

Laboulle Hervé,  
17 Lorioux 23160 Saint Germain Beaupré, France,  
05.55.63.02.26,  
[hervelaboulle@voila.fr](mailto:hervelaboulle@voila.fr)

**LE LAC DU BOURG-D'HEM (FRANCE, LIMOUSIN, CREUSE) :  
FONCTIONNEMENT DANS LES CONDITIONS NORMALES (HORS BLOOM  
DE CYANOBACTERIES).**

**STUDY OF THE LAKE OF BOURG-D'HEM (FRANCE, LIMOUSIN,  
CREUSE) : FUNCTIONING IN NORMAL CONDITIONS (APART FROM  
CYANOBACTERIA BLOOM).**

## RESUME

Le lac du Bourg-d'Hem (Creuse, France) est, de manière aléatoire, l'objet d'un développement important de Cyanobactéries durant l'été. Ces développements de Cyanobactéries entraînant des interdictions de baignade, la Mairie du Bourg-d'Hem a demandé une étude afin de comprendre l'origine de ce phénomène.

L'étude prévoyait sur l'année 2010, trois campagnes de mesures et de prélèvements d'eau : une en hiver, une deuxième en fin de printemps et une troisième au cours d'un bloom de Cyanobactéries en été. Chaque campagne portait sur le lac lui-même, mais aussi sur les trois principaux tributaires. Les paramètres physico-chimiques mesurés sont l'oxygène, la température, la conductivité et le pH. Les prélèvements d'eau permettent de mesurer en laboratoire la quantité totale de matière en suspension ainsi que les proportions de matières organiques et minérales.

La campagne d'hiver a révélé une situation très classique pour les eaux d'un lac, c'est-à-dire une homogénéité totale de l'amont à l'aval et de la surface jusqu'au fond.

Par contre, la campagne de fin de printemps a montré une situation différente de celle attendue, c'est-à-dire qu'il n'y a pas vraiment de thermocline. De plus, comme cette année là, il n'y a pas eu de développement de Cyanobactéries, cette campagne a été remplacée par deux campagnes de mesures afin de préciser les conditions de la situation particulière révélée par la campagne de fin de printemps. Le lac présente une caractéristique qui va conditionner son état en été. En effet, les eaux du principal tributaire ne se mélangent pas avec celles du lac. Elles circulent en profondeur de l'amont à l'aval. Le compartiment aquatique qui se trouve au dessus est constitué d'eau stagnante avec un temps de renouvellement très long. Les apports du bassin versant sont négligeables à nuls à cette saison. Les matières organiques mortes qui sédimentent sont piégées par le compartiment circulant du fond. Le compartiment stagnant devient ainsi oligotrophe, ce qui se traduit par une augmentation de la transparence de l'eau. Cet état oligotrophe n'est pas favorable aux Cyanobactéries. Il faut donc un changement important de l'état du lac pour que les Cyanobactéries puissent se développer en aussi grande quantité.

**ABSTRACT :**

In the lake of le Bourg-d'Hem (Creuse, France), in the summer, a large number of Cyanobacterias develop in a random fashion. This phenomenon leads to the swimming bans, therefore the local authorities of le Bourg-d'Hem have asked for studies to be carried out so as to understand the origin of it.

The study was to be carried as follows : throughout the year 2010, three campaigns of measuring and sampling of water. One in the winter, a second one at the end of spring, and a third one during the summer, when the development of these bacterias is at its peak. Each campaign focused on the lake itself, as well as on its three main tributaries.

The physico-chemical parameters measured were : the level of oxygen, the temperature, the conductivity and the pH. The samples of water analysed in a laboratory were to show the total amount of matter in suspension as well as the proportions of mineral and organic matters.

The winter campaign revealed a very common situation in the waters of a lake, i.e. a total homogeneity from upstream to downstream and from the surface down to the bottom.

On the contrary, the spring campaign showed a situation different from the one expected, that is to say there is not really any thermocline. Moreover, given the fact that, that very year, no Cyanobacterias developed, that campaign was replaced by two other campaigns aimed at giving more details concerning the peculiar situation that the spring campaign had revealed. The lake has a characteristic that conditions its summer situation : indeed, the waters from the main tributary do not mix with the waters from the lake. They move in depth from upstream down. The aquatic compartment which above this stream is composed of stagnant waters which take a long time to renew. What the drainage basin brings in is close to nill at that time of year. The dead organic matter which sediment are trapped by the moving waters at the bottom of the lake. The stagnant compartment becomes oligotrophic, the consequence of which is an increase in the water transparency. This oligotrophic state is not favourable to Cyanobacterias. A tremendous change in the lake has to take place for the Cyanobacterias to be able to develop in such a large scale.

**MOTS CLES : chimiocline, Cyanobactéries, séparation thermique, oligotrophie.**

**KEY WORDS : chemocline, cyanobacteria, thermal separation, oligotrophy.**

## **INTRODUCTION**

Le lac du Bourg-d'Hem a été créé en 1981 par la construction d'un barrage sur la Creuse. Ce lac est aménagé pour la baignade en été. Il fait donc l'objet d'un suivi sanitaire tout au long de cette période afin de garantir une eau de baignade de bonne qualité. Les prélèvements d'eau effectués à intervalles d'environ dix jours font l'objet d'un comptage de Bactéries et de Cyanobactéries. Si les concentrations cellulaires dépassent certains seuils, la baignade fait l'objet de restrictions, voire d'interdictions. Depuis une quinzaine d'années, ce sont les Cyanobactéries qui posent problème. En 2009, deux interdictions de baignade de dix jours chacune ont été imposées suite à des taux élevés en Cyanobactéries.

Suite à cette saison 2009, la Mairie du Bourg-d'Hem a souhaité qu'une étude soit menée afin de comprendre l'origine de ce phénomène, en espérant pouvoir y remédier. L'étude du lac du Bourg-d'Hem a été réalisée en 2010. Elle avait pour but de vérifier le fonctionnement normal du lac, puis de déterminer les conditions physico-chimiques lors d'un développement de Cyanobactéries.

### **1. MATERIELS ET METHODES**

L'étude comporte trois campagnes de mesures et prélèvements sur le terrain. La campagne d'hiver et celle de fin de printemps devaient préciser les conditions normales du lac en hiver et en été. Ces conditions étant celles décrites classiquement dans les ouvrages d'écologie générale (DUPUIS-TATE, 2004 ; DUVIGNEAUD, 1985 et FAURIE et al, 2011) ou plus précisément d'hydrobiologie (ARRIGNON, 1985).

La troisième campagne devait être réalisée à l'occasion d'un bloom de Cyanobactéries afin de voir les changements physico-chimiques par rapport à une situation normale. Les changements constatés pouvant permettre de comprendre ce qui se passe pour que les conditions deviennent favorables aux Cyanobactéries.

