

Analyses de la qualité de l'eau des gravières de l'Ecopôle du Val d'Allier (63)



Septembre 2018

www.athos-environnement.fr

112 avenue du Brézet
63100 CLERMONT-FERRAND
tel (33) 04 73 15 09 43
fax (33) 04 73 90 14 87

SAS AU CAPITAL de 151 700 € SIRET 53127648300025

MAITRE D'ŒUVRE : Syndicat d'Etudes et d'Aménagement Touristique (SEAT 63)

INTERLOCUTEURS PRINCIPAUX : Claire LAIGNEZ

TITRE : Analyses de la qualité de l'eau des gravières de l'Ecopôle du Val d'Allier (63)

MOTS-CLES : Ecopôle, qualité de l'eau, cyanobactéries.

DATE D'EDITION : Septembre 2018

STATUT : Final

NOMBRE D'EXEMPLAIRES EDITES : 0

NOMBRE DE PAGES : 33

Parmi le personnel d'ATHOS Environnement, ont participé à cette étude :

		Prélèvements	Rédaction	Relecture	Validation
Chef de Projet	Marie-Eve MAUDUIT		X		
Chef de Projet	Alban DUMONT			X	X
Ingénieur de Recherche	Benjamin LEGRAND		X		
Chargé de Recherche	Benoît GIRE	X			
Technicien	David FOLTIER	X			

ATHOS environnement S.A.S au capital de 151 700€
SIRET 53127648300025



112 avenue du Brézet – 63100 Clermont-Ferrand

☎ 04 73 15 09 38 – Fax 04 73 90 14 87

✉ contact@athos-environnement.fr

SOMMAIRE

1	Contexte général	6
2	Localisation du site et des prélèvements	6
3	Description du matériel et modes opératoires	8
3.1	Qualité physico-chimique des gravières.....	8
3.1.1	Transparence de l'eau et zone photique.....	8
3.1.2	Profils verticaux d'oxygène dissous, température et pH	8
3.1.3	Analyses physico-chimiques de la colonne d'eau	9
3.2	Qualité microbiologique des gravières	9
3.2.1	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	9
3.2.2	Analyses bactériologiques	16
4	Résultats.....	18
4.1	Gravière Belle Rive	18
4.1.1	Transparence de l'eau et zone euphotique.....	18
4.1.2	Profils verticaux d'oxygène dissous, température et pH	18
4.1.3	Analyses chimiques de la colonne d'eau	19
4.1.4	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	20
4.1.5	Analyses bactériologiques	20
4.2	Gravière La Montagne	21
4.2.1	Transparence de l'eau et zone euphotique.....	21
4.2.2	Profils verticaux d'oxygène dissous, température et pH	21
4.2.3	Analyses chimiques de la colonne d'eau	22
4.2.4	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	23
4.2.5	Analyses bactériologiques	23
4.3	Gravière des Varennes.....	24
4.3.1	Transparence de l'eau et zone euphotique.....	24
4.3.2	Profils verticaux d'oxygène dissous, température et pH	24
4.3.3	Analyses chimiques de la colonne d'eau	25
4.3.4	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	26
4.3.5	Analyses bactériologiques	26
4.4	Gravière Pêche	27
4.4.1	Transparence de l'eau et zone euphotique.....	27



4.4.2	Profils verticaux d'oxygène dissous, température et pH	27
4.4.3	Analyses chimiques de la colonne d'eau	28
4.4.4	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	29
4.4.5	Analyses bactériologiques	29
4.5	Gravière La Mare	30
4.5.1	Transparence de l'eau et zone euphotique.....	30
4.5.2	Mesures in situ	30
4.5.3	Analyses chimiques de la colonne d'eau	31
4.5.4	Cyanobactéries dans la colonne d'eau	32
4.5.5	Analyses bactériologiques	32
5	Conclusion.....	33

Table des figures

Figure 1 : Localisation du site de l'Ecopôle du Val d'Allier (Source : Géoportail)	6
Figure 2 : Localisation des différentes gravières d'intérêts sur le site de l'Ecopôle du Val d'Allier (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)	7
Figure 3 : Photographie du disque de Secchi (Source : ATHOS Environnement)	8
Figure 4 : Exemple de bouteille fermante utilisée pour les prélèvements d'eau en différentes profondeurs (Source : ATHOS Environnement)	9
Figure 5 : Photographies de cyanobactéries, au microscope inversé – de gauche à droite : Microcystis sp ; Anabaena sp. (x400) ; Microcystis aerogenosa (x 1000) ; Aphanizomenon flos-aquae(x100) (Source : www-cyanosite.bio.purdue.edu/)	10
Figure 6 : Photographies de blooms de cyanobactéries (Source : ATHOS Environnement)	11
Figure 7 : Cycle de vie de certaines cyanobactéries entre masse d'eau et sédiments (Source : ATHOS Environnement, Thèse Benjamin LEGRAND)	12
Figure 8 : Photographies de la gravière Belle Rive (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)	18
Figure 9 : Profils verticaux réalisés sur la gravière de Belle Rive (Source : ATHOS Environnement)	18
Figure 10 : Photographies de la gravière La Montagne (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)	21
Figure 11 : Profils verticaux réalisés sur la gravière de La Montagne (Source : ATHOS Environnement)	21
Figure 12 : Photographies de la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)	24
Figure 13 : Profils verticaux réalisés sur la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement) .	24
Figure 14 : Photographies de la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018).....	27
Figure 15 : Profils verticaux réalisés sur la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement)	27
Figure 16 : Photographies de la gravière La Mare (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)	30

Table des Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des points de prélèvements des gravières étudiées (Source : ATHOS Environnement).....	7
Tableau 2 : Caractéristiques techniques de la sonde utilisée	8
Tableau 3 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003 (Source : AFSSET, ARS Auvergne)	14
Tableau 4 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques (Source : AFSSET, juillet 2006)	15
Tableau 5 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014, réactualisée en 2016 (Source : ATHOS Environnement, ARS Auvergne)	15
Tableau 6 : Evaluation de la qualité microbiologique d'un prélèvement instantané selon la note d'information DGS/EA/2014/166 du 23 mai 2014.....	17
Tableau 7 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de Belle Rive (Source : ATHOS Environnement)	18
Tableau 8 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière de Belle Rive	19
Tableau 9 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière Belle Rive	20
Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière de Belle Rive	20
Tableau 11 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de La Montagne (Source : ATHOS Environnement).....	21
Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière de La Montagne	22
Tableau 13 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière La Montagne	23
Tableau 14 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière de La Montagne	23
Tableau 15 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement)	24
Tableau 16 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière des Varennes.....	25
Tableau 17 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière des Varennes	26
Tableau 18 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière des Varennes.....	26
Tableau 19 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement)	27
Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière Pêche.....	28
Tableau 21 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière Pêche	29
Tableau 22 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière Pêche	29
Tableau 23 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de La Mare (Source : ATHOS Environnement).....	30
Tableau 24 : Mesures <i>in situ</i> effectuées sur la gravière La Mare (Source : ATHOS Environnement) ...	30
Tableau 25 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière La Mare	31
Tableau 26 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière La Mare.....	32
Tableau 27 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière La Mare	32

1 CONTEXTE GENERAL

Le site de l'Ecopôle du Val d'Allier, situé sur la commune de Pérignat sur Allier (63), était exploité en tant que carrière par le GIE de Bellerive jusqu'à récemment. L'arrêt définitif de l'exploitation va permettre au Syndicat d'Etudes et d'Aménagement Touristique (SEAT 63) d'aboutir à la réhabilitation écologique de ces gravières. L'objectif de cette étude est de caractériser la qualité physico-chimique et microbiologique de l'eau des différentes gravières sur le site de l'Ecopôle du Val d'Allier.

Les prélèvements ont été réalisés le 27 août 2018.

2 LOCALISATION DU SITE ET DES PRELEVEMENTS

Les cartes ci-dessous localisent les lieux de prélèvements.

