories de cheptel :

Figure 12



La proportion de bovins sur l'ensemble du territoire est largement majoritaire avec 72 % du cheptel contre 14 % pour les volailles et 10 % pour les ovins. La répartition du cheptel par sous bassin révèle que la Rhue possède le plus grand nombre de bétail (40 % soit 99 bétails/km²), devant l'axe Dordogne (33 %, soit 132 bétails/km²) et l'axe Chavanon (27 % soit 127 bétails/km²).

Estimation des apports azotés et phosphorés dus aux effluents d'élevage :

- La méthode de calcul

Pour les paramètres azote, phosphore et DBO₅ et pour chaque groupe de cheptel (bovins, ovins, caprins...), une valeur moyenne de rejet théorique brut a été calculée en fonction des références établies par le CORPEN et des données relevées dans la bibliographie.

Ainsi, les valeurs de référence utilisées pour les calculs des données sont :

kg/an	Bovins	Ovins	Porcins	Volailles	Caprins	Equidés
DBO ₅	704	129	34	Pas de données	Pas de données	Pas de données
P	21	5	4	0.18	4	21
N	41	8	15	0.16	7	39

	g/jour/équivalent habitant	kg/an/ équivalent habitant
DBO₅	60	21.9
P	4	1.46
A	15	5.475

Source : Directive Européenne 91/271/CEE du 21 mai 1991 et arrêté du 20 novembre 2001

	Bovins	Ovins	Porcins	Volailles	Caprins	Equidés
eqhab (DBO ₅)	32	5.8	1.5	Pas de donnée	Pas de données	Pas de données
eqhab (P)	14	3.	2.7	0.122	2.9	14
eqhab (N)	7.5	1.4	2.7	0.030	1.3	7.2

- Données utilisées (issues du RGA 2000)

Apports	Total bétail (kg/an)		Total bétail (EH)	
	N	P	N	P
Bassin Haute Dordogne	5454496	2698629	1008841	1848119
Axe Dordogne	1706672	837537	313982	573605
Bassin du Chavanon	1162273	556095	213340	380887
Bassin de la Rhue	2585551	1304998	481519	893627

La production d'effluents brut d'origine agricole en terme d'apport en azote et en phosphore représente en théorie entre 1 008 841 et 1 848 119 EH par an sur l'ensemble du territoire du contrat de rivière. Le bassin versant de la Rhue semble être d'un premier abord le plus concerné, mais rapporté à la SAU, c'est le bassin versant du Chavanon qui est le plus sensible, suivi de l'axe Dordogne puis de la Rhue.

Cependant, ces différents calculs étant réalisées à partir des apports bruts, les résultats sont à relativiser. En effet, compte tenu des différentes pratiques d'épandage sur le territoire ces valeurs seront sensiblement inférieures. Une part importante de ces nutriments est utilisée pour la croissance végétative et ne se trouve pas rejetée directement dans les milieux aquatiques.

- Comparaison avec les apports domestiques théoriques (Figures 13 et 14)

Apports en Azote	Avec la population saisonnière	Bétail	Pollution potentielle globale (kg d'azote/an)	% de pollution domestique calculé avec la population saisonnière	% pollution agricole
	Pollution potentielle domestique (kg d'azote/an)	Pollution potentielle agricole (kg d'azote/an)			
Bassin Haute Dordogne	306 058	5 454 496	5 760 554	5.3	94.7
Bassin du Chavanon	15 253	1 706 672	1 721 926	0.9	99.1
Bassin de la Rhue	74 641	1 162 273	1 236 913	6.0	94.0
Axe Dordogne	216 164	2 585 551	2 801 715	7.7	92.3

Figure 13 : Apports en azote provenant du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues

Apports en Phosphore	Avec la population saisonnière	Bétail			
	Pollution potentielle domestique (kg de phosphore/an)	Pollution potentielle agricole (kg de phosphore/an)	Pollution potentielle globale (kg de phosphore/an)	% de pollution domestique calculé avec la population totale	% pollution agricole
Bassin Haute Dordogne	81 615	2 698 629	2 780 245	2.9	97.1
Bassin du Chavanon	4 068	837537	841604	0.5	99.5
Bassin de la Rhue	19 904	556095	575999	3.5	96.5
Axe Dordogne	57 644	1304998	1362642	4.2	95.8

Figure 14 : Apports en phosphore provenant du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues

La pollution azotée brute d'origine agricole est 17 (avec la population saisonnière) à 28 fois supérieure à la pollution en apport brut d'origine domestique.

La pollution phosphorée brute d'origine agricole est 33 (avec la population saisonnière) à 53 fois supérieure à la pollution en apport brut d'origine domestique.

Ces résultats peuvent tout de même être relativisés, du fait de la collecte des effluents d'origine domestique, concentrés et plus ou moins bien traités, susceptibles d'avoir ponctuellement un impact plus important sur le milieu aquatique que des effluents d'origine agricole diffus qui bénéficient de l'absorption par les végétaux et par les sols. Malgré tout, l'apport en éléments nutritifs reste largement du au secteur agricole, même en sous estimant son impact.

II.2.2.2. Volet assainissement

Concernant la problématique des rejets liés à l'assainissement, nous choisissons de concentrer nos recherches sur les 10 communes limitrophes de la retenue de Bort les Orgues, à savoir Bort les Orgues, Confolent Port Dieu, Monestier Port Dieu et Sarroux pour la partie Corrèze ; Beaulieu et Lanobre pour la partie Corrèze ; Labessette, Larodde, Savennes et Singes pour la partie Puy de Dôme.

Ce choix s'explique d'une part par l'impossibilité de réaliser l'étude de la problématique assainissement sur les 91 communes du bassin versant pendant la durée du stage. D'autre part, la proximité de ces communes avec la retenue et l'augmentation sensible de leur population l'été, en période touristique et propice à la prolifération massive de cyanobactéries dans la retenue, nous a conduit à effectuer ce choix.

Ceci étant, dans le cadre du contrat de rivière Haute Dordogne, la problématique assainissement est suivie sur tout le territoire mais de manière plus globale.

Ainsi, nous pouvons distinguer dans ce volet l'assainissement collectif (stations d'épuration et réseaux) et l'assainissement non collectif (ou individuel).

- Assainissement collectif

Les données suivantes ont été recueillies d'une part auprès des SATESE (Service d'Assistance Technique à l'Exploitation des Stations d'Épuration) du Puy de Dôme et de la Corrèze et auprès de la MAGE (Mission d'Assistance à la Gestion de l'Eau) du Cantal. Elles portent sur les années 2003, 2004 et 2005. Le SATESE, ou la MAGE, est un service du Conseil Général dont les principales missions et compétences sont de :

- vérifier par sa présence régulière sur le terrain les conditions générales de fonctionnement des installations et proposer, si nécessaire, des solutions pour optimiser les performances des équipements
- assurer la formation des personnes chargées de l'exploitation des ouvrages
- aider les industriels à améliorer les conditions d'exploitation de leurs installations d'épuration ainsi que leur mise aux normes
- mettre en place l'autosurveillance (en plus des contrôles de la DDASS)
- fournir aux administrations les données collectées et dresser un rapport annuel sur le fonctionnement des ouvrages.

D'autre part, des données complémentaires ont été obtenues par la consultation des études de diagnostic et de zonage d'assainissement des 10 communes concernées auprès de l'Agence de l'Eau Adour Garonne (délégation de Brive). Ces études, qui devaient être légalement effectuées avant le 31 décembre 2005 par les communes (ou par commande auprès de bureaux d'études), ont pour objectifs :

- de réaliser un état des lieux de l'assainissement collectif et individuel sur la commune (état, fonctionnement, capacité d'épuration des sols,...)
- de définir les grandes orientations en terme de choix de la filière d'assainissement (collectif, individuel) et en terme de localisation de ce choix sur la commune

- de proposer un programme d'actions à mener quant à la réhabilitation ou l'amélioration des systèmes d'assainissement (réseau, type de station d'épuration, mise aux normes du non collectif, ...) tout en évaluant son coût.

Les différents types de stations d'épuration :

On peut noter sur les communes du pourtour de la retenue de Bort les Orgues la présence actuelle de 8 stations regroupant trois grands types d'épuration après les prétraitements classiques (dégrillage, dessablage et déshuilage-dégraissage). Ainsi, on trouve les systèmes d'épuration suivants :

- ✓ **Boues activées (2 STEP)** : cette filière comprend le passage de l'effluent dans un bassin d'aération puis dans un clarificateur. Elle est basée sur l'activité métabolique de cultures bactériennes maintenues en suspension en état aérobie dans le bassin d'aération et alimentées par l'eau à épurer. En effet, le développement de ces bactéries va permettre l'oxydation biologique des matières organiques constituant la pollution soluble. De plus, le bassin d'aération peut être le siège de l'élimination de l'azote et du phosphore. Enfin, le clarificateur va permettre la sédimentation des boues minéralisées et l'eau épurée en surface va être rejetée au milieu.
- ✓ **Lit bactérien (4 STEP)** : il s'agit d'une culture fixée : des microorganismes sont cultivés en surface de morceaux de matériaux poreux, tels que la pouzzolane (ou le PVC), formant le lit bactérien dans lequel on fait ruisseler-percoler les eaux usées préalablement décantées (dans un décanteur-digester) et prétraitées. Ainsi, sur ces surfaces réduites et aérées, on intensifie les phénomènes de transformation et de destruction des matières organiques, tels qu'on les observe dans le milieu naturel (autoépuration). Par la suite, les eaux usées rejoignent le clarificateur avant d'être enfin rejetées.
- ✓ **Filtration sur sable (2 STEP)** : on fait percoler l'eau sur un support fin et sur plusieurs massifs indépendants. Ce milieu granulaire constitue un support de grande surface spécifique permettant le développement de microorganismes aérobies qui vont oxyder la pollution. Il est à noter que ce développement bactérien va être régulé par une alternance de phases d'activité (alimentation en eaux usées et aération) et de phases de repos du système. Celui-ci ne supportant pas l'apport d'eaux parasites ni pluviales, il est nécessaire de mettre en place un réseau séparatif.

Description des stations (et de leurs réseaux) présentes sur les communes du pourtour de la retenue :

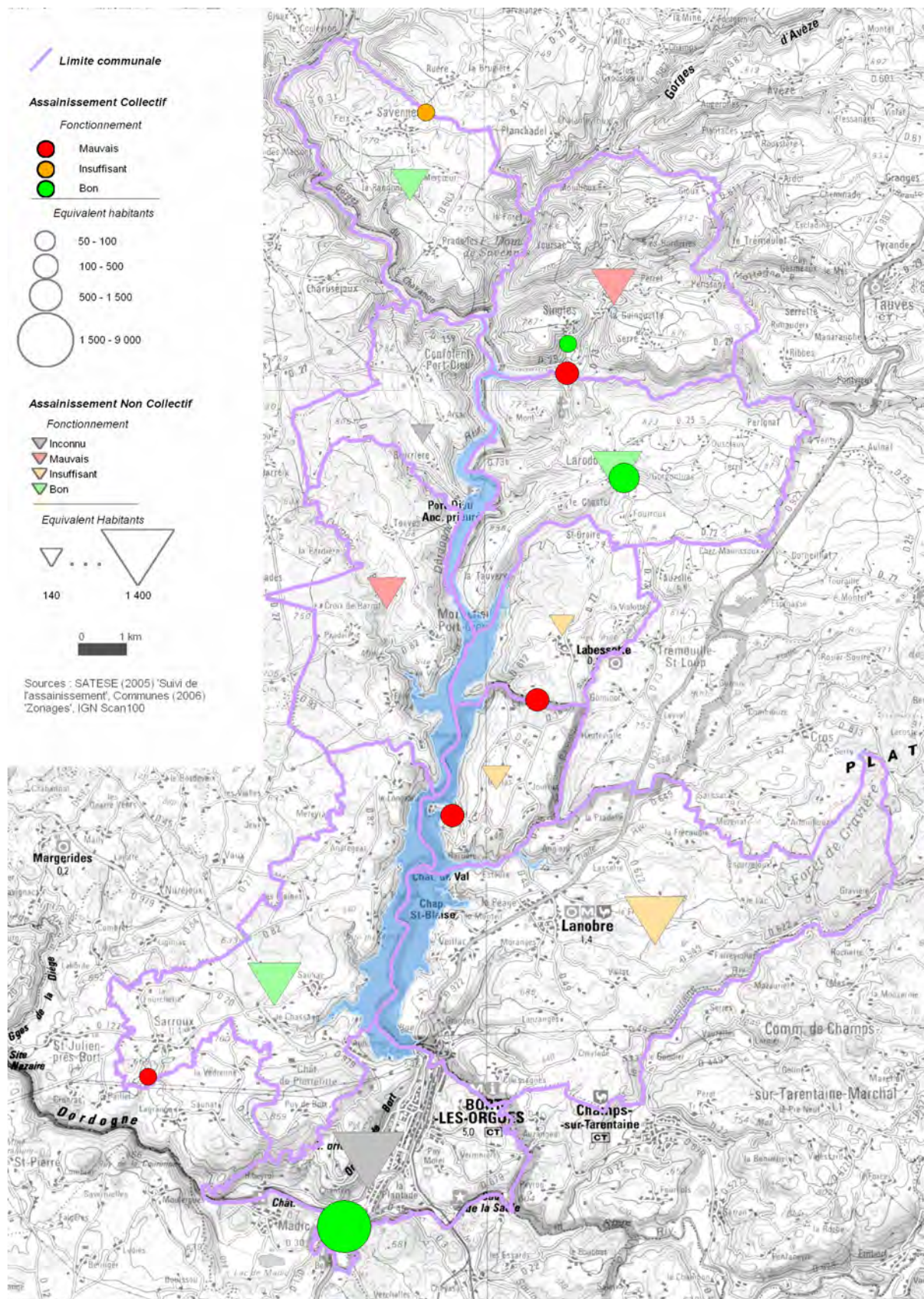
Nous recensons ici l'ensemble des stations d'épuration présentes sur les 10 communes concernées et donc étant susceptibles d'avoir un impact négatif sur la qualité de l'eau de la retenue de Bort les Orgues. En effet, de manière globale, les rejets de ces stations d'épuration se font dans la Dordogne (rivière ou plan d'eau) et ses affluents.

Ainsi, on dénombre d'amont vers l'aval, les stations d'épuration suivantes (Carte 10) :

- **SAVENNES (63) – Bourg, 100 E.H., lit bactérien** : l'eau traitée est non conforme aux normes de rejet pour la moitié des visites en 2005. De plus, le réseau draine beaucoup d'eaux claires parasites (ECP). Des travaux minimum de remise en état sont à effectuer dans l'immédiat (vidange du décanteur, pose d'un sprinkler, changement de pouzzolane) de même qu'une rénovation du réseau s'impose.
- **SINGLES (63) – Camping, 300 E.H., boues activées** : le fonctionnement de cette station rejetant dans la Burande en amont de la retenue est très mauvais. En effet, cette station, soumise à de fortes variations de charge (fonctionne l'été), est dépourvue de dégrilleur et de recirculation, l'aération étant faible. De plus, le réseau draine également beaucoup d'eaux claires parasites. Par conséquent,

une nouvelle station (filtre à sable, 400 E.H.) est en cours de construction et devrait être mise en service en 2007 ou 2008, accompagnée de la rénovation du réseau.

- **SINGLES (63) – Bourg, 400 E.H., filtration sur sable** : depuis 2003, l'eau de sortie est conforme aux normes de rejet, conséquence d'une eau d'entrée diluée (beaucoup d'ECPP dont les origines ont été identifiées).
- **LARODDE (63) – Bourg, 500 E.H., lit bactérien** : les résultats mesurés sur cette station rejetant dans le ruisseau du Rigaud ont été bon en 2005, bien aidés en cela par un apport important d'ECPP (diagnostic du réseau en 2006). De plus, un entretien plus régulier doit être effectué (nettoyage, vidanges).
- **LABESSETTE (63) – Bourg + Camping, 255 E.H., lit bactérien** : nette dégradation de la qualité de l'eau de sortie constatée en 2005 par rapport à 2004. La raison principale est semble-t-il le manque d'entretien de la station (vidange des ouvrages à faire, changement de la pouzzolane colmatée et du spinkler, révision complète). Il est prévu sur la commune le raccordement à la station de 31 foyers.
- **BEAULIEU (15) – Bourg, 250 E.H., filtration sur sable** : le fonctionnement de cette station rejetant en amont immédiat la retenue est très mauvais, du fait d'un entretien inexistant. Une remise en état est prévue, de même que pour le réseau qui contient beaucoup d'ECPP. Il doit s'agir d'une reprise totale du lit filtrant, d'un aménagement de la station pour une extension du périmètre de raccordement.
- **SARROUX (19) – Bourg, 50 E.H., lit bactérien** : le fonctionnement de cette station d'épuration de faible capacité est très mauvais avec un rejet de l'effluent brut dilué par la présence massive d'ECPP. Le décanteur digesteur est engorgé et déborde, le filtre bactérien est colmaté par les boues provenant de ce décanteur digesteur. La construction d'une nouvelle station de 80 E.H. (filtre planté de roseaux) est préconisée dans l'étude de zonage. Toutefois, cette station rejette ses effluents dans un petit ru affluent de la Dordogne, mais en aval de la retenue de Bort les Orgues.
- **BORT LES ORGUES (19), 8800 E.H., boues activées** : même si cette station rejette ses eaux en aval de la retenue de Bort les Orgues, elle collecte toutefois les eaux usées du bourg de Lanobre, dont le réseau est perturbé par beaucoup d'ECPP, et celles du complexe des Aubazines, situé au bord de la retenue sur la commune de Sarroux. Son fonctionnement est satisfaisant, hormis le traitement de l'azote perturbé par cet apport important d'ECPP, ce qui le rend non fonctionnel et entraîne donc l'apparition de lentilles d'eau sur le bassin d'anoxie.