Pour chaque campagne, le protocole de mesures et de prélèvements est le même. Des stations fixes de prélèvements et de mesures ont été établies sur le lac, mais aussi sur les principaux tributaires. De cette manière, la comparaison des valeurs obtenues sur les tributaires et le lac permet d'apprécier à la fois les apports et la contribution des tributaires aux caractéristiques du lac, mais aussi éventuellement une individualisation d'une partie du lac par rapport à ces propres tributaires. Les quatre stations du lac sont numérotées de 1 à 4 dans le sens amont aval, il a été adjoint au chiffre une lettre correspondant au village le plus proche. Sur les tributaires principaux au nombre de trois, cinq stations ont été définies. Une station sur le tributaire principal : la Creuse, son cours est régulier ainsi que sa pente, puisqu'elle a entaillé le plateau depuis longtemps, d'où son nom (la Creuse). Pour les deux autres tributaires, ils prennent naissance sur le plateau (pente faible) puis leur écoulement devient tumultueux (pente forte) lorsqu'ils atteignent la vallée de la Creuse. Il a donc été considéré deux stations : une sur le plateau et l'autre sur la pente. Ce qui donne le codage suivant :

CMG : Creuse au niveau du Moulin de Guévigneau

BPla : Ruisseau de Besse plateau

BPen : Ruisseau de Besse pente

CPla : Ruisseau de Combrant plateau

CPen : Ruisseau de Combrant pente

Voir carte des stations. (Fig.1)

### **1.1 Prélèvements d'eau**

A chaque station, un volume d'eau de deux litres d'eau est prélevé. Sur les cours d'eau, le prélèvement se fait dans le courant à la surface. Sur le lac, un prélèvement est réalisé en surface et un autre à une profondeur correspondant à 40% de la hauteur d'eau (par bouteille à prélèvement vertical de chez WildCo). Les prélèvements sont aussitôt placés dans une glacière avec pains de glace, à une température d'environ 5°C.

Le lendemain matin, ils sont analysés dans le laboratoire de l'Office International de l'Eau de La Souterraine. Cette analyse consiste à déterminer les matières en suspension (MES), puis d'en établir la fraction organique (MO) et la fraction minérale (MM). (Filtration sous vide sur filtre Mes type GF/C Whatman en fibre de verre, précalciné par l'OIEau pour les MVS)

## **1.2 Mesure de paramètres**

Quatre paramètres physico-chimiques sont mesurés : la température, la quantité d'oxygène, le pH et la conductivité. Ces mesures sont réalisées par des sondes prêtées par l'Office International de l'Eau de La Souterraine qui en assure la métrologie.

Dans le détail, il y a trois sondes, une à oxygène, une à pH et une à conductivité. Chaque sonde donne en plus la température (ce qui explique la structure des tableaux de mesure de ces paramètres : pour chaque paramètre, en plus de sa valeur, est donnée la température mesurée par la sonde correspondant au paramètre). Enfin, la sonde à oxygène fournit deux valeurs : la concentration (en mg/L) et le pourcentage. (Multiparamètre WTM type Multiline P4 avec sonde O<sub>2</sub> type cellox 325, conducti type TetraCon325, pH type Sentix 41)

Sur les cours d'eau, les mesures sont faites directement dans le courant en surface. Sur le lac, les mesures sont effectuées depuis la surface jusqu'au fond tous les mètres. A part pour la surface où les mesures sont réalisées in situ, dès 1 mètre de profondeur, l'eau est remontée grâce à une bouteille de prélèvement de deux litres avec fermeture commandée depuis la surface par l'envoi d'un message. (Bouteille à prélèvement vertical de chez WildCo)

Un autre paramètre est mesuré seulement dans le lac : la transparence de l'eau grâce à un disque de Secchi lui aussi prêté par l'Office International de l'Eau de La Souterraine. (Conception OIEau, selon modèle officiel, fabriqué par l'entreprise Cotet, La Souterraine, France)

## **2. RESULTATS**

### **2.1 Campagne d'hiver (24 février et 3 mars 2010)**

Nous passerons vite sur la campagne d'hiver, car les résultats sont très classiques.

#### **2.1.1 Matières en suspension**

Les matières en suspension montrent qu'une partie de l'apport des tributaires sédimente dans le lac au cours du transit de l'eau. (MALEVAL V, 2002)

#### **2.1.2 Paramètres physico-chimiques**

Au niveau des paramètres, une homogénéité totale du lac (de l'amont à l'aval et de la surface jusqu'au fond) est mise en évidence.

Par contre, la campagne de fin de printemps est beaucoup plus intéressante car originale, surtout du point de vue des paramètres.

### **2.2 Campagne de fin de printemps (20 et 23 juin 2010)**

#### **2.2.1 Les matières en suspension**

##### **2.2.1.1 Dans les cours d'eau (voir tableaux 1 et 2)**

La station Creuse (CMG) se distingue des quatre autres en ayant à la fois la plus petite quantité de matière en suspension et le plus fort taux de matière minérale (90%). Cela pouvant s'expliquer par la présence du barrage des Chézelles (500m en amont). En effet, dans le lac des Chézelles, il peut y avoir une dégradation bactérienne des matières organiques (baisse des MES en général) et sédimentation des matières minérales (enrichissement relatif). Pour les quatre autres stations, les résultats sont semblables si l'on considère la partie plateau et la partie pente. La quantité de MES est toujours plus importante dans la partie pente. De plus, la fraction minérale est aussi toujours plus importante dans la pente. L'explication peut être que le prélèvement d'eau se faisant en surface, une partie des MES suffisamment lourde pour sédimenter, mais suffisamment légère pour ne pas se déposer, échappe au prélèvement dans la partie plateau (on pourra parler dans ce cas de MES roulante). Par contre, dans la partie pente, avec l'augmentation de la vitesse du courant, ces MES roulantes sont remises en suspension et sont donc prélevées. La fraction minérale étant plus dense que la fraction organique, ce phénomène de sédimentation affecte davantage la fraction minérale, ce qui expliquerait « l'enrichissement » en matière minérale des prélèvements faits dans la pente.

##### **2.2.1.2 Sur le lac (voir tableaux 3 et 4)**

En comparant à chaque station, le prélèvement de surface avec celui de profondeur, on retrouve quelque chose de semblable à ce qui a été observé sur les cours d'eau entre le plateau et la pente. C'est-à-dire une augmentation des MES de la surface vers la profondeur avec en plus un enrichissement en matière minérale (à part la station 3G, où il y a bien augmentation générale des

MES avec la profondeur, mais qualitativement ce sont les matières organiques qui augmentent et même si la quantité de matière minérale augmente, son pourcentage baisse légèrement de la surface vers la profondeur). Dans le cas du lac, c'est à la fois la sédimentation et la dégradation des matières organiques qui pourraient expliquer le constat ci-dessus (CHAISEMARTIN C et al, 1988). De plus, cela serait concordant avec les résultats obtenus sur la Creuse (CMG) par rapport au lac des Chézelles en amont qui subirait le même sort vis-à-vis de ses MES que ce que l'on constate sur le lac du Bourg-d'Hem.

## **2.2.2 Les paramètres physico-chimiques**

### **2.2.2.1 Dans les cours d'eau (voir tableau 5)**

La température :

Remarquons d'abord la grande précision de mesure de la température d'une sonde à l'autre, le maximum de différence est de 0,2°C seulement.