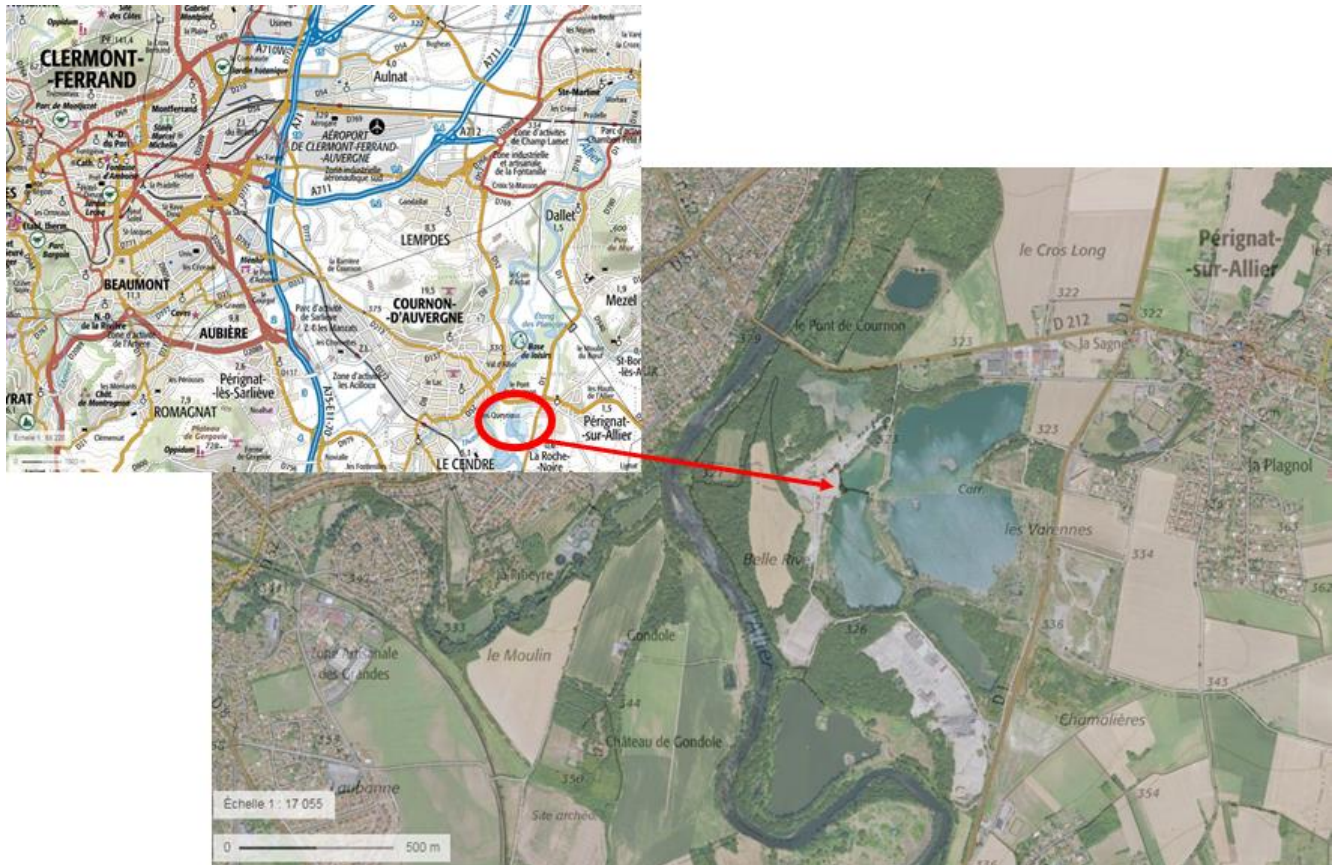


Figure 1 : Localisation du site de l'Ecopôle du Val d'Allier (Source : Géoportail)

L'Ecopôle est implantée à proximité immédiate de l'Allier, en rive droite, entre les communes de Cournon et de Pérignat-sur-Allier. Le site possède 6 gravières dont 5 ont été échantillonnées dans le cadre de cette étude : Belle Rive, La Montagne, Les Varennes, Pêche et La Mare (Figure 2).

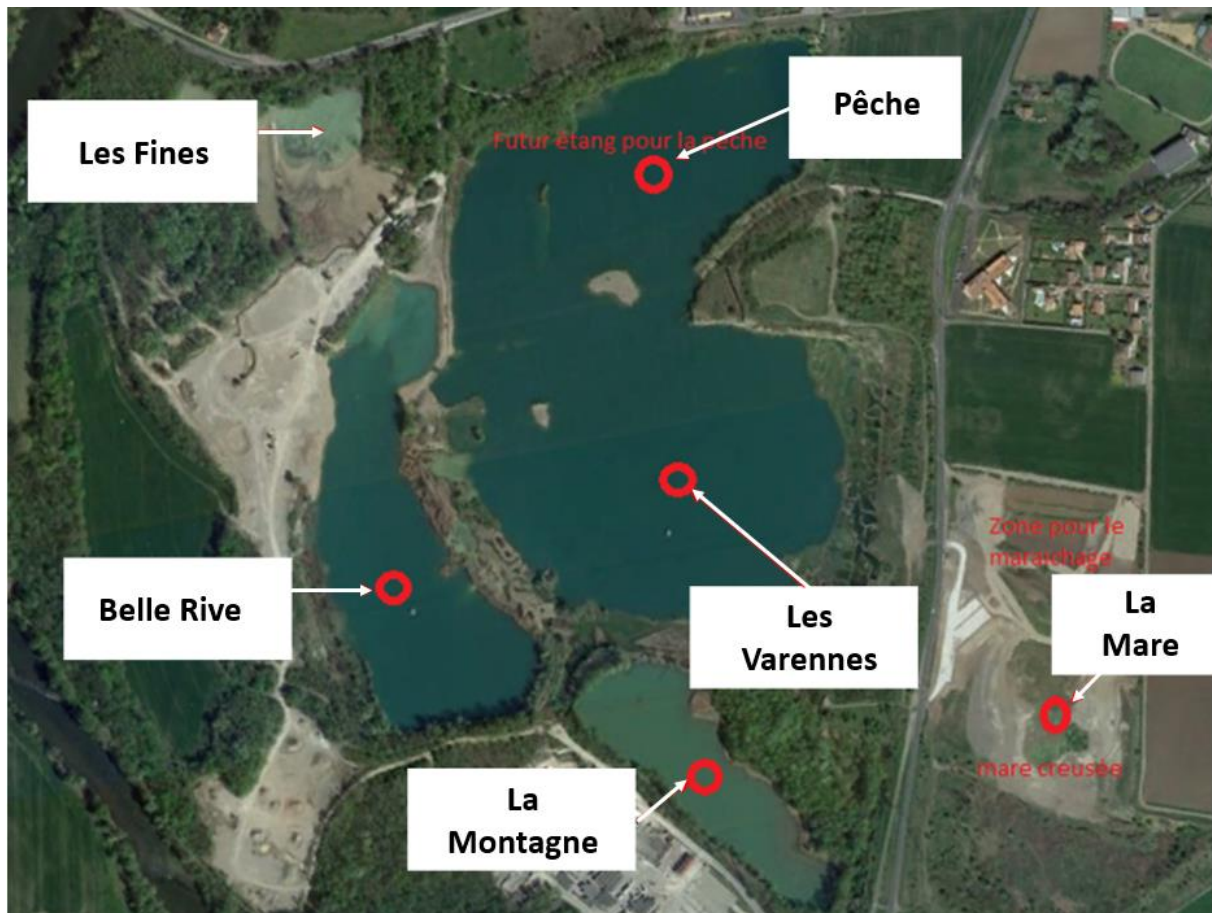


Figure 2 : Localisation des différentes gravières d'intérêts sur le site de l'Ecopôle du Val d'Allier (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

Tableau 1 : Coordonnées des points de prélèvements des gravières étudiées (Source : ATHOS Environnement)

Point de prélèvement	Coordonnées des points de prélèvements	
	Latitude	Longitude
GRAVIERE PECHE	45.727409	3.221659
GRAVIERE DES VARENNES	45.724725	3.222666
GRAVIERE LA MONTAGNE	45.721447	3.219692
GRAVIERE BELLE RIVE	45.722953	3.216344
GRAVIERE LA MARE	45.720895	3.225662

3 DESCRIPTION DU MATERIEL ET MODES OPERATOIRES

3.1 QUALITE PHYSICO-CHIMIQUE DES GRAVIERES

3.1.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE PHOTIQUE

Cette partie s'appuie sur l'arrêté du 27 Juillet 2015 (modifiant l'arrêté du 25 Janvier 2010) pour l'évaluation de la qualité de l'eau. Cette évaluation, en plan d'eau, s'effectue sur le point de plus grande profondeur de chaque gravière étudiée. La transparence de l'eau a été mesurée par l'intermédiaire d'un disque de Secchi (EN ISO 70277). Cette profondeur de disparition est conditionnée par les particules organiques et inorganiques présentes dans la colonne d'eau. La zone photique est l'épaisseur de la colonne d'eau entre la surface et la profondeur maximale exposée à une lumière suffisante pour que la photosynthèse se produise. Elle est calculée à partir de la profondeur de Secchi ($2,5 \times$ profondeur de Secchi).



Figure 3 : Photographie du disque de Secchi (Source : ATHOS Environnement)

3.1.2 PROFILS VERTICAUX D'OXYGENE DISSOUS, TEMPERATURE ET PH

Les profils verticaux ont été réalisés à l'aide d'une sonde multiparamètres YSI EXO1 mesurant la profondeur, l'oxygène dissous, la température, le pH et la conductivité. Les caractéristiques de la sonde Ysi EXO1 sont présentées dans le Tableau 2. Celle-ci peut être paramétrée pour effectuer des mesures toutes les 10sec, permettant d'obtenir une valeur tous les 30cm environ. Les profils verticaux sont lisibles et enregistrés en temps réel. La sonde sera étalonnée avant chaque utilisation.