Carte 10 : Fonctionnement de l'assainissement collectif (et localisation) et non collectif sur les communes du pourtour de la retenue de Bort les Orgues

Ainsi, à partir de l'ensemble des données récoltées, on peut essayer de classer les priorités de réhabilitation de ces systèmes d'assainissement collectif. Les critères pris en compte sont les suivants : capacité nominale de la station, entretien de la station, fonctionnement de la station, entretien du réseau, état du réseau, exutoire (distance à la retenue). Par conséquent, pour évaluer le risque, en plus du fonctionnement du système en lui-même, on doit tenir compte de l'autoépuration potentielle des effluents rejetés. Grâce à ces différents critères, chacun étant pondéré selon son importance, on peut définir les priorités de rénovation des différents systèmes (voir tableau en annexe 4).

Les systèmes d'assainissement se composent d'une partie réseau et d'une partie station d'épuration, leur fonctionnement étant primordial, ce paramètre possède un coefficient plus important que l'entretien, même si ces deux critères sont liés. L'exutoire permet d'évaluer l'autoépuration potentielle du rejet de la station avant l'arrivée dans la retenue. Il s'agit donc de prendre en compte la distance de l'exutoire à la retenue mais aussi la nature de l'exutoire lui-même (cours d'eau, sol, fossé). Le coefficient est plus faible que pour le fonctionnement du système, en effet si celui-ci est bon, le positionnement du rejet devient moins important, sachant que l'on se situe de toute façon sur les communes limitrophes de la retenue. Enfin, le dernier critère pris en compte est le nombre d'équivalents habitants raccordés, l'impact étant d'autant plus important que ce nombre est fort. Cependant, ici, les capacités nominales des stations d'épuration sont très proches, donc ce critère influe peu.

On obtient donc, dans l'ordre, des priorités d'actions à mener portant sur les systèmes d'épuration de :

- **Singles, camping : cette station sous dimensionnée se situe en effet sur la Burande, en amont immédiat de la retenue. Toutefois, une nouvelle station d'épuration, un filtre planté de roseaux de 400 E.H., va bientôt être mise en place pour environ 200 000 euros. Les travaux vont débuter début 2007 et la mise en service est prévue pour l'été 2007 ou 2008.**
- **Beaulieu, bourg : cette station, qui fonctionne mal, est située seulement quelques dizaines de mètres en amont de la retenue. Elle présente donc un réel risque pour la qualité de l'eau. La reprise totale du lit filtrant doit être effectuée, pour environ 100 000 euros.**
- **Labessette, bourg + camping : là aussi le rejet se fait dans un fossé descendant directement à la retenue.**

Le fonctionnement des autres systèmes d'assainissement est convenable, excepté pour Sarroux qui rejette en aval de la retenue, même si un effort doit être réalisé dans la réduction des eaux claires parasites, notamment pour la commune de Lanobre (15).

Remarque : on note également en 2006 la mise aux normes du système d'assainissement collectif du SIVOM Haute Dordogne débouchant sur la réhabilitation de la station d'épuration de 30 000 EH avec la mise en place d'un traitement tertiaire recueillant les eaux usées des communes de La Bourboule, le Mont Dore et Murat le Quaire (63). Cette station rejette ses eaux traitées dans la rivière Dordogne, 25 km en amont du début de la retenue de Bort les Orgues.

- Assainissement non collectif

Les données relatives à l'assainissement non collectif (ou individuel) ont été recueillies lors de la consultation des études de diagnostic et de zonage de l'assainissement à l'Agence de l'Eau Adour Garonne (délégation de Brive). De plus, les différentes structures intercommunales limitrophes de la retenue de Bort les Orgues ont été contactées de manière à évaluer leur degré d'avancement dans la mise en place de leur Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) et de l'embauche d'un technicien spécifique.

Ainsi, sur les 10 communes du pourtour de la retenue, l'assainissement tient une part importante puisqu'il concerne 43 % (65 % si on enlève Bort les Orgues) des foyers qui ne sont donc pas raccordés à un système collectif (moyenne nationale d'environ 20 %, source IFEN). Pour réaliser le bilan suivant, nous avons donc tenu compte du fonctionnement de ces systèmes individuel mais aussi de l'aptitude du sol à l'épuration, qui doit être suffisamment perméable pour évacuer l'eau de sortie rejetée, mais pas trop non plus pour ne pas risquer un transfert vers les nappes phréatiques et les cours d'eau.

Par conséquent, commune par commune, on obtient les informations suivantes (Carte 10) :

- **Beaulieu (15)**, représente 62 % des foyers : pas de diagnostic précis réalisé. Il doit donc être effectué même si l'on peut estimer que compte tenu de la moyenne départementale, les trois quarts environ des systèmes sont à réhabiliter.
- **Bort les Orgues (19)**, représente 22 % des foyers : pas de diagnostic précis réalisé. Certains systèmes devront être réhabilités.
- **Confolent Port Dieu (19)**, représente 100 % des foyers : pas de diagnostic précis réalisé. Malgré tout, l'étude de zonage préconise un maintien du non collectif sur la commune.
- **Labessette (63)**, représente 61 % des foyers : même si 43 % des habitations visitées par le bureau d'études sont aux normes, le fonctionnement est malgré tout globalement médiocre. Ainsi, 35 des 50 foyers concernés doivent être réhabilités.
- **Lanobre (15)**, représente 41 % des foyers : l'état de l'assainissement individuel est plutôt moyen avec 29 % des habitations visitées aux normes. Une réhabilitation importante de l'ordre de 70 % paraît donc souhaitable.
- **Larodde (63)**, représente 78 % des foyers : on constate que 64 % des habitations visitées n'ont pas de dispositif de traitement (épandage ou filtre à sable). Pourtant, l'épuration est satisfaisante du fait de la bonne capacité épuratrice du sol. Il conviendra tout de même d'installer des systèmes appropriés de manière à mieux traiter les effluents.
- **Monestier Port Dieu (19)**, représente 100 % des foyers : le fonctionnement est médiocre (16 % des habitations visitées aux normes). Une réhabilitation à hauteur de 85 % est préconisée.
- **Sarroux (19)**, représente 93 % des foyers : l'état des ouvrages est très moyen notamment du fait d'un mauvais entretien (22 % des habitations visitées aux normes). Cependant, on note une bonne capacité du sol à épurer.
- **Savennes (63)**, représente 74 % des foyers : seulement 8 % des habitations visitées sont aux normes mais aucun dysfonctionnement n'est à signaler ce qui montre la nature a priori adaptée des sols même si là encore des rénovations sont à effectuer.
- **Singles (63)**, représente 87 % des foyers : le fonctionnement de l'assainissement individuel sur cette commune est relativement mauvais. En effet, aucune habitation visitée n'est aux normes.

Par conséquent, de même que pour l'assainissement collectif, on peut essayer de classer les priorités de réhabilitation de ces systèmes individuels par commune tout d'abord. Les critères pris en compte sont les suivants : l'entretien de l'équipement, son fonctionnement, la capacité épuratrice du sol. D'après les éléments obtenus, il semble que ce dernier critère soit prépondérant quant à la qualité de l'épuration finale ce qui lui confère un fort coefficient. En effet, sur certaines communes, même si le taux d'équipement aux normes est relativement bas, un sol adapté (en terme de perméabilité) permet d'obtenir un impact du rejet de l'eau traitée assez faible pour l'environnement.

Ainsi, grâce à ces critères, on peut classer les priorités de réhabilitation par commune (voir tableau en annexe 4) et dans l'ordre suivant :

- **Monestier Port Dieu : 90 % des systèmes d'assainissement non collectifs doivent être réhabilités, pour un coût total de 65 000 euros.**
- **Singles : la réhabilitation concerne 150 foyers, pour 800 000 euros.**
- **Labessette : la réhabilitation concerne 35 foyers, pour 240 000 euros.**
- **Lanobre : 75 % des systèmes d'assainissement non collectifs doivent être réhabilités, pour un coût total de 1 200 000 euros.**
- **Beaulieu**

Ensuite, ces priorités peuvent être regroupées par intercommunalités, celles-ci ayant acquises la compétence de Service Public Assainissement Non Collectif.

Cependant, d'autres priorités géographiques peuvent être définies, notamment en fonction de la localisation des habitations possédant un système d'assainissement individuel par rapport à la retenue de Bort les Orgues. La remise aux normes doit en premier lieu concerner les foyers du pourtour direct de la retenue (voir partie programme d'actions).

Etat de l'avancement de la mise en place des SPANC :

Pour rappel, la réglementation (Loi sur l'eau du 3 janvier 1992) imposait aux communes la mise en place d'un Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) avant la date du 31 décembre 2005. Cette loi a été renforcée par la suite par l'arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectifs et fixant les modalités du contrôle technique exercé par les communes sur les systèmes d'assainissement non collectifs.

Les principales missions du SPANC sont :

- aider la commune à définir sa politique d'assainissement en définissant les modalités de collecte et de traitement des eaux usées (dans le cadre du schéma directeur d'assainissement)
- apporter une assistance technique (visites, contrôles) et juridique quotidienne aux élus et aux usagers : établissement d'un bilan diagnostic sur chaque commune
- organisation de réunions d'information publiques par secteur
- diffusion de supports d'information : plaquette usagers, articles dans bulletin communautaire, municipaux, page web

- réflexion technique sur les systèmes d'assainissement autonomes

En revanche, le SPANC n'a aucune obligation de réhabiliter les filières d'assainissement individuel existantes non conformes (sauf problème de salubrité publique ou de pollution qui peut engager le pouvoir de police du maire). En effet, dans les zones d'assainissement non collectif, le particulier prend en charge les dépenses de réalisation et d'entretien de son installation, il est responsable de son assainissement. Les filières d'assainissement individuelles existantes doivent respecter la réglementation en vigueur lors de leur réalisation.

Sur le territoire étudié, à savoir les 10 communes limitrophes de la retenue de Bort les Orgues, il existe 4 communautés de communes et 2 communes « indépendantes ».

Les 4 communautés de communes sont :

- Communauté de Communes Bort-Lanobre-Beaulieu (qui regroupe ces 3 communes)
- Communauté de Communes du Plateau Bortois (qui regroupe entre autres les communes de Confolent Port Dieu et Monestier Port Dieu)
- Communauté de Communes Sancy Artense (qui regroupe entre autres les communes de Larodde et Singles)
- Communauté de Communes Sioulet Chavanon (qui contient entre autre la commune de Savennes)

Les 2 communes « indépendantes » sont donc :

- Sarroux
- Labessette

Par conséquent, sur ces 6 structures, 4 ont acquise la compétence de SPANC : les communautés de communes du Plateau Bortois, de Sancy Artense (délégation au bureau d'étude G2C) et du Sioulet Chavanon ; la commune de Labessette (délégation au bureau d'étude SESAER).

Toutefois, à l'heure actuelle, aucune de ces structures ne dispose d'un technicien SPANC qualifié dans ses services. L'état des lieux plus approfondi qui pourrait être réalisé ainsi que les actions à mener sont donc toujours en suspend.

II.2.2.3. Volet industriel

Sur le territoire de la Haute Dordogne, on compte trois industriels inscrits au Contrat de Rivière (pour améliorer leur système d'assainissement), sur les 19 du bassin, de part la quantité d'effluents qu'ils produisent : la laiterie de Condat, la laiterie de Tauves et l'Hôpital de la Célette. La production d'effluents de ces 19 industries est de 17 100 EH net, ce qui représente 2% des apports sur le bassin versant de la retenue (source CRHD).

II.2.2.4. Caractérisation des mécanismes de transfert du phosphore

Le phosphore étant le principal élément impliqué dans le développement massif de cyanobactéries, il est important de caractériser son mécanisme de transfert jusque dans la retenue de Bort les Orgues. Par conséquent, il s'agit de déterminer quels sont les vecteurs qui favorisent ce transfert vers les différents affluents de la retenue.

Comme on l'a montré précédemment, les apports en phosphore sont principalement d'origine agricole, notamment en raison de mauvaises pratiques d'épandage. On s'intéressera donc surtout aux flux de phosphore dans les sols et à la capacité de rétention de celui-ci.

La rétention du phosphore dans le sol se fait via des processus :

- biotiques : assimilation par les plantes et les microorganismes, minéralisation des résidus végétaux, de la litière et du phosphore organique du sol
- abiotiques : sédimentation, adsorption, précipitation et processus d'échange entre le sol et la solution du sol.

Le phosphore est dispersé dans la matrice du sol. Il est adsorbé à la surface des particules constitutives du sol, essentiellement les argiles, les matières organiques et les oxydes ou hydroxydes de fer ou d'aluminium. Ainsi, le phosphore, rattaché à ces particules, peut être entraîné par érosion (Lemercier et coll., 2003).

De plus, la matière organique forme des complexes stables avec les cations métalliques du sol : Fe, Al et dans une moindre mesure Ca, les complexes organométalliques. Ces assemblages sont réactifs à l'égard des groupements phosphates. Ainsi, Bloom (1981) indique que la rétention des phosphates dans les sols acides riches en matière organique est le fait de complexes organométalliques alumineux.

Le pouvoir fixateur des sols pour le phosphore résultant à la fois de propriétés physicochimiques du sol (matière organique, argiles, pH) et de son histoire agronomique (fertilisation minérale, apports organiques, mode d'exploitation.), il est possible de trouver dans une même unité pédologique des sols au comportement différent pour lesquels le passé cultural masque l'effet du type de sol (Morel et Fardeau, 1990).

Le transfert vertical du phosphore dans le sol se fait surtout à la faveur de voies de circulation préférentielles de l'eau (macropores : fractures, fissures ou galeries de vers de terre ou d'autres animaux). C'est donc l'état de fracturation qui va déterminer les propriétés d'écoulement du milieu. Le phosphore accumulé en surface est également redistribué mécaniquement dans le profil de sol lors du labour.

Le phosphore est donc caractérisé par une mobilité modérée du fait d'une forte interaction avec les Matières Organiques, et par une forte persistance qui peut conduire à une accumulation dans les sols. Les contaminations sont liées au cycle annuel de l'eau (crues), mais avec une amplitude qui dépendra de l'accumulation et de la disponibilité du phosphore.

Dans cette famille, on observe surtout des processus de surface, liés au ruissellement et au transfert dans la frange superficielle de la nappe. Les temps de résidence sont liés essentiellement aux cycles biogéochimiques dans les sols ; le transfert est lui lié à la disponibilité des éléments chimiques. On s'intéressera moins à la notion de bilan ou de flux (la part des flux sortants étant très faible par rapport aux entrées) qu'aux notions de stock dans les sols, de biodisponibilité et de risque de transfert vers la rivière (Gascuel-Odoux et coll., 2006).

Ainsi, le phosphore restitué au sol (épandages, déjections) est peu mobile et s'accumule en surface. Les apports répétés contribuent à augmenter le stock de phosphore au niveau de l'horizon cultivé du sol, augmentant les risques de ruissellement, notamment dans les sols limoneux (comme c'est le cas sur le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues) et peu ou pas couverts. Sur prairies, le ruissellement est plus faible, donc moins de phosphore est entraîné. Les pertes de phosphore sont plus importantes sur cultures (blé, maïs), notamment avec un faible couvert végétal (Chambaut et coll., 2006).

Les départs de phosphore d'origine agricole s'effectuent lors des épisodes pluvieux, lorsque les eaux de ruissellement amènent des particules de sol et des déjections chargées au cours d'eau, c'est-à-dire surtout au début du ruissellement. L'agitation provoquée par l'accélération de l'eau et les remous suffit à dissoudre une grande partie du phosphore dans l'eau. L'augmentation brutale de phosphore dissous transporté au cours des crues provient de cette agitation (Cann, 1990). Lors d'une crue, la montée tant en

orthophosphates qu'en phosphore total dissous se produit dès le début des crues, et la descente commence avant même que le débit maximum soit atteint. Ce comportement s'explique par le fait que le phosphore est un élément très facilement adsorbable et donc peu entraîné par l'eau en profondeur dans le sol. Il y a alors peu de phosphore dissous dans les nappes et donc dans les cours d'eau en dehors des crues. Ces processus de transfert systématiquement observés lors de crues sont décrits dans l'encadré suivant.

L'intensité des pluies, la nature et la structure du sol (sensibilité au compactage, à la battance), le travail du sol (présence de mottes à la surface, semelle de labour) la couverture du sol, la nature, la dose, la date d'épandage et le mode d'application des fertilisants phosphatés sont autant de facteurs qui jouent un grand rôle sur les transferts de phosphore du fait de leur importance dans la genèse du ruissellement. L'activité biologique des animaux du sol et des plantes doit aussi être prise en compte.