Entre la Creuse et le ruisseau de Besse, la température est homogène : 14,1°C (+ ou - 0,2°C). Elle est légèrement plus basse sur le ruisseau de Combrant : 13,2°C (+ ou - 0,3°C). Cette légère différence de température peut s'expliquer par le couvert végétal qui est davantage boisé sur le bassin versant du ruisseau de Combrant que sur les deux autres (Besse et Creuse). Cela se retrouve sur le ruisseau de Combrant lui-même, la partie plateau, moins boisée que la partie pente, présente une température légèrement plus élevée (0,5°C) que sur la partie pente.

L'oxygène :

Considéré en pourcentages, l'oxygène montre des valeurs toutes élevées, celles des pentes étant même à saturation par agitation de l'eau.

Le pH :

Toujours proche de la neutralité présente quatre valeurs légèrement basique, alors que nous sommes en contexte cristallin. Cela peut s'expliquer à la fois par la photosynthèse et par des eaux faiblement tamponnées.

La conductivité :

Elle est assez homogène dans l'ensemble avec toutefois un léger gradient de conductivité croissante dans le sens Creuse, ruisseau de Besse, ruisseau de Combrant.

### **2.2.2.2 Sur le lac (voir tableaux 6, 7, 8 et 9)**

La température :

Au fur et à mesure de la journée (St1S, 8h15 à St4A, 14h30), la différence de température entre la surface et le fond augmente : 0,4°C à la station 1S, jusqu'à près de 4°C à la station 4A. Globalement, la température diminue de la surface vers le fond sans qu'il y ait réellement une thermocline. En sachant que les trois semaines précédant les mesures ont été particulièrement pluvieuses, on peut penser que l'éclairement a été insuffisant pour qu'une thermocline s'installe.

L'oxygène :

Toutes les valeurs de surface sont à saturation ou très proches. Ensuite, dès 1m de profondeur, le pourcentage d'oxygène chute de 20%. Puis la baisse se poursuit vers le fond, mais de manière beaucoup plus lente. Les fortes valeurs de surface correspondent à l'activité photosynthétique du phytoplancton.

Le pH :

Il est toujours légèrement basique en surface, puis devient légèrement acide dès 1 ou 2m de profondeur. Ensuite, l'acidité augmente lentement jusqu'au fond sauf pour la station 4A où le pH se rapproche de la neutralité à partir de 11m et jusqu'au fond : 16m). La légère acidité est conforme à la présence de roches cristallines. Le pH légèrement basique de surface correspond à l'activité photosynthétique du phytoplancton.

La conductivité :

Sur les quatre stations et de la surface jusqu'au fond, la conductivité est partout la même : 88 $\mu$ S/cm (à part six valeurs légèrement plus forte ou plus faible).

Analyse des quatre paramètres

La conductivité étant partout la même, montre que le lac est encore dans une situation homogène telle que celle de l'hiver. Cependant on observe une légère augmentation de la température en surface due à une période d'ensoleillement journalière assez longue (solstice d'été). La photosynthèse du phytoplancton en surface se manifeste par des concentrations en oxygène plus importantes, ainsi qu'un pH légèrement basique. Il semble donc que l'on assiste en ce 23 juin à la transition entre la situation d'hiver et celle d'été. Il a été dit plus haut que les trois semaines précédentes ont été particulièrement pluvieuses et relativement froide. Il est donc possible que la transition se fasse normalement avant (en mai par exemple) et que la situation particulière du mois de juin 2010 a fait que l'on est revenu à une situation d'hiver (homogénéité totale).

Transparence (tableau 10)

Sur l'ensemble du lac, la transparence est de 0,75 à 0,90m. Ces valeurs sont faibles, mais conformes à ce que l'on observe sur les lacs du Limousin.

Résumé de la campagne d'été :

La situation du lac au 23 juin semble conforme à ce qui est connu du fonctionnement d'un lac en été :

- les sédiments apportés par les cours d'eau se déposent dans le lac du fait de l'annulation de la vitesse du courant. Les matières minérales sédimentant plus vite que les matières organiques
- les paramètres physico-chimiques montrent une transition vers une stratification du lac
- la transparence est classique pour un lac du Limousin.

C'est justement cette situation de transition qui nous a conduit à refaire une campagne de mesures à la mi-juillet pour voir quelle était la situation bien établie du lac en été. Cette campagne a été réalisée le 13 juillet 2010.

### **2.3 Campagne de mesure du 13 juillet 2010**

Cette campagne a été allégée d'abord en supprimant les prélèvements d'eau pour l'étude des MES, car nous allions observer le même phénomène qu'au 23 juin. Les mesures physico-chimiques sur les cours d'eau ont été faites seulement sur la Creuse. Tout simplement parce que le ruisseau de Combrant est tari à cette époque de l'année, ensuite même si le ruisseau de Besse coule encore, son débit a bien baissé, ce qui fait que l'on peut considérer la Creuse comme étant le seul apport au lac du Bourg-d'Hem. Enfin, sur le lac lui-même, n'ont été conservées que deux stations de mesure sur les quatre, les stations 2B et 3G.

#### **2.3.1 Mesures physico-chimiques sur la Creuse (voir tableau 11)**

L'oxygénation est correcte (supérieure à 80%), le pH est à la neutralité, la température est de 22°C et la conductivité est de 95µS/cm. Il faut surtout remarquer la hausse importante de température (8°C) en trois semaines depuis le 20 juin (14°C).

#### **2.3.2 Mesures physico-chimiques sur le lac (voir tableaux 12 et 13)**

La surface est très nettement marquée par la photosynthèse : sursaturation importante en oxygène (165%), pH très basique ( $\approx 10$ ). Là aussi, la hausse de température est importante (10°C) par rapport à la situation trois semaines auparavant (15°C). Quant à la conductivité, elle se démarque aussi de la situation de juin en étant plus importante en surface (104µS/cm) qu'en profondeur (96µS/cm).

Par contre la transparence est faible : 55cm. (voir tableau 14)

Résumé de la campagne du 13 juillet.

Cette fois-ci, nous avons une très grande différence entre la surface (165% d'oxygène, pH $\approx$ 10, conductivité 104 $\mu$ S/cm) et la zone sous-jacente (75% d'oxygène, pH $\approx$ 8, conductivité 95 $\mu$ S/cm), sans pour autant parler d'une thermocline, car il y a à peine 3°C d'écart de température entre la surface et le fond (7 et 9m). La séparation des deux zones se trouve entre 1 et 2m, les différences étant plus chimiques que thermiques, on parlera plutôt d'une chimiocline. Cette stratification chimique nous a amené à se poser la question de la structure verticale vers les berges. Une autre campagne de mesures a donc été réalisée une semaine plus tard : le 20 juillet 2010.

#### **2.4 Campagne de mesure du 20 juillet 2010.**

Cette nouvelle campagne de mesures a été réalisée sur le modèle de celle du 13 juillet, avec cependant une différence sur le lac : une seule station est prise en compte (station 2B), mais avec trois points de mesures : un au milieu de la distance entre les deux berges (comme cela a été le cas pour toutes les stations), un sur la rive gauche et un sur la rive droite. Les deux points de mesures sur les rives ont été pris de telle sorte que la profondeur soit de 4m.