Tableau 2 : Caractéristiques techniques de la sonde utilisée

	Photographie	Paramètre	Plage de mesure	Résolution	Précision
YSI Ex O1		Température	-5°C à 50 °C	0.001°C	-5°C à 35 °C = $\pm 0.01^\circ\text{C}$ 35°C à 50°C = $\pm 0.05^\circ\text{C}$
		Oxygène % saturation	0 à 500%	0.1 % sat ; air	0 à 200% = $\pm 1\%$ 200 à 500% = $\pm 5\%$
		Oxygène mg/l	0 à 50 mg/l	0.01 mg/l	0 à 20 mg/l = ± 1 ù de la lecture 20 à 50 mg/l = $\pm 5\%$ de la lecture
		pH	0 à 14 unités	0.01 unité	± 0.1 unité sur $\pm 10^\circ\text{C}$ de la température de calibration
		Conductivité	0 à 200 mS/cm	0.0001 à 0.01 mS/cm	0 à 100mS/cm = $\pm 0.5\%$ de la lecture 100 à 200 mS/cm = $\pm 1\%$ de la lecture

3.1.3 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une bouteille fermante, préalablement rincée avec soin sur le site de prélèvement. Le flaconnage nécessaire aux analyses physico-chimiques a été fourni par le laboratoire sous-traitant. Les flacons ont été ensuite remplis un à un après un triple rinçage (à l'exception des flacons contenant un conservateur), conditionnés en malles isothermes et convoyés le jour même vers le laboratoire.



Figure 4 : Exemple de bouteille fermante utilisée pour les prélèvements d'eau en différentes profondeurs
(Source : ATHOS Environnement)

Les analyses chimiques effectuées sur chaque gravière sont divisées en 3 grandes classes :

- Analyses de nutriments** : Carbone organique Total (COT), Nitrate (NO_3^-), Phosphate (PO_4^{3-})
- Analyses de métaux lourds** : Mercure (Hg), Arsenic (As), Cuivre (Cu), Plomb (Pb), Zinc (Zn)
- Analyses de pesticides** : Glyphosate, AMPA, Alachlore, Atrazine, Diuron, Isoproturon, Simazine, Trifluraline, Hexachlorocyclohexane dont le Lindane, Chlorfenvinphos, Aldrine, Dieldrine, Endrine, Isodrine, DDT, Hexaclorobenzène.

3.2 QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES GRAVIERES

La qualité microbiologique de l'eau des gravières du site de l'Ecopôle du Val d'Allier a été évaluée suivant deux critères bien distincts : un dénombrement de cyanobactéries et une analyse bactériologique (Escherichia coli et entérocoques intestinaux).

3.2.1 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

3.2.1.1 QU'EST-CE QU'UNE CYANOBACTERIE ?

Les cyanobactéries sont des procaryotes (cellule sans noyau) photosynthétiques, **c'est à dire qu'elles utilisent comme source d'énergie, l'énergie lumineuse**. Ce sont des microorganismes aquatiques dits planctoniques lorsqu'elles sont en suspension dans la colonne d'eau ou benthiques quand elles se développent fixées sur les sédiments.

Les cyanobactéries constituent un groupe génétiquement et morphologiquement très hétérogène, ce qui leur a permis de **coloniser la grande majorité des écosystèmes terrestres ou aquatiques, ainsi que les milieux extrêmes, chauds, salés, hypersalés et alcalins**. Elles présentent une grande capacité d'adaptation face aux changements du milieu. Ces microorganismes ont longtemps été classés dans le

règne végétal car ils présentent, outre des propriétés spécifiques des bactéries, des caractéristiques propres aux algues.

La structure cellulaire est similaire à celle des bactéries et caractérisée en particulier par l'absence de noyau et d'organites intracellulaires. Comme les algues, la plupart des cyanobactéries des eaux continentales possèdent de la chlorophylle *a*. Elles renferment généralement, comme autres pigments photosynthétiques, des phycobiliprotéines et réalisent une photosynthèse productrice d'oxygène en utilisant l'eau comme donneur d'électrons.

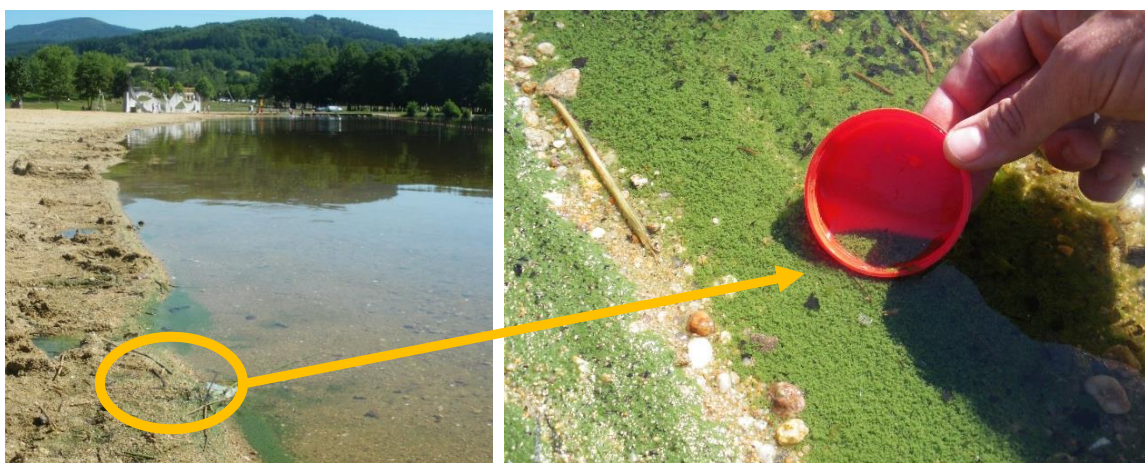
Les cyanobactéries sont des organismes microscopiques (Figure 5) mais leur **développement en quantité importante, appelé blooms**, peut conduire à la formation d'agrégats en suspension dans l'eau ou être responsable d'une coloration importante de l'eau (Figure 6).



Figure 5 : Photographies de cyanobactéries, au microscope inversé – de gauche à droite : Microsystis sp ; Anabaena sp. (x400) ; Microcystis aerogenosa (x 1000) ; Aphanizomenon flos-aquae(x100) (Source : www-cyanosite.bio.purdue.edu/)



Efflorescences de cyanobactéries sur une ancienne gravière de l'Allier (63) à gauche et sur la retenue de Grangent (42) à droite



Dépôts de cyanobactéries sur la plage du lac d'Aubusson d'Auvergne (63)



Développements de cyanobactéries sur la retenue de Villerest (42)

Figure 6 : Photographies de blooms de cyanobactéries (Source : ATHOS Environnement)

3.2.1.2 POURQUOI PEUVENT-ELLES SE DEVELOPPER SI ABONDAMMENT ?

Les organismes photosynthétiques produisent de la matière organique grâce à la **photosynthèse**. L'équation générale de ce processus indique que globalement, cinq éléments principaux sont indispensables à la constitution de matériel cellulaire : le carbone (C), l'azote (N), l'hydrogène (H), le phosphore (P) et l'oxygène (O). Carbone, oxygène et hydrogène sont toujours disponibles en quantité largement suffisante dans les milieux aquatiques, pour ne pas induire une limitation de l'activité métabolique du phytoplancton. Il n'en va pas de même pour **l'azote et le phosphore**. En l'absence de toute activité humaine, les apports sont, dans la majorité des cas, proportionnellement plus riches en N qu'en P, en raison de la faible abondance de cet élément dans le milieu. **Le phosphore (P) constitue donc le facteur limitant au développement phytoplanctonique.**

Lorsque **sous l'effet des rejets liés à l'activité humaine, la proportion en P augmente** par rapport à l'azote (rapport N/P diminue), la **croissance de certaines communautés phytoplanctoniques peut devenir exubérante**, notamment si les flux de N et P sont maintenus en saison estivale, période pendant laquelle l'ensoleillement et la température favorisent le développement d'organismes photosynthétiques.

Lorsque l'azote devient limitant pour la majorité des espèces phytoplanctoniques, certaines cyanobactéries peuvent utiliser l'azote atmosphérique dissous dans l'eau grâce à des cellules spécialisées. Il s'agit d'une des nombreuses particularités d'adaptations qui caractérisent les cyanobactéries. Ces adaptations leur permettent :

- D'optimiser l'accès à l'énergie lumineuse (vésicules de gaz, mucilages...) en se maintenant à la surface de l'eau (inhibition de l'ensoleillement de la couche d'eau sous-jacente) ;
- De lutter contre la prédation (formation de colonies, production de toxines...).

Les proliférations de cyanobactéries sont le plus souvent associées à trois facteurs principaux : une disponibilité importante en éléments phosphatés, une température élevée et une eau stagnante. Leurs adaptations particulières leur permettent d'être très compétitives et de proliférer abondamment dans les eaux continentales.

