

Profil de baignade en eau douce



du Grand Réservoir de Vioreau (44)



Profil de type 2

Eau de bonne qualité,

avec deux risques potentiels pré identifiés :

Prolifération de cyanobactéries et de bactéries

Mise à jour du profil de baignade : Décembre 2020

Sommaire

1	Mise en place du profil de baignade.....	6
1.1	Contexte réglementaire.....	6
1.2	L'élaboration du profil de baignade s'effectue en trois phases successives :.....	7
1.3	Visites du site, Intervenants et réunions.....	9
2	Etat des lieux, synthèse des données existantes.....	11
2.1	Délimitation de la zone d'étude	11
2.2	Situation du plan d'eau et de la plage	12
2.3	Contexte géomorphologique et hydrogéologique.....	16
2.4	Contexte hydrologique	17
2.4.1	Alimentation en eau principale.....	17
2.4.2	Marnage	18
2.5	Caractéristiques climatiques de la zone du Joué sur Erdre.....	19
2.6	Contextes démographique et économique.....	20
2.7	Les activités (hors baignade) sur et autour du Lac.....	20
2.8	Occupation des sols.....	23
2.9	Assainissement des eaux sur le périmètre d'étude	24
2.9.1	Assainissement collectif	24
2.9.2	Assainissement non collectif.....	25
2.10	Sites remarquables dans le périmètre d'étude	26
3	Description de la plage.....	30
3.1	Description physique du site	30
3.1.1	La localisation et le type de plage	30
3.1.2	Le poste de secours.....	33
3.1.3	Les dispositifs d'hygiène corporelle	33
3.2	L'activité de baignade	34
3.2.1	Les horaires d'ouverture et de surveillance.....	34
3.2.2	Le nombre de baigneurs fréquentant le site.....	34
4	L'évolution du classement selon la réglementation en vigueur.....	35
4.1	Ancien classement.....	35
4.2	Nouvelle directive de classement.....	35

5	Inventaire des sources de pollution potentielles	38
5.1	Les sources de pollutions bactériologiques.....	38
5.2	Les sources de pollution par les cyanobactéries	38
5.3	Les sources de pollution par les animaux.....	38
6	Analyses des risques	39
6.1	La transparence de l'eau : au-delà du risque de noyade, cette transparence conditionne l'écosystème.....	39
6.2	Le risque bactériologique	40
6.2.1	Les concentrations en Coliformes fécaux	41
6.2.2	Les concentrations en Streptocoques ou Entérocoques intestinaux	42
6.2.3	Comparatif pics de pollution bactérienne et pluviométrie.....	43
6.3	Classement de l'eau de baignade du lac de Vioreau.....	44
6.4	Estimation des classements à venir.....	44
6.5	Les risques liés au développement de cyanobactéries	46
6.5.1	Les Cyanobactéries.....	46
6.5.2	Niveaux de précaution pour les plans d'eau de baignade relatifs aux cyanobactéries	54
6.5.3	Le développement des cyanobactéries au lac de Vioreau.....	58
7	Les moyens de lutte contre les efflorescences de cyanobactéries	65
7.1	Les actions à mettre en place au niveau de la plage de baignade	66
7.1.1	Nettoyage de la plage.....	66
7.1.2	Pose d'un barrage flottant	66
7.1.3	Utilisation de carbonate de calcium.....	67
7.1.4	Les traitements algicides.....	67
8	Les autres risques, les autres mesures possibles.....	67
8.1	Ecarter le risque bactériologique	68
8.2	Le risque lié à la proximité des animaux sauvages.....	68
9	Gestion de la surveillance	70
9.1	Stratégie de surveillance	70
9.1.1	Deux types de surveillance peuvent se compléter :	70
9.1.2	Programme de surveillance réglementaire.....	71
9.1.3	Programme d'autosurveillance	72

9.1.4	Les devoirs du responsable de la baignade :.....	76
9.2	Détermination des conditions de passage en situation d'alerte et/ou de crise	77
9.2.1	Choix des indicateurs	77
9.2.2	Détermination des seuils.....	77
9.2.3	Information du responsable de l'eau de baignade	79
10	La gestion de crise	81
10.1	Le circuit de l'information entre les différentes instances.....	81
10.2	Les recommandations habituelles.....	82
11	L'information au public	83
12	Proposition d'une procédure de gestion de la surveillance et des modalités de gestion de crise sur le réservoir de Vioreau.....	85
13	La fiche de synthèse du profil de baignade.....	91
14	Préconisations	93
14.1	Recommandations.....	93
14.2	Gestion de crise	93
15	Conclusion	94

A. CONTEXTE REglementaire ET

CONTENU DU PROFIL DE BAIGNADE

1 Mise en place du profil de baignade

1.1 Contexte réglementaire

La nouvelle directive européenne relative à la **qualité des eaux de baignade** (directive 2006/7/CE) est dorénavant mise en œuvre en remplacement de la directive de 1976. Elle introduit différentes évolutions en termes de règles de classement des plages, de gestion préventive des risques de pollution et d'information des usagers. Ces mesures s'appuient sur un ensemble de dispositions organisationnelles et techniques, dont **la réalisation du profil de baignade** constitue l'une des principales obligations.

Un profil de baignade comporte une description physique de la plage et recense toutes les sources de contaminations, notamment microbiologiques, qui pourraient le cas échéant conduire la collectivité responsable

- à fermer temporairement la baignade
- ou prendre des mesures de gestion adaptées afin de protéger les usagers des risques sanitaires.

Un « profil de baignade » a donc pour vocation d'évaluer et de comprendre les risques de pollution des eaux de baignade, et peut conduire à l'établissement d'un plan d'action pour préserver ou reconquérir la qualité des eaux de la plage.

Ce profil est donc un référentiel de gestion de la baignade qui sera remis régulièrement à jour et servira à l'exploitation de la baignade et aux services de contrôle.

Le décret n°2008-990 du 18 septembre 2008 qui transpose la directive précise que les responsables de sites de baignade sont tous tenus de réaliser les profils de leurs plages.

L'abrogation de la directive 76/160/CEE est effective depuis le 31/12/2014 au niveau communautaire. Mais en France, l'ensemble des dispositions de cette directive sont en déjà vigueur depuis 2013 : ainsi, à l'issue de la saison balnéaire 2013, le classement des eaux a été établi pour la première fois selon les nouvelles règles communautaires, se traduisant par les 4 classes de qualité suivantes: insuffisante, suffisante, bonne et excellente.



Figure 1 : Pictogrammes de classement de baignade, insuffisant, suffisant, bon, excellent (gauche à droite)

1.2 L'élaboration du profil de baignade s'effectue en trois phases successives :

- **L'Etat des Lieux** (description du contexte et de la qualité des eaux de baignade, recensement des rejets et sources de contamination,
- **Le Diagnostic** (évaluation des rejets et sources de contamination, évaluation des risques potentiels et/ou avérés, perspectives d'évolution des risques)
- **La Gestion** (élaboration d'un plan d'action, définition éventuelle des campagnes de mesures à conduire, définition éventuelle d'un système de gestion active)

Le profil de baignade est guidé dans sa rédaction en fonction des risques sanitaires susceptibles d'entraver les activités de baignade sur le site d'étude. En général, quatre types de risques vis-à-vis des activités de baignade sont pré identifiés.

Le premier de ces risques, en l'occurrence le **risque bactériologique**, est le fait d'une possible contamination fécale, humaine ou animale, via une transmission hydrique des bassins versants en amont du site. Son étude s'appuie principalement sur les suivis réalisés dans le cadre de la réglementation actuelle et à venir. Il est le reflet de l'impact sur le milieu des rejets polluants, véhiculant des bactéries, virus ou parasites. Ces rejets sont liés aux activités humaines (rejets ponctuels temporaires ou permanents des systèmes d'assainissement collectif ou non collectif, aux élevages, à certaines industries agroalimentaires, ...). Si ces rejets ne sont pas contrôlés (vannes, ...) ou incontrôlables (débordement lors d'orages), les concentrations en bactéries indicatrices de contamination fécale peuvent dépasser de manière chronique ou épisodique les valeurs réglementaires fécales au droit de la baignade.

Un second risque identifié est le **risque de prolifération de cyanobactéries**. Son impact est évalué à partir des suivis disponibles des cyanobactéries (toxiques ou potentiellement toxiques ou à défaut par des facteurs de risque pouvant favoriser leur prolifération (eutrophisation, ...)). Il s'agit de diminuer le risque de toxicité aigüe qui accompagne parfois la présence de quantité importante de cyanobactéries. Ce risque est souvent corrélé aux problématiques d'eutrophisation, dont les causes (apports en nutriments : le phosphore, ...), et les conséquences (successions algales saisonnières) sont variables dans le temps et l'espace.

Les deux derniers risques, moins fréquents et moins suivis, trouvent leur origine au sein même du site, voir des usages : il s'agit de la **contamination par des animaux** et la **contamination inter-humaine**.

A la contamination par les animaux sauvages fréquentant les abords du site (oiseaux, rats, ragondins, ...) peut s'ajouter celle des animaux domestiques (excréments de chiens ...). La contamination amenée par certains baigneurs (personnes malades, porteurs sains, plaies non

protégées, ...) peut devenir critique lorsque la densité de baigneurs est forte et lorsque l'eau est peu renouvelée (plan d'eau, anse, ...).

Pour le grand réservoir de Vioreau, à la vue des résultats des six dernières années et des évolutions dans le classement, il a été retenu deux risques potentiels :

- **le risque bactériologique,**
- et le **risque lié aux cyanobactéries**, par les épisodes ponctuels de prolifération dans le plan d'eau et la zone de baignade.

Ces risques étaient déjà identifiés lors de la rédaction du profil initial en 2013.

1.3 Visites du site, Intervenants et réunions

Le profil de baignade initial a été réalisé par le bureau d'études indépendant, **Minyvel Environnement**.

En l'occurrence, l'étude a été menée par les ingénieurs en Environnement : Yves Le Medec, Sylvain Rocheteau (prospection et concertation), et Louis Beauchet-Filleau (cartographie).

L'élaboration du profil de baignade s'est appuyée sur l'expertise de Luc Brient de l'Université de Rennes 1 (laboratoire ECOBIO, 35 Rennes). Ces travaux portent notamment sur la systématique des algues d'eaux douces, et en particulier les cyanobactéries. Il a par ailleurs mis en évidence dans les grands plans d'eau de l'ouest de la France : les microcystines en 1993 et en 2000, la cylindrospermopsine et l'anatoxine. Il est expert de l'AFFSA dans le groupe EAU par arrêté ministériel du 3 septembre 2003.

Suite aux évolutions de classement (dégradation du classement de Bon à Suffisant en 2018), une révision générale est entreprise en 2020. La mise à jour du profil de baignade a été réalisée par le bureau d'études **Minyvel Environnement Le Medec**, notamment les techniciens et ingénieurs : Sylvain Rocheteau et Gwenaël Bellec (prospection et concertation), Louis Beauchet-Filleau (cartographie).

Une visite de terrain est réalisée le 10 Juin 2020, avec une présence en matinée à la mairie de Joué-sur-Erdre pour consultation de documents et échanges avec le secrétaire de Mairie. L'après-midi est consacré à une visite complète du site de Vioreau pour mise à jour des données de terrain, réalisation de clichés, prospection des sites d'intérêts (exutoires, plage, centre nautique, site de pêche à la carpe, zone ornithologique, berges, barrage).

Par la suite, différents échanges ont lieu avec :

- M. Simonneau, conseiller délégué à l'Environnement et au Tourisme à la mairie de Joué-sur-Erdre
- M. Gantier, coordinateur de la base nautique Vioreau Pleine Nature
- le service assainissement de la communauté de communes du pays d'Ancenis
- le conseil départemental de Loire-Atlantique (délégation de Châteaubriant et Nantes, unité voies navigables)
- l'association Polleniz (organisme à vocation sanitaire)
- l'EDENN

B. ETAT DES LIEUX

2 Etat des lieux, synthèse des données existantes

2.1 Délimitation de la zone d'étude

Deux zones d'études sont définies :

- Une zone d'étude locale correspondant au bassin versant de la plage, limitée à une bande d'environ 1 km en amont de la baignade, sur laquelle toutes les sources de pollution y compris l'assainissement non collectif et les sources diffuses seront recherchées. Le bassin versant de la plage correspond au bassin versant topographique, complété si nécessaire du bassin de collecte et du bassin hydrogéologique
- Une zone d'étude générale dont l'objectif est d'englober des sources présumées de pollution, situées à l'extérieur du bassin versant direct. Cette zone s'étend au bassin versant du plan d'eau, dans un rayon de 5 km.

Les éléments du contexte général (ressources hydrogéologiques, réseau hydrographique, contexte climatique, démographique et économique...) s'appliquant à la zone d'étude générale sont répertoriés dans une compilation des données bibliographiques disponibles.

2.2 Situation du plan d'eau et de la plage

Le site départemental de sports et de loisirs de pleine nature du lac de Vioreau, appartenant au Conseil Général de Loire Atlantique, est situé à Joué-sur-Erdre, à 35 kilomètres de Nantes. Adossé à un massif forestier de 750 ha, le réservoir de Vioreau constitue le plus grand plan d'eau intérieur navigable de Loire-Atlantique. Cet espace naturel protégé est devenu un lieu privilégié pour la pratique des activités physiques de pleine nature.

L'extrait IGN suivant donne l'emplacement du Lac de Vioreau, au Nord de Nantes.

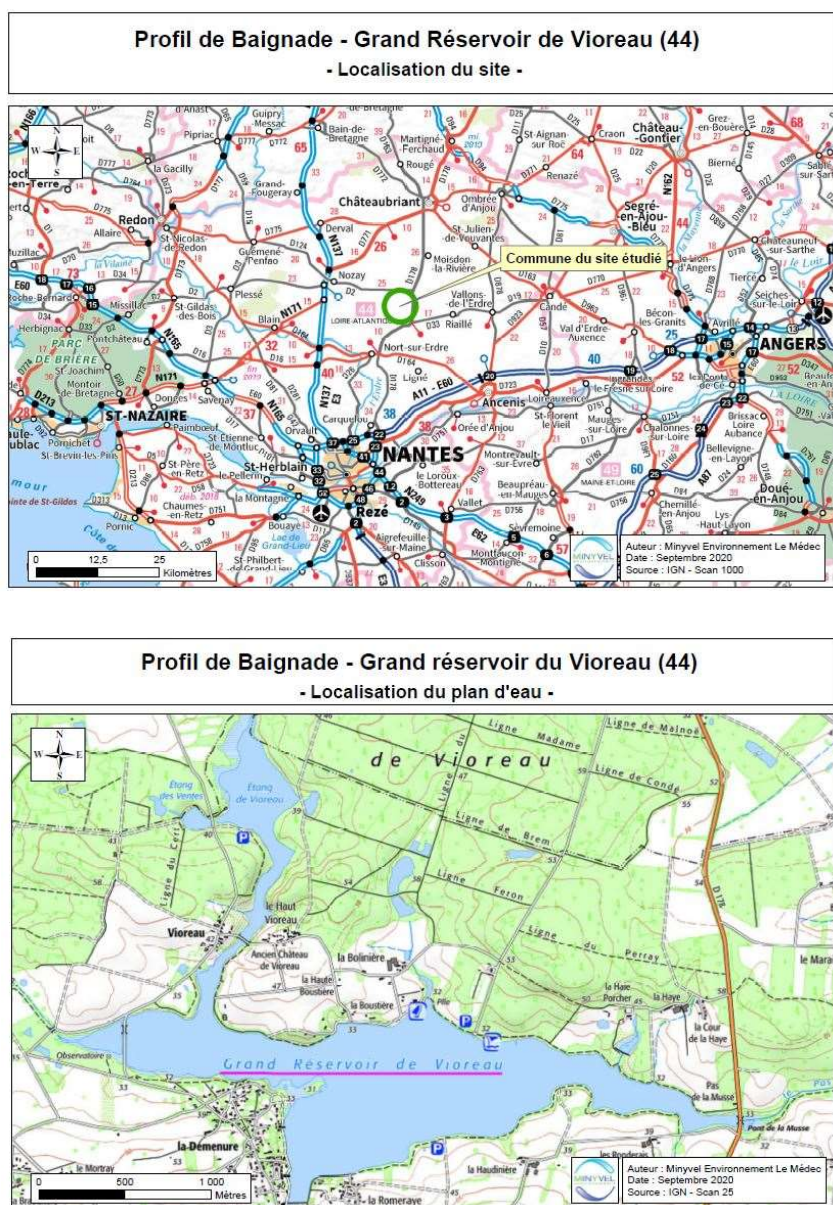


Figure 2 : Situation géographique du réservoir de Vioreau

Le plan d'eau couvre une superficie de 180 ha, pour un volume de 7 451 000 m³. L'étang amont fait quant à lui 20 ha pour 504 000 m³.

A titre indicatif, une série de cartes et photographies du site de Vioreau est présentée ci-dessous par ordre chronologique. L'extrait de la carte de Cassini nous montre qu'à cette époque (XVIII^e siècle), seul le petit étang de Vioreau est existant. Le grand réservoir sera ensuite creusé sur le réseau hydrographique, à la confluence de plusieurs cours d'eau (visible sur la carte d'Etat-Major en 1866). Son rôle premier est le maintien en eau du Canal de Nantes à Brest via la rigole alimentaire (21 km).