##### **2.4.1 Mesures physico-chimiques sur la Creuse (voir tableau15)**

Les valeurs sont très proches de celles du 13 juillet. On peut dire qu'il n'y a pas de différences significatives.

##### **2.4.2 Mesures physico-chimiques sur le lac (voir tableaux 16 à 18)**

Par contre sur le lac, les valeurs sont très différentes de celles obtenues le 13 juillet, tout du moins celles de surface. Visiblement la photosynthèse est moins active le 20 juillet (102% d'oxygène et pH = 8) que le 13 juillet (165% d'oxygène, pH $\approx$ 10). Cela semble avoir une incidence sur la conductivité (94 $\mu$ S/cm le 20 juillet et 104 $\mu$ S/cm le 13 juillet). Ces résultats coïncident avec la transparence (55cm le 13 juillet et 80cm le 20 juillet : tableau 19). La faible transparence du 13 juillet peut correspondre à une forte concentration du phytoplancton d'où une forte photosynthèse (forte valeur d'oxygène et de pH, l'augmentation de conductivité pouvant être liée au taux élevé d'ions OH<sup>-</sup>). Au contraire, la plus forte transparence du 20 juillet correspondrait à une plus faible concentration du phytoplancton donc une plus faible photosynthèse (relatives faibles valeurs d'oxygène, pH et conductivité).

Par contre, en profondeur sous 2m, on retrouve des valeurs de même ordre de grandeur que celles obtenues le 13 juillet, et cela d'autant plus que l'on se rapproche du fond. Cela confirme ce qui a déjà été constaté lors de la campagne de juin : verticalement le lac est constitué de deux compartiments séparés par une chimiocline (plutôt qu'une thermocline).

Quant aux deux rives, on retrouve cette même structure de deux compartiments superposés. C'est donc une structure qui concerne l'ensemble du lac.

### **3. SYNTHÈSE DE LA SITUATION DU LAC EN ÉTÉ**

En hiver, le lac est homogène de l'amont à l'aval et de la surface au fond. Au cours du printemps et suivant la météorologie, les eaux de surface s'échauffent, la photosynthèse du phytoplancton devient de plus en plus importante. Ainsi, la couche de surface (0 à 1m ou 1,50m) s'individualise de la couche plus profonde par des caractéristiques liées à l'ensoleillement et à la photosynthèse : plus forte température, fortes valeurs d'oxygène, augmentation du pH et de la conductivité. Ce phénomène est classique pour un lac. En revanche, la couche profonde devrait être beaucoup plus froide, désoxygénée et d'un pH plutôt acide. Dans ce cas, la limite entre les deux couches est caractérisée par une chute importante de la température, si bien que cette limite est appelée thermocline.

Dans le cas du lac du Bourg-d'Hem, ce n'est pas du tout le cas : la couche profonde présente plus de différences chimiques avec la couche superficielle que de différence de température. La limite sera donc appelée une chimiocline. Il faut donc trouver une explication à ce phénomène particulier.

La première observation que l'on peut faire est la comparaison des valeurs physico-chimiques de la Creuse le 20 juin 2010 avec les mêmes valeurs du lac le 23 juin 2010. Plus précisément en considérant la conductivité, on a  $87\mu\text{S}/\text{cm}$  sur la Creuse et  $88\mu\text{S}/\text{cm}$  trois jours plus tard sur l'ensemble du lac. Ce qui montre qu'à cette époque, on a encore un mélange total des eaux du lac de l'amont à l'aval et de la surface au fond. Par contre, l'oxygène, la température et le pH montre un début d'individualisation de la couche superficielle du lac par rapport au fond et à la Creuse. Plus particulièrement pour la température du fond du lac, on remarque qu'elle se rapproche de celle de la Creuse. La comparaison est encore plus troublante le 13 et le 20 juillet : la conductivité de surface est soit supérieure (le 13 juillet), soit inférieure (20 juillet) à celle de la couche profonde (dès 2m). Par contre la valeur de fond est très proche, voire identique à celle de la Creuse. De plus, la température baisse régulièrement dans le lac de la surface vers le fond, la température du fond étant très proche voire identique à celle de la Creuse. Il en va de même pour le pH le 13 juillet qui est proche de 10 en surface et qui atteint 7,14 et 6,97 respectivement sur le fond des stations 2B et 3G, alors que le pH de la Creuse est de 6,99. En résumé, sur le fond du lac, les valeurs de température, de pH et de conductivité sont une signature des eaux de la Creuse. Donc cela veut dire que la Creuse s'écoule en profondeur et probablement dans son ancien lit. Il reste à expliquer ce phénomène. Lorsque les eaux

de la Creuse arrive dans le lac du Bourg-d'Hem, les eaux de surface du lac sont plus chaudes que celles de la Creuse. Or une eau « froide » a une densité plus élevée qu'une eau « chaude ». Donc par différence de densité, les eaux de la Creuse s'enfoncent sous la couche superficielle du lac. A toutes les stations du lac, on constate un gradient de température entre la surface (chaude) et le fond (froid), donc au fur et à mesure que les eaux s'enfoncent en profondeur, elles ont toujours au dessus d'elles une eau plus chaude qui les conduit à s'écouler toujours plus sur le fond du lac. Ce modèle va avoir un certain nombre de conséquences.

D'abord, entre la surface et le fond, les paramètres ont des valeurs très différentes. Comme il n'y a pas de réelle thermocline, il va s'établir entre la surface et le fond des gradients pour chaque paramètre, exceptée la conductivité. L'oxygène baisse sur le fond par rapport à sa valeur dans la Creuse car n'étant plus en contact avec l'atmosphère, il n'y a plus de brassage eau-air, de plus la décomposition de matière organique dans les eaux de fond va consommer de l'oxygène.

Ensuite, on doit donc considérer verticalement trois compartiments : la surface (caractérisée par la photosynthèse), le fond avec circulation des eaux de la Creuse (caractérisée par la respiration) et entre les deux, une zone moyenne (caractérisée par des gradients et par la respiration) voir Fig.2.

Enfin, avec ce modèle, le temps de séjour de l'eau est très variable suivant deux zones différentes. En effet si on calcule un temps de séjour moyen comme on le fait en tenant compte du volume du lac et du débit des tributaires, le résultat est suivant le débit de la Creuse, de quelques jours à deux semaines. Par contre, en tenant compte du modèle établi, concernant ce même temps de séjour, on doit considérer deux zones. Si on calcule le temps de séjour pour les eaux de profondeur, c'est-à-dire les eaux de la Creuse qui s'écoulent sur le fond, ce temps est de quelques heures au maximum. Par contre, si l'on considère tout le volume d'eau qui est au dessus, c'est-à-dire le compartiment de surface et le compartiment intermédiaire, comme il n'y a pas d'apport (tous les ruisseaux sont taris), ni d'export (l'exutoire se trouve au pied du barrage), le temps de séjour est de plusieurs semaines à plusieurs mois. On a donc deux temps de séjour réels qui sont très différents l'un de l'autre et tous les deux très éloignés dans un sens comme dans l'autre du temps de séjour moyen.