Par ailleurs, les cyanobactéries possèdent un cycle de développement annuel : à la fin de la période estivale quand les conditions environnementales deviennent plus contraignantes, certaines cyanobactéries développent des cellules de résistance, appelés akinètes, qui se déposent au fond du lac, sur les sédiments. Ces cellules sont ensuite capables au printemps d'inoculer la masse d'eau et initier une nouvelle prolifération estivale de cyanobactéries.

C'est, entre autres, une des raisons pour laquelle, malgré la réduction des apports nutritifs, **certaines cyanobactéries peuvent proliférer chaque été**. Ce processus d'inoculation de la masse d'eau *via* une population benthique est présent chez de nombreuses cyanobactéries.

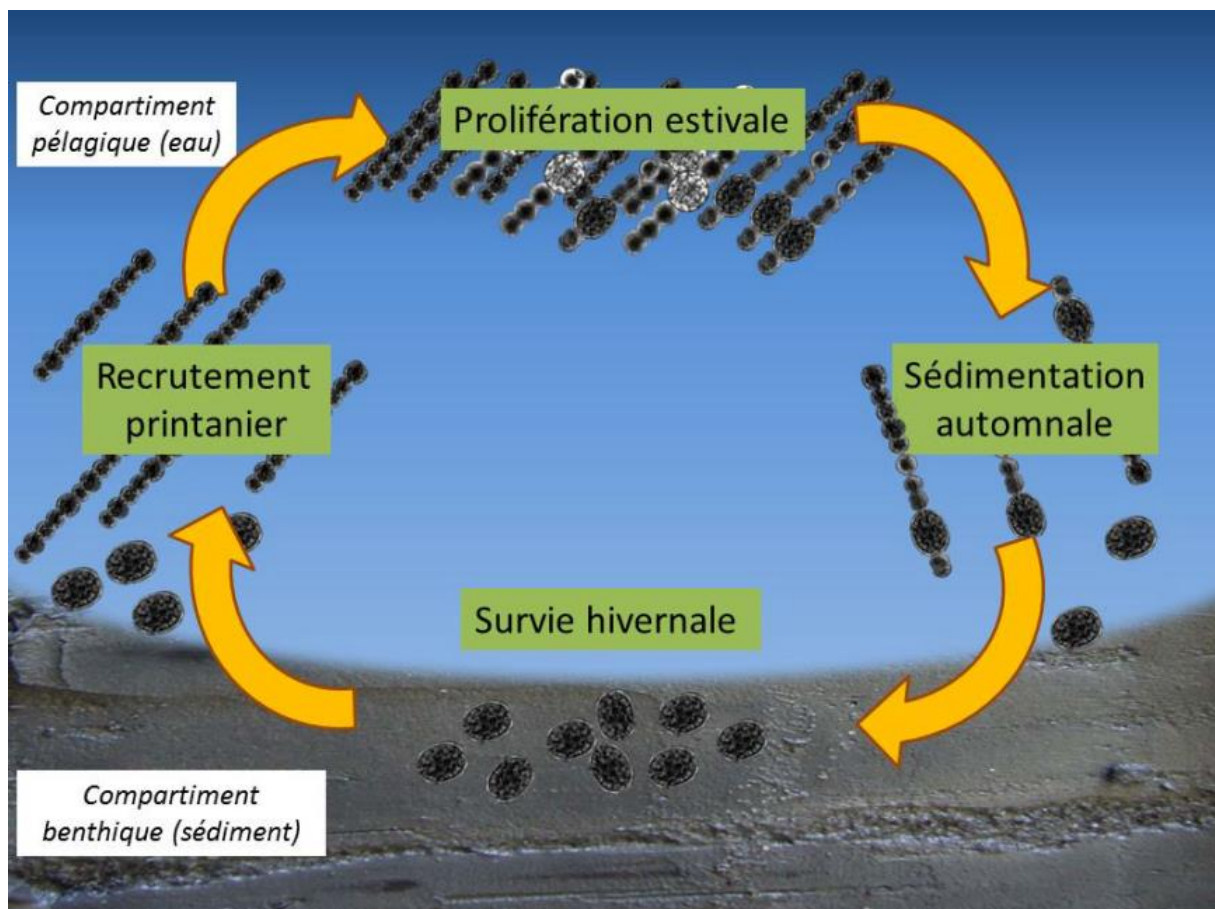


Figure 7 : Cycle de vie de certaines cyanobactéries entre masse d'eau et sédiments (Source : ATHOS Environnement, Thèse Benjamin LEGRAND)

3.2.1.3 RISQUES SANITAIRES

Production de cyanotoxines

De nombreuses souches ont **une capacité à produire des toxines**, essentiellement intracellulaires, libérées dans le milieu en cas de rupture cellulaire (mort de la cellule, ingestion/digestion). Une même espèce peut synthétiser plusieurs types de toxines simultanément. Une même toxine peut être synthétisée par différentes espèces de cyanobactéries. Ces toxines, appelées **cyanotoxines** sont classées en différentes familles selon leur effet toxique et leur structure :



- ✓ **Les neurotoxines** (anatoxines, saxitoxines, méthylamino-L-alanine) agissent sur le système nerveux et musculaire. Elles agissent sur les muscles respiratoires, créent une fatigue excessive, des crampes. Dans les cas les plus graves, elles peuvent provoquer des paralysies et des mortalités.
- ✓ **Les dermatoxines** (aplysiatoxines, debromoaplysiatoxines, lyngbyatoxine-a) provoquent l'irritation des tissus de la peau et des yeux. Elles ont été identifiées dans les eaux marines. Les voies principales de contamination sont le contact et l'ingestion lors de baignades et de sports aquatiques. Ces toxines sont à l'origine des « démangeaisons du baigneur ».
- ✓ **Les hépatotoxines** (microcystines, nodularines, cylindrospermopsines) agissent sur le foie et autres organes de digestion. Elles sont à l'origine de maux d'estomac, de troubles intestinaux et hépatiques.
- ✓ **Les lipopolysaccharides (LPS)** constitutifs de la paroi cellulaire sont présents dans toutes les espèces de cyanobactéries. Ils pourraient également être responsables d'effets gastro-intestinaux en cas d'ingestion ainsi que d'irritation et d'inflammation des voies aériennes supérieures, (Blais 2002).

Modalités d'exposition lors de la baignade :

- contact cutané
- ingestion d'eau
- inhalation d'aérosols

Les toxines sont principalement produites à la mort des cellules (suite au vieillissement naturel ou à un traitement physique ou chimique). La toxine peut persister plusieurs jours dans l'eau. Ainsi, la baignade et autres activités aquatiques peuvent conduire à l'ingestion involontaire d'eau contaminée.

La formation d'écumes

La plupart des cyanobactéries formant des efflorescences sont potentiellement toxiques. Leur prolifération souvent rapide peut conduire à l'apparition d'écumes en surface. Les écumes ou fleurs d'eau, peuvent constituer un réel risque sanitaire, puisqu'elles concentrent un grand nombre de cellules de cyanobactéries, et favorisent la libération de toxines.

3.2.1.4 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

3.2.1.5 SURVEILLANCE REGLEMENTAIRE DE LA PLAGE

*En l'absence de normes sanitaires françaises ou européennes pour les eaux de baignade **spécifiques aux cyanobactéries** (hormis les critères visuels), le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) a été saisi dans le but de préciser les critères d'évaluation des situations de prolifération de cyanobactéries, ainsi que les modalités de gestion du risque engendré.*

✓ **Selon la circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003**

*Un avis a été émis par le CSHPF le 6 mai 2003 concernant les mesures de gestion à mettre en œuvre dans le cadre de la problématique cyanobactérie. **La circulaire DGS/SD 7 A n°2003-270 du***



4 juin 2003 relative aux modalités d'évaluation et de gestion des risques sanitaires face à des situations de prolifération de micro-algues (cyanobactéries) dans des eaux de zones de baignade et de loisirs nautiques, demande aux préfets de région et de département (par l'intermédiaire des ARS) de s'assurer de la mise en œuvre homogène à l'échelle départementale, des dispositions émises dans l'avis du CSHPF.

Ainsi, un suivi sanitaire, basé sur les recommandations de cette circulaire, a été organisé par l'ARS Auvergne-Rhône-Alpes, délégation du Puy de Dôme. Il a été effectif jusqu'au 31 août 2013.

Au cours de la saison estivale, plusieurs prélèvements sont effectués en vue de dénombrements de cyanobactéries. Les comptages sont réalisés selon la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton (méthode Utermöhl).

Un compte rendu de comptage est ensuite remis à l'ARS, sur lequel sont mentionnés, les taxons dominants, leurs abondances relatives (depuis 2010) ainsi que des recommandations d'analyses de toxines basées sur l'expertise du laboratoire, si les espèces rencontrées sont jugées potentiellement dangereuses.

En fonction de l'abondance totale en cyanobactéries, des seuils d'intervention sont fixés et conditionnent la fréquence des dénombrements futurs sur la baignade.