Extrait de Cann et coll., Transfert et flux de nutriments. Importance des transports de surface et de faible profondeur, Ploufragan (22), 1999 (Figure15) :

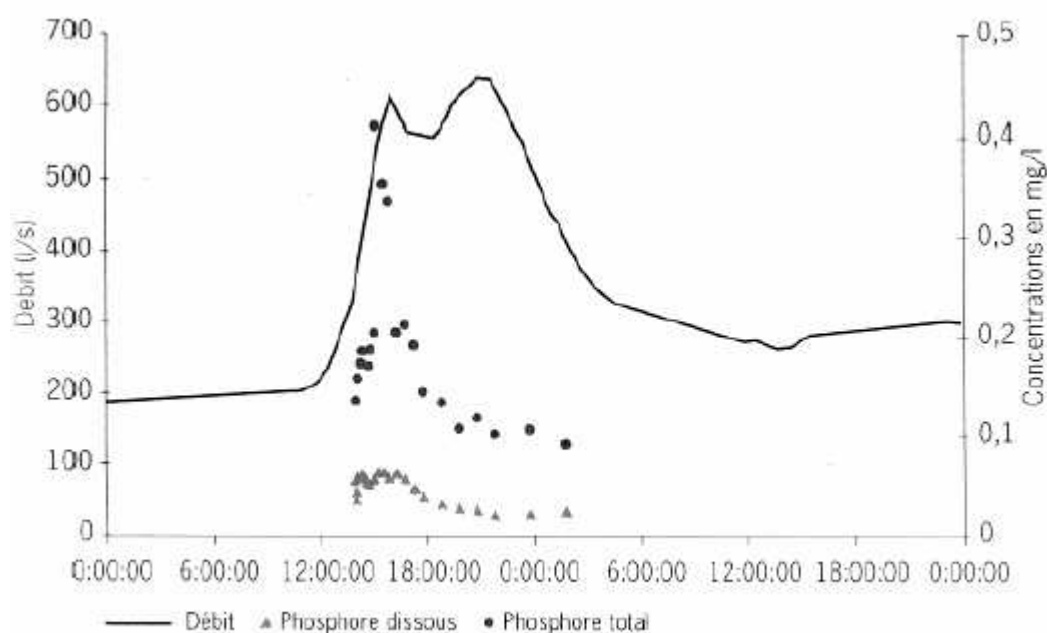


Figure 15 : Modélisation des flux de phosphore en fonction des épisodes de crues

Le transfert des flux diffus de phosphore total vers l'exutoire des fleuves et rivières est un phénomène largement discontinu. Le fait que les transferts interviennent principalement lors des épisodes de crues explique que les concentrations en phosphore des eaux soient très variables (Dorioz et coll., 1997).

Par conséquent, pour vérifier ce phénomène sur le bassin versant de la retenue de Bort les Orgues, nous nous appuyons sur les suivis qualité 2004, 2005 et début 2006 des affluents de la retenue (carte 9) avec les conditions climatiques qui ont précédées les prélèvements.

STATION	DATE	J	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	P TOT
A	24/03/2004	C	N	C	P	C	C	0,06
A	16/06/2004	C	C	C	C	S	C	0,44
A	07/07/2004	P	C	C	C	S	C	0,049
A	11/08/2004	S	C	S	S	S	O	0,089
A	09/09/2004	S	S	S	S	S	S	0,077
A	17/11/2004	H	H	C	C	H	S	0,069
A	23/03/2005	C	P	C	S	S	S	0,052
A	22/06/2005	C	O	O	O	S	S	0,08
A	20/07/2005	S						0,056
A	10/08/2005	S	S	S	C	S	S	0,15
A	07/09/2005	C	P	P	S	S	S	0,075
A	16/11/2005	H						0,054
A	21/03/2006	C	C	S	H	C	S	0
A	15/06/2006	S	S	S	S	S	S	0,073
A	06/07/2006	O	O	O	O	S	S	0,76
B	24/03/2004	C	N	C	P	C	C	0,054
B	16/06/2004	C	C	C	C	S	C	0,12
B	07/07/2004	P	C	C	C	S	C	0,09
B	11/08/2004	S	C	S	S	S	O	0
B	09/09/2004	S	S	S	S	S	S	0,048
B	17/11/2004	H	H	C	C	H	S	0,058
B	23/03/2005	C	P	C	S	S	S	0
B	22/06/2005	C	O	P	O	S	S	0,06
B	20/07/2005	S						0
B	10/08/2005	S	S	S	C	S	S	0,04
B	07/09/2005	S	P	P	S	S	S	0,081
B	16/11/2005	P						0
B	21/03/2006	H	C	S	H	C	S	0
B	15/06/2006	S	S	S	S	S	S	0,052
B	06/07/2006	O	O	O	O	S	S	0,19

STATION	DATE	J	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	P TOT
C	24/03/2004	C	N	C	P	C	C	0
C	16/06/2004	C	C	C	C	S	C	0
C	07/07/2004	C	C	C	C	S	C	0
C	11/08/2004	S	C	S	S	S	O	0
C	09/09/2004	S	S	S	S	S	S	0
C	17/11/2004	H	H	C	C	H	S	0
C	23/03/2005	C	P	C	S	S	S	0
C	22/06/2005	C	O	O	O	S	S	0
C	20/07/2005	S						0
C	10/08/2005	S	S	S	C	S	S	0
C	07/09/2005	S	P	P	S	S	S	0,044
C	16/11/2005	P						0
C	21/03/2006	S	C	S	H	C	S	0
C	15/06/2006	S	S	S	S	S	S	0
C	06/07/2006	O	O	O	O	S	S	0,15
D	24/03/2004	P	N	C	P	C	C	0
D	16/06/2004	C	C	C	C	S	C	0,079
D	07/07/2004	C	C	C	C	S	C	0,19
D	11/08/2004	S	C	S	S	S	O	0,13
D	09/09/2004	S	S	S	S	S	S	0,087
D	17/11/2004	H	H	C	C	H	S	0,045
D	23/03/2005	C	P	C	S	S	S	0,045
D	22/06/2005	C	O	O	O	S	S	0,06
D	20/07/2005	S						0,06
D	10/08/2005	S	S	S	C	S	S	0,054
D	07/09/2005	H	P	P	S	S	S	0,092
D	16/11/2005	P						0,048
D	21/03/2006	S	C	S	H	C	S	0
D	15/06/2006	S	S	S	S	S	S	0,058
D	06/07/2006	O	O	O	O	S	S	0,07

S : Soleil C : Couvert H : Humide P : Pluie O : Orage N : Neige

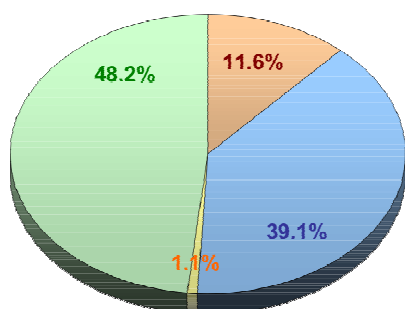
Figure 16 : Relation entre les conditions climatiques et la concentration en phosphore total

Ainsi, on constate que principalement 2 campagnes de prélèvements ont été précédées par une semaine de pluies importantes et orages ayant entraînées des épisodes de crues (le 22/06/2005 et le 06/07/2006). Les concentrations mesurées en phosphore total sont plus importantes que la moyenne pour une seule station (station A : Dordogne, le 06/07/2006), classant ce paramètre comme mauvais dans le Seq Eau. En revanche, lors des prélèvements réalisés le 22/06/2005, la concentration en phosphore total était relativement peu importante. Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que le transfert maximal de phosphore se fait dans les premières heures après un épisode pluvieux ou orageux : au bout de quelques jours (comme c'est le cas ici), le flux redevient normal (Figure 15). L'occupation du sol peut également constituer un facteur primordial, favorisant ou non le lessivage et donc le transfert de phosphore vers les cours d'eau. Pour le point A, et dans une moindre mesure les points B et C (Chavanon et Tialle), on se situe, sur le bassin amont, dans une zone de prairies et d'élevage. Pour le point D (Rhue), il s'agit d'une zone beaucoup plus forestière. Enfin, le dernier élément à prendre en compte est la présence de retenues hydroélectriques qui jouent un véritable rôle de décanteur pour les éléments nutritifs tel le phosphore. Or, contrairement aux autres points, le point D, qui draine toute la partie amont de la Rhue, possède un bassin versant parsemé d'ouvrages hydroélectriques.

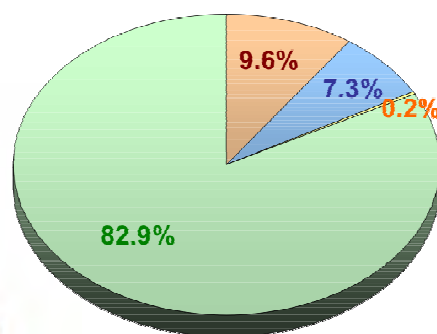
De manière générale, on constate que les transferts de phosphore vers les cours d'eau sont fortement liés aux épisodes pluvieux, lorsque les eaux de ruissellement amènent des particules de sol et des déjections chargées en phosphore au cours d'eau qui se trouve en crue. Par conséquent, il s'avère difficile de quantifier réellement les apports de phosphore étant donné le caractère très ponctuel et donc assez subjectif des analyses physico-chimiques effectuées sur les affluents. La réalisation de prélèvements immédiatement après de fortes pluies ou orages, ou la pose de préleveurs automatiques permettrait de mieux appréhender la quantification du flux de phosphore réel arrivant à la retenue et donc susceptible de participer à son eutrophisation.

Contributions des bassins affluents de la retenue de Bort les Orgues vis-à-vis des apports en phosphores totale et en nitrates totales en 2005 et 2006

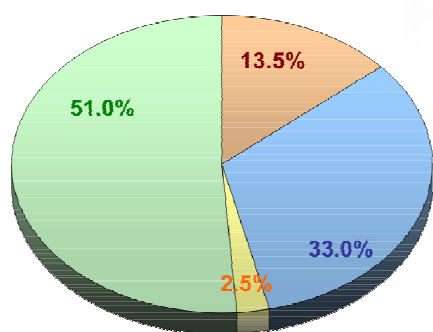
Suivi qualité Contrat de rivière Haute Dordogne



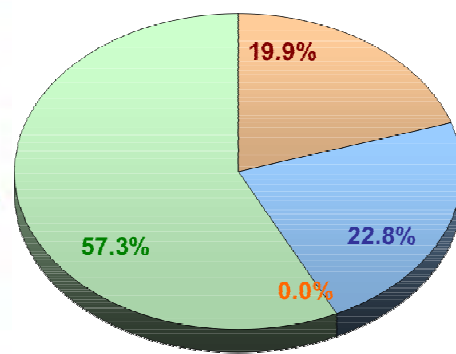
PHOSPHORES 2005



NITRATES 2005



PHOSPHORES 2004



NITRATES 2004



II.2.2.5. Caractérisation des taux de phosphore dans les sols

Cette analyse s'appuie sur les plans d'épandage effectués par les communes de Champ-sur-Tarentaine (15), représentative de l'axe Rhue, et Tauves (63), représentative de l'axe Dordogne. Cependant, aucune donnée n'est disponible sur l'axe Chavanon, côté Corrèze du bassin versant de la retenue de Bort les Orgues.

Pour ces deux communes, l'étude pédologique des sols montre une teneur en matière organique, sur laquelle peut se fixer le phosphore, élevée (rapport C/N proche de 10 pour Champs-sur-Tarentaine) et une teneur en acide phosphorique assimilable P_2O_5 faible (entre 0,036 et 0,24 g/kg de sol pour Champs-sur-Tarentaine). Par conséquent, il s'agit probablement d'un sol à pouvoir fixateur élevé, donc avec un taux de phosphore élevé susceptible d'être acheminé au milieu aquatique par ruissellement ou érosion des sols.

II.2.3. L'étude de l'eutrophisation de la retenue de Bort les Orgues

II.2.3.1. Contexte

La dégradation de la qualité des eaux due à un excès de substances nutritives se traduisant par une prolifération de cyanobactéries est un problème majeur dans de nombreux plans d'eau de barrage au niveau du bassin versant amont de la Dordogne. Ainsi, en 2004, un bilan réalisé sur la région Limousin a montré que sur 91 baignades, presque 1/4 ont été fermées pour cause de prolifération de cyanobactéries. La retenue de Bort les Orgues connaît donc des proliférations importantes de plusieurs espèces de cyanobactéries qui ont d'ailleurs provoquées une interdiction de baignade sur la plage corrézienne des Aubazines Hautes en août 2004, ce qui fait de cette retenue un site d'étude très intéressant.

II.2.3.2. Mise en place et objectifs

L'INRA de Thonon les Bains spécialisée en limnologie en la personne de Jean François Humbert, Directeur de Thèse, le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris représenté par Catherine Quiblier spécialisée en systématique des cyanobactéries et la société SCE de Nantes comptent mener une thèse sur la prolifération de cyanobactéries sur deux sites sélectionnés à l'échelle nationale : Saint-Nazaire et Viry-Châtillon, un troisième site étant à pourvoir. Soucieux de faire bénéficier le bassin versant de la Dordogne de recherches qui le concerne directement, l'établissement EPIDOR a sollicité ces différents organismes pour intégrer la retenue de Bort les Orgues aux deux autres sites dans le cadre de cette thèse (doctorat d'Enora Briand, financement CIFRE), ce qui a été approuvé par le groupe scientifique INRA, MNHN et SCE.

Globalement, les objectifs de cette étude, portant sur les années 2006 et 2007, sont les suivants :

- atteindre l'objectif du bon état écologique de la masse d'eau dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE) pour 2015.
- avoir une plus grande maîtrise des apports en nutriments provenant du bassin versant.
- étudier la dynamique spatiale et temporelle des proliférations de cyanobactéries et les conséquences de cette dynamique sur les protocoles d'échantillonnages de ces microorganismes. En effet, l'une des principales difficultés lors de l'évaluation du risque lié à la présence de cyanobactéries dans un plan d'eau est due au caractère très hétérogène de leur distribution aussi bien sur un plan vertical (colonne d'eau) que sur un plan horizontal. Des protocoles et des méthodologies d'échantillonnages adéquats doivent donc être testés afin de pouvoir évaluer au mieux la biomasse des cyanobactéries dans un plan d'eau.

- identifier des facteurs environnementaux qui favorisent l'installation de clones toxiques. En effet, lors de proliférations de cyanobactéries, il n'est pas possible pour l'instant de savoir avant analyse, si un risque toxique est associé à cette prolifération. Par des suivis sur le terrain et des approches expérimentales, les effets d'un certain nombre de paramètres environnementaux sur la sélection de clones toxiques et sur l'expression de la toxicité par les cyanobactéries seront évalués.
- valorisation de cette étude à l'échelle de l'ensemble du bassin versant de la Dordogne avec l'apport de connaissances utiles pour d'autres plans d'eau touchés sur ce bassin.

Pour l'exploitation des résultats, il sera également fait appel à au Groupement d'Intérêt Scientifique ECOBAG (Philippe Vervier), en plus de l'INRA, du MNHN et du bureau d'étude SCE.

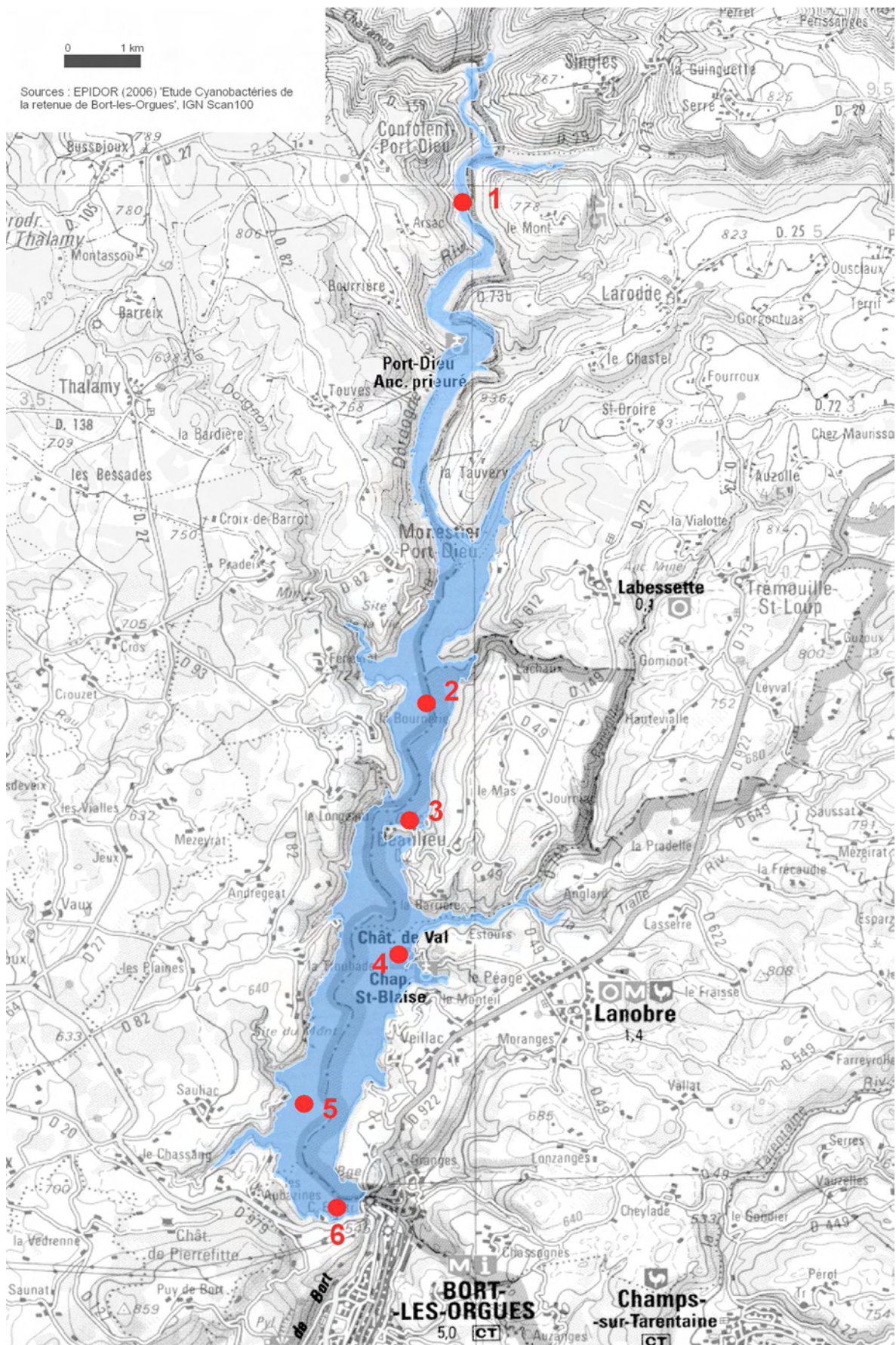
Enfin, le financement de cette étude est assuré par l'Agence de l'Eau Adour Garonne, EDF, SAUR France et EPIDOR qui en est le maître d'ouvrage.