Il résulte de ce modèle et de ses conséquences, que l'on doit considérer le fonctionnement du lac différemment de ce que l'on peut avoir classiquement dans un lac. En effet, lorsque l'on passe du brassage total de l'hiver à la séparation thermique des eaux en fin de printemps, début d'été, les eaux de surface ayant la même composition que celles de la Creuse sont relativement riches en éléments

minéraux. Si on ajoute à cela, de la chaleur et de la lumière, on comprend que le phytoplancton se développe bien et avec lui le zooplancton. Ensuite au fur et à mesure du temps, la matière organique morte non consommée en surface, va sédimenter sur le fond. Comme ce compartiment de surface n'est plus alimenté par la Creuse, il perd des éléments par sédimentation qui ne sont pas compensés par des apports. De plus, on ne peut pas faire intervenir le relargage classique de sels minéraux par les sédiments. D'une part parce que ces sels minéraux seraient entraînés par les eaux de la Creuse et d'autre part parce que ce relargage est très faible voire nul à cause de la relative forte concentration en oxygène du fond (60%). Ainsi les eaux de surface perdent assez rapidement des sels minéraux sans qu'il y ait des apports compensatoires. On doit donc réaliser que si ce compartiment est eutrophe en début d'été, il va devenir progressivement oligotrophe. Ce phénomène a déjà été observé dans certains étangs, on parle alors d'eau trouble au printemps et d'eau claire en été (DEVAUX, 2011). En effet, l'oligotrophie qui s'installe va entraîner la régression du phytoplancton, ce qui va se traduire par une plus grande transparence de l'eau.

Cette évolution logique n'en est pas pour autant évidente, car souvent ce phénomène des « eaux claires » n'apparaît pas et la transparence reste faible. En fait, s'il y a bien régression du phytoplancton, il n'en demeure pas moins qu'il reste des colloïdes minéraux et organiques en suspension. Ce sont eux qui empêchent la lumière de pénétrer profondément. C'est ce maintien d'une faible transparence attribuée à un fort développement du phytoplancton tout au long de l'été qui fait penser que les eaux de nos étangs et de nos lacs sont devenues eutrophes, alors qu'en fait le phénomène est dû à un enrichissement en colloïdes.

De plus, le développement des Cyanobactéries est expliqué par une situation déjà eutrophe qui s'emballe avec des apports plus importants en phosphore (BARROIN, 1991). Or, si la situation réelle est oligotrophe, il est difficile de comprendre le développement des Cyanobactéries même en présence d'apport en phosphore.

D'autre part, l'absence de thermocline en été s'explique par la circulation des eaux de la Creuse en profondeur. La Creuse étant à une température de 22°C, les eaux du fond du lac auront aussi cette température. Comme en surface, avec l'ensoleillement, la température atteint 25°C en fin d'après-midi, l'écart de température entre la surface et le fond n'est que de 3°C. Il s'établit donc un gradient faible et régulier de température de la surface vers le fond. La différence de température est trop faible pour la mise en place d'une thermocline.

## **CONCLUSION**

Même si cette étude a permis de montrer un fonctionnement particulier et différent de ce qui est décrit classiquement dans la littérature hydrobiologique, elle a besoin d'un certain nombre de vérifications et d'approfondissements. En effet, ses conséquences sont une remise en question des phénomènes qui président aux développements soudains et importants des Cyanobactéries.

Il faut donc être sûr de la vérité de la situation décrite dans cette étude pour ensuite pouvoir peut-être expliquer ces développements de Cyanobactéries dans un contexte oligotrophe. Ce qui permettra peut-être de lutter efficacement contre ce fléau des activités nautiques, de baignades et de production d'eau potable.

## **Remerciements**

Je tiens à remercier particulièrement deux collègues du Collège Raymond Loewy de La Souterraine (France) pour leur aide précieuse à l'élaboration de cette publication. Nicolas Péricaud (professeur de SVT), pour toute la partie informatique et Yan Rapin (professeur d'anglais), pour toutes les traductions en anglais.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Arrignon J., Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, Gauthiers-Villars, 1985.

Barroin Guy, La réhabilitation des plans d'eau, La Recherche n°238, décembre 1991.

Chaisemartin C., Bouet Guy, Balabanian Olivier. Les écluses sur la Vienne : étude physico-chimique des sédiments et zonation longitudinale du macrobenthos. In : Norois. N°138, 1988. pp.251-258.

Devaux Jean, Le plan d'eau de la Ramade, Mémoires de la Société des Sciences naturelles, archéologiques et historiques de la Creuse, Tome 56, 2010-2011, pp21 à 35

Devaux Jean, Le plan d'eau de la Ramade. Mémoires de la Société des Sciences Naturelles, Archéologiques et Historiques de la Creuse. Tome 56, 2010-2011, pp21-35.

Dupuis-Tate M.F. et Fischesser B., Le guide illustré de l'écologie, Editions de La Martinière, 2004.

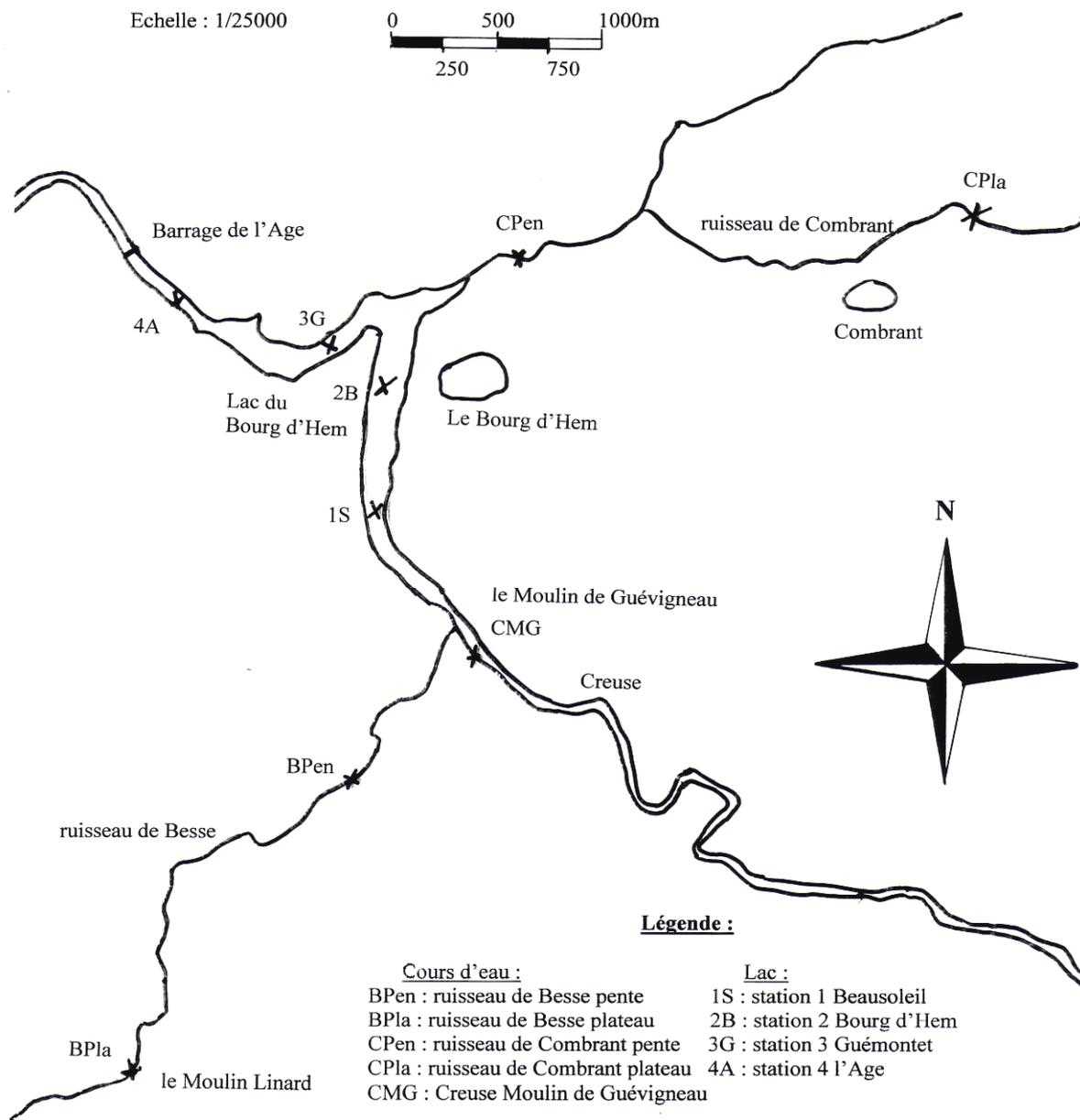
Duvigneaud Paul, La synthèse écologique, Doin, 1985.