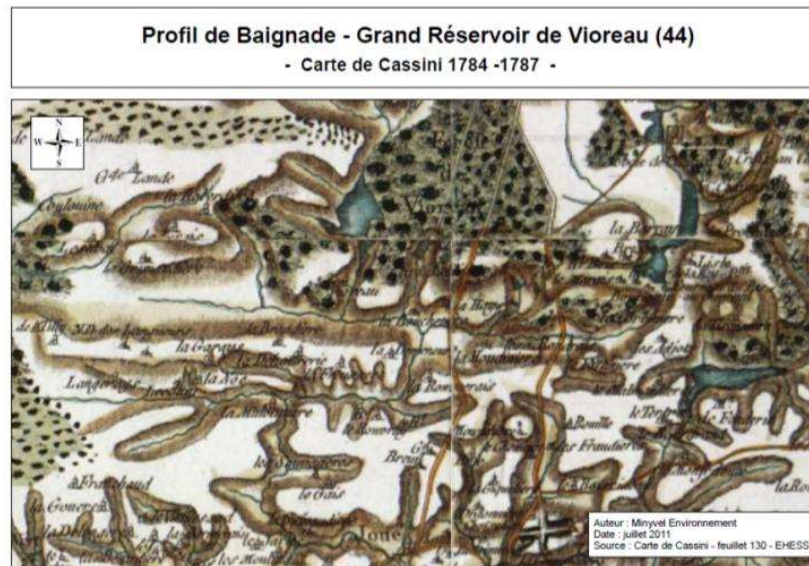


Figure 3 : Carte de Cassini du secteur de Vioreau, 1784

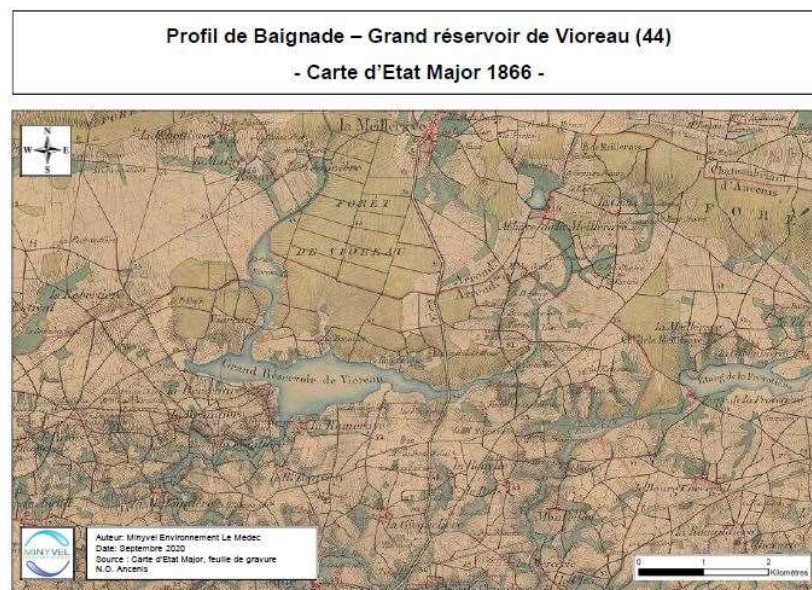


Figure 4 : Carte d'État-major du secteur de Vioreau, 1866

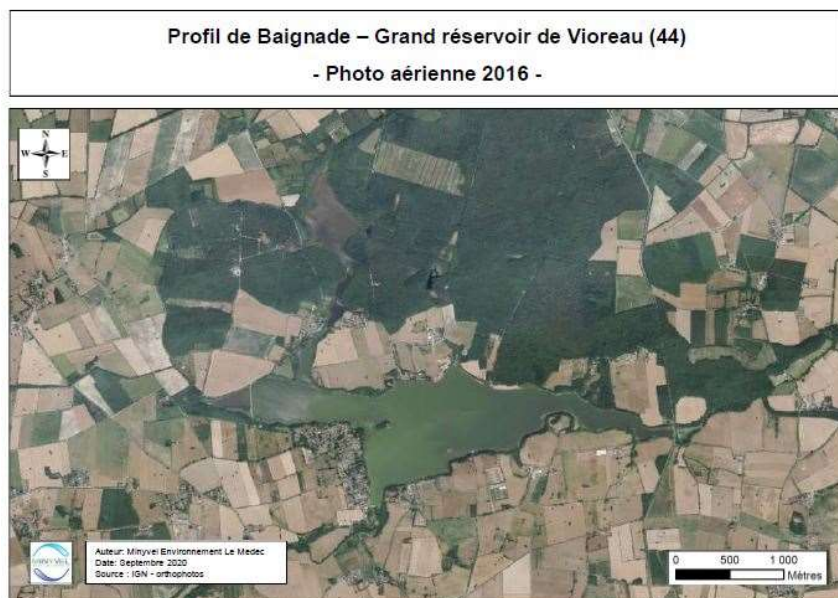


Figure 5 : Photographie aérienne récente du secteur de Vioreau, 2016

Note : Une carte globale du site et des éléments clés (Activités et Equipements (avec l'alimentation en eaux de surface ou pluviales) est représentée en page suivante. Il sera fait référence à cette carte de synthèse du profil de baignade, plusieurs fois tout au long de ce rapport.

Profil de Baignade - Grand réservoir de Vioreau (44)

- Equipements du site -

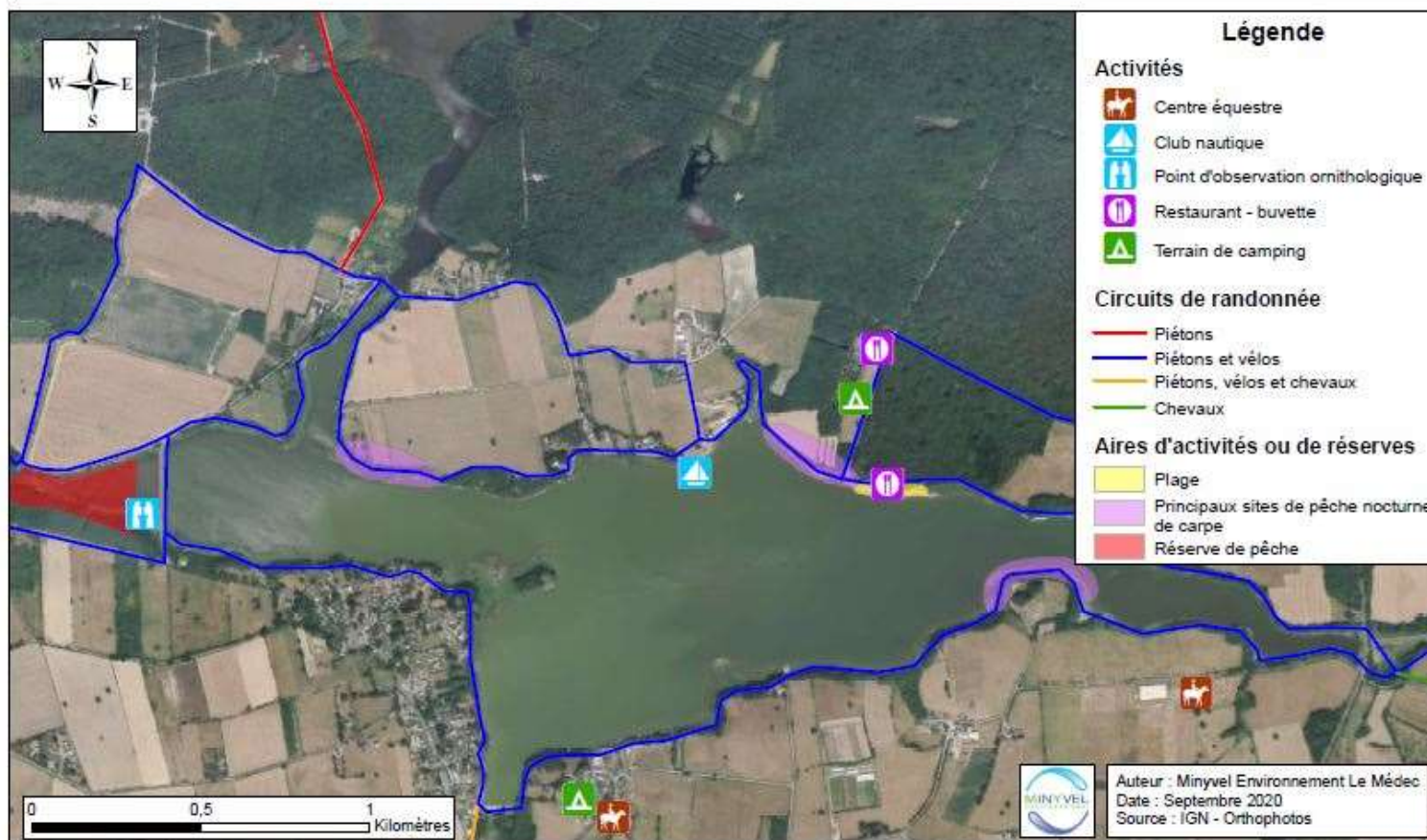


Figure 6 : Activités et équipement du site de Vioreau, 2020

2.3 Contexte géomorphologique et hydrogéologique

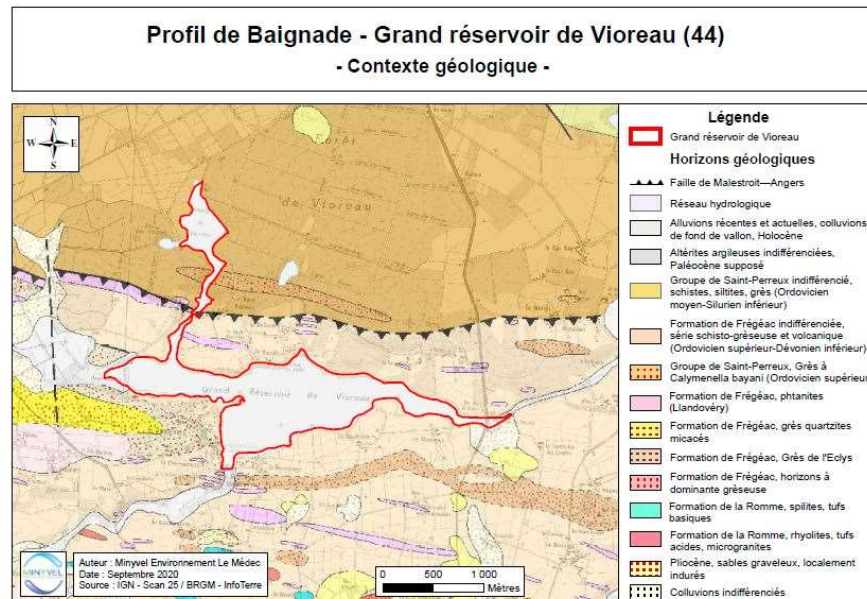


Figure 7 : Situation géologique du Lac de Vioreau, 2020

Le lac de Vioreau est situé sur la formation de Fégréac. On y trouve principalement une série schisto-gréseuse et volcanique (Ordovicien supérieur-Dévonien inférieur) et des horizons à dominante gréseuse avec des zones de phtanites. Le long des cours d'eau, on trouve des sables du pliocène et des colluvions. Sur la formation de la Romme, au sud, on identifie des rhyolites, tufs acides et microgranites et sur un lieu au sud-ouest des spilites et tufs basiques.

Si la nature géologique diffère légèrement d'un plan d'eau à l'autre, les effets vis-à-vis des écoulements de surface ou sous terrains sont homogènes, se traduisant à l'extrême par des étiages sévères ou des crues violentes.



Figure 9: Illustration des tributaires au réservoir de Vioreau, 2020
 (À gauche : ruisseau Le Pas du Chevreuil ; à droite : La rigole des Ajots)

2.4.2 Marnage

Le service infrastructures maritimes et voies navigables du Conseil Général de Loire-Atlantique est le gestionnaire des plans d'eau (Grand Réservoir de Vioreau, Etang de Petit Vioreau et Etang de la Provostière) et de leurs berges.

La contrainte principale de la gestion des niveaux d'eau est l'alimentation du canal de Nantes à Brest. Il existe 3 vannes au niveau du barrage du Grand Réservoir de Vioreau : la vanne de décharge à 9 mètres, une vanne à 5 mètres et une vanne de vidange (fond). Hors vidange, le niveau ne peut pas descendre en dessous des 5 mètres.

Une vidange était prévue tous les 10 ans pour inspecter les barrages. La nouvelle réglementation n'impose plus une fréquence aussi importante. La dernière vidange du Grand Réservoir de Vioreau a eu lieu en 2003.

Le conseil départemental de Loire-Atlantique envisage une vidange complète du réservoir à l'horizon 2022-2023, dans le but de travaux d'envergure sur la structure du barrage.

La gestion des vannes du Grand Réservoir se fait, pour l'heure, manuellement par un agent.

En ce qui concerne la rigole des Ajots, de la Provostière au Grand Réservoir de Vioreau, il n'y a plus de gestion à proprement parlé. Le vannage est en cours de réfection (Source : Document d'Objectif Natura 2000 FR5200628 « Forêt, Etangs de Vioreau et de la Provostière » Volume 1, Rapport de Synthèse : Partie 1-Diagnostic Ouest Am' - décembre 2011).

Depuis 2016, la vanne de décharge du barrage a été abaissée, faisant tomber la côte maximale du réservoir à 8,1 mètres, soit une baisse du niveau d'environ 90 cm. Le but de ces travaux est de faire baisser la pression exercée sur le barrage en cas de crue exceptionnelle.



Figure 10 : Illustration de l'abaissement du vannage de décharge à 8,1 mètres, 2020

2.5 Caractéristiques climatiques de la zone du Joué sur Erdre

La commune est située dans la zone d'influence du climat tempéré océanique, humide et doux. L'influence de ce climat est largement facilitée par l'estuaire de la Loire et l'absence de relief notable. Les hivers sont doux (min -5 °C / max 10 °C) et pluvieux et les étés relativement beaux et doux également (min 17 °C / max 35 °C). Les pluies sont fréquentes mais peu intenses. Les précipitations annuelles varient d'environ 700 mm à 820 mm. Les chutes de neige y sont exceptionnelles.

Joué-sur-Erdre est sous les vents de dominante ouest liés aux dépressions cycloniques de l'Atlantique. Leur direction est généralement de nord, nord-ouest et d'ouest. Les vents de sud-ouest et nord-est sont plutôt rares. Une brume matinale se forme dans les vallées.

La station météo la plus proche est celle de Nantes, dont les relevés sur la période 1981-2010 sont les suivants :

Normales/Moyenne sur la période 1981-2010 - Station de Nantes Bouguenais (44)													
Mois	Jan	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Temp. max. (°C)	9	9.9	13	15.5	19.2	22.7	24.8	25	22.1	17.5	12.4	9.3	16.7
Temp. moy. (°C)	6	6.4	8.9	11	14.5	17.6	19.6	19.6	17	13.5	9	6.3	12.5
Temp. min. (°C)	3.1	2.9	4.8	6.4	9.9	12.6	14.4	14.2	11.9	9.4	5.7	3.4	8.3
Précipitations (mm)	86.4	69	60.9	61.4	66.2	43.4	45.9	44.1	62.9	92.8	89.7	96.8	819.5
Vent moyen (km/h)	15.5	14.8	14.8	14.8	13.3	12.6	12.2	11.5	11.9	13	13	14.8	13.3
Record de pluie en 24 h (mm)	50.1	34.5	47.4	43.6	56.5	70.1	94.9	53.4	48.2	42.5	45.9	38.6	
1945-2020	1961	1951	2020	2015	1950	2018	1977	1970	1975	1979	1957	1992	

Tableau 1 : Climatologie du secteur de Joué sur Erdre, source : Météo France

2.6 Contextes démographique et économique

En 2017, la commune totalise le nombre de 2 482 habitants (soit une augmentation de 16.5% par rapport à 2009) et occupe alors les 4 385ème rangs au niveau national. Le nombre d'établissements actifs sur la commune est de 192, soit une augmentation de 20 % par rapport à 2009. La répartition de ces établissements est la suivante : industries (14, soit 7,3 % du total), construction (20, soit 10,4 % du total), commerces (95, soit 49,5 % du total), agriculture (39, soit 20.3 % du total), administrations publiques (24, soit 12,5% du total). Source : INSEE 2020.

Joué sur Erdre est située à 30 km de Nantes, élément central de la communauté urbaine Nantes Métropole forte de près de 630 000 habitants.

2.7 Les activités (hors baignade) sur et autour du Lac

Le site du Lac de Vioreau comporte une base nautique, située à l'ouest immédiat de la plage.



Figure 11 : Centre nautique Vioreau Pleine Nature, 2020

Depuis 2014, une nouvelle structure a vu le jour. Le nouveau centre nautique, d'une surface de 1500 m², accueille du public de début février à fin novembre, du lundi au vendredi.

Trois types de prestations sont proposés :

- La location de salles et matériels en interne ou groupes, des activités d'encadrement de groupes.
- Des activités nautiques : voile, planche à voile, kayak et paddle
- Des activités terrestres : orientation, vtt, escalade, tir à l'arc, tir carabine laser, équitation en été, nature

La fréquentation du centre nautique ne cesse de croître depuis sa construction, atteignant près de 12 500 visiteurs en 2019. Les pics d'activités s'étendent sur les mois de Juin à Août.

La pêche est pratiquée à Vioreau du bord ou en bateau (présence d'une cale à proximité de la plage). Des parcours de pêche de la carpe autorisée de nuit sont établis sur trois secteurs du plan d'eau : le parcours de Bouguenais, le parcours de la plage et le parcours Le Hardais.



Figure 12 : Cale de mise à l'eau de Vioreau (à gauche), délimitation des secteurs de pêche (à droite), 2020

Les pourtours du lac permettent également des activités terrestres :

- VTT
- Course d'orientation
- Escalade
- Tir à l'arc
- Equitation
- Campings

De nombreux chemins de randonnées sont balisés autour du site. Un circuit de 9 km fait le tour du Grand Réservoir de Vioreau. Le Conseil Général l'entretien des circuits VTT, l'aménagement des parkings et la signalétique associée.



Figure 13 : Panneau d'information VTT, 2020

Profil de Baignade - Grand réservoir de Vioreau (44)

- Equipements du site -

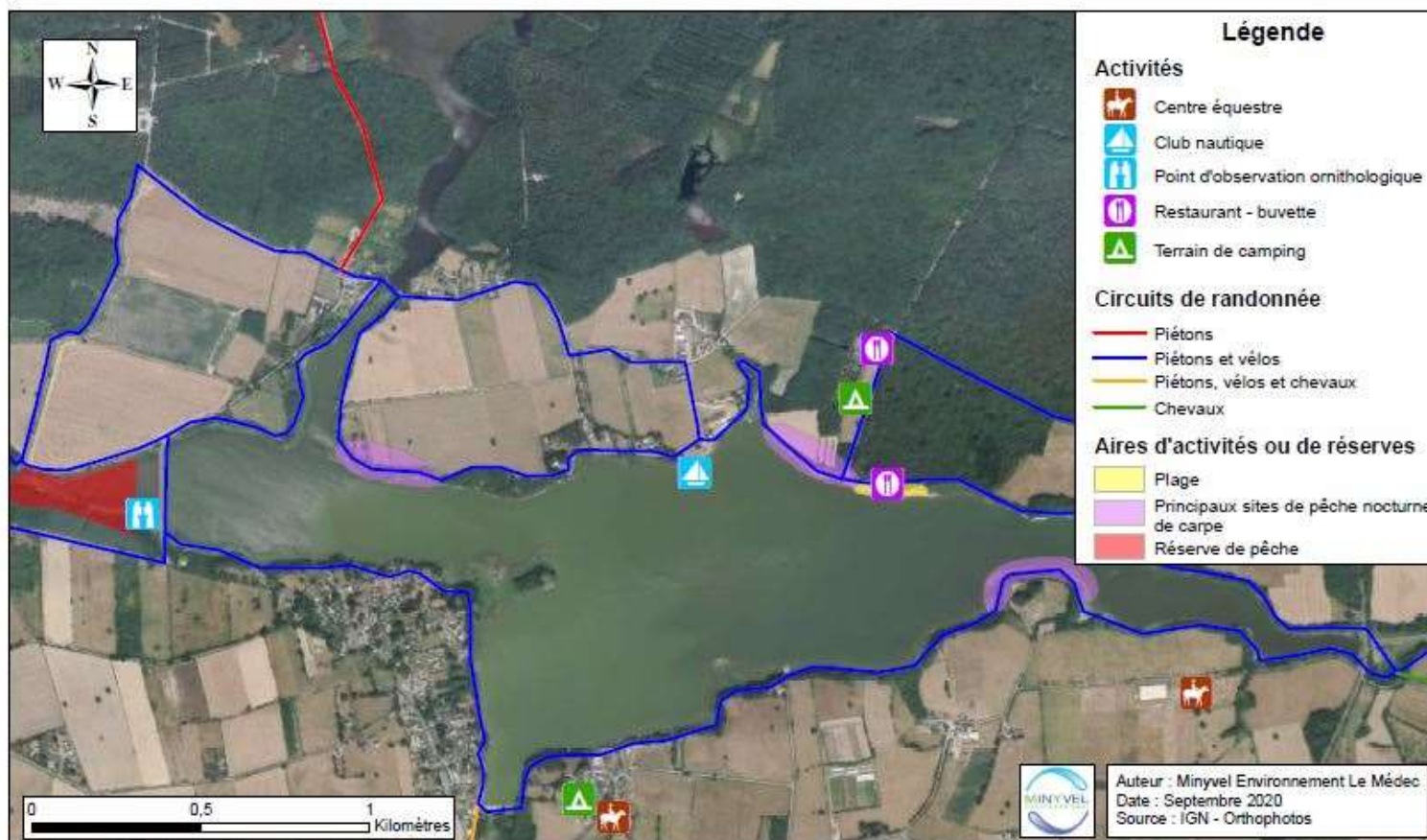


Figure 14 : Activités et équipements du site de Vioreau, 2020

2.8 Occupation des sols

A une échelle large (rayon de 5 km), les prairies, cultures et les zones arables représentent 6328 Ha, soit près de 80% du territoire.