II.2.3.3. Protocole d'échantillonnage et de suivi

Choix des points de prélèvements et de la date des campagnes

Pour l'échantillonnage, il s'agit de choisir différents points sur la retenue susceptibles de fournir le plus d'information possible sur la qualité de l'eau et son éventuelle dégradation par l'apparition de cyanobactéries. Le but est notamment d'identifier les affluents responsables de l'arrivée de la majeure partie des nutriments dans la retenue ainsi que localiser les accumulations de cyanobactéries (du fait des vents ou des courants). Par conséquent, 6 points sont choisis sur la retenue, sachant que lors des campagnes de prélèvement, 4, 5 ou les 6 points sont prélevés. De l'amont vers l'aval, les caractéristiques de chaque point sont les suivantes (Carte 11) :

- Point 1 : c'est le point situé le plus en amont, à 18,6 km du barrage, en aval du pont d'Arpiat, qui marque le début de la retenue. L'intérêt de ce point est qu'il se situe après la confluence de la Dordogne avec le Chavanon, la Mortagne et la Burande.
- Point 2 : il est situé à 9,0 km du barrage, après la confluence avec le Dognon et le ruisseau du Rigaud.
- Point 3 : il est situé à 7,1 km du barrage, dans une crique à proximité des ruines du Château de Thynière, zone susceptible d'accumuler les cyanobactéries, notamment sous l'action du vent.
- Point 4 : il est situé à 4,8 km du barrage, à proximité de la plage du Château de Val, en aval de la confluence avec la Tialle.
- Point 5 : il est situé à 2,0 km du barrage, près de la plage des Aubazines, en aval de la confluence avec le Lys.
- Point 6 : il est situé à 300 m du barrage, aux alentours du rejet de l'eau turbinée par l'usine de la Rhue, et dans une zone fortement sensible à l'eutrophisation (probablement en raison du vent), comme il a été constaté les années de bloom cyanobactérien.



Carte 11 : Localisation des points de prélèvements sur la retenue de Bort les Orgues

D'autre part, il s'agit de déterminer le nombre de campagnes qui seront effectuées ainsi que le nombre de points qui seront prélevés. Pour des raisons pratiques, chaque campagne se déroule sur deux jours. Il faut également noter que le choix du nombre de campagnes de prélèvement et de points prélevés est soumis à

des contraintes budgétaires. Par conséquent, pour les deux années 2006 et 2007, il est décidé de réaliser 12 campagnes de prélèvements annuelles, avec 4, 5 ou 6 points prélevés. Pour l'année 2006, le calendrier est réparti comme suit (Figure 17) :

Campagne	Date	Nombre de points	Points prélevés	Campagne	Date	Nombre de points	Points prélevés
1	27-28/06	4	1,2,5,6	7	23-24/08	6	tous
2	11-12/07	4	1,2,5,6	8	29-30/08	6	tous
3	25-26/07	4	1,2,5,6	9	05-06/09	6	tous
4	01-02/08	5	1,2,4,5,6	10	12-13/09	6	tous
5	08-09/08	5	1,2,4,5,6	11	19-20/09	5	1,2,4,5,6
6	16-17/08	5	1,2,4,5,6	12	03-04/10	4	1,2,5,6

Figure 17 : Calendrier de l'année 2006 des prélèvements sur la retenue de Bort les Orgues

Le choix d'une fréquence de prélèvement plus élevée et d'un nombre de points prélevés plus important s'est porté sur la fin de l'été. En effet, les années précédentes, la cyanobactérie dominante était *Mycrocystis*, qui se développe préférentiellement pendant cette période et en surface du plan d'eau, ce qui explique la réalisation des prélèvements seulement en surface. Quant au choix des points prélevés, lorsqu'ils sont au nombre de 4 ou 5, on choisi d'enlever le point 3 car il n'est pas concerné par l'arrivée d'un affluent et ne présente donc un intérêt qu'en période de bloom. On choisi ensuite de retirer le point 4 plutôt que le 5, car ce dernier peut être subir l'influence à la fois de la confluence avec le Lys mais aussi de la confluence avec la Tialle.

Protocole d'échantillonnage

Les prélèvements sur la retenue se déroulent depuis un bateau, au niveau de la surface, et sont exécutés par deux opérateurs. Ils sont effectués le matin de bonne heure pour caractériser au mieux le développement cyanobactérien. Trois types de mesures sont réalisés :

Mesures in situ :

Pour chaque jour, les différents paramètres constatés sur le terrain sont :

- les conditions climatiques (météo, vent) du jour et de la semaine précédente
- la côte de la retenue

Pour chaque point de prélèvement, on relève :

- la couleur et l'odeur de l'eau
- la température de l'air en °C
- la transparence (au disque de Secchi)
- la température de l'eau en °C, en surface et aux profondeurs de 50, 100 et 150 cm.
- le pH, en surface et aux profondeurs de 50, 100 et 150 cm.
- la conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$, en surface et aux profondeurs de 50, 100 et 150 cm.
- le taux de saturation en oxygène en %, en surface et aux profondeurs de 50, 100 et 150 cm.
- la concentration en oxygène dissous en mg/l, en surface et aux profondeurs de 50, 100 et 150 cm.

Mesures physico-chimiques :

Les analyses de ces prélèvements sont réalisées par le Laboratoire d'Analyses Physico-Chimiques des Eaux de l'INRA de Thonon les Bains. Sur chaque point, on prélève :

- 50 ml d'eau pour la mesure des ions NH_4^+ (NF T90-015) , NO_3^- (NF EN ISO 26777) et PO_4^{3-} (NF EN 1189)
- 50 ml d'eau pour la mesure du Phosphore total (NF EN 1189)
- 50 ml d'eau pour la mesure de l'Azote total

Mesures biologiques :

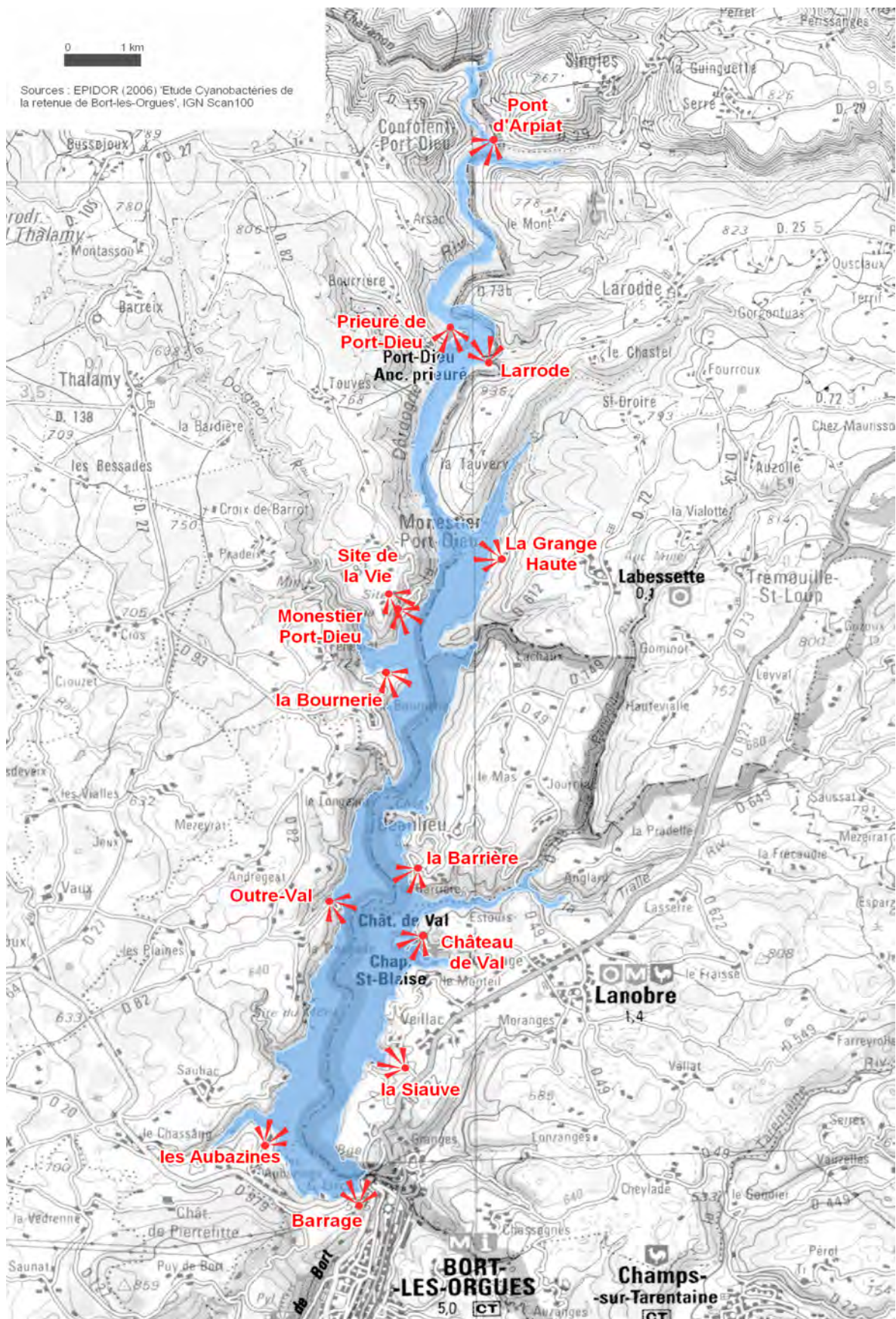
Les analyses de ces prélèvements sont réalisées par le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. Sur chaque point, on prélève :

- 25 ml d'eau pour détermination et comptage de la communauté phytoplanctonique. Ce prélèvement est fixé par 25 ml de formol 10% (réalisé en triplicat)
- 25 ml d'eau concentré en biomasse phytoplanctonique à l'aide d'un filet à plancton. Ce prélèvement est fixé par 25 ml de formol 10% (réalisé en triplicat)
- 2 litres d'eau destinés à être filtrés par la suite pour la mesure de la Chlorophylle a (réalisé en triplicat) et la mesure des toxines par test PP2a-HPLC (réalisé en triplicat)

Suivi complémentaire

En complément de la série de prélèvements réalisés sur la retenue, des actions complémentaires sont menées de manière à obtenir des informations plus précises concernant l'état trophique de la retenue, son fonctionnement (stratification), les conditions climatiques qu'elle subit et la répartition spatiale des cyanobactéries. Le suivi consiste donc en :

- la réalisation de profils température/oxygène à l'aide d'une bouteille de prélèvement, au niveau du point 6 sur la retenue. Le but est de délimiter les différentes strates ce qui renseigne sur le fonctionnement du lac artificiel. Deux profils ont été réalisés lors des campagnes 4 et 5.
- la surveillance visuelle de la retenue durant les semaines de juillet où aucun prélèvement n'est effectué. L'objectif est d'identifier un éventuel début de développement cyanobactérien massif sur un secteur de la retenue. Les panoramas sur la retenue utilisés pour cette veille visuelle sont indiqués sur la carte ci-contre (Carte 12).
- la mise en place d'une veille quotidienne de la part des surveillants de baignade des 3 plages surveillées. Cette veille consiste à relever deux fois par jour les conditions climatiques, la température de l'air et de l'eau, la transparence de l'eau, sa couleur et son odeur ainsi que la présence éventuelle d'une écume en surface (voir tableau type en annexe 6). Il faut noter que tous les surveillants de baignade ne disposaient pas de tout le matériel nécessaire pour faire ces mesures (disque de Secchi dans deux cas, thermomètre dans un).



Carte 12 : Localisation des sites servant à la veille visuelle de la retenue

- la prise de photographies aériennes de la retenue en début de bloom et une fois que celui-ci s'est installé. Le but est d'une part d'identifier le point de départ du développement cyanobactérien et d'autre part de suivre l'évolution de ce bloom, notamment sous l'action des courants et des vents dominants.

- l'étude de la répartition de la population cyanobactérienne dans la retenue, lors d'un bloom, à l'aide d'une sonde spectrofluorimétrique. Cette méthode, basée sur la fluorescence spécifique des cyanobactéries à une certaine longueur d'onde, permet de surveiller leur distribution spatiale ainsi que leur dynamique avec l'obtention de profils de concentration en chlorophylle a en différents points et sur tout un transect de la retenue (Leboulanger et coll., 2002).

II.2.3.4. Résultats des analyses physico-chimiques et bilan

Etant donné les délais de rendu du rapport, seuls les résultats des 6 premières campagnes de prélèvement seront exploités. Par conséquent, on obtient les résultats suivants :

Ions NH_4^+ , en mgN/l

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	0,011	0,010	-	0,004	0,014
2 (juillet)	0,075	0,085	-	0,081	0,103
3 (juillet)	0,013	0,029	-	0,019	0,021
4 (août)	0,058	0,019	0,011	0,013	0,019
5 (août)	0,041	0,015	0,016	0,078	0,025
6 (août)	0,076	0,025	0,082	0,030	0,041

Ions NO_3^- , en mgN/l

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	0,36	0,46	-	0,81	0,50
2 (juillet)	0,21	0,26	-	0,25	0,21
3 (juillet)	0,14	0,42	-	0,37	0,34
4 (août)	0,38	0,37	0,36	0,39	0,38
5 (août)	0,51	0,50	0,44	0,46	0,42
6 (août)	0,46	0,47	0,47	0,49	0,47

Azote total, en mgN/l

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	1,11	1,13	-	1,05	0,75
2 (juillet)	-	-	-	-	-
3 (juillet)	0,37	0,49	-	0,43	1,37
4 (août)	0,65	0,53	0,49	0,48	0,46
5 (août)	0,69	0,60	0,62	0,65	0,53
6 (août)	0,68	0,52	0,49	0,56	0,52

De même que pour l'étude précédente, les concentrations en azote ammoniacal sont globalement assez faibles, hormis pour le point 1, où l'on constate une augmentation au mois d'août. Concernant le nitrate, l'activité biologique importante va contribuer à consommer cet élément en juillet, tandis qu'en août, les mauvaises conditions climatiques et la baisse de luminosité qui s'accompagne font diminuer cette activité, ce qui se traduit par des concentrations en nitrates plus fortes.

Ions PO_4^{3-} , en mgP/l

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	0,002	0,004	-	0,003	0,001
2 (juillet)	0,002	0,001	-	0,027	0,001
3 (juillet)	0,011	0,006	-	0,006	0,002
4 (août)	0,002	0,000	0,001	0,001	0,001
5 (août)	0,009	0,001	0,001	0,002	0,001
6 (août)	0,019	0,002	0,002	0,002	0,002

Phosphore total, en mgP/l

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	0,010	0,024	-	0,007	0,025
2 (juillet)	0,020	0,010	-	0,010	0,013
3 (juillet)	0,054	0,067	-	0,015	0,013
4 (août)	0,013	0,005	0,003	0,009	0,012
5 (août)	0,047	0,005	0,008	0,014	0,005
6 (août)	0,064	0,010	0,011	0,011	0,002

Les teneurs en ions orthophosphates et en phosphore total sont assez faibles sur l'ensemble de la retenue, hormis pour le point 1, situé le plus en amont, où la teneur augmente sensiblement au mois d'août, comme il avait été constaté lors de l'étude de 1999.

Rapport N/P (NO_3^-/PO_4^{3-})

Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	180	115	-	270	500
2 (juillet)	105	260	-	9	210
3 (juillet)	13	70	-	62	170
4 (août)	190	-	360	390	380
5 (août)	57	500	440	230	420
6 (août)	24	235	235	245	235

On remarque donc que le rapport N/P est toujours supérieur à 7, ce qui n'est pas favorable au développement cyanobactérien, le phosphore étant réellement limitant ici. Il s'en approche tout de même souvent sur le point 1 et une fois sur le point 5 (rapport de 9), ce qui peut indiquer l'influence éventuelle du Lys.