Faurie C. et al, Ecologie : Approche scientifique et pratique, Editions Tec & Doc Lavoisier, 2011

Maleval V., Jigorel A., La sédimentation dans un lac artificiel. L'exemple de Saint Pardoux (Massif d'Ambazac, Limousin). Revue Géomorphologie. 2002, n°4, p307-320.

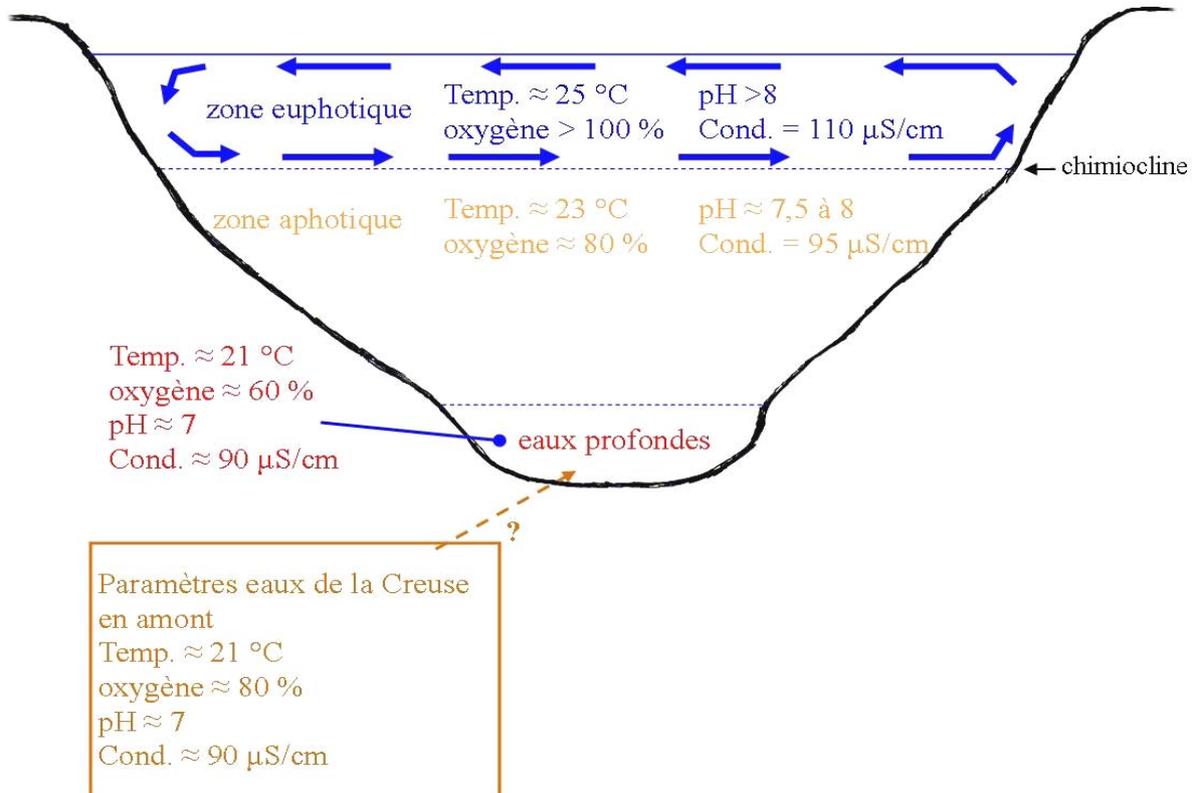
**Figure 1 : Carte simplifiée des stations de prélèvements et mesures sur les cours d'eau et le lac du Bourg-d'Hem (d'après la carte IGN France 2228 Ouest au 1/25000)**

**Figure 1 : Simplified map of sampling and measuring stations on the streams and lake of Le Bourg-d'Hem (according to the IGN map of France 2228 West, 1/25000 scale)**



**Figure 2 : Etat probable du lac du Bourq-d'Hem en été  
(coupe verticale)**

**Figure 2 : Possible state of the lake of Le Bourq-d'Hem in summer  
(vertical section)**



**Tableau 1 : Concentrations des MES, matières organique et minérale (mg/L) dans les cours d'eau 20 juin 2010**

**Table 1 : Concentrations of MES, organic and mineral matters (mg/L) in the streams June 20, 2010**

Station	Matière en suspension	Matière organique	Matière minérale
CMG	12,25	1,25	11,00
BPla	17,0	6,8	10,2
BPen	24,0	3,6	20,4
CPla	19,0	8,25	10,75
CPen	33,6	10,8	22,8

**Tableau 2 : Pourcentages en matières organique et minérale dans les MES dans les cours d'eau 20 juin 2010**

**Table 2 Percentages in organic and mineral matters in the MES in the streams June 20, 2010**

Station	Pourcentage de matière organique	Pourcentage de matière minérale
CMG	10,2	89,8
BPla	40,0	60,0
BPen	15,0	85,0
CPla	43,4	56,6
CPen	32,1	67,9

**Tableau 3 : Concentrations des MES, matières organique et minérale (mg/L) sur le lac 23 juin 2010**

(Surf : Surface Prof : Profondeur)