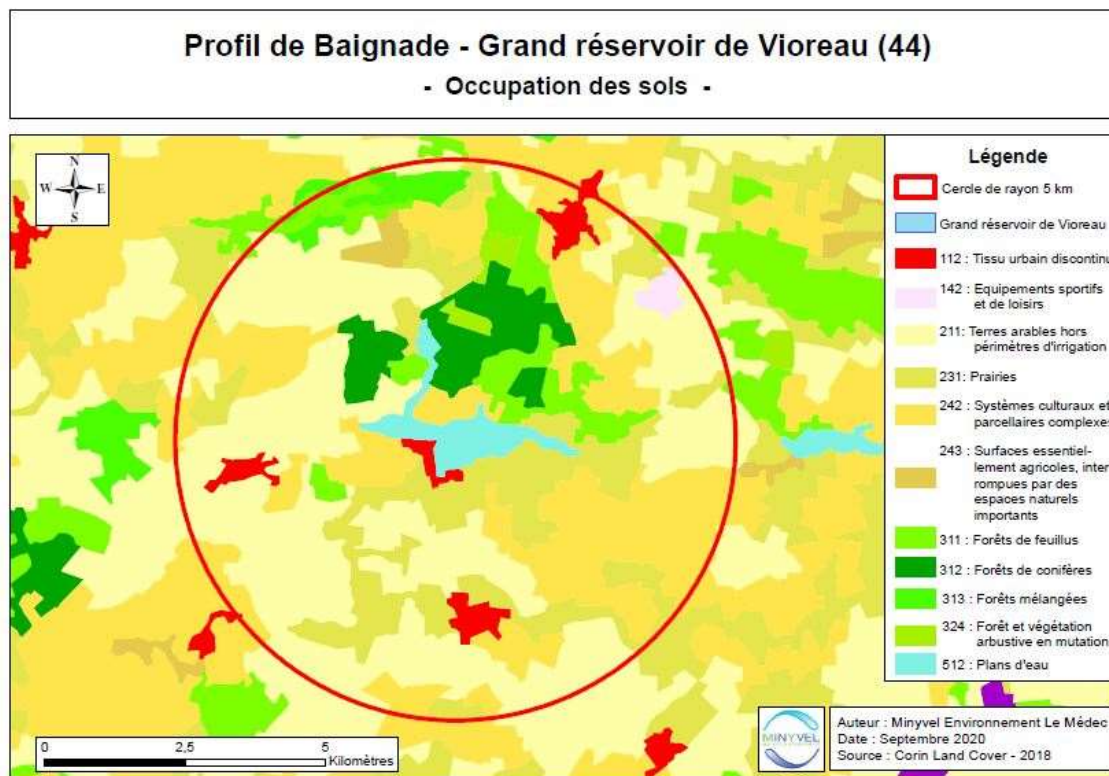


Figure 15 : Occupation des sols dans un rayon de 5 kms autour du Lac de Vioreau, 2020

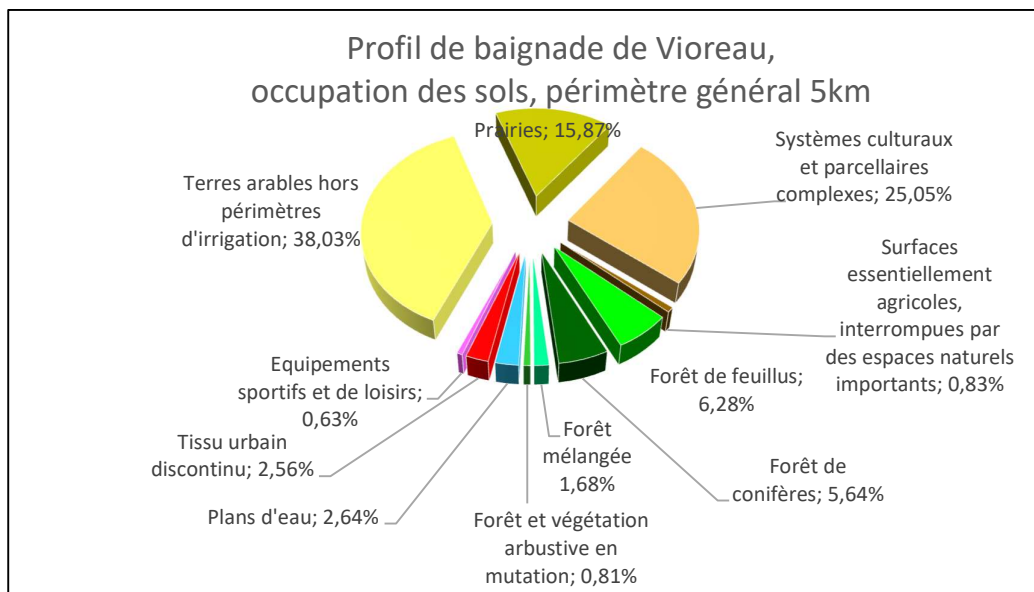


Figure 16 : Répartition de l'occupation des sols (rayon de 5 km)

La zone d'étude se caractérise par une forêt de grande taille au nord, et une activité agricole prédominante sur le reste du territoire. A proximité de la digue se trouve un lieu-dit abritant plus d'une centaine de maisons.

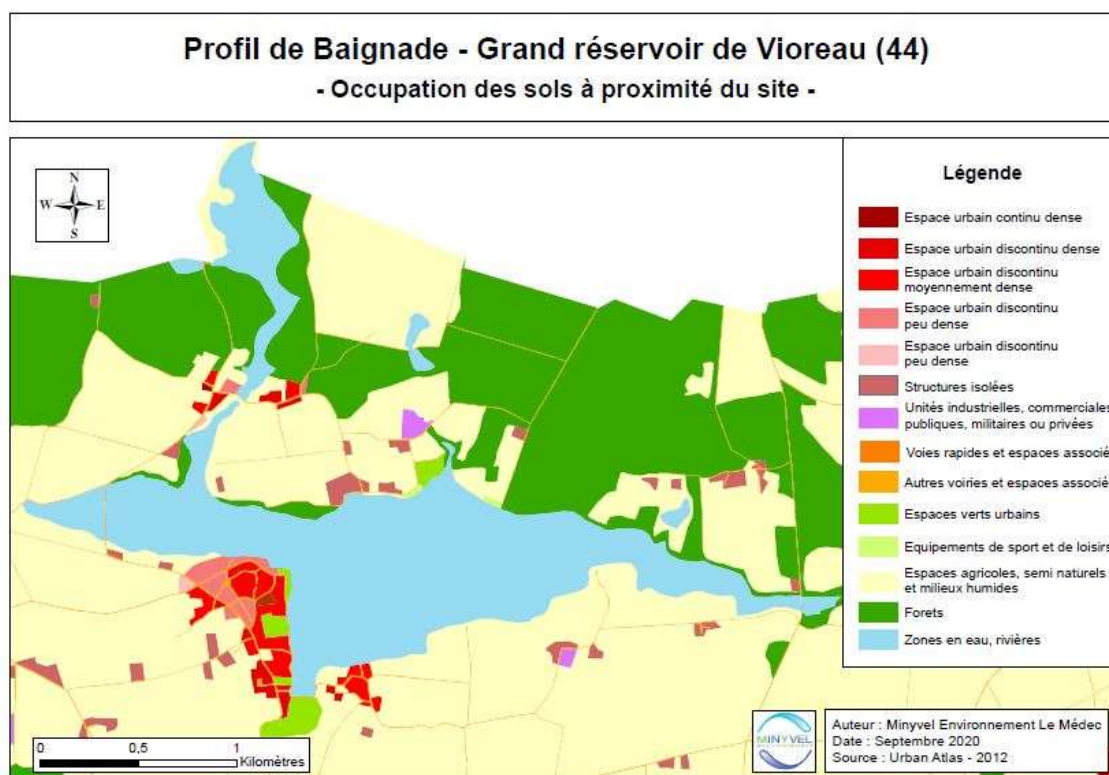


Figure 17 : Occupation du sol autour du lac

2.9 Assainissement des eaux sur le périmètre d'étude

2.9.1 Assainissement collectif

Plusieurs équipements d'acheminement et traitements des eaux usées sont présents sur la zone d'étude

- Sur la commune de la Meilleraye de Bretagne, une nouvelle station de traitement a été mise en exploitation en 2010. Elle est dimensionnée sur la base de 1 900 Equivalents Habitants, répartie en 1200 EH pour le développement communal et 700 pour des effluents industriels. Un bassin d'orage de 70 m³ a été construit pour stocker les eaux de 2 heures de temps de pluie. Ensuite, la filière eau comprend un tamisage, un bassin d'aération, suivi d'un clarificateur. La filière boues est constituée d'une table d'égouttage pour obtenir une siccité à 6.5% pour évacuation en épandage agricole par des tonnes à lisier. L'eau traitée rejetée par la station arrive via le ruisseau du Pas Chevreuil jusqu'au lac de Vioreau.

- Les eaux des villages situés au nord du lac de Vioreau sont acheminées vers les lagunes du Bas Rouvray en aval du lac. Pour se faire, plusieurs postes de relèvements sont installés sur les berges nord du plan d'eau, et amènent, via une canalisation sous pression posée sur le fond du lac, les eaux d'une rive à l'autre.



Figure 18 : Assainissements collectifs et individuels sur le secteur étudié, 2020

2.9.2 Assainissement non collectif

Le Haut Vioreau à l'aval de l'étang et le village de l'Haudinière sont en assainissement non collectif. A ce jour, en 2020, 22 foyers ont été identifiés. 2 installations sont conformes, 11 installations sont non conformes mais sans risque ni danger ; 2 installations sont non conformes avec danger ; et une habitation ne dispose pas d'installation. Les 6 autres installations n'ont pas été visitées.

2.10 Sites remarquables dans le périmètre d'étude

L'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique a été réalisé sous l'égide du ministère de l'Environnement. Il s'agit d'un inventaire destiné à améliorer la connaissance du patrimoine national et d'aider les pouvoirs publics dans la gestion de l'espace. A ce propos, les ZNIEFF n'ont pas de portée réglementaire. Mais lors de réalisation de documents d'urbanisme, elles doivent être portées à la connaissance des collectivités.

On distingue 2 types de ZNIEFF :

- ZNIEFF de type I : unité écologique homogène abritant au moins une espèce ou un habitat caractéristique ou rare (superficie souvent réduite). Elles correspondent à des sites à très fort enjeu de préservation. Exemples : tourbières, étangs, têtes de bassin, ruisseaux, rochers, gorges, etc.
- ZNIEFF de type II : milieu naturel constitué d'un assemblage d'unités écologiques, homogènes dans leur structure et leur fonctionnement. Il s'agit souvent d'espaces assez vastes dans lesquels sont incluses des ZNIEFF de type I. Exemples : massifs forestiers, vallées, région géologique.

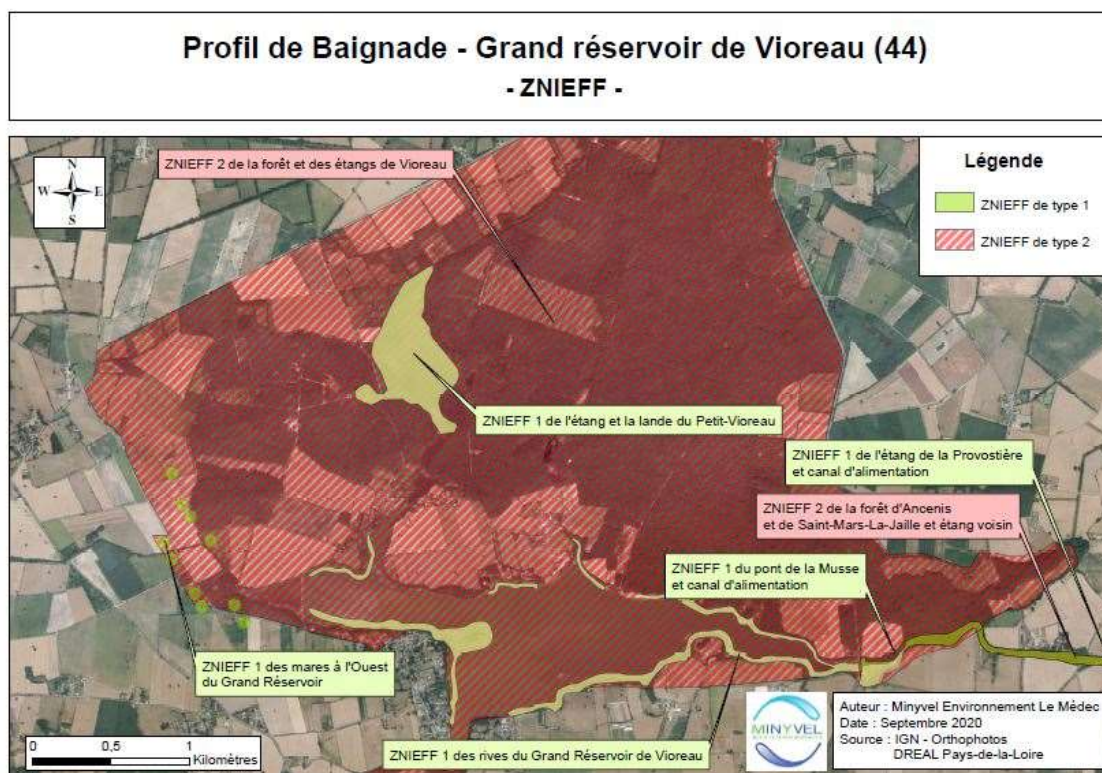


Figure 19 : Emprise des ZNIEFF autour de Vioreau, 2020

Le plan d'eau et ses abords immédiats sont concernés par **5 ZNIEFF** (source MNHN) :

- **Rives du grand Vioreau**

Zone comprenant les bordures littorales d'un réservoir artificiel avec ses ceintures d'hélophytes et d'amphiphytes, ainsi que ses grèves exondées en période estivale.

Intérêt floristique : Présence de groupements végétaux d'un grand intérêt patrimonial, abritant plusieurs espèces végétales rares et protégées sur le plan régional ou national, dont une graminée endémique extrêmement rare, menacée.

Intérêt entomologique : Intéressante diversité d'odonates, avec entre autres plusieurs espèces rares en Pays de la Loire.

- **Forêts et étangs de Vioreau**

Vaste ensemble comprenant un massif forestier étendu constitué de futaies de feuillus ou mixtes, de zones de reboisement de conifères avec divers types de landes et plusieurs étangs dont le plus important est formé par un réservoir artificiel.

Intérêt avifaunistique : Cette forêt abrite une avifaune nicheuse particulièrement intéressante avec certaines espèces d'oiseaux rares et localisées dans notre région (rapaces, pics, passereaux sylvicoles). Les étangs (grand réservoir et petit étang de Vioreau) constituent un important site d'accueil pour l'avifaune aquatique migratrice et hivernante de notre département.

Intérêt floristique : Végétations forestières typiques avec de belles zones de chênaies accompagnées d'une flore riche en sous-bois. Zones de landes abritant une flore très intéressante, dont un certain nombre d'espèces végétales peu communes ou rares. Riches ceintures de végétations autour des étangs, avec entre autres diverses plantes très rares dont certaines protégées.

Intérêt mycologique : Importante flore mycologique, avec plusieurs champignons rares. Présence d'une cave souterraine près de l'étang du Petit Vioreau (entre le Haut Vioreau et la Hardais) présentant un intérêt pour les chiroptères (hibernation du Grand murin et du Grand Rhinolophe) découverte en 2003.

- **Etang et lande du petit Vioreau**

Étangs péri-forestiers à riches végétations aquatiques et amphibies (grèves à littorelles, ceintures d'hélophytes, etc), bordés dans la partie ouest d'une lande humide en voie de boisement.

Intérêt floristique : Ces étangs présentent une succession de groupements végétaux d'un incontestable intérêt patrimonial, abritant une flore particulièrement riche et variée, avec en particulier de nombreuses espèces végétales rares, dont plusieurs plantes protégées sur le plan régional ou national.

Intérêt entomologique : Intéressants peuplements d'odonates et de lépidoptères rhopalocères avec notamment plusieurs espèces de libellules et d'agrions et de papillons rares en Pays de la Loire, dont une protégée sur le plan national.

Intérêt herpétologique : Présence d'un reptile peu commun dans notre région.

- **Mare à l'ouest**

Ensemble de mares bocagères abritant une diversité et une richesse d'amphibiens remarquable, dont plusieurs espèces rares et aujourd'hui menacées.

- **Pont de la Musse**

Queue d'étang à riches végétations amphibies abritant plusieurs espèces végétales rares et protégées sur le plan National. Cette partie du réservoir constitue par ailleurs une des plus intéressantes zones pour le frai du Brochet.

La zone est également classée en Zone de conservation spéciale (ZCS) Natura 2000 pour trois sites : Grand réservoir de Vioreau, étang du Vioreau et étang de la Provostière.

Les zones spéciales de conservation visent à préserver les espèces et habitats naturels d'intérêts communautaires d'après la Directive Habitats de 1992.