Température de l'eau, en °C

Elle est montée à plus de 27°C en surface à la fin du mois de juillet puis a lentement diminuée sous l'effet de la fraîcheur jusqu'à 20°C lors de la campagne 6.

Transparence de l'eau, en m

Globalement, la transparence de l'eau est moyenne sur la retenue (environ 4m). Toutefois, celle-ci est uniformément faible en juin (1,7m), et plus particulièrement tout l'été au point 1 (1,9m). Ceci est dû à la présence de plancton et de substances humiques, pas à l'eutrophisation.

Oxygène dissous, en mg/l

L'oxygénation est bonne en surface durant le mois d'août surtout avec des valeurs toujours supérieures à 7 mg/l. En revanche, elle est plus faible en juillet avec des valeurs atteignant 4,5 mg/l.

Conductivité, en $\mu\text{S/cm}$

La conductivité de l'eau varie de 57 $\mu\text{S/cm}$ à 78 $\mu\text{S/cm}$ sur l'ensemble des campagnes. Ces valeurs assez peu élevées traduisent une faible minéralisation, liée à la nature du bassin versant cristallin.

pH

Le pH atteint des valeurs fortement basiques en juin et juillet (9,4 au maximum). Les mesures étant effectuées le matin, quand la photosynthèse est supérieure à la respiration, la saturation en oxygène est supérieure à 100 % ce qui influence le pH. Ces fortes valeurs avaient déjà été constatées lors de l'étude précédente.

Profils Température/Oxygène dissous (annexe 5)

Ces profils montrent la présence de la thermocline autour de la profondeur de 10 m. De plus, on note une hausse du taux d'oxygène dissous en surface et une forte baisse au niveau de la thermocline, ce qui confirme les résultats trouvés en 1996. Cette valeur plus importante en surface est le résultat d'une activité photosynthétique intense, notamment pendant le matin, période à laquelle sont réalisés les prélèvements.

II.2.3.5. Résultats des analyses biologiques et bilan

Etant donné les délais de rendu du rapport, seuls les résultats des 6 premières campagnes de prélèvement seront exploités. De plus, l'analyse des toxines par la méthode PP2a-HPLC n'a pas eu lieu du fait d'un nombre pas assez élevé de cyanobactéries. Les résultats sont obtenus par la moyenne des résultats de chaque triplicat :

Chlorophylle a, en $\mu\text{g/l}$

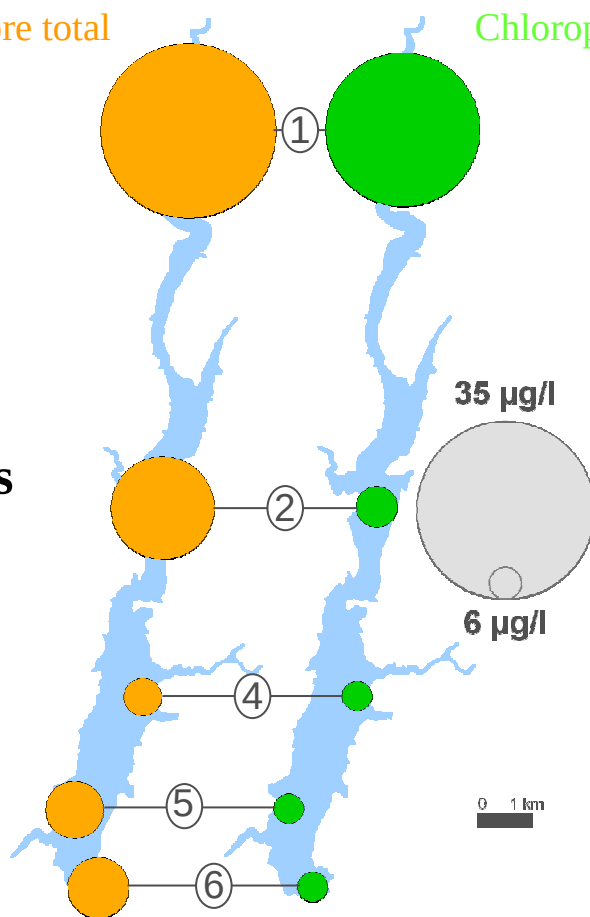
Campagne	Point 1	Point 2	Point 4	Point 5	Point 6
1 (juin)	22,14	14,64	-	9,56	9,37
2 (juillet)	5,32	4,56	-	1,52	1,57
3 (juillet)	24,30	5,04	-	6,00	4,67
4 (août)	19,50	8,07	7,40	6,59	7,32
5 (août)	28,51	8,45	5,92	5,88	6,09
6 (août)	81,02	6,15	4,71	4,51	4,91

La concentration en chlorophylle a est très forte sur le point 1, où l'activité biologique semble en effet importante, par rapport aux autres points de la retenue.

**Moyenne des concentrations
en phosphore total et en
chlorophylle a sur les 5 points
de la retenue de Bort les
Orgues durant l'été 2006**

Phosphore total

Chlorophylle a



Population planctonique (en bleu sont indiquées les cyanobactéries)

Campagne	Principaux genres dominants
1 (juin)	<i>Fragilaria</i>
2 (juillet)	<i>Fragilaria</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Staurastum</i> , <i>Volvox</i> , zooplancton
3 (juillet)	<i>Fragilaria</i> , <i>Staurastum</i> , <i>Ceratium</i> , <i>chlorophytes</i>
4 (août)	<i>Fragilaria</i> , <i>Staurastum</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Closterium</i> , zooplancton, <i>Woronochinia</i>
5 (août)	<i>Staurastum</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Closterium</i> , <i>Sphaerocystis</i> , zooplancton, diatomées
6 (août)	<i>Staurastum</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Closterium</i> , <i>Sphaerocystis</i> , zooplancton, diatomées

La proportion de cyanobactéries identifiées lors des différents prélèvements est extrêmement faible, en comparaison de ce qui a été constaté les années précédentes. Ceci est probablement dû d'une part à la vidange partielle réalisée en août 2005 et d'autre part à des conditions climatiques défavorables (températures froides, pluies...) au développement des cyanobactéries.

Résultats DDASS, en nombre de cellules par millilitre (niveau d'alerte)

Date	Les Aubazines (19)	La Siauve (15)	Val (15)	Thynière (15)
13/06/2006	278 (N0)	-	-	-
04/07/2006	657 (N0)	2612 (N0)	629 (N0)	151 (N0)
17/07/2006	4086 (N0)	-	-	-
31/07/2006	4028 (N0)	1847 (N0)	2215 (N0)	1461 (N0)

Les analyses DDASS montrent une augmentation progressive du nombre de cyanobactéries en juillet puis une stagnation certainement due aux conditions climatiques défavorables pour leur développement.

La réalisation de profils avec la sonde spectrofluorométrique ainsi que les photos aériennes n'ont pas eu lieu cette année en raison de l'absence de développement cyanobactérien.

II.2.3.6. Caractérisation du niveau trophique et de la stratification de la retenue

Concernant les analyses physico-chimiques, on note une homogénéité des concentrations obtenues sur l'ensemble de la retenue hormis sur le paramètre phosphore total. En effet, la concentration en phosphore total est d'autant plus élevée que l'on se trouve en amont, notamment pour le point 1, avec une moyenne de 35 µg/l. Or, selon Luc Brient, de l'Université de Rennes, il suffit d'une concentration de 20 µg/l pour déclencher un bloom cyanobactérien. Il est à noter que cette étude n'a pas fait l'objet de prélèvements de sédiments. En effet, l'étude réalisée en 1999 avait montré l'absence de zone axonique au fond de la retenue, sa présence constituant une condition favorable pour le relargage de phosphore par les sédiments. Les priorités de l'étude se sont donc portées sur les apports par le bassin versant. Il serait néanmoins judicieux de prévoir au moins une analyse de sédiments la seconde année de l'étude, pour confirmer les résultats antérieurs.

Quant aux mesures biologiques, concernant essentiellement la chlorophylle a, elles mettent clairement en avant l'importante activité biologique en amont de la retenue, sur le point 1, ce qui correspond au secteur de plus forte concentration en phosphore total. Toutefois, cette activité se traduit par la présence massive de phytoplancton, diatomées, zooplancton et non de cyanobactéries. De plus, les résultats DDASS confirment la faible présence de cyanobactéries, tout du moins sur la partie aval, étant donné que seule cette zone est échantillonnée par les DDASS du Cantal et de la Corrèze.

Cette série de prélèvement est clairement marquée par l'absence caractérisée d'un développement cyanobactérien important sur toute la longueur de la retenue. Cette absence peut s'expliquer d'une part par

la vidange partielle réalisée à l'automne 2005, comme cela avait été montré par l'étude de 1999 par rapport à la vidange de 1995. D'autre part, les mauvaises conditions climatiques du mois d'août (températures faibles, pluies, vent), pendant la période spécifique de développement de *Mycrocystis*, peuvent également expliquer cette non apparition de bloom. Toutefois, on constate une activité biologique beaucoup plus importante à l'amont de la retenue, avec des apports en nutriments plus importants. Il est donc envisageable de penser, qu'en cas de développement cyanobactérien, celui-ci débute à l'amont de la retenue, ce qui tend à confirmer les résultats du suivi qualité des affluents, montrant des flux en nutriments importants provenant essentiellement du Chavanon. Par la suite, étant donné la dominance des vents du nord, il est probable que le bloom puisse se déplacer vers l'aval sous l'action du vent, la courantologie de la retenue étant à ce jour mal connue.

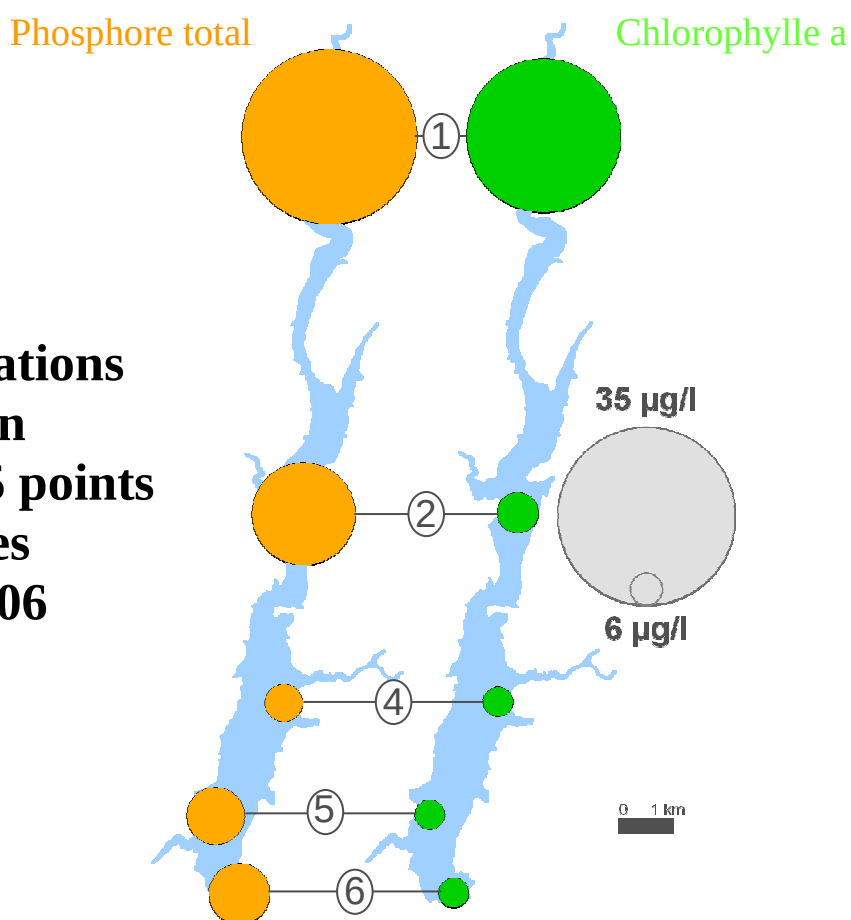
Enfin, le niveau trophique de la retenue peut être estimé selon une classification établie par l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE) en 1983 basée sur la transparence moyenne des eaux, la concentration moyenne en phosphore total et la concentration moyenne en chlorophylle a (Annexe 7). Par une moyenne des résultats obtenus sur chaque point de la retenue prélevé, on peut classer le niveau trophique de ceux-ci comme suit :

Point	Phosphore total (mg/m ³)	Chlorophylle a (mg/m ³)	Transparence (m)	Niveau trophique
1	34,7	30,1	190	Eutrophe
2	20,2	7,8	360	Mésotrophe
4	7,3	6,0	410	Mésotrophe
5	11,0	5,7	420	Mésotrophe
6	13,8	5,7	390	Mésotrophe

Sur la moitié aval (points 2, 4, 5 et 6), le niveau trophique de la retenue est mésotrophe, ce qui confirme les résultats de la précédente étude. En revanche, en amont (point 1), le niveau trophique est eutrophe, ce qui est logique pour une telle masse d'eau, avec des dépôts sédimentaires se faisant principalement sur la partie amont, et susceptibles de relarguer des éléments nutritifs (phosphore, azote) nécessaires au développement phytoplanctonique.

Cette amélioration relative de la qualité des eaux est sans doute attribuable en partie à la vidange effectuée en 2005 et aux conditions climatiques du mois d'août 2006.

Moyenne des concentrations en phosphore total et en chlorophylle a sur les 5 points de la retenue de Bort les Orgues durant l'été 2006



II.3. PROGRAMME D'ACTIONS EN COMPLEMENT DU Contrat de Rivière Haute Dordogne

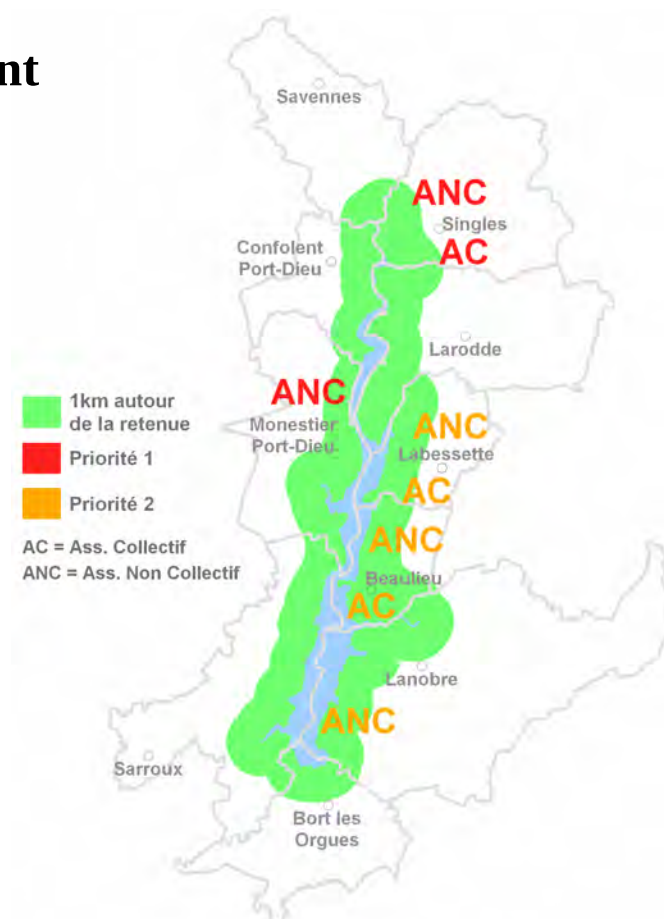
Les actions proposées ici se font en complément de celles menées dans le cadre du Contrat de Rivière Haute Dordogne (voir partie II.1.2.). Elles doivent viser principalement à la réduction des apports en phosphore dans la retenue de Bort les Orgues, cet élément étant à l'origine du développement massif de cyanobactéries. Ces actions peuvent être divisées en deux catégories, une concernant le pourtour immédiat de la retenue et une concernant l'ensemble de son bassin versant.