**Table 3 : Concentrations of MES, organic and mineral matters (mg/L) on the lake June 23, 2010**

Station	Matière en suspension	Matière organique	Matière minérale
1S Surf	7,6	4,4	3,2
1S Prof	8,6	3,2	5,4
2B Surf	7,2	5,6	1,6
2B Prof	10,8	4,0	6,8
3G Surf	7,4	3,6	3,8
3G Prof	9,25	5,0	4,25
4A Surf	7,0	5,0	2,0
4A Prof	8,75	4,25	4,5

**Tableau 4 : Pourcentages en matières organique et minérale dans les MES  
sur le lac 23 juin 2010**

**Table 4 : Percentages in organic and mineral matters in the MES  
on the lake June 23, 2010**

Station	Pourcentage de matière organique	Pourcentage de matière minérale
1S Surf	57,9	42,1
1S Prof	37,2	62,8
2B Surf	77,8	22,2
2B Prof	37,0	63,0
3G Surf	48,6	51,4
3G Prof	54,1	45,9
4A Surf	71,4	28,6
4A Prof	48,6	51,4

**Tableau 5 : Mesures physico-chimiques  
dans les cours d'eau 20 juin 2010**

**Table 5 : Physicochemical measurements  
in the streams June 20, 2010**

STATION	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>CMG</b>	9,40	94,7	14,1	7,11	14,0	87	14,0
<b>Bpla</b>	8,45	85,8	14,2	6,79	14,2	102	14,3
<b>Bpen</b>	10,23	102,7	14,1	7,35	13,9	90	14,0
<b>Cpla</b>	9,92	98,8	13,5	7,10	13,3	112	13,5
<b>Cpen</b>	10,74	102,6	12,0	7,40	11,9	118	12,0

**Tableau 6 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 23 juin 2010 8h15**

**station 1S**

Profondeur maximum : 4,50m

**Table 6 : Physicochemical measurements  
on the lake June 23, 2010 8:15 AM**

**Station 1S**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>0</b>	10,02	97,6	12,6	7,19	12,5	88	12,6
<b>1</b>	7,43	73,0	12,8	6,61	12,6	87	12,6
<b>2</b>	7,48	72,3	12,9	6,50	12,6	88	12,7
<b>3</b>	7,76	77,9	12,9	6,41	12,6	88	12,7
<b>4</b>	7,67	74,8	13,0	6,40	12,7	88	12,8

**Tableau 7 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 23 juin 2010 10h00  
station 2B**

Profondeur maximum : 7,50m

**Table 7 : Physicochemical measurements  
on the lake June 23, 2010 10:00 AM  
Station 2B**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	9,40	97,3	14,5	7,25	14,5	86	14,7
1	8,50	77,2	14,5	7,07	14,1	89	14,2
2	8,02	75,5	14,0	6,83	13,5	88	13,5
3	8,05	79,2	13,7	6,72	13,3	88	13,2
4	8,07	77,9	13,5	6,65	13,2	88	13,2
5	8,43	81,9	13,9	6,59	13,4	88	13,3
6	8,08	77,2	13,8	6,44	13,5	88	13,3
7	8,29	80,5	13,8	6,46	13,3	88	13,6

**Tableau 8 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 23 juin 2010 12h15  
station3G**

Profondeur maximum : 9m

**Table 8 : Physicochemical measurements  
on the lake June 23, 2010 12:15 PM  
Station 3G**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	10,20	102,3	15,4	7,19	15,2	88	15,2
1	8,05	85,2	15,9	6,90	15,6	89	15,4
2	8,39	81,1	14,7	6,80	14,4	88	14,2
3	7,82	80,1	14,6	6,64	14,4	88	14,2
4	7,89	81,4	14,9	6,56	14,5	88	14,1
5	8,11	83,0	14,5	6,45	14,3	88	13,9
6	8,34	83,2	14,5	6,32	14,1	88	13,9
7	8,29	82,3	14,4	6,41	14,0	88	13,8
8	8,32	77,5	14,1	6,39	13,7	88	13,7

**Tableau 9 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 23 juin 2010 14h30  
station4A**

Profondeur maximum : 17m

**Table 9 : Physicochemical measurements  
on the lake June 23, 2010 2:30 PM  
Station 4A**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	10,52	115,3	18,4	7,19	18,2	88	18,2
1	8,19	86,0	17,8	6,89	17,4	89	17,2
2	8,21	85,7	16,8	6,74	16,4	89	16,2
3	8,08	83,3	16,3	6,64	16,0	88	15,7
4	8,11	83,7	15,6	6,54	15,1	88	14,9
5	8,03	80,7	15,4	6,46	15,3	88	14,8
6	7,94	82,0	15,1	6,45	15,0	88	14,5
7	7,87	78,6	15,0	6,40	15,2	88	14,7
8	8,08	78,6	14,9	6,38	14,7	88	14,2
9	7,97	79,4	14,9	6,47	14,3	88	13,9
10	7,75	75,0	14,9	6,49	14,4	88	14,1
11	7,78	78,2	14,1	6,50	14,5	88	13,7
12	7,41	73,0	14,1	6,52	14,3	88	13,9
13	7,79	79,0	14,2	6,56	14,1	88	13,8
14	7,73	76,2	14,3	6,60	13,8	88	13,7
15	7,88	77,7	14,0	6,57	13,9	88	13,7
16	7,75	79,2	14,7	6,65	14,4	88	14,2

**Tableau 10 : Mesure de transparence  
(disque de Secchi)  
sur le lac 23 juin 2010**

**Table 10 : Measurement of transparency  
(Secchi disk)  
on the lake June 23, 2010**

OBSERVATIONS STATIONS	CIEL	PROFONDEUR A LA DESCENTE	PROFONDEUR A LA MONTEE	PROFONDEUR DE TRANSPARENCE
1S	BLEU	0,80m	0,70m	0,75m
2B	BLEU	0,85m	0,75m	0,80m
3G	BLEU	0,95m	0,85m	0,90m
4A	BLEU	0,90m	0,80m	0,85m

**Tableau 11 : Mesures physico-chimiques  
sur la Creuse en amont du lac du Bourg-d'Hem  
13 juillet 2010 10h00**

**Table 11 : Physicochemical measurements  
on the river Creuse, upstream from the lake of the Bourg-d'Hem  
July 13, 2010 10 :00 AM**

STATION	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>CMG</b>	7,12	83,4	22,3	6,99	22,2	95	22,2

**Tableau 12 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 13 juillet 2010 11h30  
Station 2B**

Profondeur maximum : 7,50m

**Table 12 : Physicochemical measurements  
on the lake July 13, 2010 11:30 AM  
Station 2B**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>0</b>	13,35	164,5	25,2	9,95	24,9	104	25,0
<b>1</b>	9,85	127,8	24,5	9,83	24,3	103	24,4
<b>2</b>	7,62	88,1	23,6	8,90	23,4	94	23,5
<b>3</b>	6,00	72,4	23,1	8,20	22,8	95	22,8
<b>4</b>	5,90	70,1	22,9	7,79	22,6	95	22,6
<b>5</b>	5,45	68,0	22,7	7,45	22,4	96	22,4
<b>6</b>	5,21	64,9	22,6	7,26	22,3	96	22,4
<b>7</b>	5,57	63,3	22,4	7,14	22,1	96	22,2