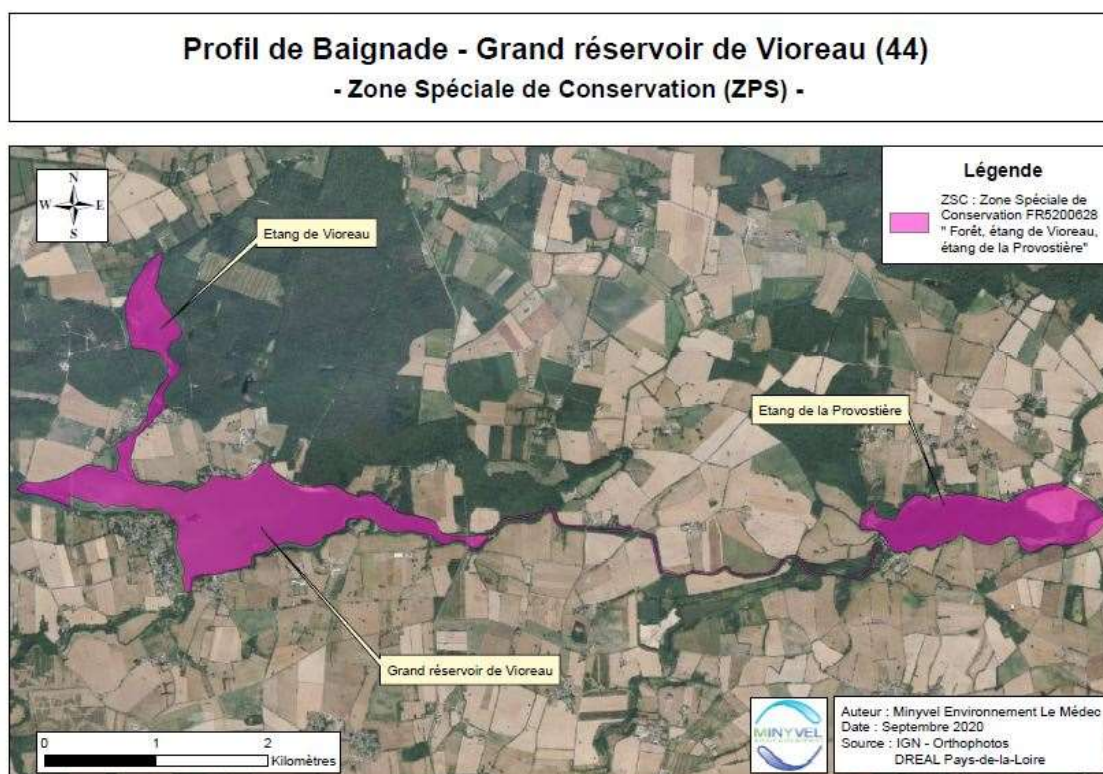


Figure 20 : Classement en ZCS Natura 2000 de Vioreau, 2020

Un recensement des zones humides a également été réalisé.

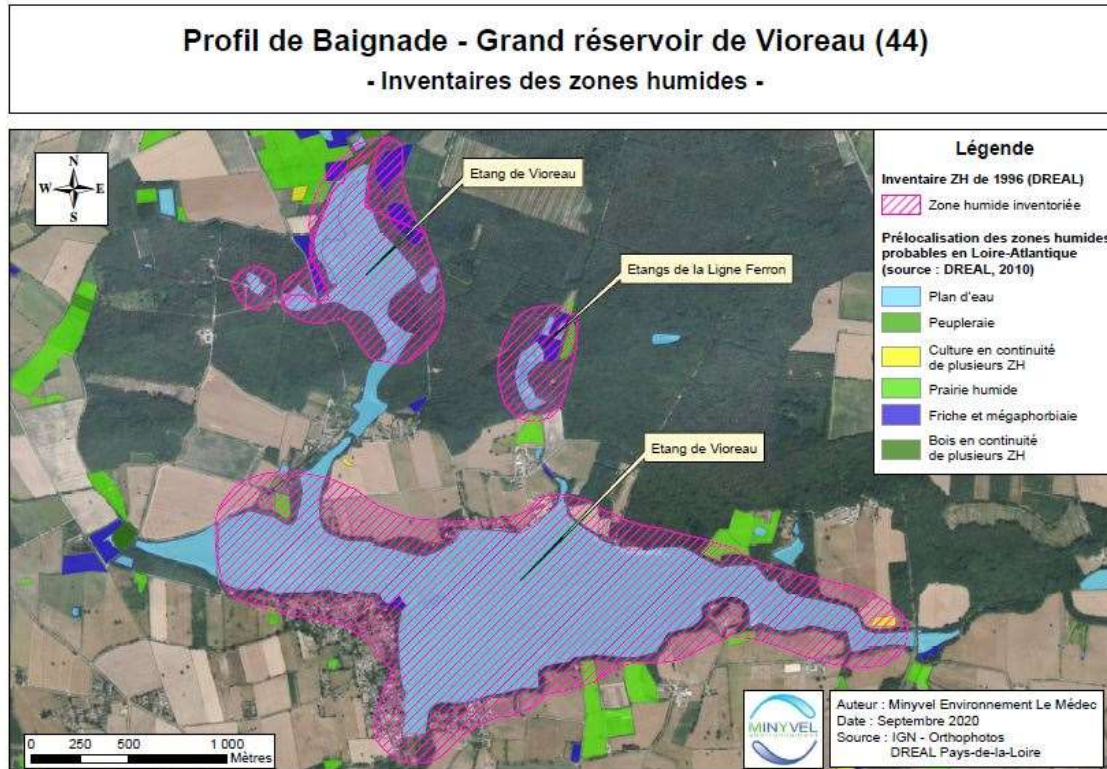


Figure 21 : Recensement des zones humides

Le pourtour des deux étangs de Vioreau et des étangs de la Ligne Ferron est intégré dans ce zonage. On peut également noter la présence de plusieurs prairies humides sur le pourtour du réservoir.

3 Description de la plage

3.1 Description physique du site

3.1.1 La localisation et le type de plage

Un espace de baignade est aménagé sur le réservoir de Vioreau, sur la berge nord du lac, et à l'est du Centre Nautique.



Figure 22 : Situation géographique de la plage, 2020

La plage artificielle était principalement composée de sable à sa création.

Avant 2008, la Communauté de Communes du Pays d'Ancenis y acheminait du sable. Afin d'éviter cet apport de matériaux extérieurs et rendre le caractère naturel au site, en accord avec le Conseil Général, les associations et la DREAL, les apports de sable ont cessé et la plage a été enherbée.

Profil de Baignade - Grand réservoir de Vioreau (44)

- Vue détaillée du site de baignade -



Figure 23 : Vue détaillée du site de baignade, 2020



Figure 24 : Plage du Lac de Vioreau, 2020

La plage s'étend le long du lac sur **30 m de large et 150m de long**. Elle comporte un petit et un grand bain, séparés par une ligne de flotteurs, chacun de 40 m de long sur 15 m de large.

La plage dispose en amont d'une zone de repos et pique-nique (une quinzaine de tables) dans une partie boisée.



Figure 25 : Zone de pique-nique en amont de la plage, 2020

3.1.2 Le poste de secours

Un poste de secours et de surveillance est implanté en partie haute de la plage. Le panneau d'affichage est installé sur son côté.



Figure 26 : Poste de secours et de surveillance, 2020

Le dispositif de surveillance est complété par la mise à l'eau d'un bateau lors de la saison de baignade

3.1.3 Les dispositifs d'hygiène corporelle

Des sanitaires (WC et douches) sont installés dans le cabanon.



Figure 27 : Dispositifs de rinçage en extérieur, 2020

3.2 L'activité de baignade

3.2.1 Les horaires d'ouverture et de surveillance

La plage est destinée exclusivement à la baignade.

Cette activité, interdite lorsqu'elle n'est pas surveillée par les maîtres-nageurs, est ouverte au public du mardi au dimanche en période estivale (Juillet et Août) de 12h30 à 18h30.

En 2020, la présence de deux personnes titulaires du BNSSA a permis l'ouverture de la baignade tous les jours de la semaine.

3.2.2 Le nombre de baigneurs fréquentant le site

Le site reçoit en moyenne entre 7000 et 10 000 baigneurs par an.

L'affluence est maximale en milieu d'après-midi (16 heures), aussi bien dans l'eau que sur la plage.

Ainsi, le **nombre de baigneurs peut, à certains moments, dépasser les 150 personnes**. En moyenne, le nombre de baigneurs fréquentant la baignade durant une après-midi, en période estivale, peut être estimée à 250 personnes par jour.

A ce titre, il apparaît que le site du lac de Vioreau correspond évidemment à la définition d'une eau de baignade ; à savoir : les « eaux de baignade » sont les « cours et plans d'eau aménagés pour la baignade et/ou la pratique de loisirs aquatiques fréquentés de manière répétitive par au moins 10 baigneurs au même instant ».

4 L'évolution du classement selon la réglementation en vigueur

4.1 Ancien classement

Jusqu'en 2009, le classement des eaux de baignade était réalisé selon la directive européenne n° 76-160 du 8 décembre 1975 concernant la qualité des eaux de baignade.

E.coli par 100ml eau	zones baignade				
	A		B	C	D
0 à 100	>=80%	>=95%	>=95%		
100 à 2000	<=20%				
2000 et plus		<=5%	<=5%	>=5% et <=33%	>=33%

% : pourcentage de prélèvements d'eau

Note : Zone A : Bonne qualité, Zones B : Qualité moyenne, Zones C : Momentanément pollué, Zones D : Mauvaise qualité

Tableau 2 : Classement des eaux de baignade selon directive n°76-160

Seules les classes A et B autorisaient la baignade en respectant la directive 76/160. A titre indicatif, ce tableau indique les seuils anciennement admissibles en *Escherichia Coli*.

4.2 Nouvelle directive de classement

A partir de la saison balnéaire 2010, le mode de calcul est modifié en application de la directive européenne 2006/7/CE.

Le classement est établi en fonction des résultats d'analyses des 2 paramètres microbiologiques *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux.

La nouvelle directive actuelle semble moins contraignante que l'ancienne. Ainsi la valeur-guide pour *Escherichia coli* diminue : jusqu'à 250 germes/100ml seront tolérés contre 100 germes/100ml avant 2010 ; mais le seuil à impérativement ne pas dépasser est plus exigeant, passant de 2000 à 500 germes/100ml.

L'ancienne valeur guide (100 germes/100ml) pour les entérocoques est remplacé notamment par un seuil d'excellente qualité, établi à 200 germes/100ml.

Les autres paramètres, qui étaient suivis en application de la directive 76/160/CEE, comme les coliformes totaux ou les paramètres physicochimiques, deviennent facultatifs et ne sont plus utilisés pour calculer le classement.

Un classement annuel

Selon la directive 2006/7/CE, les classes « excellente », « bonne qualité », ou au minimum « qualité suffisante » doivent être respectées afin d'autoriser la baignade.

	Paramètre	Excellente qualité	Bonne qualité	Qualité suffisante	Méthodes de référence pour l'analyse
1	Entérocoques intestinaux (UFC/100ml)	200 *	400 *	330 **	ISO 7899-1 ou ISO 7899-2
2	<i>Escherichia coli</i> (UFC/100ml)	500 *	1000 *	900 **	ISO 9308-3 ou ISO 9308-1

* Evaluation au 95^e percentile.

** Evaluation au 90^e percentile.

Entérocoques intestinaux					
E s c h e r i c h i a c o l i		Percentile 95 < 200	200 < Percentile 95 < 400	Percentile 95 > 400 et Percentile 90 < 330	Percentile 90 > 330
	Percentile 95 < 500	Excellente	Bonne	Suffisante	Insuffisante
	500 < Percentile 95 < 1000	Bonne	Bonne	Suffisante	Insuffisante
	Percentile 95 > 1000 et Percentile 90 < 900	Suffisante	Suffisante	Suffisante	Insuffisante
	Percentile 90 > 900	Insuffisante	Insuffisante	Insuffisante	Insuffisante

Tableau 3 : Classement selon la directive 2006/7/CE

Un classement qui se base sur les quatre dernières années écoulées et qui tient compte des aléas exceptionnels

La directive 2006/07/CE introduit également **la notion de contamination microbiologique à court terme**, dont les causes doivent être clairement identifiables, les effets ne doivent durer que 72h maximum, et pour lesquels l'autorité compétente a établi des mesures de prévention et de gestion.

Elle permet d'écarter du calcul du classement de baignade un échantillon pour cause de pollution ponctuelle, à hauteur de 15% des échantillons de la période de mesure (en l'occurrence quatre ans de suivi) et un échantillon par saison au maximum.

C. DIAGNOSTIC

5 Inventaire des sources de pollution potentielles

5.1 Les sources de pollutions bactériologiques

Le réservoir du Grand Vioreau est situé sur la confluence de plusieurs cours d'eau. Ces derniers peuvent être source d'apport de bactéries. L'un d'entre eux, le ruisseau du Pas Chevreuil, qui se jette dans le canal de la Provostière, reçoit les rejets d'eaux traitées d'une station d'épuration.

De plus, la présence d'un îlot d'habitations non raccordé au réseau d'eaux usées à proximité du petit Vioreau, peut épisodiquement être une raison de la variation de la qualité de l'eau.

D'autres facteurs peuvent induire des pollutions bactériologiques : celles apportées par les baigneurs, les animaux domestiques ou sauvages. Mais elles restent difficilement chiffrables.

5.2 Les sources de pollution par les cyanobactéries

Les cyanobactéries sont susceptibles de se développer dans certaines parties du lac (anse à l'est et pied du barrage notamment) puis par entraînement avec le vent se déposer ou se concentrer au niveau de la zone de baignade.

Le sable, en recueillant, les végétaux morts (feuilles, macrophytes, etc.), les desquamations, s'enrichit peu à peu en matières organiques et phosphorés : il peut devenir une source de phosphore privilégié de l'ensemble des algues, et en particulier des cyanobactéries.

5.3 Les sources de pollution par les animaux

Pour des raisons d'hygiène et de lutte contre la leptospirose, les rongeurs sont à contrôler sur le site. Leur présence est constatée sur différentes parties du plan d'eau, généralement les secteurs les plus sauvages.

6 Analyses des risques

Nota : cette analyse utilise notamment les données les plus récentes, sur les quatre à sept dernières années (suivis ARS).

6.1 La transparence de l'eau : au-delà du risque de noyade, cette transparence conditionne l'écosystème

Chaque année, le plan d'eau et en particulier la zone de baignade est confrontée à une chute de la transparence de l'eau due essentiellement à la prolifération de micro algues. La variation de la transparence de l'eau au fil des saisons est un phénomène normal. Cependant, elle devrait rester au minimum égale à 1 m car une visibilité plus faible oblige les surveillants de baignade à augmenter leur vigilance (les baigneurs en difficulté sous la surface de l'eau sont alors moins visibles).

Par ailleurs, cette transparence va favoriser le développement de différentes micro algues. En l'occurrence, les espèces planctoniques (au sein de la colonne d'eau) domineront plus facilement les espèces benthiques (posées sur le fond) si la transparence de l'eau diminue en empêchant la lumière du soleil d'atteindre le fond du plan d'eau

Cette transparence est accompagnée d'un changement anormal de la couleur de l'eau, signe d'instabilité de la population phytoplanctonique (bloom).

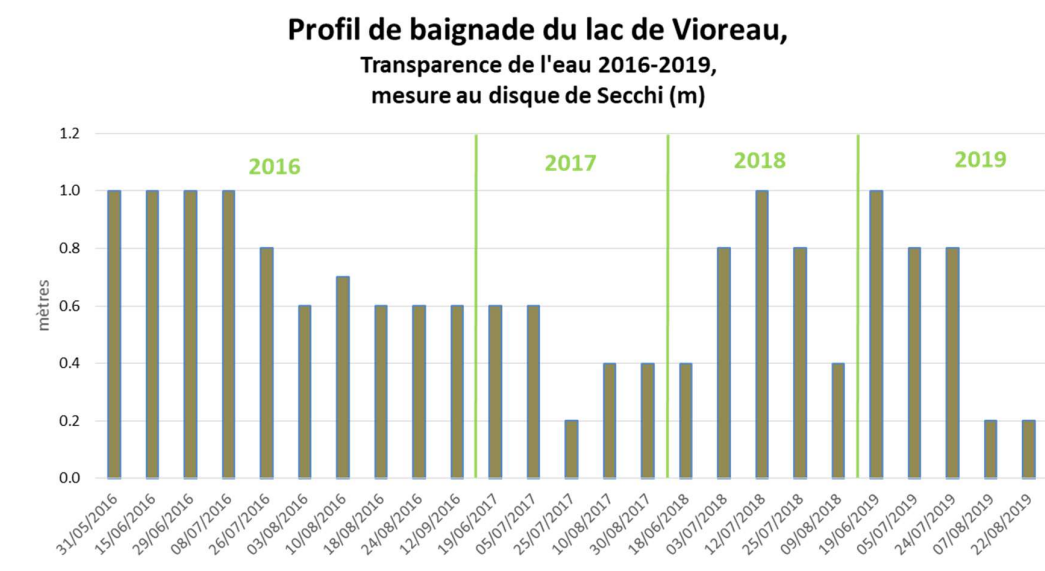


Figure 28 : Transparence de l'eau du lac de Vioreau, 2016-2019

On note effectivement que sur la majorité des quatre dernières années, la transparence de l'eau en début de saison de suivi est relativement haute (de l'ordre d'un mètre) puis chute au cours de l'été. Seule l'année 2018 présente un profil différent avec une visibilité meilleure sur le mois de Juillet, puis de nouveau une baisse de celle-ci.

6.2 Le risque bactériologique

Pour mémoire, la recherche des coliformes fécaux et des entérocoques a pour but d'indiquer la contamination d'origine fécale des eaux. Le contact avec des germes pathogènes peut entraîner des pathologies de la sphère oto-rhino laryngée, de l'appareil digestif (gastro-entérite) ou des yeux.

Ce risque d'apparition de maladie dépend du niveau de contamination de l'eau par des germes pathogènes, mais aussi de l'état de santé du baigneur lui-même et de ses pratiques (durée de la baignade, immersion de la tête, ...).

La réglementation ne fixe pas de seuils ou de références pour qualifier la qualité microbiologique d'un échantillon d'eau ponctuel prélevé sur la zone de baignade (à ne pas confondre avec la réglementation du classement sanitaire). Toutefois, selon les valeurs limites proposées par l'AFSSET dans son rapport intitulé « Valeurs seuils échantillon unique pour les eaux de baignade : étude de faisabilité méthodologique » de septembre 2007, la qualité microbiologique d'un échantillon d'eau de baignade ponctuel peut être qualifiée de « BON », « MOYEN », « MAUVAIS ».

Pour les eaux douces :

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

Tableau 4 : Seuil de qualification microbiologique ponctuel zone de baignade, AFSSET septembre 2007

6.2.1 Les concentrations en Coliformes fécaux

Pour les **paramètres bactériologiques**, les données sont présentées dans les paragraphes suivants, avec les valeurs seuils préconisées par l'AFSSET en 2007 pour la qualification d'un échantillon unique.