II.3.1. Programme d'actions sur le pourtour de la retenue de Bort les Orgues ou sur la retenue elle-même

- **mise en place de zones tampons autour de la retenue, éventuellement par le rachat de terrains par le conservatoire du littoral et des rivages lacustres (retenue soumise à la loi littorale car de surface supérieure à 1000 ha).** Ces zones tampons doivent permettre de retenir le transfert des nutriments, dont l'azote et le phosphore, vers la retenue. Les terrains susceptibles d'être acquis par le conservatoire, qui en possède déjà 100 ha sur la commune de Confolent Port Dieu, sont notamment des terrains communaux ou appartenant à EDF par exemple. Le prix de ces terrains est de l'ordre de 0,10 à 0,45 euros le m² pour un terrain agricole (source Chambre d'Agriculture du Cantal) et est très variable pour un terrain forestier en fonction de la valeur du peuplement en place (source CRPF Auvergne). Quant à la mise en œuvre, différents modes de gestion sont possibles : tout d'abord par les moyens humains et techniques du conservatoire lui-même, avec une personne dédiée à l'entretien de la zone. Autrement, la gestion du terrain peut être assuré par un employé communal ou le propriétaire, avec un soutien technique et financier de la part du conservatoire du littoral et des rivages lacustres.
- **amélioration de l'état de l'assainissement collectif :** réduction des Eaux Claires Parasites dans les réseaux, qui constituent un problème récurrent pour le bon fonctionnement des systèmes d'assainissement. D'autre part, il s'agit de réhabiliter (voir refaire) certaines stations d'épuration avec si possible la mise en place d'un traitement de l'azote et du phosphore spécifique ou de systèmes le favorisant en partie (filtres plantés de roseaux). Autour de la retenue de Bort les Orgues, comme il a été montré précédemment, les priorités sont les stations du camping de Singles, de Beaulieu et de Labessette, pour un coût total estimé de plus de 700 000 euros. La responsabilité de la rénovation de ces stations incombe aux communes pouvant obtenir pour cela des subventions de la part de l'Agence de l'Eau Adour Garonne, du Conseil Général notamment. De plus, il faut donner à ces STEP des moyens humains et techniques (surtout pour l'entretien), soit par une meilleure formation des employés communaux, soit par l'embauche d'un technicien au niveau intercommunal par exemple.
- **mise en place d'un Service Public Assainissement Non Collectif (SPANC) par la communauté de communes de Bort Lanobre Beaulieu et la commune de Sarroux (comme la loi l'impose) et embauche d'un technicien pour les structures ayant acquis la compétence (voir la liste dans la partie II.2.2.2.).** De plus, en concertation avec ces derniers, il s'agit de définir des priorités d'actions et de mise aux normes des systèmes individuels, en fonction de la position géographique et de l'état de l'ouvrage. Les communes devant rénover en priorité leur assainissement non collectif sont Monestier Port Dieu, Singles, Labessette, Lanobre et Beaulieu, pour un coût d'environ 1,5 millions d'euros, principalement à la charge des propriétaires. De plus, il pourrait être instauré un contrôle prioritaire des installations situées dans un périmètre précis autour de la retenue, à l'image de ce qui est réalisé par le Syndicat Intercommunal d'Equiperment de la Région de Beaulieu-sur-Dordogne où le SPANC, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Adour Garonne et le Pact-Arim

Corrèze, a lancé en décembre 2001 une opération de réhabilitation des installations d'assainissement non collectif situées dans une bande de 500 mètres de part et d'autre de la rivière Dordogne et de son affluent principal, la Ménoire. Le but est, après le diagnostic et la localisation des points de pollution, de faire bénéficier les propriétaires d'une subvention intéressante leur permettant de réhabiliter leur installation.

Priorités de diagnostic et de réhabilitation des systèmes d'assainissement autour de la retenue de Bort les Orgues



- **améliorer la surveillance de la qualité de l'eau** de la retenue par la mise en place de préleveur(s) automatique(s), d'une sonde fluorométrique, comme ce qui est fait sur le lac du Bourget par exemple. Ces préleveurs pourraient faire l'objet d'un prêt par des établissements tels les Universités ou l'INRA pendant la période de risque de développement des cyanobactéries. Par ailleurs, la réalisation d'analyses supplémentaires de la part des DDASS, notamment dans le secteur amont de la retenue, non surveillé, les trois plages se situant très à l'aval, permettrait d'avoir une vision plus globale de la qualité de l'eau de la retenue. Ainsi, il est nécessaire d'avoir une coopération totale entre les services des trois départements concernés, à l'image des DDASS du Cantal et de la Corrèze qui ont décidé d'homogénéiser leur technique de prélèvements cette année. Des analyses de la DDASS du Puy de Dôme les années futures sur la partie amont de la retenue permettraient donc de compléter ce réseau de suivi.
- **mettre en place chaque année une veille quotidienne de la part des surveillants de baignade (conditions climatiques, température air et eau, transparence de l'eau)** avec une mise à disposition de la structure les ayant engagé de tout le matériel nécessaire. De plus, il s'agit de sensibiliser ces derniers sur la problématique cyanobactéries (comment les reconnaître, conséquences, historique de la retenue, qui contacter en cas de problème apparent) avec éventuellement l'intervention de techniciens connaissant le problème. Par exemple, en Corrèze, la DDASS réalise une journée d'information, sur les différents risques liés à la qualité de l'eau, destinée aux gestionnaires des plans d'eau qui peuvent donc à leur tour informer les surveillants de baignade qu'ils engagent. Cette veille peut de plus être étendue aux conditions climatiques, notamment la pluviométrie, les mois précédents l'été, pour estimer les transferts de phosphore vers les cours d'eau.
- **privilégier d'autres espèces que les conifères en cas de plantations ou reboisements autour de la retenue (notamment sur la partie amont)**, en effet ceux-ci favorisent une érosion des sols importante et un transport accru de nutriments tel le phosphore.
- **de manière à évaluer plus précisément les flux de phosphore, il faut compléter le suivi annuel physico-chimique des affluents de la retenue en réalisant des prélèvements supplémentaires à la suite de pluies ou orages importants entraînant la grande majorité des stocks de phosphore des sols vers le milieu aquatique.**
- établir **un Seq-Eau « plans d'eau »**, car celui-ci n'existant toujours pas, il rend plus difficile l'interprétation des différentes mesures effectuées. Cette mise en place est d'autant plus importante qu'il existe un enjeu pour le suivi des masses d'eau dans le cadre de la DCE. Ainsi, d'après Jean Pierre Rebillard, de l'Agence de l'Eau Adour Garonne et participant à la mise en œuvre du Seq-Eau « plans d'eau », les essais de versions intermédiaires effectués jusqu'à présent ne sont pas totalement satisfaisants et fiables étant donné l'hétérogénéité du fonctionnement de chaque plan d'eau et la nécessité de retenir des critères de qualité communs à l'échelle nationale. Une nouvelle version est actuellement testée sur 5 plans d'eau en collaboration avec le CEMAGREF de Bordeaux. Un rapport est attendu pour le printemps 2007.

II.3.2. Programme d'actions sur le bassin versant de la retenue

- afin de mieux appréhender les flux de phosphore dus à l'agriculture, il s'agit de tenter de les modéliser pour dégager par la suite des priorités d'action :
 - ✓ D'une part, il pourrait être mis en place sur le territoire une méthode de diagnostic des parcelles agricoles à risques (en fonction de quelques critères simples) sur le modèle de ce qui est fait en Bretagne avec le programme Territ'eau (Massa et coll., 2004). Cette nouvelle méthode est actuellement en cours de développement et est testée sur trois sous bassins

versants pilotes en Bretagne. Elle comprend une partie diagnostic, pour trois grandes catégories de polluants en particulier (nitrates, phosphore et phytosanitaires) devant déboucher sur un programme d'action. Les critères d'évaluation pris en compte sont principalement d'ordre géomorphologiques (distance au cours d'eau, pente, nature du sol, drainage, présence de bandes boisées ou enherbées), mais aussi climatiques (précipitations, orages). La formation qualifiante de la méthode est réalisée par le Centre Régional de Perfectionnement de l'Ouest (Chambre d'Agriculture) sous forme de deux sessions de deux jours. Le compte rendu de l'évaluation de ce programme est prévu pour novembre 2006. Ainsi, de part les caractéristiques proches des régions Bretagne et Massif Central (sols peu perméables, bassins versants sur socle à nappe superficielle, ...), cette méthode semble tout à fait adaptée pour le territoire de la Haute Dordogne, notamment pour la partie phosphore.

- ✓ D'autre part, il semble nécessaire de calculer ce flux de phosphore théorique, à l'aide d'un logiciel, en fonction de caractéristiques physiques de l'exploitation (pente, nature du sol, teneur et saturation en phosphore, bande riveraine, conservation des sols) et des pratiques agricoles (période, dose et nature des fertilisations, nature et rendement des cultures,...) calqué sur le logiciel LoPhos (Larocque et coll., 2002), utilisé notamment au Québec pour l'étude de la baie de Fitch. Ainsi, un tel outil pourrait être utilisé par les techniciens des Chambres d'Agriculture du Limousin et de l'Auvergne de manière à localiser les sources de pollution et ainsi mener des actions prioritaires, par exemple dans le cadre du Contrat de Rivière Haute Dordogne.
- comme il a été démontré précédemment, les rejets de phosphore ayant un caractère ponctuels et étant fortement liés à la climatologie (pluie, fonte des neiges, orages), les pratiques agricoles doivent tenir compte de ce paramètre. Ainsi, il doit être proscrit l'épandage sur la neige ou quelques jours avant une pluie ou un orage annoncé par la météo, ceci passant par la mise en place de capacités de stockage des effluents plus importantes, en considérant ceux-ci comme un engrais et non un déchet. Les différents acteurs du bassin versant (Chambres d'Agriculture, DDAF, ...) doivent donc œuvrer pour cette sensibilisation et cette responsabilisation, par exemple par la réalisation de bulletins d'information distribués régulièrement aux exploitants agricoles.
- mettre en place des bandes enherbées sur les parties basses des exploitations agricoles et riveraines des cours d'eau de manière à diminuer le transfert de phosphore arrivant au cours d'eau et donc à la retenue.
- poursuivre la lutte contre la pollution diffuse en s'intéressant aux autres activités agricoles génératrices d'effluents azote et phosphore (production de lait et de viande), notamment sur les bassins versants de la Rhue et du Chavanon.
- création d'un observatoire « cyanobactéries » au niveau du bassin de la Dordogne, aux missions multiples et diverses : réaliser un diagnostic annuel de la situation en récoltant les différentes données auprès des services appropriés ainsi que les articles de presse traitant du problème ; centraliser les publications scientifiques récentes visant à optimiser les connaissances sur le sujet ; informer et sensibiliser les différents acteurs (gestionnaires, élus) notamment par la tenue de réunions sur tout le bassin, en valorisant les différentes études effectuées chaque année sur le bassin (autour de 25 pour cette année 2006).

CONCLUSION

On constate donc depuis plusieurs années une réelle prise de conscience généralisée quant aux multiples risques, sanitaires notamment, que présente le développement incontrôlé et massif de cyanobactéries. Les exemples de mortalité de chiens sur la rivière Tarn et les nombreuses fermetures de baignade ont poussé les pouvoirs publics à engager des moyens humains, techniques et financiers pour tenter de résoudre ce problème grandissant, à travers la mise en place d'une surveillance accrue et la réalisation d'études d'eutrophisation des plans d'eau.

Toutefois, les connaissances actuelles sur le sujet ne paraissent pas suffisantes dans la mesure où le déterminisme de l'apparition d'un bloom formé de clones toxiques est encore incertain, même s'il a clairement été établi que le phosphore est l'élément limitant. De plus, la récente directive européenne sur la qualité des eaux de baignade ne fixe aucun niveau d'alerte particulier ni ne normalise de technique de prélèvement et d'analyse des cyanobactéries. En effet, il apparaît également que les conditions de prélèvement et d'analyse sont prépondérantes dans l'établissement d'un diagnostic complet au niveau d'un territoire. Ainsi, il s'agit de renforcer la surveillance sur les plans d'eau potentiellement à risque en sensibilisant d'une part les différents acteurs de la gestion de l'eau mais aussi le grand public, qui est le « consommateur » de cette eau par les différents usages qu'elle permet.

Par conséquent, il doit être mené sur le bassin versant une véritable chasse au phosphore, en tentant de diminuer les diverses sources d'apports que sont l'agriculture et les systèmes d'assainissement, plutôt que d'employer des techniques curatives mal maîtrisées. Le transfert de cet élément vers les cours d'eau étant directement lié aux conditions climatiques (pluie, neige, orages), une étude des caractéristiques géomorphologiques des parcelles, ainsi que des usages qui en sont faits, doit permettre de cibler les zones prioritaires en terme d'actions à mener sur le bassin versant. Il se dégage donc que tous les usages de l'eau sont impactés (AEP, activités nautiques, pêche) sur le bassin versant de la Dordogne, avec une localisation particulière de la problématique sur la partie nord Corrèze et sud Creuse.

Les différentes études effectuées, parmi lesquelles celle de la retenue de Bort les Orgues, doivent permettre d'identifier avec précision l'origine du développement cyanobactérien, avec pour objectif l'atteinte de la bonne qualité de la masse d'eau dans le cadre de la DCE en 2015. En 2006, l'étude menée sur la retenue de Bort les Orgues n'a pas permis de mettre en évidence un bloom de cyanobactéries. Toutefois, il semble que la partie amont de la retenue soit celle qui reçoit le plus d'éléments nutritifs du bassin versant et où l'activité biologique est en effet la plus importante.

Ainsi, la seconde partie de l'étude qui se déroulera en 2007 devra permettre principalement de qualifier l'évolution spatiale du développement cyanobactérien sur la retenue de même que la part d'apports en phosphore endogène, provenant des sédiments. Une étude pédologique plus complète du bassin versant de la retenue doit également davantage renseigner sur le potentiel et la nature des transferts de phosphore.

L'objectif de ces différentes études, et en particulier de celle menée sur la retenue de Bort les Orgues, est de garantir une qualité de l'eau propice aux activités nautiques et touristiques, et au bon fonctionnement de l'écosystème aquatique, tout en améliorant nos connaissances sur les cyanobactéries.

SIGLES ET ABREVIATIONS

(FD)AAPPMA : (Fédération Départementale des) Associations Agrées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques

CEMAGREF : Centre d'Etude du Machinisme Agricole du Génie Rural et des Eaux et Forêts

CIFRE : Convention Industrielle de Formation pour la Recherche

CORPEN : Comité d'Orientation pour de Pratiques agricoles respectueuses de l'ENVironnement

C.R.H.D. : Contrat de Rivière Haute Dordogne

CRPF : Centre Régional de la Propriété Forestière

CRPO : Centre Régional de Perfectionnement de l'Ouest

D.B.O.₅ : Demande Biochimique en Oxygène sur 5 jours à 20°C

DCE : Directive Cadre Européenne

DDAF : Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt

DDASS : Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DIREN : Direction Régionale de l'ENVironnement

ECOBAG : Environnement, ECOlogie et ECONomie du Bassin Adour-Garonne

ECPP : Eaux Claires Parasites Permanentes

E.D.F. : Electricité De France

E.H. : Equivalent Habitant

EPIDOR : Etablissement Public Interdépartemental du bassin de la Dordogne

IFEN : Institut Français de l'ENVironnement

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

MAGE : Mission d'Assistance à la Gestion de l'Eau

MISE : Mission Inter Service de l'Eau

MNHN : Muséum National d'Histoire Naturelle

NH₄⁺ : ions Ammonium

NO₃⁻ : ions Nitrates

NT : azote total

pH : potentiel Hydrogène

PO₄³⁻ : ions Orthophosphates

PT : Phosphore Total

RCA : Réseau Complémentaire des Agence de l'eau

RCD : Réseaux Complémentaires Départementaux

RNB : Réseau National de Bassin

SATESE : Service d'Assistance Technique aux Exploitants de Station d'Epuration

SAU : Surface Agricole Utilisée

SEQ Eau : Système d'Evaluation de la Qualité de l'Eau

SPANC : Service Public d'Assainissement Non Collectif

S.T.E.P. : STation d'EPuration

Départements :

15 : Canal

16 : Charente

17 : Charente Maritime

19 : Corrèze

23 : Creuse

24 : Dordogne

33 : Gironde

46 : Lot

63 : Puy de Dôme

87 : Haute Vienne

BIBLIOGRAPHIE

Arrêté du 6 mai 1996 fixant les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectif.

Cann C. (1990), Le phosphore : de l'agriculture vers l'eau.

Cann C., Bordenave P., Saint-Cast P., Benoist J.C. (1999), Transfert et flux de nutriments- Importance des transports de surface et de faible profondeur.

Chambaut H., Bras A., Laurent F., Quentric O., Vertès F., Le Gall A. (2006), Maîtrise des flux d'azote et de phosphore à l'échelle de l'exploitation et incidence sur la qualité de l'eau à l'échelle du bassin versant dans les régions d'élevage intensif de l'ouest de la France.

Directive européenne 2006/7/CE (2006), Gestion de la qualité des eaux de baignade.

Dorioz J.M., Trévisan D., Vansteelant J.Y. (1997), Transferts diffus de phosphore des bassins versants agricoles vers les lacs : impacts, ordre de grandeur, mécanismes.

Dumont V., Gleyses E., Lancon A., Ducobu H. (2005), Etude des cyanobactéries dans la rivière Tarn, Rapport de la campagne 2004.

EPIDOR (2005), Contrat de Rivière Haute Dordogne, Rapport suivi qualité 2004.

EPIDOR (2003), Contrat de Rivière Haute Dordogne, Synthèse cartographique, Suivi qualité.

EPIDOR (2005), Etat des lieux de l'agriculture sur le Contrat de Rivière Haute Dordogne, Document interne.

EPIDOR (2005), Rapport d'activité.

Gascuel-Oudou C., Aquilina L., Martin C., Molénat J. (2006), Modèles hydrologiques et temps de réponse.

GAUDRIOT (2004), Etude de la valorisation agricole des boues des trois stations d'épuration de Champs-sur-Tarentaine (15).

Larocque M., Patoine M., Banton O., Rousseau A., Lafrance P. (2002), Quantification des pertes de phosphore en milieu agricole – Outil LoPhos.

Leboulanger C., Dorigo U., Jacquet S., Le Berre B., Paolini G., Humbert J.F. (2002), Application of a submersible spectrofluorometer for rapid monitoring of freshwater cyanobacterial blooms : a case study.