À l'issue d'une analyse, une fiche « alerte » correspondant au seuil retenu, est fournie par l'ARS et transmise au gestionnaire dans le but d'informer le public sur la zone de baignade. Ces fiches résument le risque associé et les recommandations sanitaires en découlant.

Le Tableau 3 résume les différents seuils déterminés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), correspondants aux niveaux d'alerte à déclencher en cas de présence de cyanobactéries.

Tableau 3 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003
(Source : AFSSET, ARS Auvergne)

Niveau	C/ml	Gestion		Dénombrement cyanos
Ia	20 000	Information	Activité normale	Bimensuel
Ib				Hebdomadaire
IIa [microcystine] < 25 µg/l	100 000		Limitation de la baignade	Hebdomadaire + recherche de microcystines hebdomadaire
IIb [microcystine] > 25 µg/l			Interdiction de la baignade - Limitation des loisirs nautiques	Hebdomadaire + recherche de microcystines hebdomadaire
III Formation de mousse ou écume de cyanobactéries			Interdiction de la baignade et de tout autre loisir nautique - prévenir tout contact de personnes et animaux avec l'eau	Hebdomadaire + recherche de microcystines au moins bi-mensuelle

✓ **Selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014**

Cette circulaire, mise en place à partir de **la saison estivale 2014** modifie les modalités de contrôle des cyanobactéries et notamment les seuils d'alerte, qui sont non plus basés sur **l'abondance totale en cyanobactéries** mais sur **l'abondance en cellules toxigènes**. En effet, **seuls quelques genres de cyanobactéries sont considérés comme producteurs de toxines** (Tableau 4). Les modalités de prélèvements et d'analyses de cyanobactéries restent quant à eux inchangés.

Tableau 4 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques (Source : AFSSET, juillet 2006)

Genres de cyanobactéries potentiellement toxiques
<i>Aphanizomenon</i>
<i>Aphanothece</i>
<i>Anabaenopsis</i>
<i>Anabaena</i>
<i>Cylindrospermopsis</i>
<i>Coelosphaerium</i>
<i>Woronichinia</i>
<i>Lyngbya</i>
<i>Microcystis</i>
<i>Nostoc</i>
<i>Planktothrix</i>
<i>Phormidium</i>
<i>Rhaphidiopsis</i>
<i>Synechococcus</i>
<i>Pseudanabaena</i>
<i>Oscillatoria</i>

Les nouveaux seuils appliqués en cas de présence de cyanobactéries toxigènes sont les suivants :

Tableau 5 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014, réactualisée en 2016 (Source : ATHOS Environnement, ARS Auvergne)

Niveau	Cellules toxigènes / ml	Gestion		Dénombrement des cyanobactéries
Ia	20 000 100 000	Surveillance journalière Information du public et de l'ARS	Activité normale	Bimensuel
Ib			Limitation ou interdiction de la baignade en fonction des observations terrain	Hebdomadaire + recherche de toxines hebdomadaire
IIa			Interdiction de la baignade – Limitation des loisirs nautiques	Hebdomadaire + recherche de toxines hebdomadaire
IIb Présence de toxines			Interdiction de la baignade et de tout autre loisir nautique – prévenir tout contact de personnes et animaux avec l'eau	Hebdomadaire + recherche de toxines au moins bi-mensuelle
III Formation de mousse ou écume de cyanobactéries				

* surveillance : transparence, changement de coloration, irisation, signalements du public, autres paramètres.



3.2.1.6 PRELEVEMENT ET DENOMBREMENT

Le dénombrement des communautés cyanobactériennes a été réalisé sur les 5 stations étudiées. Les résultats sont exprimés en cellules/ml afin de pouvoir être comparées aux seuils de gestion des eaux de baignade, issus de la circulaire DGS/EA4/2014/166 du 23 mai 2014, réactualisée en 2017 (Tableau 5).

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une bouteille fermante de type VAN DORN sur l'intégralité de la zone euphotique. Un flacon de 150ml en PET est destiné au dénombrement.

La conservation et le transport des cyanobactéries ont été effectués suivant les recommandations de l'AFSSA et l'AFSSET (*Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives, 2006*).

L'observation préalable aux dénombrements a été réalisée sous une loupe binoculaire avec différents grossissements. La technique de dénombrement fait référence à la méthode Utermöhl (1958) *Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton Methodik*. Mitt. Int. Verein. Theor. Angew. Limnol., 9 : 1-38.

Les cyanobactéries ont été identifiées à partir des ouvrages de J. Komarek et K. Anagnostidis *Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales* (2005) / *2 Teil Oscillatoriales* (1998) (Susswasserflora von Mitteleuropa band 19, 1 et 19, 2) et de Bourelly (1985) *Les Algues d'eau douce*.

Les dénombrements ont été réalisés sous un microscope inversé Olympus CKX 41. Le choix de l'objectif (X40 ou X20) a été fonction de la concentration cellulaire. Lorsque des cyanobactéries coloniales étaient présentes un premier passage était effectué au grossissement X10 afin de ne pas omettre les grandes colonies. Les dénombrements, en fonction de l'abondance cellulaire, ont été effectués par champs optiques, transects, fractions de la cuve de sédimentation. Lorsque l'abondance des cyanobactéries de type coloniale était trop importante, comme dans le cas du genre *Microcystis*, le dénombrement cellulaire était réalisé dans un hématimètre (type cellule de Malassez) après passage d'un sous échantillon aux ultrasons afin de séparer les cellules des colonies. Cette technique a également été utilisée pour les organismes qui flottent et qui ne peuvent pas sédimenter.

3.2.2 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Les analyses bactériologiques réalisées concernent les paramètres *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux, tous deux pris en compte dans l'évaluation réglementaire de la qualité des eaux de baignade. Une recherche de Salmonelles a également été effectuée sur les 5 points de prélèvements.

3.2.2.1 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Actuellement la gestion des eaux de baignade est régie par la Directive 2006/7/CE adoptée le 15 février 2006 par le Conseil de l'Union Européenne et par le Parlement Européen, abrogeant la Directive **76/160/CEE** du 8 décembre 1975. Son entrée en vigueur s'est réalisée de manière progressive entre 2008 et 2015.

Depuis la saison 2013, l'évaluation de la qualité de l'eau de baignade se fait sur la base des analyses bactériologiques d'*Escherichia coli* et Entérocoques intestinaux.



Ainsi, pour un prélèvement d'eau ponctuel, la qualité est évaluée selon les critères du tableau suivant.

Tableau 6 : Evaluation de la qualité microbiologique d'un prélèvement instantané selon la note d'information DGS/EA/2014/166 du 23 mai 2014

Qualification d'un prélèvement	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100mL)	Entérocoques intestinaux (UFC/100mL)
Bon	≤100	≤100
Moyen	>100 et ≤ 1800	>100 et ≤660
Mauvais	>1800	>660

4 RESULTATS

4.1 GRAVIERE BELLE RIVE



Figure 8 : Photographies de la gravière Belle Rive (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)

4.1.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE EUPHOTIQUE

Tableau 7 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de Belle Rive (Source : ATHOS Environnement)

Profondeur (m)	6,7
Profondeur de Secchi (m)	1,7
Epaisseur de la zone photique (m)	4,25

4.1.2 PROFILS VERTICAUX D'OXYGENE DISSOUS, TEMPERATURE ET PH

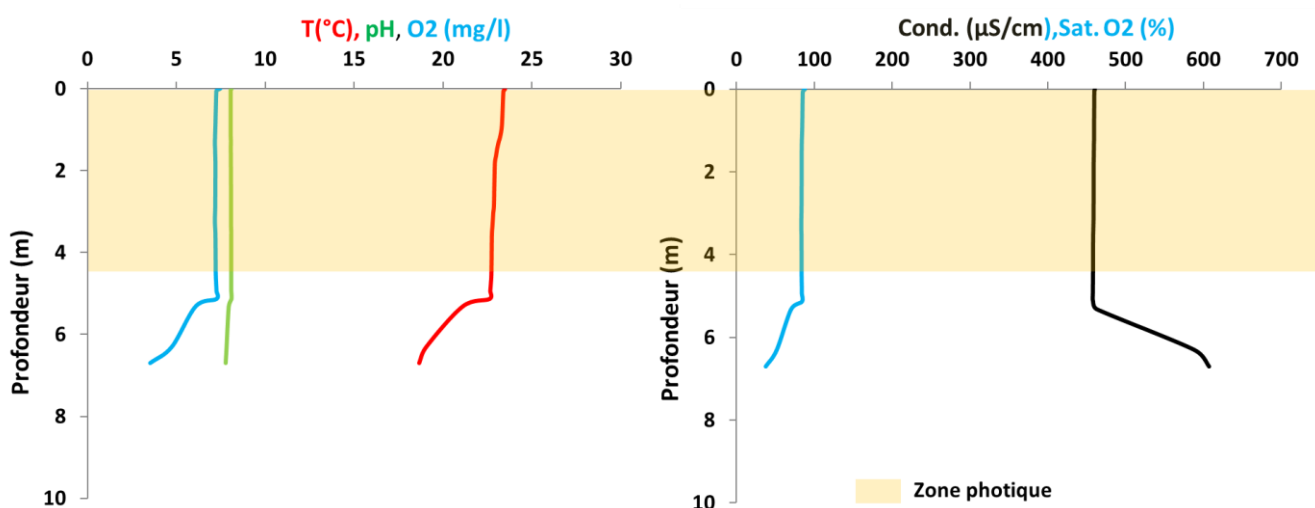


Figure 9 : Profils verticaux réalisés sur la gravière de Belle Rive (Source : ATHOS Environnement)