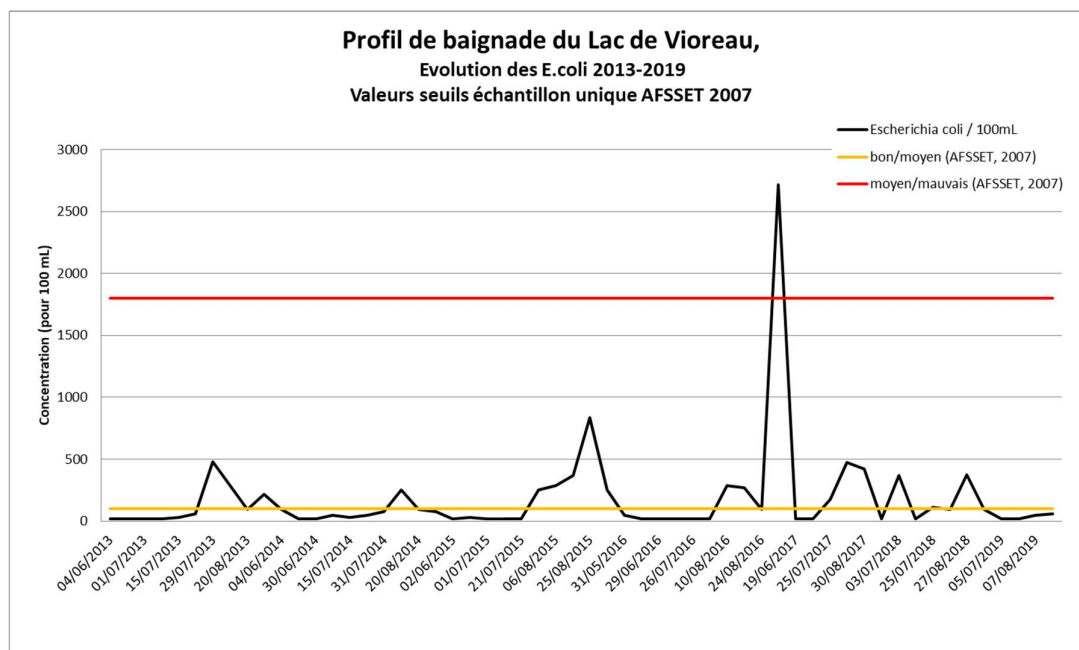


Figure 29 : Evolution des E.coli, 2013 à 2019

Sur la période 2013-2019, près de 68% des prélèvements se situent en qualification « bonne », soit en deçà de 100 UFC/100mL. Plus de 30% des dénombrements dépassent ce seuil en se classant en « moyenne » qualité (entre 100 et 1800 UFC/100ml), avec plusieurs pics de pollutions conséquents, que l'on peut noter à chaque saison avec des intensités diverses, hormis en 2019. Enfin une seule pollution importante dépasse les 1800 UFC/100ml, en septembre 2016, classant ainsi ce prélèvement en « mauvaise » qualité.

Cet épisode ponctuel peut s'expliquer par un cumul de précipitations important sur la journée du prélèvement, pouvant être à l'origine d'une contamination bactérienne.

A l'image des pics observables chaque année, il s'agit ici d'épisodes de pollution ponctuelle dont les causes sont d'origines diverses et sans caractères systématiques.

6.2.2 Les concentrations en Streptocoques ou Entérocoques intestinaux

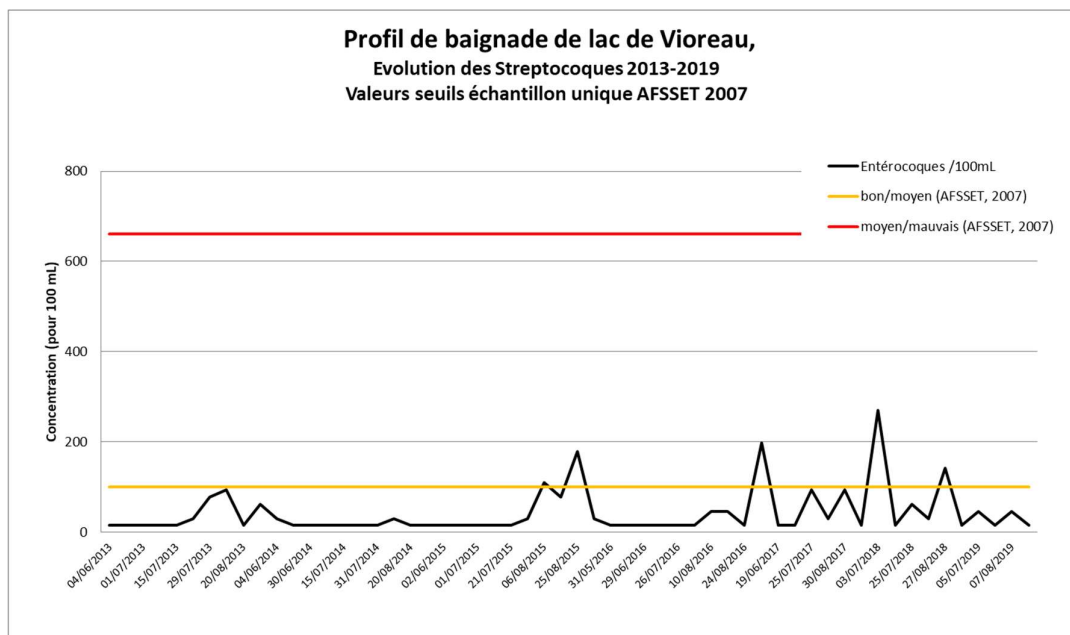


Figure 30 : Evolution des streptocoques, 2013 à 2019

Depuis 2013, les dénombrements de streptocoques sont principalement placés en classe de « bonne » qualité, à 91%. Cependant, plusieurs prélèvements dépassent le seuil de 100 UFC/100ml dégradant ici la qualification en « moyenne » qualité. Ces dépassements ont été observé en 2015, 2016 et 2018. Les pics observables sur le graphique sont corrélés avec ceux de détection d'*E.coli*, signe d'une pollution ponctuelle.

Aucune valeur ne dépasse le seuil amenant vers une qualification « mauvaise » pour ce paramètre.

Pour mémoire, les *E.coli* sont généralement considérés comme les révélateurs d'une pollution bactérienne récente (inférieure à 72 h) ; et les entérocoques, capables de résister plus longtemps aux conditions environnementales défavorables, révèlent la trace de pollutions bactériennes plus anciennes. Le fait de retrouver les deux types de germes pourrait s'expliquer par un apport combiné de plusieurs sources de pollution.

6.2.3 Comparatif pics de pollution bactérienne et pluviométrie

L'apport d'eau, par la pluviométrie sur le territoire du bassin versant, est source d'intrants dans la masse d'eau de l'étang. Le ruissellement et le drainage des surfaces par l'eau de pluie sont synonymes d'apports d'éléments organiques et minéraux vers le lieu de convergence. Il est donc intéressant de comparer s'il peut y avoir une corrélation entre les apports pluviaux et les détections de bactéries dans la zone de baignade du plan d'eau.

Les résultats des quatre dernières années sont présentés ci-après :

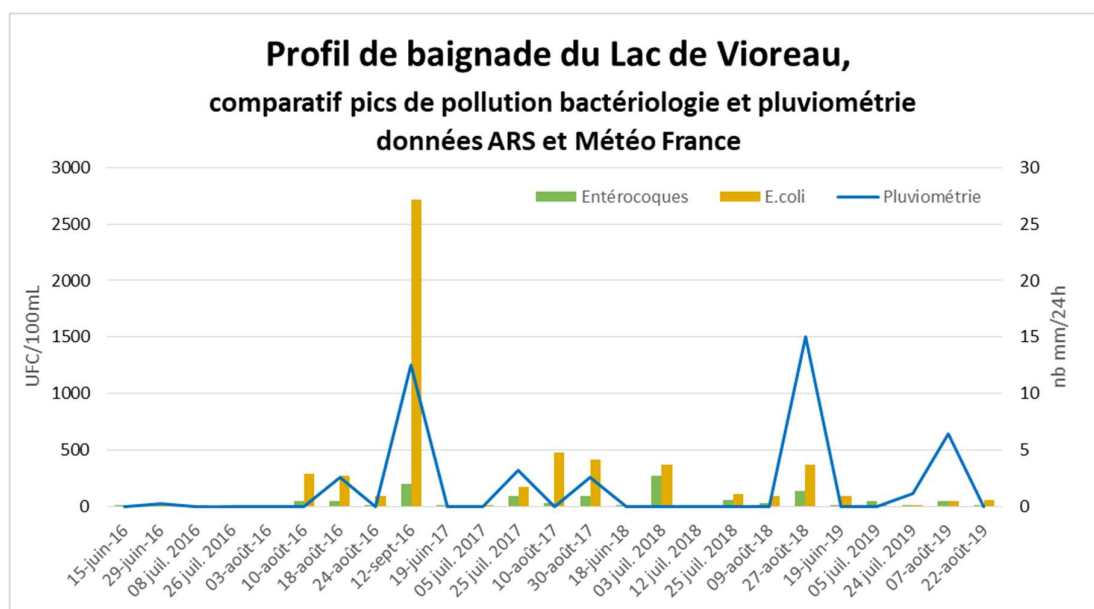


Figure 31 :Comparatif pics de pollution bactériologie et pluviométrie, 2016/2019

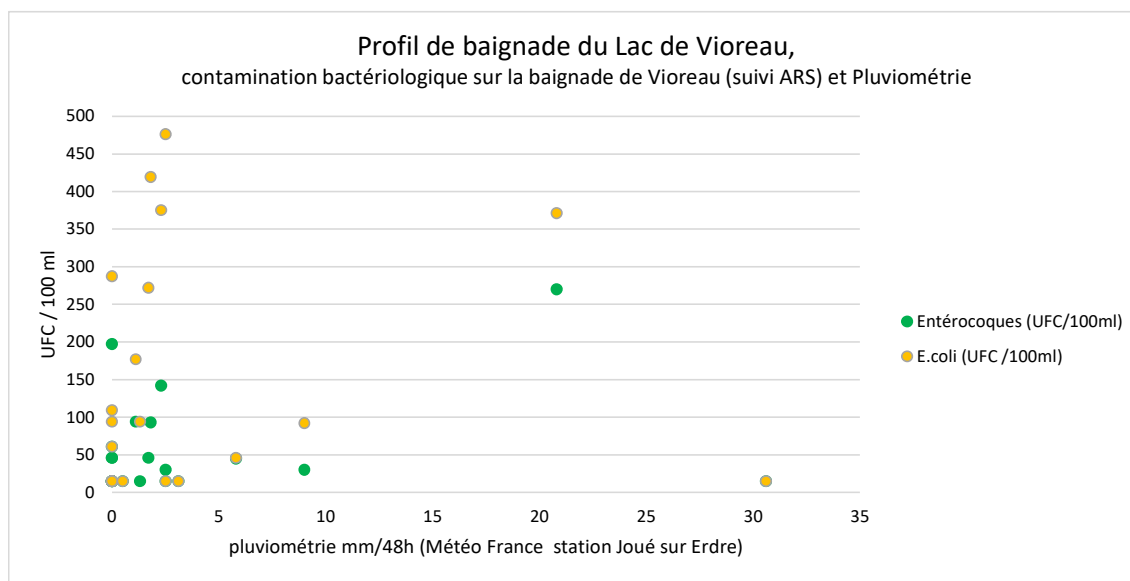


Figure 32 : Concentration bactériologique et pluviométrie, 2016/2019

On remarque en premier lieu, le pic maximal bactérien de septembre 2016 et la pluviométrie associée de l'ordre de 13mm/24h. C'est également le cas de quelques pics fin août 2017 et 2018. D'ailleurs en 2018, on note que le cumul important de pluie (15mm/24h), n'a engendré qu'une pollution « moyenne » et que le cumul de pluviométrie en 2019 n'a pas engendré de pollution importante. D'autre part, plusieurs pics de pollution bactérienne sont survenus pendant une période sèche, comme début juillet 2018.

La figure 32 présente les concentrations de germes en fonction de la pluviométrie observée sur le bassin versant lors des 48 heures précédentes.

Aucune corrélation ne ressort entre les concentrations en *E.coli*, en entérocoques et la pluviométrie enregistrée.

6.3 Classement de l'eau de baignade du lac de Vioreau

Depuis 2013, le classement de la qualité de l'eau oscille entre une qualité suffisante et une bonne qualité.

	Classement selon Directive 2006/7/CE						
Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Classement	C	C	C	B	B	C	B

Tableau 5 : Classement de la zone de baignade, 2013 à 2019 (Directive 2006/7/CE)

Sur les quatre dernières années, 2018 est abaissé à une qualité suffisante à la suite de plusieurs pics de pollution bactérienne, notamment en 2015 et 2016.

A ce propos, la mise en place des préconisations du présent profil de baignade, en l'occurrence la maîtrise des origines présumées de pollutions et les actions préventives pour y remédier, permettraient d'écarter les concentrations bactériennes mesurées lors de pollutions ponctuelles. Ainsi le classement de bonne qualité pourrait être préservé.

Ce retrait est autorisé par la directive 2006/7/CE, dans la limite d'un résultat par saison, et de 15% maximum des résultats.

6.4 Estimation des classements à venir

L'évolution de la qualité des eaux de la baignade sur le site de Vioreau, selon la directive 2006/7/CE, peut être estimée pour les prochaines années. En effet, la nouvelle directive classe les baignades à partir des valeurs obtenues sur les quatre années consécutives (la saison écoulée et les trois précédentes) et non plus uniquement sur la saison écoulée.

Ainsi, nous pouvons établir un classement probable selon 3 hypothèses de travail :

- un scénario optimiste : nous considérons que les résultats analytiques des prochaines années seront équivalents à ceux de la meilleure des 4 dernières années (2019).
- un scénario moyen : nous considérons que les résultats analytiques des prochaines années seront équivalents à ceux d'une année moyenne des 4 dernières années (2018).
- un scénario pessimiste : nous considérons que les résultats analytiques des prochaines années seront équivalents à ceux de la pire des 4 dernières années (2017).

Les résultats des simulations sont donnés dans le tableau ci-dessous :

<i>année de classement</i>	classement actuel selon la directive 2006/7/CE	simulation selon le scénario optimiste	simulation selon le scénario moyen	simulation selon le scénario pessimiste
2017	bonne qualité			
2018	qualité suffisante			
2019	bonne qualité			
2020		bonne qualité	bonne qualité	bonne qualité
2021		excellente qualité	bonne qualité	bonne qualité
2022		excellente qualité	bonne qualité	bonne qualité

Tableau 6 : Scenarii des classements à venir (2020)

Cependant, ce classement peut être aussi évalué, à titre indicatif en enlevant l'échantillon le plus défavorable à la condition que les gestions préventives de la baignade aient été mises en place.

Les résultats bactériologiques des quatre dernières années n'ont pas permis le retrait de l'échantillon le plus défavorable. En effet, le seul échantillon défavorable en Septembre 2016 ne présentait pas des valeurs extrêmes, et le retrait n'aurait pas eu un impact significatif sur les classements possibles des saisons à venir.

6.5 Les risques liés au développement de cyanobactéries

6.5.1 Les Cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des micro algues d'eau douce dotées, pour certaines espèces, de capacités à produire des toxines. Elles peuvent de ce fait avoir potentiellement un impact sanitaire sur l'homme et les autres organismes inféodés au plan d'eau. Elles sont susceptibles de se développer dans certaines parties d'un plan d'eau puis, entraînées par le vent, peuvent venir se concentrer au niveau de la zone de baignade. Leur accumulation peut entraîner un dépassement des seuils sanitaires basés sur la concentration en biomasse de cyanobactéries et la quantité de toxines et, le cas échéant, des restrictions des usages récréatifs.

6.5.1.1 Généralités

Les cyanobactéries sont des procaryotes photosynthétiques. Elles sont présentes dans la plupart des écosystèmes. Dans les milieux aquatiques, elles sont benthiques ou planctoniques. Ces microorganismes ont longtemps été rangés 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 (phycocyanine).

La multiplication des cyanobactéries est végétative, c'est-à-dire asexuée, et s'effectue par division binaire d'une cellule mère en deux cellules filles, par bourgeonnement ou par divisions multiples. Selon les espèces et les conditions environnementales, les temps de doublement des populations varient de quelques heures à plusieurs jours.

6.5.1.2 Les proliférations ou blooms de cyanobactéries

Dans les conditions environnementales qui leur sont favorables, les cyanobactéries connaissent des phases de prolifération massive, aussi qualifiée d'efflorescence ou de bloom. Ces proliférations se traduisent par la production, sur une courte période de temps (quelques jours), d'une **biomasse importante** et par **une forte diminution de la diversité spécifique** dans le compartiment phytoplanctonique **puisque une ou deux espèces deviennent alors très largement dominantes**.

Elles peuvent provoquer une coloration de l'eau, en général du vert au bleu, qui dépendra des pigments majoritairement présents dans l'espèce dominante.

Cette coloration de l'eau est un premier signal de vigilance.

6.5.1.3 Les cyanobactéries toxiques et leurs impacts sanitaires

Les cyanobactéries peuvent produire plusieurs types de toxines agissant sur différents organes cibles (foie, système nerveux, peau et muqueuses).

Ces toxines synthétisées par les cellules sont majoritairement intracellulaires : moins de 10 à 20 % de la teneur totale en toxine est extracellulaire. Elles sont le plus souvent libérées dans le milieu à l'occasion de la sénescence, de la mort ou de la lyse cellulaire. Cependant dans certains cas, comme celui de la cylindrospermopsine, une proportion importante de la toxine peut être libérée dans le milieu par les cellules en phase de croissance.

Le tableau ci-dessous indique les espèces potentiellement productrices de cyanotoxines selon la bibliographie internationale.

Espèces	Genres
Aphanizomenon flos aquae*	Aphanizomenon*
Aphanizomenon issatschenkoi	
Aphanizomenon sp.	
Aphanothece sp	Aphanothece*
Aphanocapsa sp.	Aphanocapsa
Anabaenopsis sp.	Anabaenopsis*
Anabaena sp.	Anabaena*
Anabaena affinis*	
Anabaena crassa	
Anabaena spiroides*	
Anabaena flos aquae*	
Anabaena heterospora	
Anabaena solitaria	
Anabaena smithii	
Anabaena planctonica*	
Anabaena circinalis*	
Calothrix sp.	Calothrix
Cylindrospermopsis raciborskii*	Cylindrospermopsis*
Coelomoron sp.	Coelomoron
Coelomoron pusillum	
Coelosphaerium sp.	Coelosphaerium*
Chroococcus sp.	Chroococcus
Woronichinia sp.	Woronichinia*
Woronichinia naegeliana*	
Limnothrix sp.	Limnothrix
Limnothrix planctonica	
Limnothrix redekei	
Merismopedia sp.	Merismopedia
Merismopedia tenuissima	
Lemmermanniella pallida	Lemmermanniella
Lyngbya sp.	Lyngbya*
Microcystis sp.	Microcystis*
Microcystis flos aquae*	
Microcystis aeruginosa*	
Microcystis viridis*	
Microcystis wesenbergii*	
Nostoc sp.	Nostoc*
Planktolyngbya subtilis	Planktolyngbya
Planktothrix sp.	Planktothrix*
Planktothrix mougeotii*	
Planktothrix agardhii*	
Phormidium sp.	Phormidium*
Rhaphidiopsis sp.	Rhaphidiopsis*
Synechococcus sp.	Synechococcus*
Snowella sp.	Snowella
Pseudanabaena mucicola	Pseudanabaena*
Pseudanabaena limnetica	
Pseudanabaena galeata	
Pseudanabaena sp.	
Gomphosphaeria sp.	Gomphosphaeria
Oscillatoria sp.	Oscillatoria*
Rhabdoderma sp.	Rhabdoderma

***genres et espèces potentiellement toxiques**

Tableau 7 : Taxonomie des cyanobactéries, AFSSET juillet 2006

Ainsi, la baignade dans des eaux affectées par des proliférations de cyanobactéries peut entraîner à court terme des troubles cutanés (démangeaisons, éruptions cutanées...), gastro-intestinaux, neurotoxiques en cas d'ingestion.

6.5.1.4 Les effets néfastes des cyanobactéries sur le cadre de vie

Les efflorescences peuvent provoquer une modification de l'aspect de la ressource soit en induisant une coloration inhabituelle de l'eau (du vert au bleu selon les pigments majoritaires de l'espèce dominante), soit en formant des écumes en surface de l'eau qui se déplacent selon les vents dominants. Elles peuvent également provoquer une nuisance olfactive lors de leur décomposition.