Leitão M., Couté A. (2005), Guide pratique des cyanobactéries planctoniques du grand ouest de la France, Agence de l'eau Seine-Normandie.

Lemercier B. (2003), La pollution par les matières phosphorés en Bretagne : sources, transferts et moyens de lutte.

Les études des agences de l'eau (1997), Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau. Plaque d'information.

Loi littorale du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, à la protection et à la mise en valeur du littoral.

Loi montagne du 9 janvier 1985 relative au développement et à la protection de la montagne.

Loi sur l'eau du 3 janvier 1992.

Massa F., Baudry J., Gascuel-Odoux C., Mérot P., Blondel R. (2004), Influence des éléments du paysage sur les transferts de l'eau et des polluants associés dans un bassin versant sur socle : bilan des connaissances applicables dans le contexte pédoclimatique breton.

Mérot P. et coll. (2006), Qualité de l'eau en milieu rural : savoirs et pratiques dans les bassins versants.

Morel J.L., Fardeau J.C. (1990), Pouvoir fixateur des sols vis-à-vis du phosphore : conséquence sur la fertilisation phosphatée.

NCA (2005), La gestion des effluents agricoles chez les producteurs fromagers sur le territoire du Contrat de Rivière Haute Dordogne.

Recensement Général Agricole (1979, 1988 et 2000).

Ruban V., Brigault S., Fournier A., Restituto F. (1999), Etude de l'eutrophisation de la retenue hydroélectrique de Bort les Orgues.

SESAER (2003), Suivi agronomique des épandages : société fromagère de Tauves Auvermont (63).

COMPLEMENT D'INFORMATION AU RAPPORT

- **Normes utilisées pour l'analyse physico-chimique des échantillons prélevés dans la retenue de Bort les Orgues (complément de la partie II.2.3.3., page 47).**

Mesure des ions NH_4^+ : norme NF T 90-015

Mesure des ions NO_3^- : norme NF EN ISO 26777

Mesure des ions PO_4^{3-} : norme NF EN 1189

Mesure du Phosphore Total : norme NF EN 1189

- **Grille OCDE (1983) permettant de déterminer le niveau trophique d'une masse d'eau (complément de la partie II.2.3.6., page 52).**

Niveau trophique	Phosphore (mg/m^3)	Chlorophylle a (mg/m^3)	Transparence (m)
OLIGOTROPHIE	< 10	< 2,5	6 - 12
MESOTROPHIE	10 - 35	2,5 - 8	3 - 6
EUTROPHIE	35 - 100	8 - 25	1,5 - 3
HYPER EUTROPHIE	> 100	> 25	< 1,5

Codes des Méthodes utilisées au laboratoire SHL

Déterminations	Méthodes	Norme AFNOR
Conductivité à 25 °C	Correction de température automatique	NFEN2788/ISO7888
Azote ammoniacal	Bleu d'indophénol	NF T90-015
Azote nitreux	Colorimétrie Diazotation	NF EN ISO 13395
Azote nitrique	Colorimétrie réduction Cd	NF EN ISO 26777
Orthophosphates	Colorimétrie Murphy et Riley (Molybdate Sb tartrate et réd. acide ascorbique)	NF EN 1189
Phosphore total	Minéralisation au peroxodisulfate en milieu acide	NF EN 1189
Carbone organique total		
(COT) détection IR	Minéralisation : Persulfate à chaud 80°C	FDT 90-102
MeST	Filtration sur filtres fibres de verre	NF EN 872

Conductivité

Mesure avec sonde.

pH

Mesure avec pHmètre

TAC

Mesure de toutes les espèces alcalines (principalement HCO_3^- et CO_3^{2-})

Par titration avec un acide (HCl) : observation de la chute de pH qui correspond au point où toutes les espèces alcalines ont réagi avec l'acide.

NH_4^+

Mesure spectrophotométrique après ajout de réactifs (phénol – nitroprussiate et une solution alcaline) → couleur bleue.

NO_3^-

Mesure colorimétrique en flux continu après réduction de nitrates en nitrites sur une colonne de cadmium et ajout de réactifs (solution acide de sulfanilamide et de N naphtyl éthylènediamine) → couleur rose.

Ptot

Minéralisation du phosphore présent dans l'échantillon en orthophosphates avec du persulfate d'ammonium et chauffage, et dosage des orthophosphates par spectrophotométrie avec ajout de réactifs (solution acide de molybdate et d'émétique) → couleur violet

MEST et MESO

Filtration sur filtre de 0.8 μm d'un volume connu et pesé du filtre après son passage à l'étuve. Le poids du résidu sur le filtre rapporté au volume filtré correspond aux MEST.

Chauffage du filtre à 500°C et pesé du filtre, la différence entre le poids du filtre à 500°C et en sortie d'étuve rapportée au volume filtré correspond aux MESO.

COD

Mesure de l'absorbance IR après oxydation chimique du carbone organique en CO_2 par l'ajout de persulfate de potassium.



EPIDOR
la rivière solidaire

EPIDOR

Etablissement Public Territorial du Bassin de la Dordogne
BP 13, 24250 Castelnau-la-Chapelle
Tél : 05.53.29.17.65
Fax : 05.53.28.29.60
Mél : epidor@eptb-dordogne.fr



www.eptb-dordogne.fr

MASTER ENVIRONNEMENT
Restauration des Milieux Aquatiques Continentaux

Thomas MONESTIER

**LA PROBLEMATIQUE CYANOBACTERIES SUR LE BASSIN
VERSANT DE LA DORDOGNE
ETUDE DE CAS : RETENUE DE BORT LES ORGUES**

ANNEXES

Octobre 2006



Responsable d'étude : Frédéric MOINOT, Responsable Antenne Haute Dordogne

Etablissement Public Territorial du bassin de la Dordogne,

Place Gambetta

BP 22

15200 MAURIAC

Tel : 04.71.68.01.94

Mél : epidor.hd@eptb-dordogne.fr

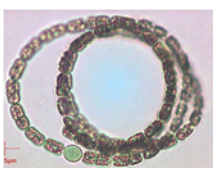
www.eptb-dordogne.fr

ANNEXE 1

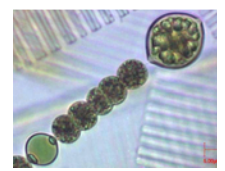
ENQUETE ENVOYEE AUX AAPPMA

GUIDE DE DETERMINATION DES CYANOBACTERIES

QUESTIONNAIRE



Anabaena sp.



Anabaena sp.

Guide de détermination

Les cyanobactéries : Qu'est-ce que c'est ?

Apparues sur notre planète il y a 3 milliards d'années, les cyanobactéries sont à l'origine de l'oxygène sur terre. Fixées ou en suspension, ces bactéries sont présentes naturellement dans tous les milieux aquatiques. Mais dans des conditions favorables, ces organismes se développent en très grand nombre (appelés blooms).

Les conditions de développement :

Les proliférations de cyanobactéries, survenant généralement en été, sont conditionnées par des paramètres environnementaux tels que :

- Milieu riche en nutriments (azote et surtout phosphore)
- Forte luminosité
- Stabilité de la colonne d'eau
- Température de l'eau ($> 20^{\circ}\text{C}$)
- ...



Retenue de Bort Les Orgues (19)

Les conséquences et la toxicité :

- Diminution de la quantité d'oxygène
- Diminution de la biodiversité des producteurs primaires
- Perturbation de la chaîne trophique et donc de la population piscicole
- Production de toxines
- ...

De part ce potentiel toxique, les cyanobactéries sont à l'origine de troubles sanitaires chez l'homme et les animaux. Ainsi, l'ensemble de ces impacts affecte tous les usages liés à l'eau (baignades, loisirs nautiques, pêche et alimentation en eau potable).

Comment les reconnaît-on :

- Visuellement surtout avec la formation d'une couche verte-bleue en surface
- Au toucher : aspect visqueux, gélatineux, parfois filamenteux
- Par une odeur vaseuse ou d'algue en décomposition

Exemple de bloom



Toutefois, en cas de doute, il est recommandé de faire appel à des techniciens de la fédération de pêche, du conseil supérieur de la pêche ou encore de la DDASS.

D'autre part, le dénombrement et l'analyse des toxines peuvent s'avérer utile. Dans ce cas il est important de contacter le laboratoire d'analyse le plus proche (voir l'annexe de la circulaire DGS/SD A n°2005-304 du 5 juillet 2005) afin d'obtenir les précisions nécessaires pour la réalisation des prélèvements (type de flacons, techniques de prélèvements, prix, ...).

Précautions à prendre :

En cas de bloom cyanobactérien avéré et selon son intensité, il convient de prendre les dispositions suivantes : éviter tout contact direct avec la peau, éviter l'abreuvement de tous les animaux, interdire les différentes activités sur le plan d'eau (loisirs nautiques, pêche, ...).

Remarque : Les méthodes de lutte curatives actuelles sont à utiliser avec précautions, il est d'ailleurs conseillé, avant toutes actions directes sur le plan d'eau, que les gestionnaires concernés prennent contact avec des spécialistes.

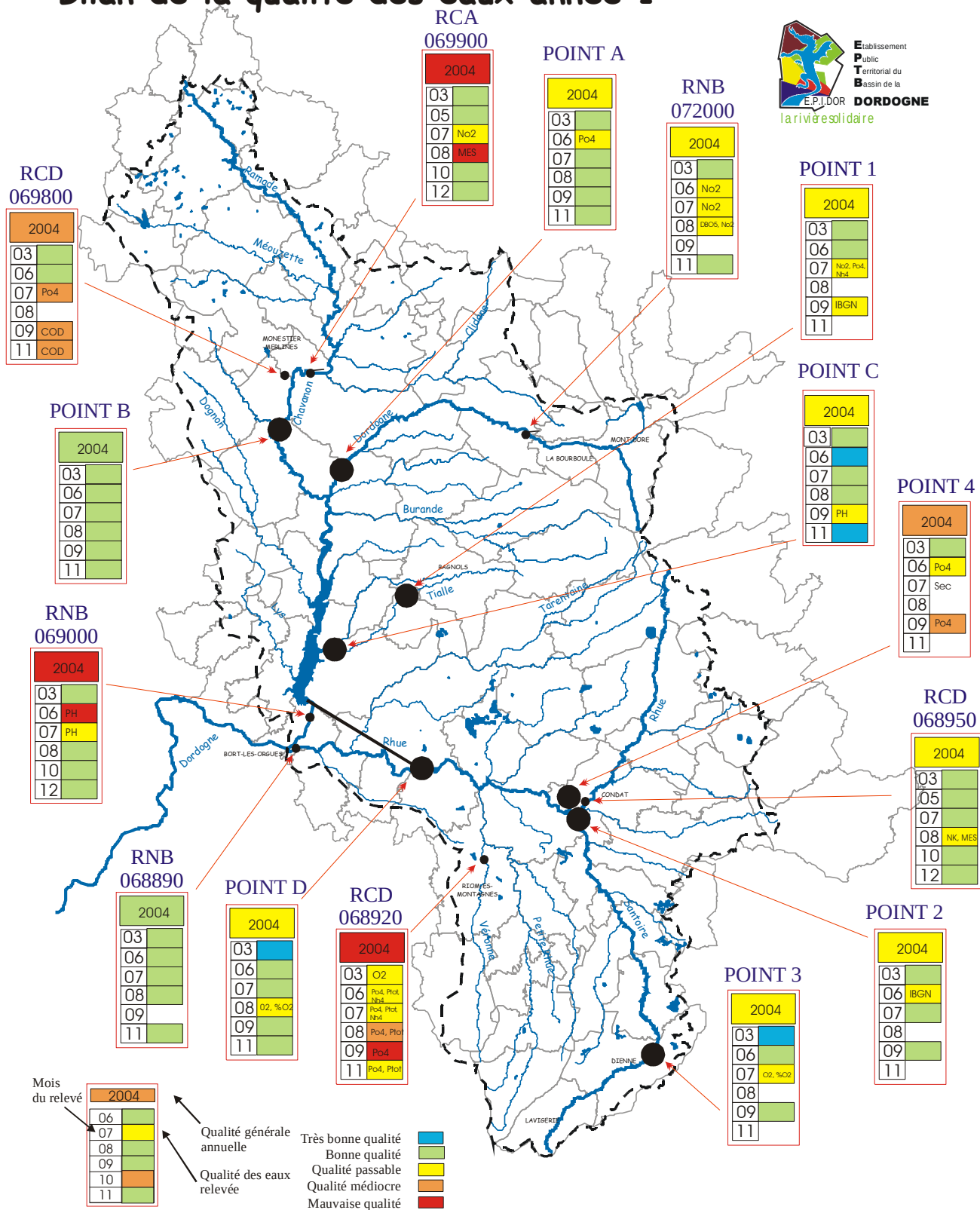
ANNEXE 2

**RESULTATS 2004,2005 ET 2006 DU SUIVI QUALITE DES AFFLUENTS
DE LA RETENUE DE BORT LES ORGUES**

Résultats 2004 du suivi de la qualité des affluents de la retenue de Bort les Orgues (Grille de couleur selon le SEQ Eau, cf. Annexe 3)

Contrat de rivière Haute Dordogne

Bilan de la qualité des eaux année 1

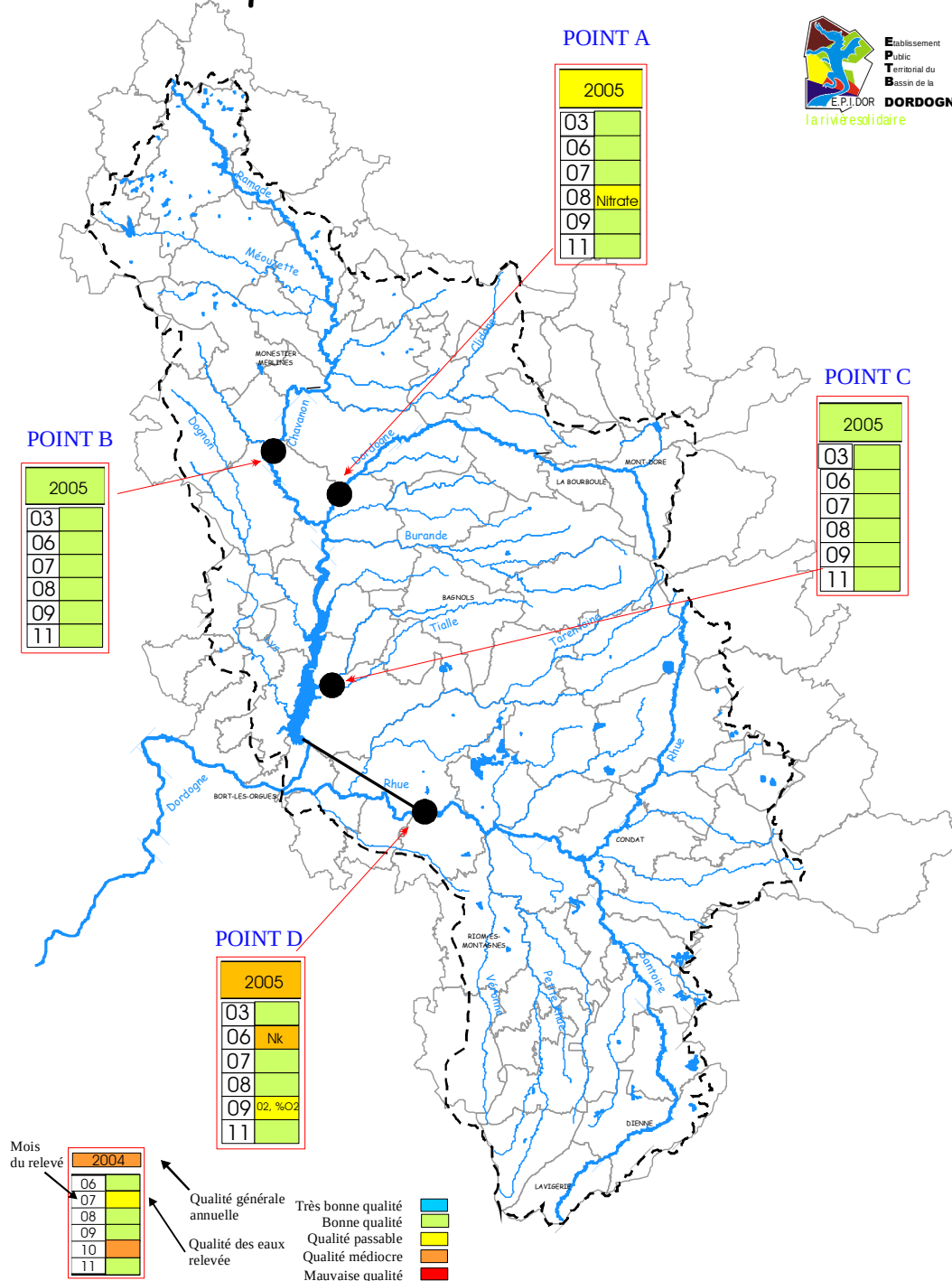


Appréciation de la qualité par le Système d'Evaluation de la Qualité (SEQ) EAU de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (SEQ EAU 32 bits, version 1.13.08.03/08/99)

Résultats 2005 du suivi de la qualité des affluents de la retenue de Bort les Orgues (Grille de couleur selon le SEQ Eau, cf. Annexe 3)