4.1.3 ANALYSES CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Tableau 8 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière de Belle Rive

Gravière Belle Rive		
Paramètres	Unités	Résultats
Eléments Physico-chimiques		
Carbone organique total (COT)	mg/l	3.4
Nitrates	mg/l	<0.5
Orthophosphates	mg/l	0.09
Métaux		
Arsenic dissous	mg/l	0.007
Cuivre dissous	mg/l	< 0.010
Plomb dissous	mg/l	< 0.002
Zinc dissous	mg/l	< 0.010
Mercure dissous	µg/l	< 0.01
Polluants spécifiques synthétiques		
Atrazine	µg/l	< 0.005
Simazine	µg/l	< 0.005
Chlorpyrifos éthyl	µg/l	< 0.005
Endosulfan alpha	µg/l	< 0.005
Endosulfan bêta	µg/l	< 0.005
Endosulfan total (alpha+beta)	µg/l	< 0.015
Endosulfan sulfate	µg/l	< 0.005
HCH alpha	µg/l	< 0.005
HCH bêta	µg/l	< 0.005
HCH delta	µg/l	< 0.005
HCH epsilon	µg/l	< 0.005
Lindane (HCH gamma)	µg/l	< 0.005
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0.005
Chlorpyrifos méthyl	µg/l	< 0.005
Aldrine	µg/l	< 0.005
Dieldrine	µg/l	< 0.005
Endrine	µg/l	< 0.005
Isodrine	µg/l	< 0.005
HCB (hexachlorobenzène)	µg/l	< 0.005
DDT total (24 DDTet 44' DDT)	µg/l	< 0.010
2.4'-DDT	µg/l	< 0.010
4.4'-DDT	µg/l	< 0.010
Glyphosate (incluant le sulfosate)	µg/l	< 0.020
AMPA	µg/l	< 0.020
Autres		
Alachlore	µg/l	< 0.005
Diuron	µg/l	< 0.005
Isoproturon	µg/l	< 0.005
Trifluraline	µg/l	< 0.005



4.1.4 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

Tableau 9 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière Belle Rive

N° INTERNE	3269	
N° ECHANTILLON	Ecopôle	
POINT PRELEVEMENT	Belle Rive	
DATE RECEPTION	27/08/2018	
DATE DENOMBREMENT	30/08/2018	
Majoritaire	O (75,8%)	
Abondance totale cel/mL	28713	
Abondance en cellules toxigènes cel/mL	8253	
Genre dominant	<i>Synechocystis sp</i>	14808
Autres genres Observés	<i>Aphanocapsa sp</i>	5652
	<i>Synechococcus sp</i>	4974
	<i>Pseudanabaena sp</i>	1696
	<i>Anabaena sp</i>	1583

4.1.5 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 10 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière de Belle Rive

Gravière Belle Rive		
Paramètres	Unités	Résultats
Analyses bactériologiques		
Entérocoques intestinaux	NPP/100ml	<38
Escherichia coli	NPP/100ml	<38
Salmonelles	/l	Absence

4.2 GRAVIERE LA MONTAGNE



Figure 10 : Photographies de la gravière La Montagne (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)

4.2.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE EUPHOTIQUE

Tableau 11 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de La Montagne (Source : ATHOS Environnement)

Profondeur (m)	3,2
Profondeur de Secchi (m)	0,8
Epaisseur de la zone euphotique (m)	2

4.2.2 PROFILS VERTICAUX D'OXYGENE DISSOUS, TEMPERATURE ET PH

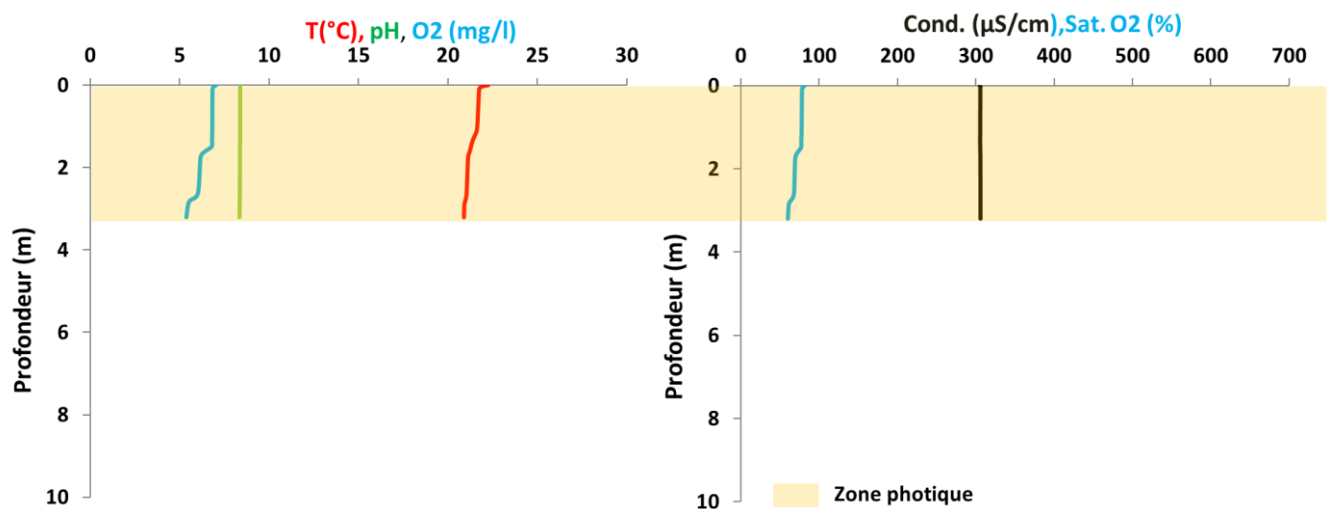


Figure 11 : Profils verticaux réalisés sur la gravière de La Montagne (Source : ATHOS Environnement)

4.2.3 ANALYSES CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière de La Montagne

Gravière de la Montagne		
Paramètres	Unités	Résultats
Éléments Physico-chimiques		
Carbone organique total (COT)	mg/l	2.9
Nitrates	mg/l	<0.5
Orthophosphates	mg/l	0.02
Métaux		
Arsenic dissous	mg/l	0.004
Cuivre dissous	mg/l	<0.01
Plomb dissous	mg/l	<0.002
Zinc dissous	mg/l	<0.01
Mercure dissous	µg/l	<0.01
Polluants spécifiques synthétiques		
Atrazine	µg/l	< 0.005
Simazine	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos éthyl	µg/l	< 0.005
Endosulfan alpha	µg/l	< 0.005
Endosulfan bêta	µg/l	< 0.005
Endosulfan total (alpha+beta)	µg/l	< 0.015
Endosulfan sulfate	µg/l	< 0.005
HCH alpha	µg/l	< 0.005
HCH bêta	µg/l	< 0.005
HCH delta	µg/l	< 0.005
HCH epsilon	µg/l	< 0.005
Lindane (HCH gamma)	µg/l	< 0.005
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos méthyl	µg/l	< 0.005
Aldrine	µg/l	< 0.005
Dieldrine	µg/l	< 0.005
Endrine	µg/l	< 0.005
Isodrine	µg/l	< 0.005
HCB (hexachlorobenzène)	µg/l	< 0.005
DDT total (24 DDTet 44' DDT)	µg/l	< 0.010
2.4'-DDT	µg/l	< 0.010
4.4'-DDT	µg/l	< 0.010
Glyphosate (incluant le sulfosate)	µg/l	< 0.020
AMPA	µg/l	< 0.020
Autres		
Alachlore	µg/l	< 0.005
Diuron	µg/l	< 0.005
Isoproturon	µg/l	< 0.005
Trifluraline	µg/l	< 0.005

4.2.4 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

Tableau 13 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière La Montagne

N° INTERNE	3266	
N° ECHANTILLON	Ecopôle	
POINT PRELEVEMENT	La Montagne	
DATE RECEPTION	27/08/2018	
DATE DENOMBREMENT	29/08/2018	
Majoritaire	O (88,1%)	
Abondance totale cel/mL	55842	
Abondance en cellules toxigènes cel/mL	10626	
Genre dominant	<i>Synechocystis sp</i>	26112
Autres genres Observés	<i>Cyanocatena sp</i>	13452
	<i>Synechococcus sp</i>	8478
	<i>Aphanocapsa sp</i>	5652
	<i>Anabaena sp</i>	2148