Ainsi, la coloration, l'odeur et la texture de l'eau peuvent décourager la baignade.

6.5.1.5 L'impact des cyanobactéries sur l'écosystème aquatique

Les proliférations de cyanobactéries s'effectuent le plus souvent au détriment du développement des autres microorganismes photosynthétiques (compétition pour les nutriments et la lumière). Par conséquent, il peut être observé une perturbation de la biodiversité de l'écosystème aquatique ainsi que des réseaux trophiques car les cyanobactéries sont peu ou pas consommées par le zooplancton.

Les proliférations massives peuvent également engendrer une diminution de la teneur en oxygène de l'eau et causer la mortalité de poissons.

La production de toxines peut avoir pour conséquences des mortalités de poissons (intoxication directe), d'oiseaux (intoxication directe ou via leur alimentation) ou d'animaux domestiques ou sauvages par abreuvement à proximité d'écumes toxiques.

6.5.1.6 Les facteurs propices à la prolifération des cyanobactéries

Selon la communauté scientifique, les proliférations de cyanobactéries sont associées à trois facteurs principaux.

D'une part, une forte stabilité physique de la colonne d'eau favorise le développement et la persistance des efflorescences.

De plus, la croissance des cyanobactéries nécessite des conditions météorologiques favorables (luminosité, température, orientation et intensité des vents).

Enfin, les éléments nutritifs (phosphore et/ou azote) sont des facteurs limitants pour la croissance des cyanobactéries.

Certaines espèces filamenteuses appartenant à l'ordre des Nostocales (Aphanizomenon, Anabaena, Cyndrospermopsis) présentent des cellules spécialisées (hétérocystes) leur conférant la capacité de fixer l'azote atmosphérique. Il a même été montré que la réduction des concentrations en nitrates pouvait favoriser le développement des Nostocales au détriment des autres cyanobactéries. C'est pourquoi la diminution des concentrations en nitrates, contrairement à la maîtrise des apports de phosphates, n'est pas la seule stratégie efficace de prévention des proliférations de cyanobactéries.

La plupart des proliférations de cyanobactéries surviennent dans des milieux eutrophes dont les charges en phosphore, principalement sous forme orthophosphates, sont élevées (valeur indicative : > 0,35 mg/L en phosphore total).

Le tableau ci-dessous indique les seuils, notamment en concentration de phosphore total, classant les eaux selon leur degré d'eutrophisation : les eaux d'excellente qualité sont ultraoligotrophes ou oligotrophes, les eaux en cours d'enrichissement (apports anthropiques, ...) sont mésotrophes, et les eaux enrichies voir trop riches en nutriments sont eutrophes ou hypereutrophes

Niveau de trophie	Phosphore total mg/ m3	Chlorophylle a mg/ m3	Maximum chlorophylle mg/ m3	Moyenne du disque Secchi m	Minimum disque Secchi m
Ultra oligotrophe	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
Oligotrophe	< 10	< 2,5	< 8,0	> 6	> 3
Mestotrophe	10 et 35	2,5 et 8	8 et 25	6 et 3	3 et 1,5
Eutrophe	35 et 100	8 et 25	25 et 75	3 et 1,5	1,5 et 0,7
Hypereutrophe	> 100	> 25	> 50	< 1,5	< 0,7

Tableau 8 : Caractéristiques des différents niveaux d'eutrophisation, OCDE

Par ailleurs, d'autres cyanobactéries sont capables d'utiliser des formes très variées du carbone (Carbone Organique Dissous).

En fait, et dans l'état actuel des connaissances, il est encore extrêmement difficile de prédire le développement d'une prolifération de cyanobactéries dans un plan d'eau ou dans certains cours d'eau au-delà de dix jours.

6.5.1.7 Observer et détecter les cyanobactéries

La principale difficulté inhérente à l'échantillonnage des cyanobactéries en milieu naturel est liée à l'hétérogénéité de leur distribution dans l'espace et dans le temps. Des proliférations semblent parfois se former subitement, tandis que d'autres, très visibles à un moment donné, disparaissent brutalement. Cela s'explique par les migrations circadiennes, le cycle de vie des populations, la prédation, les conditions climatiques, etc.

L'orientation et la force des vents peuvent aussi déplacer significativement les biomasses sur un plan d'eau voir amener un amoncellement de cellules mortes sur la plage (qui est en général située sur les berges nord-ouest à nord-est du plan d'eau pour bénéficier du maximum d'ensoleillement). Elle se trouve alors exposée aux vents dominants (ouest, sud-ouest). Dans le cas de Vioreau, dont la plage est située au nord, le risque est réel quand les vents sont orientés ouest et sud-ouest.

A titre illustratif, les deux clichés suivants montrent deux points éloignés seulement de cinq mètres, l'un est sous le vent, l'autre est au vent.



Figure 33 : Au vent (amoncellement de l'efflorescence), sous le vent (eau limpide) note : photo d'illustration (hors baignade étudiée)

Le lieu et la profondeur d'échantillonnage sont idéalement déterminés en fonction des informations souhaitées : évaluation du danger en un point donné (au point où le danger semble maximal) ou obtention d'une valeur moyenne. Les usages de l'eau entrent souvent en ligne de compte pour déterminer ces paramètres : baignade à partir de la rive et/ou activités nautiques sur l'ensemble du plan d'eau.

L'observation directe d'un hydrosystème est un moyen simple de détecter une prolifération de cyanobactéries. La couleur de l'eau (coloration anormale ou variation de la coloration sur une période courte, de l'ordre de quelques jours) et l'aspect de la surface (accumulation de biomasse sous forme d'amas ou de film en surface) peuvent signaler une prolifération phytoplanctonique, éventuellement due à des cyanobactéries.

De la même manière, la mesure de la transparence de l'eau peut compléter l'observation visuelle de la coloration de l'eau.

La transparence de la colonne d'eau est mesurée à l'aide d'un dispositif intitulé « disque de Secchi » divisé en secteurs blancs et noirs que l'on immerge. La transparence est exprimée par la profondeur à laquelle il n'est plus possible de discerner les secteurs blancs des secteurs noirs du disque. On peut parler de variation de la transparence si une différence d'une trentaine de centimètres est observée entre deux mesures hebdomadaires (dans la mesure du possible, il vaut mieux effectuer ces mesures quotidiennement).

Cependant, le contrôle du plan d'eau par la seule observation de la coloration de l'eau reste une technique qui peut être mise à défaut. Ainsi des plans d'eau devenus verdâtres en quelques jours peuvent seulement être sujet à une prolifération de micro algues non toxiques comme par exemple les chlorophycées ou les diatomées.

Par ailleurs, le développement des cyanobactéries peut se faire dans les profondeurs du plan d'eau, en l'absence de tout changement visible dans l'hydrosystème.

Par conséquent, la confirmation de la présence des cyanobactéries nécessite une analyse complémentaire afin de déclencher la réponse la plus appropriée. Sur le terrain, une mesure à l'aide d'une sonde spécifique des cyanobactéries telle que la sonde mesurant la concentration en phycocyanine (pigment propre au groupe des cyanobactéries) permet une détection immédiate de leur présence et une estimation approximative de leur biomasse. Un dénombrement effectué en laboratoire permet de mettre en évidence l'espèce ou les espèces incriminées (temps de réponse plus long).

6.5.2 Niveaux de précaution pour les plans d'eau de baignade relatifs aux cyanobactéries

Selon un document intitulé "Toxic cyanobacteria in water. A guide to their public health consequences, monitoring and management" (I. CHORUS et J. BARTRAM) qui a été publié en 1999 par l'Organisation Mondiale de la Santé, des précautions sont à prendre dans les lieux de baignades, lorsqu'il y a prolifération de cyanobactéries. Selon ce document, ont été définis 2 niveaux de danger basés sur la biomasse cyanobactérienne et la concentration en chlorophylle a. Pour chacun de ses niveaux, sont exposés les risques à court et long terme pour la santé ainsi que les actions recommandées.

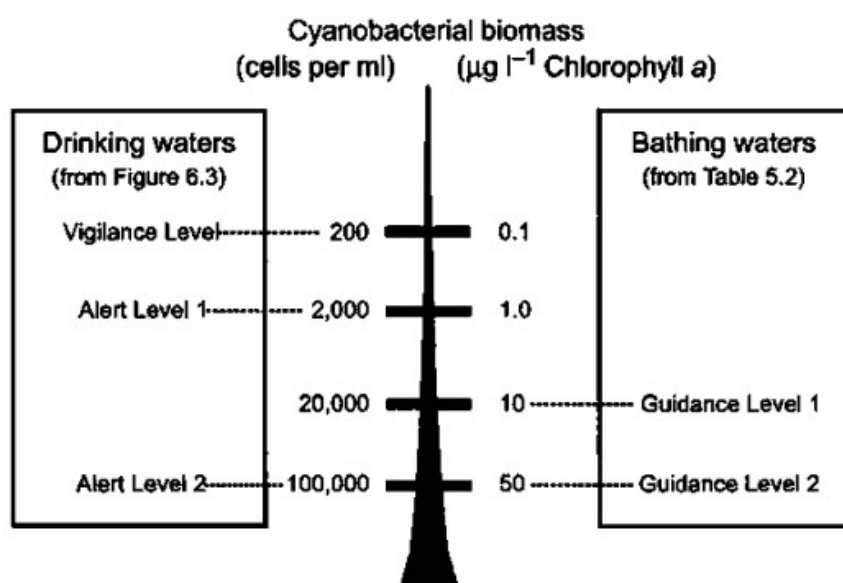


Figure 34 : Recommandations de l'OMS (1999)

Considérant les recommandations de l'OMS, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France a proposé dans l'avis du 6 mai 2003 un arbre décisionnel pour la surveillance des zones de baignade. Les 3 niveaux d'alerte ont été fixés sur la biomasse cyanobactérienne et sur la concentration en microcystines.

Basé sur cet avis, la Direction Générale de la Santé a publié depuis 2003 des recommandations de surveillance et de gestion de phénomènes de prolifération de cyanobactéries dans des eaux de baignade

Ces circulaires préconisent le suivi régulier des zones de baignades aménagées avec plusieurs niveaux d'intervention et d'information au public.

La circulaire DGS/EA4/2014/166, datée du 23 mai 2014, et relative aux modalités de recensement, d'exercice du contrôle sanitaire et de classement des eaux de baignade pour chaque saison balnéaire à partir de 2014, récapitule l'ensemble des paramètres de suivi. La principale évolution apportée par ce texte vis-à-vis des précédents, concernant les

cyanobactéries, est l'apparition de la notion de « toxinogènes » dans les dénombrements. Mais du fait de la difficulté de sa mise en œuvre, elle a été modifiée par le directive GS/EA4 n° 2015-181 du 2 juin 2015.

Le tableau ci-dessous récapitule les règles de gestion en vigueur en Pays de la Loire depuis la saison 2015.

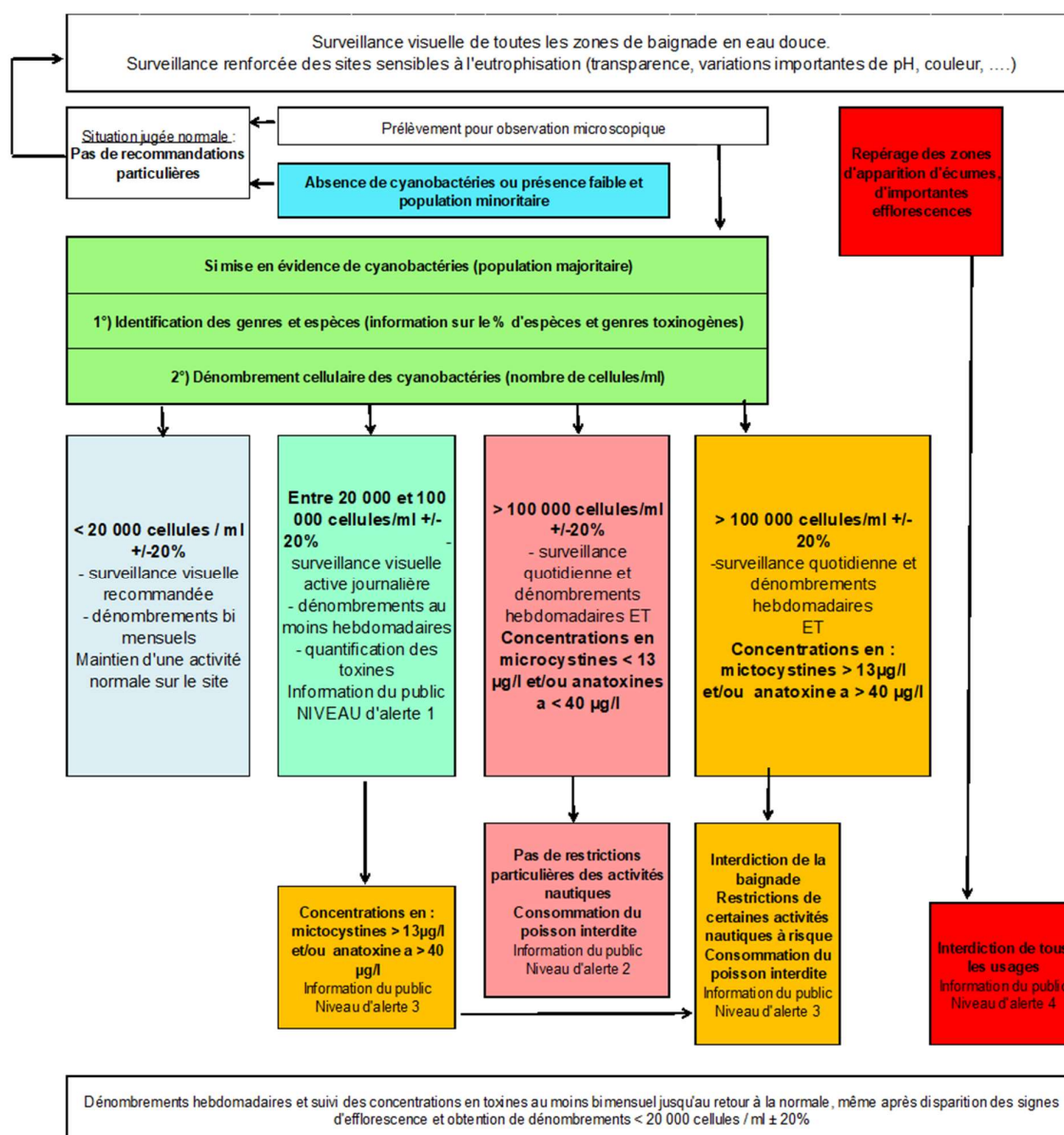


Tableau 9 : Recommandations lors de la présence de cyanobactéries (Note DGS/EA4/2014/166 modifiée 2015)

En mai 2020, dans l'objectif de répondre aux saisines de la DGS (septembre 2016) et de la DGAL (septembre 2015), l'ANSES a proposé un avis intitulé « actualisation de l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, les eaux de loisirs et les eaux ».

Cet avis propose les futurs règles de gestion liées au risque cyanobactérie, y compris pour les plans d'eau d'activités de baignade. L'application de ces préconisations, de manière adaptée, est également proposée pour les plans d'eaux hébergeant des activités nautiques. L'arbre décisionnel ci-dessous récapitule les préconisations pour les eaux de baignade.

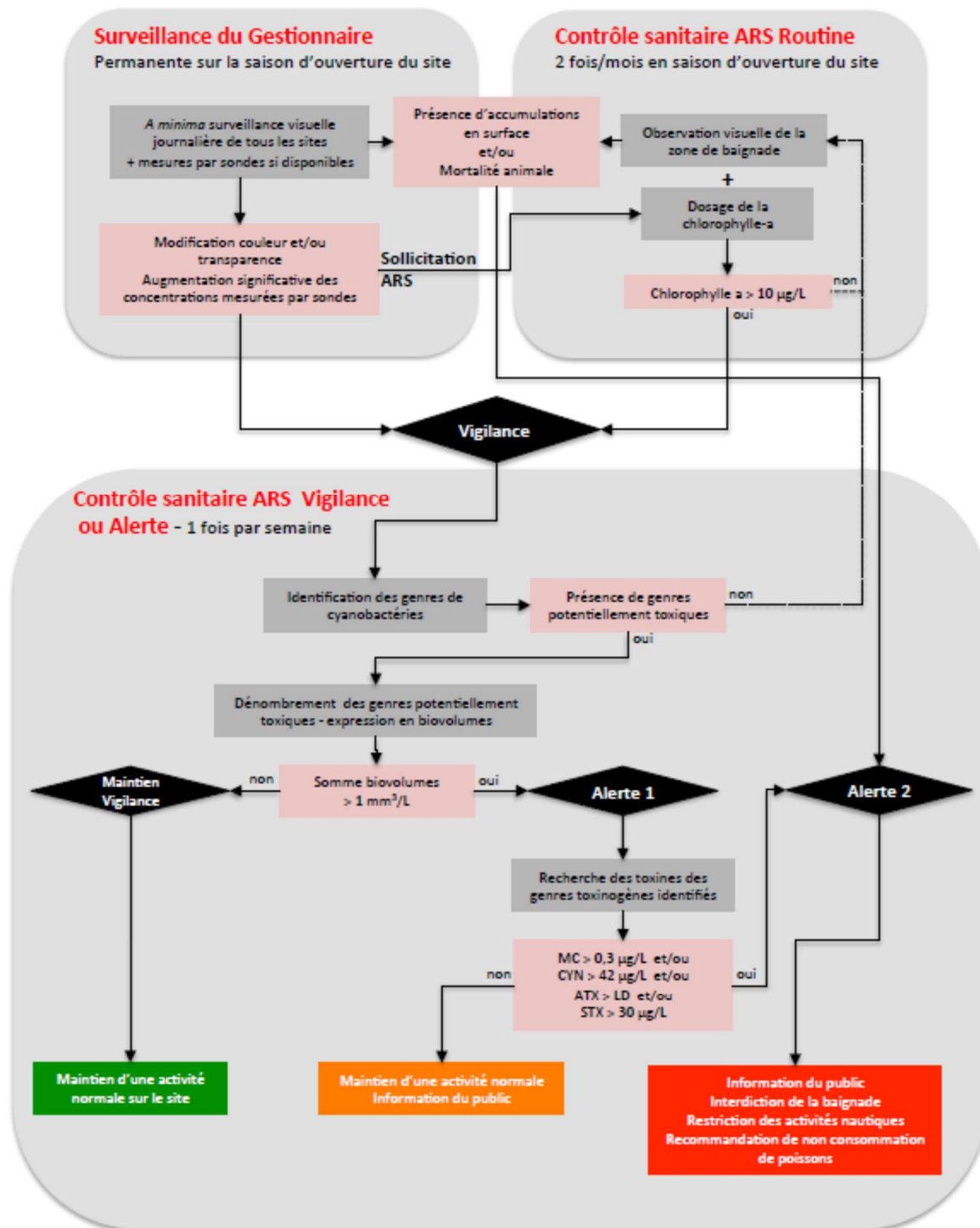


Figure 35 : Arbre décisionnel proposé dans l'Évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux douces, Anses, mai 2020, page 35/51.