**Tableau 13 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 13 juillet 2010 14h00  
Station 3G**

Profondeur maximum : 10m

**Table 13 : Physicochemical measurements  
on the lake July 13, 2010 2:00 PM  
Station 3G**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	14,85	186,4	25,6	10,12	25,4	107	25,5
1	11,49	136,2	25,1	9,96	24,9	105	25,0
2	6,29	74,9	23,7	8,52	23,6	92	23,7
3	5,74	63,6	23,2	7,92	22,9	94	23,0
4	5,33	69,7	23,1	7,66	22,9	95	22,8
5	5,25	69,9	22,9	7,47	22,7	95	22,7
6	5,84	64,4	22,7	7,32	22,4	95	22,6
7	5,40	72,6	23,1	7,14	22,8	96	22,6
8	5,55	67,5	22,8	7,03	22,7	96	22,4
9	5,20	65,1	22,3	6,97	22,1	97	22,3

**Tableau 14 : Mesure de transparence  
(disque de Secchi)  
sur le lac 13 juillet 2010**

**Table 14 : Measurement of transparency  
(Secchi disk)  
on the lake July 13, 2010**

OBSERVATIONS STATIONS	CIEL	PROFONDEUR A LA DESCENTE	PROFONDEUR A LA MONTEE	PROFONDEUR DE TRANSPARENCE
2B	Soleil et nuages	60	50	55
3G	Soleil et nuages	60	50	55

**Tableau 15 : Mesures physico-chimiques**  
**Sur la Creuse en amont du lac du Bourg-d'Hem**  
**20 juillet 2010 9h30**

**Table 15 : Physicochemical measurements**  
**on the river Creuse, upstream from the lake of the Bourg-d'Hem**  
**July 20, 2010 9:30 AM**

STATION	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>CMG</b>	7,43	85,6	21,1	7,05	20,9	98	21,0

**Tableau 16 : Mesures physico-chimiques**  
**sur le lac 20 juillet 2010 10h30**

**Station 2B milieu**

Profondeur maximum : 7m

**Table 16 : Physicochemical measurements**  
**on the lake July 20, 2010 10:30 AM**  
**Station 2B-middle**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
<b>0</b>	7,95	102,0	23,6	8,04	23,4	94	23,2
<b>1</b>	6,52	79,8	23,1	7,69	22,9	98	22,7
<b>2</b>	6,21	73,1	22,8	7,85	22,7	95	22,5
<b>3</b>	6,03	69,4	22,7	7,56	22,4	95	22,4
<b>4</b>	5,36	65,4	22,5	7,38	22,2	96	22,2
<b>5</b>	5,49	67,3	22,3	7,29	22,2	96	22,1
<b>6</b>	6,01	68,5	21,8	7,16	21,7	97	21,5

**Tableau 17 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 20 juillet 2010 11h30  
Station 2B gauche**

Profondeur maximum : 4m

**Table 17 : Physicochemical measurements  
on the lake July 20, 2010 11:30 AM  
Station 2B-left**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	8,37	103,0	25,7	8,49	25,4	94	25,1
1	6,96	83,0	24,3	8,26	24,0	95	23,8
2	6,45	78,0	23,7	8,15	23,2	95	23,0
3	6,36	75,4	23,4	7,76	23,0	95	22,7

**Tableau 18 : Mesures physico-chimiques  
sur le lac 20 juillet 2010 12h30  
Station 2B droite**

Profondeur maximum : 4m

**Table 18 : Physicochemical measurements  
on the lake July 20, 2010 12:30 AM  
Station 2B -right**

PROFONDEUR (mètre)	Oxygène			pH		Conductivité	
	mg/L	%	Temp°C	Unité	Temp°C	µS/cm	Temp°C
0	9,69	122,4	25,5	9,03	25,4	95	25,2
1	7,15	89,2	24,6	8,78	24,2	95	24,1
2	6,73	80,6	23,8	8,38	23,5	97	23,1
3	6,47	73,9	23,4	7,95	23,4	95	22,8

**Tableau 19 : Mesure de transparence  
(disque de Secchi)  
sur le lac 20 juillet 2010**

**Table 19 : Measurement of transparency  
(Secchi disk)  
on the lake July 20, 2010**

OBSERVATIONS STATIONS	CIEL	PROFONDEUR A LA DESCENTE	PROFONDEUR A LA MONTEE	PROFONDEUR DE TRANSPARENCE
2B Gauche	Soleil	90	80	85
2B	Soleil	85	75	80
2B Droite	Soleil	85	75	80

Figure 1 : Carte simplifiée des stations de prélèvements et mesures sur les cours d'eau et le lac du Bourg-d'Hem (d'après la carte IGN France 2228 Ouest au 1/25000)

Figure 2 : Etat probable du lac du Bourg-d'Hem en été (coupe verticale)

Tableau 1 : Concentrations des MES, matières organique et minérale (mg/L) dans les cours d'eau 20 juin 2010

Tableau 2 : Pourcentages en matières organique et minérale dans les MES dans les cours d'eau 20 juin 2010

Tableau 3 : Concentrations des MES, matières organique et minérale (mg/L) sur le lac 23 juin 2010

Tableau 4 : Pourcentages en matières organique et minérale dans les MES SUR le lac 23 juin 2010

Tableau 5 : Mesures physico-chimiques dans les cours d'eau 20 juin 2010

Tableau 6 : Mesures physico-chimiques sur le lac 23 juin 2010 8h15 station 1S

Tableau 7 : Mesures physico-chimiques sur le lac 23 juin 2010 10h00 station 2B

Tableau 8 : Mesures physico-chimiques sur le lac 23 juin 2010 12h15 station 3G

Tableau 9 : Mesures physico-chimiques sur le lac 23 juin 2010 14h30 station 4A

Tableau 10 : Mesure de transparence (disque de Secchi) sur le lac 23 juin 2010

Tableau 11 : Mesures physico-chimiques sur la Creuse en amont du lac du Bourg-d'Hem  
13 juillet 2010 10h00

Tableau 12 : Mesures physico-chimiques sur le lac 13 juillet 2010 11h30 station 2B

Tableau 13 : Mesures physico-chimiques sur le lac 13 juillet 2010 14h00 station 3G

Tableau 14 : Mesure de transparence (disque de Secchi) sur le lac 13 juillet 2010

Tableau 15 : Mesures physico-chimiques sur la Creuse en amont du lac du Bourg-d'Hem  
20 juillet 2010 9h30

Tableau 16 : Mesures physico-chimiques sur le lac 20 juillet 2010 10h30 station 2B milieu

Tableau 17 : Mesures physico-chimiques sur le lac 20 juillet 2010 11h30 station 2B gauche

Tableau 18 : Mesures physico-chimiques sur le lac 20 juillet 2010 12h30 station 2B droite

Tableau 19 : Mesure de transparence (disque de Secchi) sur le lac 20 juillet 2010