4.2.5 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 14 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière de La Montagne

Gravière de la Montagne		
Paramètres	Unités	Résultats
Analyses bactériologiques		
Entérocoques intestinaux	NPP/100ml	<38
Escherichia coli	NPP/100ml	<38
Salmonelles	/l	Absence

4.3 GRAVIERE DES VARENNES



Figure 12 : Photographies de la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)

4.3.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE EUPHOTIQUE

Tableau 15 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement)

Profondeur (m)	9,9
Profondeur de Secchi (m)	2,7
Epaisseur de la zone euphotique (m)	6,75

4.3.2 PROFILS VERTICAUX D'OXYGENE DISSOUS, TEMPERATURE ET PH

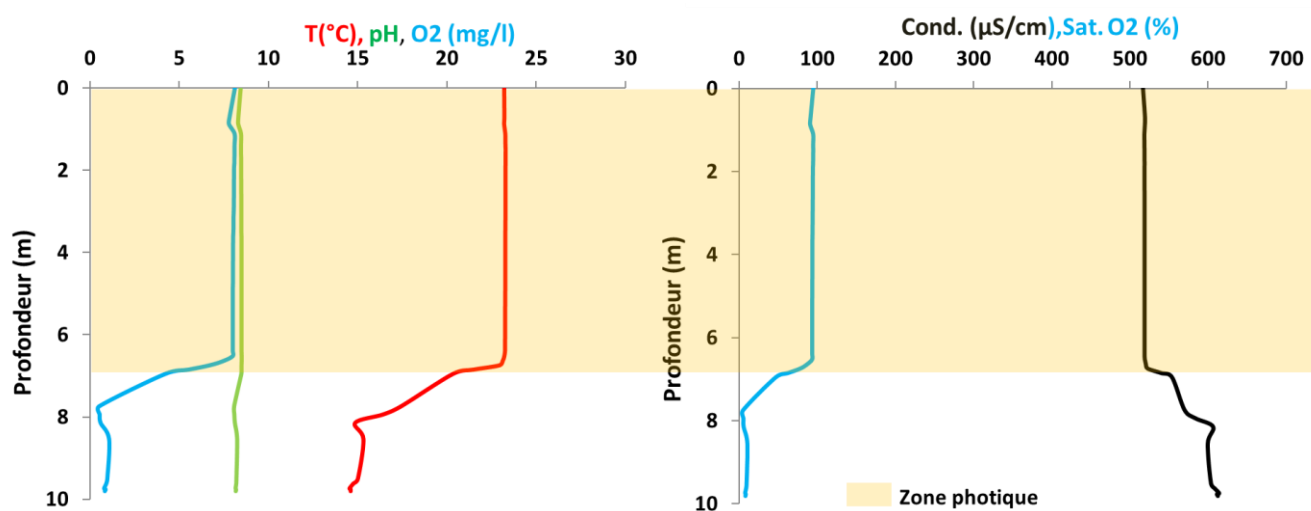


Figure 13 : Profils verticaux réalisés sur la gravière des Varennes (Source : ATHOS Environnement)

4.3.3 ANALYSES CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Tableau 16 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière des Varennes

Gravière des Varennes		
Paramètres	Unités	Résultats
Eléments Physico-chimiques		
Carbone organique total (COT)	mg/l	1.2
Nitrates	mg/l	<0.5
Orthophosphates	mg/l	0.02
Métaux		
Arsenic dissous	mg/l	0.005
Cuivre dissous	mg/l	< 0.010
Plomb dissous	mg/l	< 0.002
Zinc dissous	mg/l	< 0.010
Mercure dissous	µg/l	< 0.01
Polluants spécifiques synthétiques		
Atrazine	µg/l	< 0.005
Simazine	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos éthyl	µg/l	< 0.005
Endosulfan alpha	µg/l	< 0.005
Endosulfan bêta	µg/l	< 0.005
Endosulfan total (alpha+beta)	µg/l	< 0.015
Endosulfan sulfate	µg/l	< 0.005
HCH alpha	µg/l	< 0.005
HCH bêta	µg/l	< 0.005
HCH delta	µg/l	< 0.005
HCH epsilon	µg/l	< 0.005
Lindane (HCH gamma)	µg/l	< 0.005
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos méthyl	µg/l	< 0.005
Aldrine	µg/l	< 0.005
Dieldrine	µg/l	< 0.005
Endrine	µg/l	< 0.005
Isodrine	µg/l	< 0.005
HCB (hexachlorobenzène)	µg/l	< 0.005
DDT total (24 DDTet 44' DDT)	µg/l	< 0.010
2.4'-DDT	µg/l	< 0.010
4.4'-DDT	µg/l	< 0.010
Glyphosate (incluant le sulfosate)	µg/l	< 0.020
AMPA	µg/l	< 0.020
Autres		
Alachlore	µg/l	< 0.005
Diuron	µg/l	< 0.005
Isoproturon	µg/l	< 0.005
Trifluraline	µg/l	< 0.005



4.3.4 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

Tableau 17 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière des Varennes

N° INTERNE	3268	
N° ECHANTILLON	Ecopôle	
POINT PRELEVEMENT	Les Varennes	
DATE RECEPTION	27/08/2018	
DATE DENOMBREMENT	29/08/2018	
Majoritaire	O (73,7%)	
Abondance totale cel/mL	6330	
Abondance en cellules toxigènes cel/mL	452	
Genre dominant	<i>Synechocystis sp</i>	5878
Autres genres Observés	<i>Synechococcus sp</i>	452

4.3.5 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 18 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière des Varennes

Gravière des Varennes		
Paramètres	Unités	Résultats
Analyses bactériologiques		
Entérocoques intestinaux	NPP/100ml	<38
Escherichia coli	NPP/100ml	<38
Salmonelles	/l	Absence

4.4 GRAVIERE PECHE



Figure 14 : Photographies de la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)

4.4.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE EUPHOTIQUE

Tableau 19 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement)

Profondeur (m)	8,9
Profondeur de Secchi (m)	2,3
Epaisseur de la zone photique (m)	5,75

4.4.2 PROFILS VERTICAUX D'OXYGENE DISSOUS, TEMPERATURE ET PH

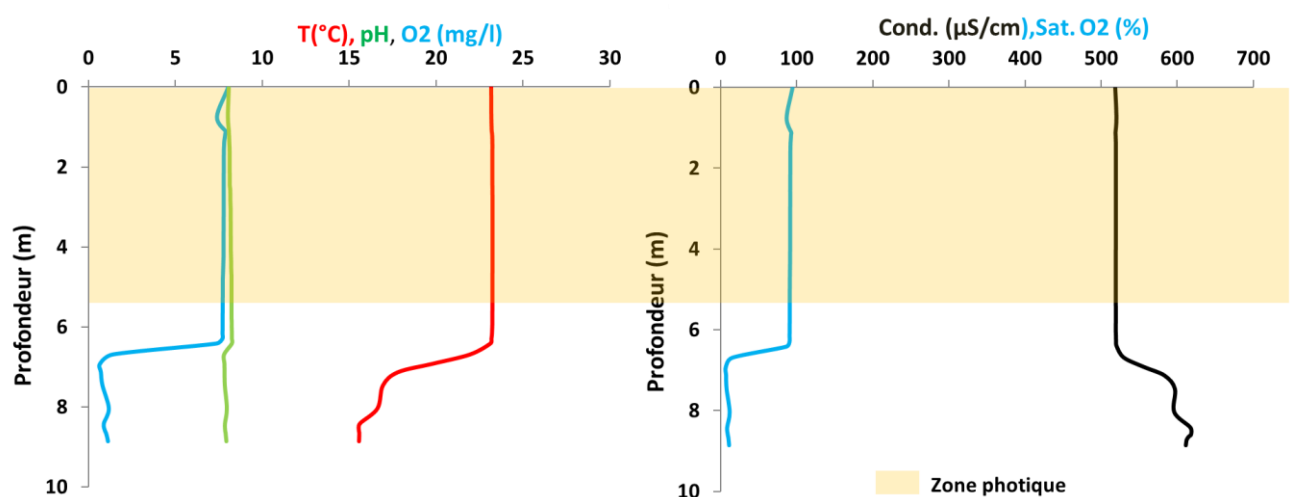


Figure 15 : Profils verticaux réalisés sur la gravière Pêche (Source : ATHOS Environnement)

4.4.3 ANALYSES CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Tableau 20 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière Pêche