Ces préconisations fonctionnent à l'aide de trois indicateurs principaux :

- La **surveillance visuelle** de routine
- Le dosage de la **chlorophylle** (seuil 10 µg/l) en cas de modification de coloration de l'eau
- En cas de dépassement de ce seuil (niveau **VIGILANCE**), les cyanobactéries sont dénombrées, et exprimées en **biovolume total** (seuil 1 mm³/l)
- En cas de dépassement de ce biovolume, les **toxines** sont alors recherchées (niveau **ALERTE 1**) : les Microcystines (seuil : 0.3 µg/l), les cylindrospermopsines (seuil 42 µg/l), les anatoxines (seuil : limite de détection) et les saxitoxines (seuil : 30 µg/l).
- En cas de dépassement, la baignade passe en niveau d'**ALERTE 2**. Il est important qu'en cas d'efflorescence constatée en surveillance visuelle, le niveau Alerte 2 soit immédiatement déclenché.

6.5.3 Le développement des cyanobactéries au lac de Vioreau

6.5.3.1 Profil général du développement des cyanobactéries

Sur la période de 2008 à 2020, le plan d'eau de Vioreau présente un profil sensible aux phénomènes d'efflorescence.

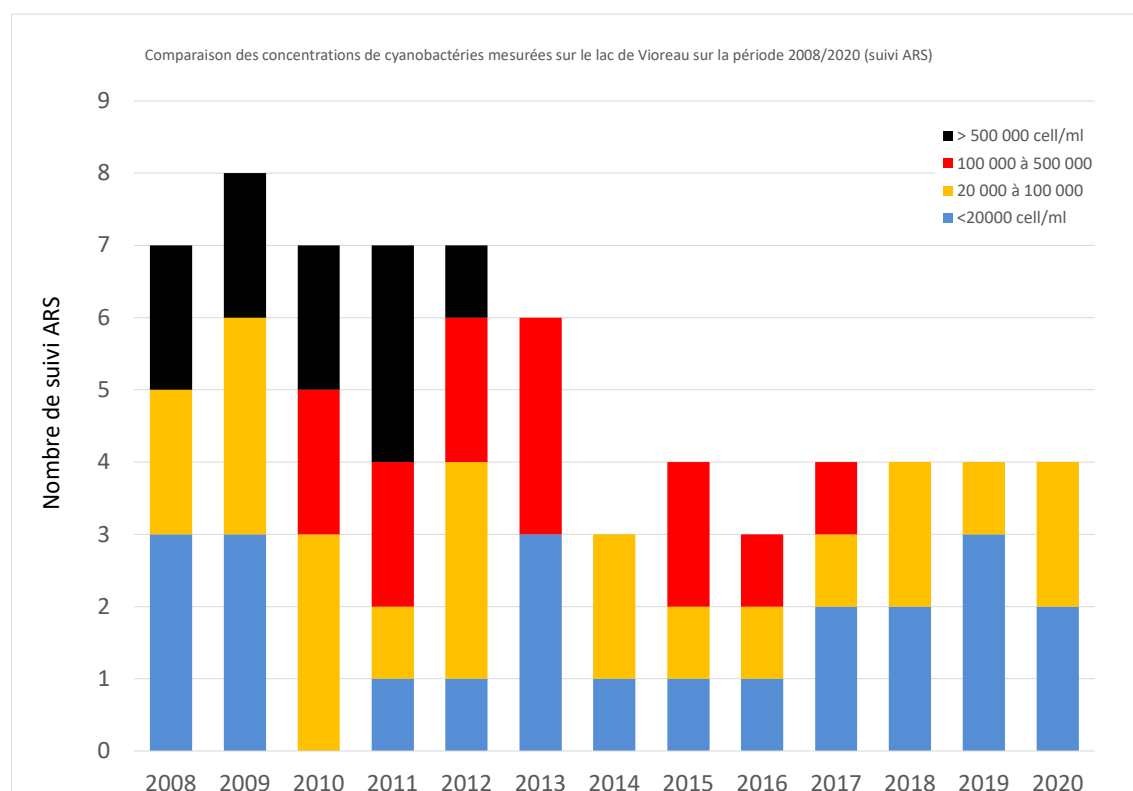


Figure 36 : Occurrences de classes de concentrations de cyanobactéries, suivi ARS 2008/2020

Entre 2008 et 2013, 25% des suivis présentaient une situation de type N1 (< 20 000 cell/ml). Sur la période 2014/2020, ce niveau faible de vigilance représente 45% des occurrences. Les situations de développement de cyanobactéries « moyens » représentent dans les deux périodes presque 50% des occurrences.

En revanche, les périodes d'efflorescences extrêmes, supérieures à 500 000 cell/ml et pouvant dépasser plusieurs millions de cellules par ml, qui représentaient 25% des suivis, ne sont plus observées lors des 5 dernières années.

Si ce changement observé sur l'étude du suivi par l'Agence Régionale de Santé semble montrer une évolution de l'état du plan d'eau, il est important de relativiser cette amélioration. En effet, le changement du rythme de suivi (d'hebdomadaire à bi mensuel) peut également entraîner un biais, les épisodes de très fortes efflorescences étant par définition limités dans

le temps (concomitance entre les développements des cyanobactéries et un régime favorable de vent entraînant un déplacement vers la zone de bain).

6.5.3.2 Espèces observées de 2008 à 2020 et classement selon la réglementation actuelle (2006/7/CE)

Sur la période 2012 à 2020, des blooms récurrents sont observés.

Le suivi hebdomadaire réalisé jusqu'en 2013 a permis d'observer les efflorescences maximales lorsque les conditions nécessaires étaient réunies. Ainsi, lors d'épisodes importants, les concentrations en *Woronichinia sp* et *Microcystis sp* ont atteint plusieurs millions de cellules par ml (02/09/2011, 09/07/2012).

Notamment une concentration très élevée qui dépasse 3 500 000 de cellules/ml (2012). Ce bloom était composé majoritairement de deux espèces : *Woronichinia sp.* et *Microcystis sp.*

Ces deux genres sont potentiellement toxigènes. Logiquement, il a été observé lors de ces épisodes des apparitions de toxines (microcystines) à des concentrations très variables, mais fréquemment très élevées, avec un maximal de 113 µg/l enregistré lors de l'efflorescence de *Microcystis* en juillet 2012.

Depuis 2013, les observations du suivi sanitaire de l'ARS montrent que les cyanobactéries se développent toujours de manière importante. Les genres majoritairement retrouvés depuis 2012 sont *Woronichinia sp.* ; *Microcystis sp.* ; *Aphanizomenon sp.* ; *Planktothrix sp.*, mais la détection des efflorescences de très forte intensité est moins systématique, ce qui s'accompagne par une détection plus faible de microcystine.

Ainsi, en 2020, la baignade de Vioreau a été fermée lors de l'efflorescence principale (10 au 14 août 2020). Cette efflorescence qui a touché la zone de bain a été détectée précocement lors du suivi du 05/08/20 (concentration inférieure à 100 000cell/ml), mais s'est réellement développée et terminée avant le suivi du 26/08/20.

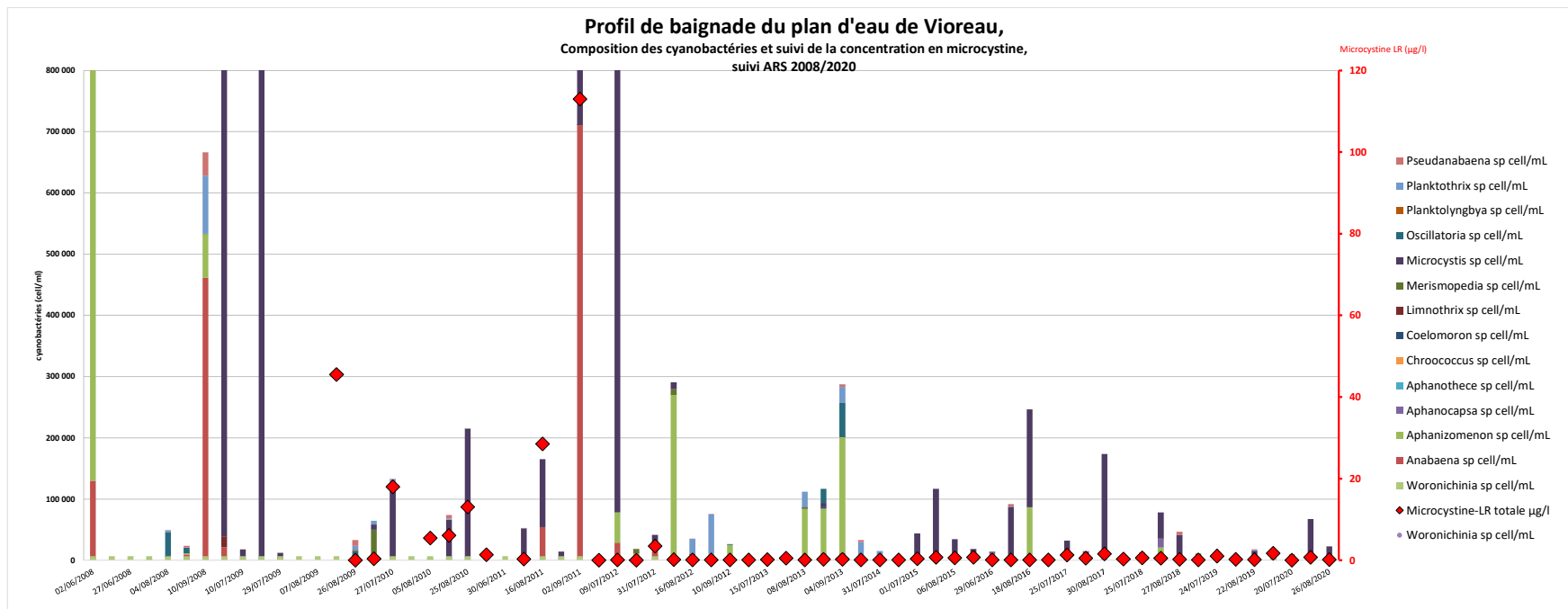


Figure 37 : Composition des cyanobactéries et microcystines sur le lac de Vioreau, suivi ARS 2013/2020

		09/07/2012	25/07/2012	31/07/2012	08/08/2012	16/08/2012	30/08/2012	10/09/2012	15/07/2013	08/08/2013	20/08/2013	04/09/2013	15/07/2014	31/07/2014
MICROCYSTINES LR	µg/L	0,1	<0,1	3,5	0,16	<0,1	<0,1	0,1	0,14	<0,1	0,25	0,2	<0,1	<0,1
ANABAENA SP (CELLULES)	nb/mL	29000	590	16000			4700	180		2900	12000	12000	590	
MICROCYSTIS SP (CELLULES)	nb/mL	2100000		14000	11000				310		6400		3200	
OSCILLATORIA SP (CELLULES)	nb/mL							980			23000	56000		1100
PLANKTOTHRIX SP (CELLULES)	nb/mL					25000	65000			25000		25000	26000	9500
		01/07/2015	21/07/2015	06/08/2015	26/07/2016	18/08/2016	25/07/2017	30/08/2017	09/08/2018	27/08/2018	07/08/2019	22/08/2019	05/08/2020	26/08/2020
MICROCYSTINES LR	µg/L	0,4	0,71	0,58	0,1	0,1	1,28	1,56	0,52	0,24	0,22	0,17	0,75	0,18
ANABAENA SP (CELLULES)	nb/mL					520								
MICROCYSTIS SP (CELLULES)	nb/mL	39000	110000	34000	83000	160000	15000	167000	41692	35814	4241	15596	67559	17201
OSCILLATORIA SP (CELLULES)	nb/mL													
PLANKTOTHRIX SP (CELLULES)	nb/mL				590							1178		

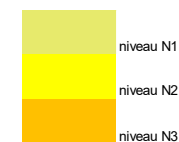


Tableau 10 : Concentration des principales espèces productrices de microcystines lors des blooms de 2012 à 2020

Cette récurrence des efflorescences d'intensités moyennes/fortes d'espèces toxigènes est confirmée par le suivi des microcystines entrepris par le Syndicat de l'EDENN sur le plan d'eau de Vioreau en 2020, afin de répondre en collaboration avec le Conseil Départemental de Loire Atlantique, au besoin de suivi des cyanobactéries vis-à-vis des activités nautiques.

Si ce suivi ne concernait pas directement la zone de baignade, la localisation de ses points permet, à la suite de nos observations du phénomène de déplacement des cyanobactéries dans le lac, lors de l'étude complémentaire au profil de baignade, et au diagnostic d'eutrophisation du plan d'eau réalisé en 2017 par l'EDENN, d'observer les efflorescences qui sont susceptibles d'atteindre la baignade, en particulier par le point de suivi est.

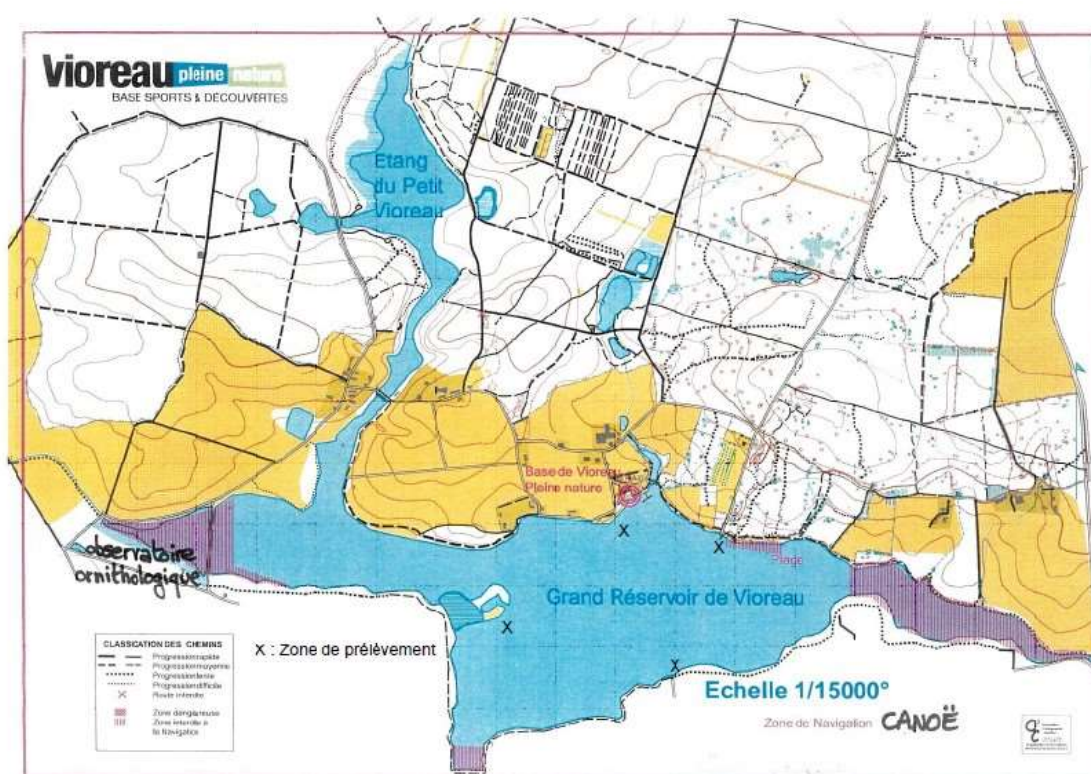


Figure 38 : Localisation des points de l'étude microcystine, EDENN, 2020 (www.edenn.fr)

Cette étude montre de manière semi quantitative la présence régulière de microcystine à proximité de la zone de bain.

Ainsi entre juin et octobre 2020, sur onze suivis réalisés, la microcystine est détectée à six reprises.

6.5.3.3 Evolution du classement du plan d'eau

Comme présenté au paragraphe 6.3.2., l'ANSES a établi un avis d'évolution des niveaux de vigilance vis-à-vis des cyanobactéries.

Dans le cas de la baignade de Vioreau, soumise à de régulières présences de microcystine, ce nouveau classement pourrait être pénalisant.

En effet, si le seuil actuel de 13 µg/l de microcystine n'a pas été observé lors des dix dernières années, seules les efflorescences ponctuelles ayant entraîné une fermeture de baignade, la mise en place d'un seuil basé sur le biovolume de cyanobactéries toxigènes (souvent rencontrées à Vioreau) et d'un seuil bas de 0.3µg/l de microcystine, aurait un impact important sur l'activité de baignade. Ainsi, sur les quatre dernières saisons, 50% des suivis ARS présenteraient des résultats classant la baignade en alerte de niveau 2, soit une interdiction des activités.

D. PLAN DE GESTION

7 Les moyens de lutte contre les efflorescences de cyanobactéries

Pour mémoire, éliminer le risque d'eutrophisation à long terme nécessite de surveiller le paramètre phosphore. Il convient d'empêcher aux algues l'accès à cette ressource nutritive sachant que le stock de phosphore est conservé dans le sédiment.

Pour contrôler la prolifération de cyanobactéries, peu exigeantes en ressources minérales, il faudrait mettre au point une combinaison d'actions d'envergure visant toutes les sources potentielles de phosphore.

En 2013, lors de l'établissement du profil de baignade initial, un certain nombre d'actions possibles ont été envisagées et détaillées. Elles portaient sur la gestion des apports de phosphore par le bassin versant, du stock sédimentaire contenu dans le lac et des apports par les compartiments biologiques (faune piscicole et aviaire) et par les activités de loisir (pêche).

Entre 2015 et 2017, l'EDENN a encadré un Etude-diagnostic de l'Eutrophisation, réalisée par Interface et Gradient et Limnologie Sarl. Cette étude a approfondi la problématique des cyanobactéries sur le plan d'eau en établissant notamment une liste de préconisations préventives reprise ci-dessous :

FICHE ACTION (n°)	Intitulé	Acteurs visés/cible	Maîtrise(s) d'ouvrage présente(s)
Améliorer la connaissance sur la dynamique de développement des blooms			
1	SUVIS DES POPULATIONS DE CYANOBACTERIES	scientifiques	EDENN
2	INSTALLATION D'EQUIPEMENTS DE SUVIS DES PARAMETRES ABIOTIQUES	scientifiques	EDENN
Approche bassin versant			
3	DIAGNOSTIC DES RESEAUX EU	Habitations aux abords de Vioreau	JOUE-SUR-ERDRE/COMPA
4	SENSIBILISATION AUX PRATIQUES AGRICOLES ANTI-EROSIVES	Exploitants agricoles	EDENN
5	GESTION D'UN EFFLUENT AGRICOLE	Exploitants agricoles	DDTM44-Chambre d'Agriculture-EDENN
Limiter les transferts particuliers (ssBV Ouest)			
6	GESTION HYDRAULIQUE DU VANNAGE DE L'ISAC	Sous-BV de l'ISAC	CD44 (voies navigables)
7	GESTION DE L'ENTRETIEN DE LA RIGOLE DE L'ISAC	Sous-BV de l'ISAC	CD44 (services techniques)
8	SUIVI DE LA QUALITE DES EAUX DE LA RIGOLE	Sous-BV de l'ISAC	EDENN
Réduire les transferts particuliers (BV Est)			
9	CURAGE DE LA QUEUE D'ETANG EST	BV (Provostière)	CD 44
10	DEPLACER LES SECTEURS DE PECHE A LA CARPE	Pêcheurs	EDENN-AAPPMA-Fédération de pêche 44
11	AMENAGER DES ZONES DE DECANTATION	BV (Provostière)	COMPA-EDENN
Limiter les risques d'exposition aux fortes concentrations en cyanobactéries			
12	DEPLACER LES ZONES D'ACTIVITE NAUTIQUE SELON LE VENT DOMINANT	Enfants/ado	CD44 (Base nautique)
13	GESTION DE LA Baignade	Enfants/ado	CD44
14	EXPERIMENTATION DU BULLAGE	Enfants/ado	CD44

Figure 39 : Préconisations de l'étude Eutrophisation du Lac, Interfaces et Gradients, Limnologie Sarl, EDENN, 2017

Les pistes proposées lors des deux études coïncident dans leurs orientations.