Contrat de rivière Haute Dordogne

Bilan de la qualité des eaux année 2

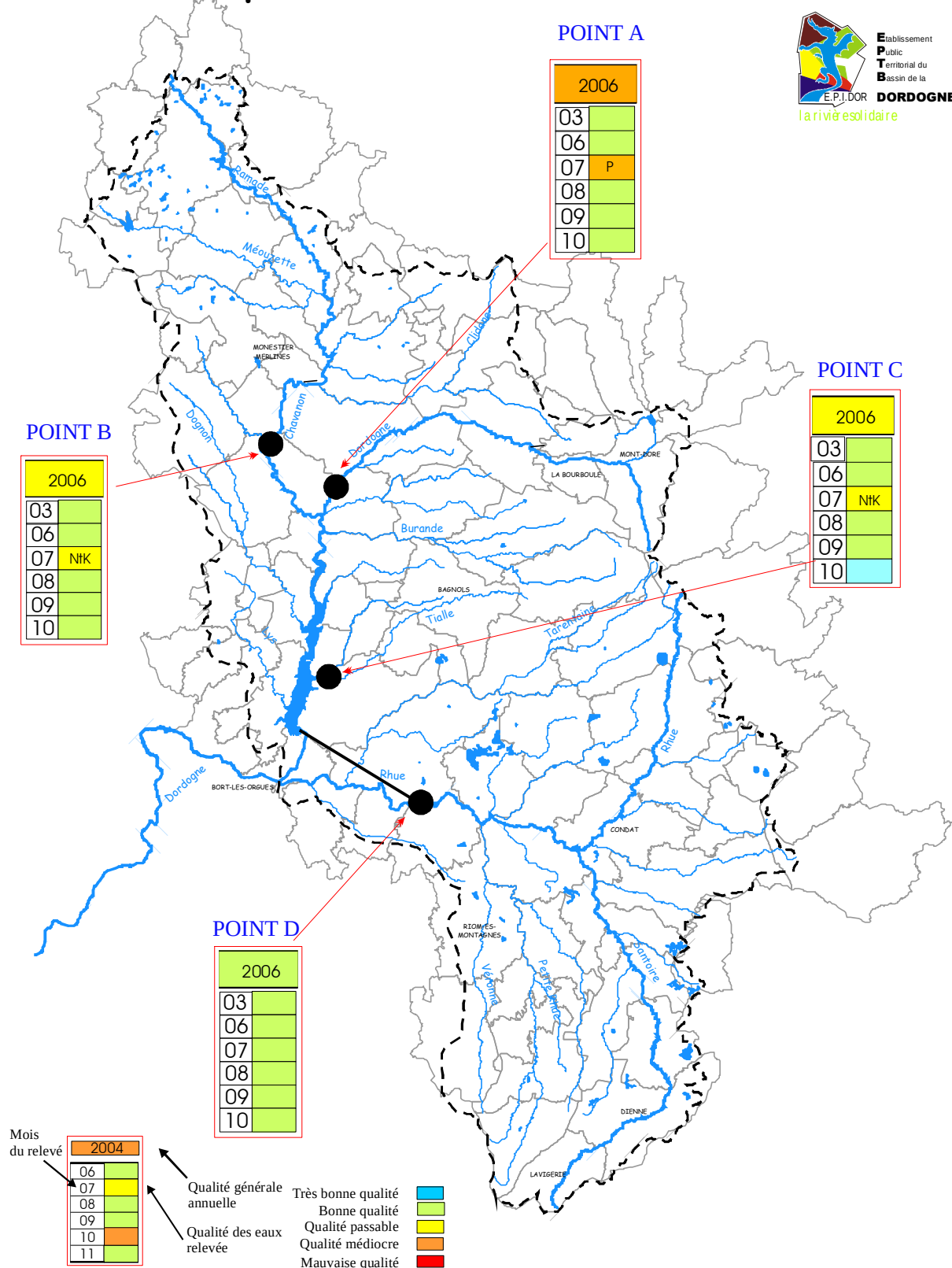


Appréciation de la qualité par le Système d'Evaluation de la Qualité (SEQ) EAU
de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (SEQ EAU 32 bits, version 1.13.08.03/08/99)

Résultats 2006 du suivi de la qualité des affluents de la retenue de Bort les Orgues (Grille de couleur selon le SEQ Eau, cf. Annexe 3)

Contrat de rivière Haute Dordogne

Bilan de la qualité des eaux année 3



Appréciation de la qualité par le Système d'Evaluation de la Qualité (SEQ) EAU de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne

ANNEXE 3

LA GRILLE DU SEQ-EAU

GRILLE DE CLASSES ET INDICES DE QUALITE DE L'EAU DES COURS D'EAU PAR ALTERATION ⁽¹⁾

Classe de qualité de l'eau		Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
Indice de qualité de l'eau		100	80	60	40	20
1 - Matières organiques et oxydables (MOOX)						
Oxygène dissous	mg/l	8	6	4	3	
Taux sat. O ₂	%	90	70	50	30	
DBO ₅	mg/l O ₂	3	6	10	25	
DCO	mg/l O ₂	20	30	40	80	
COD	mg/l C	5	7	10	15	
NH ₄ ⁺	mg/l NH ₄	0.5	1.5	2.8	4	
NKJ	mg/l N	1	2	4	6	
2 - Matières azotées (AZOT)						
NH ₄ ⁺	mg/l NH ₄	0.1	0.5	2	5	
NKJ	mg/l N	1	2	4	10	
NO ₂ ⁻	mg/l NO ₂	0.03	0.3	0.5	1	
3 - Nitrates (NITR)						
NO ₃ ⁻	mg/l NO ₃	2	10	25	50	
4 - Matières phosphorées (PHOS)						
PO ₄ ³⁻	mg/l PO ₄	0.1	0.5	1	2	
Phosphore total	mg/l P	0.05	0.2	0.5	1	
5 - Effets des proliférations végétales (EPRV)						
Chlorophylle a + phéopigments	µg/l	10	60	120	240	
Taux sat. O ₂ ⁽²⁾	%	110	130	150	200	
pH ⁽²⁾		8	8.5	9	9.5	
6 - Particules en suspension (PAES)						
MES	mg/l	2	25	38	50	
Turbidité	NTU	1	35	70	100	
Transparence Secchi	cm	600	160	130	100	
7 - Température (TEMP)						
1 ^{ère} catégorie piscicole	°C	20	21.5	25	28	
2 ^{ème} catégorie piscicole	°C	24	25.5	27	28	
8 - Acidification (ACID)						
pH	min	6.5	6.0	5.5	4.5	
	max	8.2	9.0	9.5	10.0	
9 - Minéralisation (MINE)						
Conductivité	µS/cm	180	120	60	0	
	min					
	max	2500	3000	3500	4000	
Chlorures	mg/l	50	100	150	200	
Sulfates	mg/l	60	120	190	250	
Calcium	mg/l	32	22	12	0	
	min					
	max	160	230	300	500	
Magnésium	mg/l	50	75	100	400	
Sodium	mg/l	200	225	250	750	
TAC	d°F	8	5	3	0	
	min					
	max	40	58	75	100	
Dureté	d°F	8	6	4	0	
	min					
	max	40	70	90	125	

⁽¹⁾ Extrait du Système d'Evaluation de la Qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) - MEDD & Agences de l'eau

⁽²⁾ pH et taux de saturation doivent être mesurés simultanément. Le couple de paramètres est donc évalué par l'indice et la classe de qualité le moins déclassant des deux.

BIOLOGIE					
IBGN	> = 17	16-13	12-9	8-5	< = 4

DIREN AUVERGNE

06/01/04

ANNEXE 4

TABLEAUX PRIORITES DE REHABILITATION DE L'ASSAINISSEMENT COLLECTIF ET NON COLLECTIF SUR LES COMMUNES DU POURTOUR DE LA RETENUE DE BORT LES ORGUES

Evaluation du fonctionnement global des systèmes d'assainissement non collectif par commune limitrophe de la retenue de Bort les Orgues

Commune	EH non raccordés	rang EH	entretien équipement (coefficient1) /3pts	fonctionnement équipement (coefficient 3) /3pts	capacité épuratrice sol (coefficient 5) /3pts	note globale /27pts	ordre de priorité	réhabilitation	coût (euros)
Lanobre	960	2	2	2	2	18	4	taux de 75%	1 200 000
Beaulieu	168	8	2	2	2	18	5		
Bort les Orgues	1404	1	2	2	/	/	?	certaines systèmes	
Sarroux	654	3	1	2	3	22	7		
Monestier Port Dieu	312	6	1	1	2	14	1	taux de 90%	65 000
Confolent Port Dieu	141	10	/	/	/	/	?	maintien du non collectif sur la commune	
Singles	450	5	2	1	2	15	2		
Labessette	150	9	1	2	2	17	3	pour 35 habitations sur la commune	240 000
Larodde	600	4	2	2	3	23	8	mise aux normes	200 000
Savennes	282	7	2	1	3	20	6		

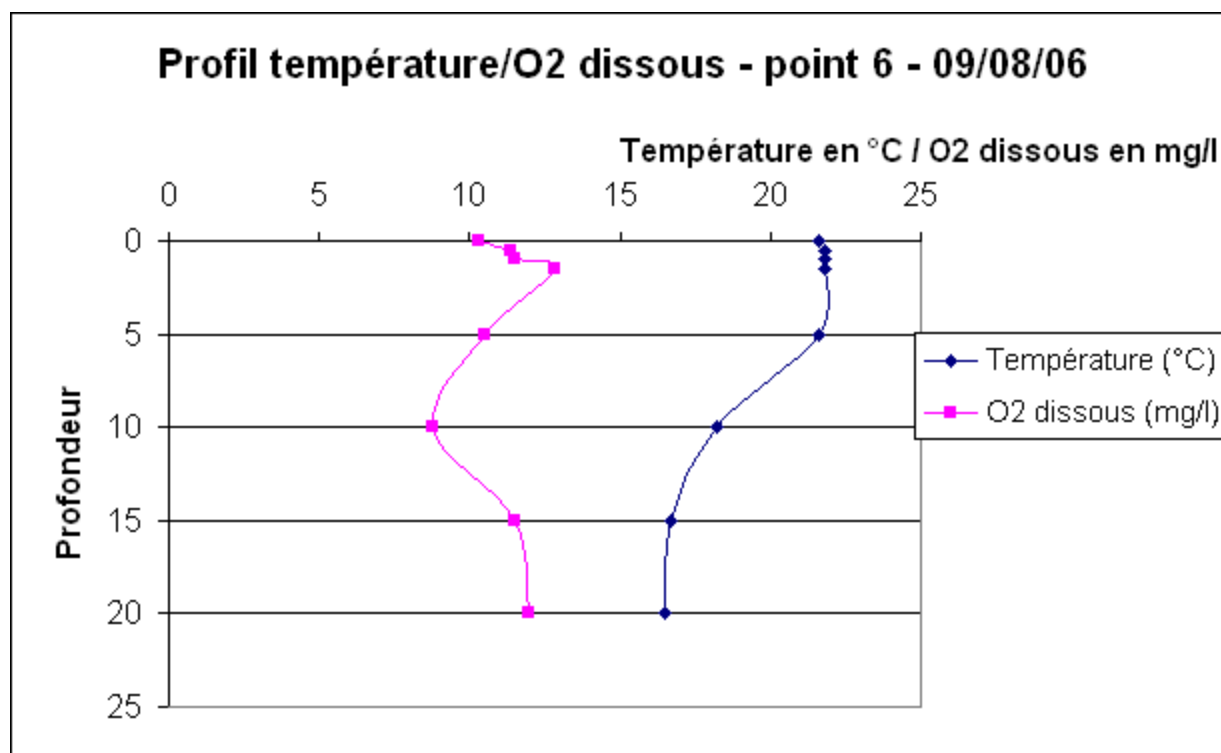
ANNEXE 5

PROFILS TEMPERATURE/O₂ DISSOUS ETABLIS SUR LE POINT 6 DE LA RETENUE DE BORT LES ORGUES

Date : 09/08/06

Heure : 9 h 45

Point :
6



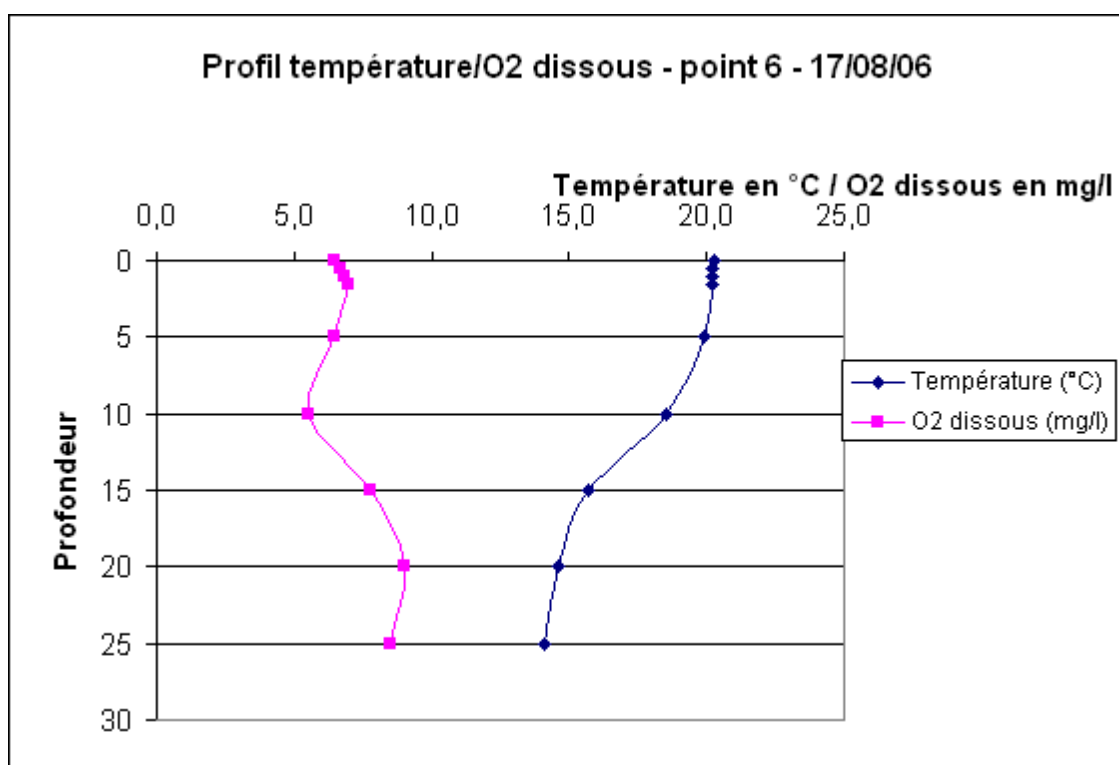
Données sources :

Profondeur (m)	Température (°C)	O2 dissous (mg/l)
0	21,6	10,3
0,5	21,8	11,4
1	21,8	11,5
1,5	21,8	12,8
5	21,6	10,5
10	18,2	8,8
15	16,7	11,5
20	16,5	12,0

Date : 17/08/06

Heure : 10 h 30

Point : 6



Données sources :

Profondeur (m)	Température (°C)	O2 dissous (mg/l)
0	20,3	6,5
0,5	20,2	6,7
1	20,2	6,8
1,5	20,2	7,0
5	19,9	6,5
10	18,5	5,5
15	15,7	7,8
20	14,6	9,0
25	14,1	8,5

ANNEXE 6

**FEUILLE D'OBSERVATION QUOTIDIENNE DE LA RETENUE DE BORT LES
ORGUES PAR LES SURVEILLANTS DE BAIGNADE**

Fiche d'observation quotidienne de la retenue de Bort les Orgues - plage du Château de Val

Date	Heure	CONDITIONS MÉTÉO					EAU					Observations (poissons morts, plaintes, ...)	
		Température	Pluie	Vent		Météo	Température	Transparence	Couleur	Odeurs	Ecume en surface		
				Intensité	Direction								

Pluie : oui / non ou quantité en mm
 Intensité du vent : fort / faible / nulle
 Direction du vent : ex. SE...
 Météo : S (soleil), N (nuage), A (averse), O (orage)
 Transparence (disque de Secchi)
 Couleur : oui / non (préciser la couleur dans les observations)
 Odeurs : oui / non (préciser dans les observations : odeur d'hydrocarbure, de chlore...)

ANNEXE 7

GRILLE OCDE PERMETTANT DE DETERMINER LE NIVEAU TROPHIQUE D'UNE MASSE D'EAU (1983)

Niveau trophique	Phosphore (mg/m ³)	Chlorophylle a (mg/m ³)	Transparence (m)
OLIGOTROPHIE	< 10	< 2,5	6 - 12
MESOTROPHIE	10 - 35	2,5 - 8	3 - 6
EUTROPHIE	35 - 100	8 - 25	1,5 - 3
HYPER EUTROPHIE	> 100	> 25	< 1,5



EPIDOR
la rivière solidaire

EPIDOR

Etablissement Public Territorial du Bassin de la Dordogne
BP 13, 24250 Castelnau-la-Chapelle
Tél : 05.53.29.17.65
Fax : 05.53.28.29.60
Mél : epidor@eptb-dordogne.fr



www.eptb-dordogne.fr