Gravière Pêche		
Paramètres	Unités	Résultats
Eléments Physico-chimiques		
Carbone organique total (COT)	mg/l	3.4
Nitrates	mg/l	<0.5
Orthophosphates	mg/l	0.09
Métaux		
Arsenic dissous	mg/l	0.005
Cuivre dissous	mg/l	< 0.010
Plomb dissous	mg/l	< 0.002
Zinc dissous	mg/l	< 0.010
Mercure dissous	µg/l	< 0.01
Polluants spécifiques synthétiques		
Atrazine	µg/l	< 0.005
Simazine	µg/l	< 0.005
Chlorpyrifos éthyl	µg/l	< 0.005
Endosulfan alpha	µg/l	< 0.005
Endosulfan bêta	µg/l	< 0.005
Endosulfan total (alpha+beta)	µg/l	< 0.015
Endosulfan sulfate	µg/l	< 0.005
HCH alpha	µg/l	< 0.005
HCH bêta	µg/l	< 0.005
HCH delta	µg/l	< 0.005
HCH epsilon	µg/l	< 0.005
Lindane (HCH gamma)	µg/l	< 0.005
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0.005
Chlorpyrifos méthyl	µg/l	< 0.005
Aldrine	µg/l	< 0.005
Dieldrine	µg/l	< 0.005
Endrine	µg/l	< 0.005
Isodrine	µg/l	< 0.005
HCB (hexachlorobenzène)	µg/l	< 0.005
DDT total (24 DDTet 44' DDT)	µg/l	< 0.010
2.4'-DDT	µg/l	< 0.010
4.4'-DDT	µg/l	< 0.010
Glyphosate (incluant le sulfosate)	µg/l	< 0.020
AMPA	µg/l	< 0.020
Autres		
Alachlore	µg/l	< 0.005
Diuron	µg/l	< 0.005
Isoproturon	µg/l	< 0.005
Trifluraline	µg/l	< 0.005

4.4.4 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

Tableau 21 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière Pêche

N° INTERNE	3267	
N° ECHANTILLON	Ecopôle	
POINT PRELEVEMENT	Pêche	
DATE RECEPTION	27/08/2018	
DATE DENOMBREMENT	29/08/2018	
Majoritaire	O (54,8%)	
Abondance totale cel/mL	6443	
Abondance en cellules toxigènes cel/mL	1243	
Genre dominant	<i>Synechocystis sp</i>	5200
Autres genres Observés	<i>Synechococcus sp</i>	1243

4.4.5 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 22 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière Pêche

Gravière Pêche		
Paramètres	Unités	Résultats
Analyses bactériologiques		
Entérocoques intestinaux	NPP/100ml	<38
Escherichia coli	NPP/100ml	<38
Salmonelles	/l	Absence

4.5 GRAVIERE LA MARE



Figure 16 : Photographies de la gravière La Mare (Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 27 août 2018)

4.5.1 TRANSPARENCE DE L'EAU ET ZONE EUPHOTIQUE

Tableau 23 : Profondeur maximale, profondeur de Secchi et épaisseur de la zone euphotique mesurées à la gravière de La Mare (Source : ATHOS Environnement)

Profondeur (m)	0,8
Profondeur de Secchi (m)	0,8
Epaisseur de la zone euphotique (m)	0,8

4.5.2 MESURES IN SITU

En raison de la faible profondeur de cette mare, les profils verticaux n'ont pu être réalisés. Une mesure ponctuelle a été effectuée.

Tableau 24 : Mesures *in situ* effectuées sur la gravière La Mare (Source : ATHOS Environnement)

Saturation en O ₂ (%)	O ₂ dissous (mg/l)	pH	Conductivité (μS/cm)	Température (°C)
197,4	17,26	8,15	730	21,866

4.5.3 ANALYSES CHIMIQUES DE LA COLONNE D'EAU

Tableau 25 : Résultats des analyses physico-chimiques sur la gravière La Mare

Gravière La Mare		
Paramètres	Unités	Résultats
Éléments Physico-chimiques		
Carbone organique total (COT)	mg/l	4.6
Nitrates	mg/l	8.7
Orthophosphates	mg/l	0.07
Métaux		
Arsenic dissous	mg/l	0.005
Cuivre dissous	mg/l	< 0.010
Plomb dissous	mg/l	< 0.002
Zinc dissous	mg/l	< 0.010
Mercure dissous	µg/l	< 0.01
Polluants spécifiques synthétiques		
Atrazine	µg/l	0.011
Simazine	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos éthyl	µg/l	< 0.005
Endosulfan alpha	µg/l	< 0.005
Endosulfan bêta	µg/l	< 0.005
Endosulfan total (alpha+beta)	µg/l	< 0.015
Endosulfan sulfate	µg/l	< 0.005
HCH alpha	µg/l	< 0.005
HCH bêta	µg/l	< 0.005
HCH delta	µg/l	< 0.005
HCH epsilon	µg/l	< 0.005
Lindane (HCH gamma)	µg/l	< 0.005
Chlorfenvinphos	µg/l	< 0.005
Chlorpyriphos méthyl	µg/l	< 0.005
Aldrine	µg/l	< 0.005
Dieldrine	µg/l	< 0.005
Endrine	µg/l	< 0.005
Isodrine	µg/l	< 0.005
HCB (hexachlorobenzène)	µg/l	< 0.005
DDT total (24 DDTet 44' DDT)	µg/l	< 0.010
2,4'-DDT	µg/l	< 0.010
4,4'-DDT	µg/l	< 0.010
Glyphosate (incluant le sulfosate)	µg/l	< 0.020
AMPA	µg/l	< 0.020
Autres		
Alachlore	µg/l	< 0.005
Diuron	µg/l	< 0.005
Isoproturon	µg/l	< 0.005
Trifluraline	µg/l	< 0.005

4.5.4 CYANOBACTERIES DANS LA COLONNE D'EAU

Tableau 26 : Résultats du dénombrement de cyanobactéries sur la gravière La Mare

N° INTERNE	3270	
N° ECHANTILLON	Ecopôle	
POINT PRELEVEMENT	La Mare	
DATE RECEPTION	27/08/2018	
DATE DENOMBREMENT	30/08/2018	
Majoritaire	N (46,3%)	
Abondance totale cel/mL	5652	
Abondance en cellules toxigènes cel/mL	1243	
Genre dominant	<i>Synechocystis sp</i>	4409
Autres genres Observés	<i>Synechococcus sp</i>	1243

4.5.5 ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

Tableau 27 : Résultats des analyses bactériologiques sur la gravière La Mare

Gravière La Mare		
Paramètres	Unités	Résultats
Analyses bactériologiques		
Entérocoques intestinaux	NPP/100ml	<38
Escherichia coli	NPP/100ml	38
Salmonelles	/l	Absence

5 CONCLUSION

Sur l'ensemble des 5 gravières étudiées, **la transparence est bonne**, oscillant entre 0,8m et 2,7m, la valeur la plus basse étant observée sur les gravières de plus faible profondeur : La Montagne et La Mare. Sur ces deux gravières, la lumière pénètre jusqu'au fond.

Sur les gravières des Varennes et Pêche, une désoxygénation de l'eau est observée à l'interface eau-sédiments.

Sur l'ensemble des gravières La Mare, Belle Rive et Pêche, **les concentrations en orthophosphates sont non négligeables** (entre 0,07 et 0,09 mg/l).

Les concentrations en nitrates sont restées inférieures au seuil de quantification du laboratoire sauf sur la gravière La Mare, où la valeur atteint 8,7 mg/l.

Les concentrations en métaux lourds sont restées inférieures au seuil de quantification excepté pour l'arsenic, ce qui peut potentiellement être dû au contexte géochimique de la région.

Pour l'ensemble des pesticides dosés, **les valeurs sont restées inférieures au seuil de quantification** sauf pour **La Mare, où une concentration en atrazine de 0,011 µg/l a été observée**. Ce pesticide, à effet herbicide est **interdit depuis 2001** mais a été largement utilisé auparavant dans les cultures de maïs. À titre d'information, en France, les teneurs maximales pour les résidus de l'atrazine sur et dans les denrées alimentaires sont fixées par les arrêtés du 05 août 1992 relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles sur ou dans certains produits d'origine végétale et du 10 février 1989 relatif aux teneurs maximales en résidus de pesticides admissibles dans et sur les céréales destinées à la consommation humaine (respectivement 0,1 mg/kg et 0,05 mg/kg pour l'ensemble des produits agricoles traités à l'exception du maïs).

Concernant l'eau à destination à consommation, une valeur limite de 0,1 µg/l d'atrazine a été fixée par le décret 2001- 1220 du 20 décembre 2013.

Les concentrations en cyanobactéries sont comprises entre 5 652 et 55 842 cell/ml, cette concentration maximale étant observée sur la gravière La Montagne. Les peuplements sont largement représentés par des picocyanobactéries, c'est-à-dire de petite taille. Des genres de cyanobactéries toxigènes ont été observés mais en faible proportion. À titre d'information, aucune des concentrations en cyanobactéries relevées n'auraient conduit à une fermeture de baignade selon la réglementation actuellement appliquée dans le département du Puy de Dôme.

Les concentrations en *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux sont restées inférieures ou égales au seuil de quantification du laboratoire.

Aucune salmonelle n'a été détectée sur l'ensemble des points de prélèvements.