Afin de compléter ces conclusions, les propositions ci-dessous correspondent donc aux autres mesures de gestion propre à l'activité de baignade soumise au risque cyanobactéries.

7.1 Les actions à mettre en place au niveau de la plage de baignade

7.1.1 Nettoyage de la plage

Un nettoyage doit être effectué tous les matins le long de la plage à l'interface eau/plage. Le but de ce travail est d'éliminer tous les trous faits par les jeunes enfants, lors de l'élaboration des châteaux de sable par exemple, afin **d'éviter l'amoncellement des cyanobactéries dans ces cuvettes** et donc de diminuer d'autant le risque de contact entre les toxines et les jeunes enfants.

7.1.2 Pose d'un barrage flottant

La pose d'un barrage flottant permet de bloquer les efflorescences provenant du lac vers la zone de baignade.



Figure 40 : Barrage flottant sur la plage (illustration)

Cependant, ce barrage ne reste par nature qu'une barrière physique : il stoppe l'amoncellement des cyanobactéries mortes vers la plage mais ne peut stopper l'arrivée d'eau qui pourrait être riche en toxines.

D'ailleurs, le fait que le barrage ne plonge que sur une cinquantaine de centimètres doit permettre un renouvellement suffisant de l'eau au sein même de la baignade (3 m d'eau libre sous le barrage).

7.1.3 Utilisation de carbonate de calcium

Ces composés ont été utilisés pour précipiter le phosphore présent dans la colonne d'eau. Ces traitements éliminent également certaines cellules phytoplanctoniques.

Il peut être judicieux de l'appliquer, uniquement après la mise en place d'un barrage flottant.

Le traitement s'appliquera alors au sein de la baignade entre la plage et le barrage flottant. Cette méthode sera peu efficace sur des algues benthiques (déjà sur le fond) et, si le lac est par ailleurs fortement envahi par les cyanobactéries.

7.1.4 Les traitements algicides

L'usage du sulfate de cuivre était l'algicide le plus fréquemment utilisé et le plus efficace à court terme.

Cependant, l'utilisation d'algicides provoque la lyse des cyanobactéries, ce qui libère les métabolites et composés intra-cellulaires parmi lesquels se rencontrent des toxines et des composés très odorants.

De même, en raison de la répétition, il existe un risque d'accumulation dans le plan d'eau, avec un impact sur les organismes (accumulation dans la chaîne trophique).

Depuis quelques années, des essais de traitements au Peroxyde d'hydrogène sont réalisés sur quelques plans d'eaux en France.

Ce traitement, présente l'avantage de ne pas entraîner d'accumulations de substances dans le plan d'eau (dégradation du peroxyde d'hydrogène). Il présente de plus lors des essais réalisés une bonne efficacité avec une durée de quelques semaines. Cependant, comme le sulfate de cuivre, il entraîne une libération de métabolites dont les toxines.

Son utilisation est actuellement dérogatoire dans un cadre expérimental (Société ARCADIS). Son utilisation doit faire l'objet d'une étude préalable.

8 Les autres risques, les autres mesures possibles

8.1 Ecarter le risque bactériologique

Pour mémoire, afin de limiter les contaminations bactériologiques, une vigilance vis-à-vis des réseaux d'assainissement doit être mise en place.

Principales sources de pollution inventoriées	Procédures	Mesures de gestion préventives associées	Principales mesures de réduction des pollutions
Apports cours d'eau	suivi	contrôle de la qualité de l'eau aux exutoires	assainissement et gestion des réseaux en amont du bassin versant
Urbanisme et exploitations agricoles	suivi	contrôle visuel des exutoires	assainissement et gestion des réseaux à proximité du lac

Tableau 11 : Risque bactériologique lié aux exutoires, 2020

Dans le cas des cours d'eau, un suivi de routine de la qualité de l'eau permet de vérifier l'absence de contamination par les germes fécaux (streptocoques et E.coli).

Un contrôle visuel peut également être mis en place aux abords des zones urbanisées et agricoles, afin de détecter au plus vite la présence d'une éventuelle contamination (arrivée d'eau teintée, ...).

8.2 Le risque lié à la proximité des animaux sauvages

Afin de contrer une possible infestation par la leptospirose, les populations de rongeurs doivent être contrôlées via des campagnes de piégeage. Pour des raisons évidentes d'hygiène, les rats sont aussi visés par des campagnes de dératisation. Les populations de rongeurs sont faibles dans la zone de baignade.

Le cas particulier des oiseaux, souvent protégés, interdit toute opération de contrôle de ces populations. A défaut, un entretien soigné des berges et des équipements de la baignade doit être effectué au début de chaque nouvelle saison touristique.

Une seule campagne ciblée de piégeages de ragondins a eu lieu en 2012 à proximité du centre nautique. Les principales actions de lutte contre les rongeurs aquatiques envahissants se situent sur les rigoles d'alimentation en eau du canal, à la demande du conseil départemental.

Principales sources de pollution inventoriées	Procédures	Mesures de gestion préventives associées	Principales mesures de réduction des pollutions
Leptospirose (ragondins)	piégeage	campagne annuelle de piégeage	contrôle de la population
Bactériologie (rongeurs)	piégeage	campagne annuelle de piégeage	contrôle de la population

Tableau 12 : Risque bactériologique lié aux animaux

9 Gestion de la surveillance

9.1 Stratégie de surveillance

La compilation des données existantes et acquises lors de l'élaboration du profil de baignade doit permettre d'affiner une stratégie de surveillance. Cette dernière doit être adaptée au contexte et axée sur les sources de pollution identifiées.

9.1.1 Deux types de surveillance peuvent se compléter :

Au minimum et obligatoirement :

- **un programme de surveillance réglementaire** (cf. articles L.1332-3 et D.1332-23 du code de la santé publique) de la zone de baignade

Idéalement et sur une base de volontariat :

- **un programme d'auto-surveillance** comportant des analyses et des observations de terrain. Il vise la qualité de l'eau de baignade et les sources de pollution potentielles (au-delà de la zone de baignade, le cas échéant). Chaque responsable d'eau de baignade peut organiser sa propre trame d'auto surveillance. En revanche, il importe de la respecter et de la faire perdurer pour enrichir notamment le fond de connaissance du plan d'eau.

La mise en œuvre des programmes de surveillance, le suivi et l'analyse des résultats sont prévus de manière à fournir **en temps utile** au responsable d'eau de baignade les informations sur la qualité de l'eau, lui permettant de prendre les **mesures de gestion adéquates**.

9.1.2 Programme de surveillance réglementaire

9.1.2.1 Rôle de la surveillance réglementaire

La surveillance réglementaire vise à :

- répondre aux exigences, relatives à la surveillance de la qualité des eaux de baignade de la directive 2006/7/CE.
- mettre en œuvre un contrôle de la qualité de l'eau de baignade, afin d'obtenir un classement de sa qualité et d'assurer la protection sanitaire des baigneurs (Classement officiel).

Selon l'article L.1332-5 du code de la santé publique, **le classement de l'eau de baignade et le contrôle sanitaire sont effectués par le représentant de l'Etat dans le département à partir des analyses réglementaires.**

9.1.2.2 Déroulement du contrôle sanitaire

En application des règles communautaires, les paramètres suivis concernent les paramètres réglementés, c'est-à-dire les indicateurs fécaux *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux. Sur les plans d'eau intérieurs, le suivi est complété par la recherche des cyanobactéries et, le cas échéant, le dosage des toxines dans l'eau lors de blooms algaux.

Le point de surveillance est l'endroit des eaux de baignade où l'on s'attend à trouver le plus grand nombre de baigneurs, ou l'endroit où l'on s'attend au plus grand risque de pollution. Si un risque de pollution est identifié à proximité immédiate de la plage ou sur la plage : il faut en tenir compte et prélever dans la zone contaminée susceptible d'accueillir des nageurs..

9.1.2.2.1 Contrôle bactériologique

Les prélèvements doivent être effectués trente centimètres en dessous de la surface de l'eau, et dans des eaux profondes d'au moins un mètre.

- **AVANT LA SAISON BALNEAIRE** : Un prélèvement avant saison doit être effectué entre 10 et 20 jours avant la date de début de saison.
- **PENDANT LA SAISON BALNEAIRE** : Des échantillons doivent être prélevés à intervalles réguliers tout au long de la saison.

Il ne peut pas s'écouler plus d'un mois entre deux prélèvements. Un minimum de quatre échantillons par saison balnéaire doit être réalisé. En cas de pollution à court terme, un échantillon supplémentaire doit être prélevé afin de confirmer la fin de l'incident. A noter que cet échantillon (ou tous ceux nécessaires à la vérification de l'arrêt de la pollution) ne sera pas utilisé pour le classement de la baignade.

9.1.2.2.2 Contrôle des cyanobactéries

Il est recommandé dans le cadre du suivi de cyanobactéries, l'usage d'un tube de prélèvement qui permet de prélever sur l'ensemble de la colonne d'eau : cela évite de sous ou surestimer la pollution. Les cyanobactéries sont généralement suivies selon une fréquence de base bimensuelle, de début juin à mi-septembre. En cas de risque de dégradation de la qualité de l'eau, la fréquence d'échantillonnage peut être augmentée.

En cas de manifestation sportive (triathlon, etc.), il peut être intéressant d'adapter le suivi de la qualité de l'eau au cas par cas.

9.1.3 Programme d'autosurveillance

9.1.3.1 Rôle de l'auto surveillance

En général, le suivi de la qualité de l'eau de baignade elle-même suffit pour l'aspect bactériologique. En revanche, une surveillance des facteurs d'influence identifiés en amont des eaux de baignade (plan d'eau, ruisseau ou émissaire d'eau pluviale) devrait être régulièrement effectuée de manière à servir d'alerte, et si nécessaire, à engager une surveillance renforcée.

Pour la surveillance de cyanobactéries et à cause de leurs capacités de développement exponentielles, il peut être utile de renforcer la surveillance dans la zone de baignade ou sur les contours du plan d'eau (pour estimer les risques de dérives vers la zone de baignade lorsque les blooms algaux sont poussés par le vent).

Au fil des années, l'auto surveillance permet :

- d'identifier les niveaux de vigilance et les points de surveillance nécessaires pour garantir la connaissance de la qualité des eaux de baignade.
- en complément de la surveillance réglementaire, de fournir une aide à la décision pour la gestion des eaux de baignade.
- de définir les facteurs de déclenchement d'une gestion de crise.

L'auto surveillance se doit d'être cohérente et pertinente par rapport au profil de l'eau de baignade.

Il est nécessaire de définir pour chaque point de surveillance, en cas de situation normale et en cas de situation d'alerte ou de crise, le type d'observations à effectuer : visuelles, (ex : météo, vent, activité au point de rejet, ...) ou techniques : (ex : niveau de pluie, fonctionnement des stations de relevage, ...), et en particulier :

- ■ les moyens humains et techniques,
- la méthode,
- la localisation,
- la fréquence,
- les enregistrements nécessaires et suffisants.

Le type d'analyses bactériologiques et physicochimiques (si nécessaire), et en particulier :

- les paramètres analysés,
- les moyens humains et techniques,
- les méthodes d'analyses utilisées (normalisées ou non),
- la localisation,
- la fréquence,
- les enregistrements nécessaires et suffisants.

9.1.3.2 Déroulement de l'auto surveillance

Le responsable de l'eau de baignade devra :

- **définir des actions** à entreprendre en cas de dépassement des seuils ou des conditions d'alerte pour préserver la santé des baigneurs.
- • **rechercher les causes** dès qu'une anomalie est constatée, afin d'être en mesure de mener toutes les investigations nécessaires.
- • **rédiger, saisir et mettre à jour** un ou des recueil(s) d'enregistrements reprenant l'ensemble des analyses, observations et actions réalisées. Le recueil permet de suivre les indicateurs de surveillance et de servir d'aide à la décision en cas d'anomalie.

9.1.3.3 La surveillance au jour le jour

Dans le cadre du profil, la fiche de surveillance tenue par les surveillants de baignade est complétée par un suivi environnemental afin de garder en mémoire les changements du climat local et leur possible corrélation avec des pollutions (impact des orages, brassage de l'eau par le vent, poussée par le vent des efflorescences vers la zone de baignade, ...). Par ailleurs, elle valide le nettoyage régulier de la plage via un ratissage ou hersage visant en particulier à niveler le terrain et éviter les zones d'accumulations de cyanobactéries à l'interface eau/sable.

BAIGNADE

JOURNEE DU

2016

Relevés et contrôles journaliers effectués par :

à heures

SUIVI ENVIRONNEMENTAL			
Températures	eau :		air :
Transparence (m) :	eau (14h) :		eau (16 h):
Observations générales Conditions climatiques :	11h :		16h :
Conditions climatiques - Vent (faible - moyen - fort)	vent à 14h		à 16h
- Soleil (oui - non)	soleil à 14h		à 16h
- Couvert (oui - non)	couvert à 14h		à 16h
- Pluie (faible - forte)(continue - épisodique)	pluie à 14h		à 16h
(signaler les changements en cours de journée)			
Observations éventuelles (orage, grêle,.....)			
Cyanobacteries : efflorescences visibles à proximité de la baignade	oui/non		si oui (alerter le responsable)
Cyanobacteries : suspicion efflorescences dans la baignade	oui/non		si oui (alerter le responsable)
Prélèvement ARS	oui/non		
METEO (a relever le lendemain sur site METEO France)			
Temperature	mini (°c):		maxi (°c) :
Direction des vents	matin		apres midi
Vitesse des vents (km/h)	matin		apres midi
Pluie (mm/24h)			
Nettoyage de la plage (hersage/ratissage bordure eau/sable)			
Heure			
Estimation de la fréquentation :	horaires	dans l'eau	sur la plage
	13h30		
	16h00		
	18h00		
	19h30		

Visa du chef de poste

Nom :

Signature :

Visa du référent (en l'absence du chef de poste)

Nom :

Signature :

Figure 41 : Exemple de fiche de surveillance quotidienne

Cette fiche est complétée par un **cahier de bord qui est tenu à disposition du responsable de l'eau de baignade dans un lieu déterminé**. Ce livret ou classeur, mis à disposition dans le local de surveillance de la baignade peut être tenu par les maitres-nageurs.

Ce recueil comprend **les documents du contrôle** sanitaire, dont les résultats avec leur interprétation sanitaire, transmis par l'ARS.

Le recueil comprend en outre les éléments suivants ou une combinaison de ceux-ci :

- le résultat des observations du site de baignade comme par exemple : la source de pollution remarquée, le type de macro-déchets repérés (plastique, bois, hydrocarbures, etc) , ... ;
- la description des différents facteurs d'influences : météorologie, courantologie, ... ;
- l'interprétation de ces données et de leur évolution ;

- la date et les raisons de passage en condition d'alerte ou de gestion de crise ;
- les actions réalisées afin d'assurer la sécurité sanitaire des baigneurs.

Il est également nécessaire de **mettre à la disposition du public un registre** lui permettant de noter ses remarques et observations. Les informations inscrites sur celui-ci doivent être au minimum :

- le nom du responsable du registre,
- la localisation de l'eau de baignade,
- les remarques que souhaite apporter le public

Ce registre doit être facilement accessible (local de surveillance de la baignade).

9.1.4 Les devoirs du responsable de la baignade :

9.1.4.1 Gestion de crise

A la suite de l'élaboration du profil de baignade, le responsable de l'eau de baignade doit définir par écrit et mettre en œuvre une procédure de gestion de crise adaptée, si elle n'existe pas encore.

Une concertation avec les services de l'ARS permet d'appliquer des **actions adaptées dans le temps** (durée de l'interdiction) **et l'espace** (zone de restriction).

9.1.4.2 Information du public

Le responsable de l'eau de baignade est tenu d'informer le public sur la qualité sanitaire des eaux. Les premiers éléments du contenu et les modalités sont fixés dans le cadre du profil de baignade et seront ajustés chaque année en fonction de l'évolution des technologies (internet, panneaux de signalisation, ...).

9.2 Détermination des conditions de passage en situation d'alerte et/ou de crise

A partir du profil qui a été réalisé, et dans le cadre de son programme d'autosurveillance, le responsable de l'eau de baignade est tenu de :

- définir un programme d'actions afin de réduire ces pollutions ;
- mettre en place le suivi des indicateurs. Le choix de ces indicateurs et de leurs seuils d'alerte est déterminant puisque c'est sur la base de leur dépassement que vont être déclenchées les mesures de gestion du risque sanitaire (interdiction de la baignade par exemple).

9.2.1 Choix des indicateurs

Si la qualité des eaux de baignade est appréciée par le contrôle sanitaire, au travers de deux paramètres microbiologiques (les entérocoques intestinaux et les *Escherichia coli*), il est judicieux **d'essayer d'anticiper le risque de pollution bactériologique** en ciblant des paramètres accessibles telle que **l'observation** d'un débordement d'un poste de relevage, d'un déversoir d'orage à la suite d'une forte pluie par exemple ou d'un dysfonctionnement signalé par le gestionnaire des réseaux d'eaux pluviales ou usées.

9.2.2 Détermination des seuils

Une fois les indicateurs choisis, il convient de définir un seuil d'alerte au-delà duquel seront mises en œuvre les mesures de gestion du risque sanitaire pour les baigneurs : c'est ce que l'on appelle **la gestion de crise**.

9.2.2.1 Indicateurs et seuils bactériologiques

Dans le cas d'un épisode à risque, aussi appelé pollution à court terme, il convient de s'alerter systématiquement lorsque la concentration en **entérocoques intestinaux dépassent 660 UFC/100 ml**, et /ou que la **concentration en *Escherichia coli* dépasse 1800 UFC/ 100 ml** (AFFSET, 2007). Par précaution, il est recommandé d'enclencher un suivi plus approfondi du milieu dès que les valeurs dépassent les valeurs habituellement observées (percentile 90) sur le plan d'eau, à savoir **100 UFC/ ml** en entérocoques intestinaux **et 300 UFC/ 100 ml** en *E.coli*. Ces valeurs seront réajustables en fonction des observations réalisées suite à la réouverture de la baignade.

Nous proposons un arbre de décision pour illustrer la démarche à suivre lors de la réception d'un mauvais résultat issu du contrôle sanitaire ou qui serait lié à un événement particulier identifié dans le cadre de l'auto surveillance.

Arbre décisionnel de gestion du risque bactériologique

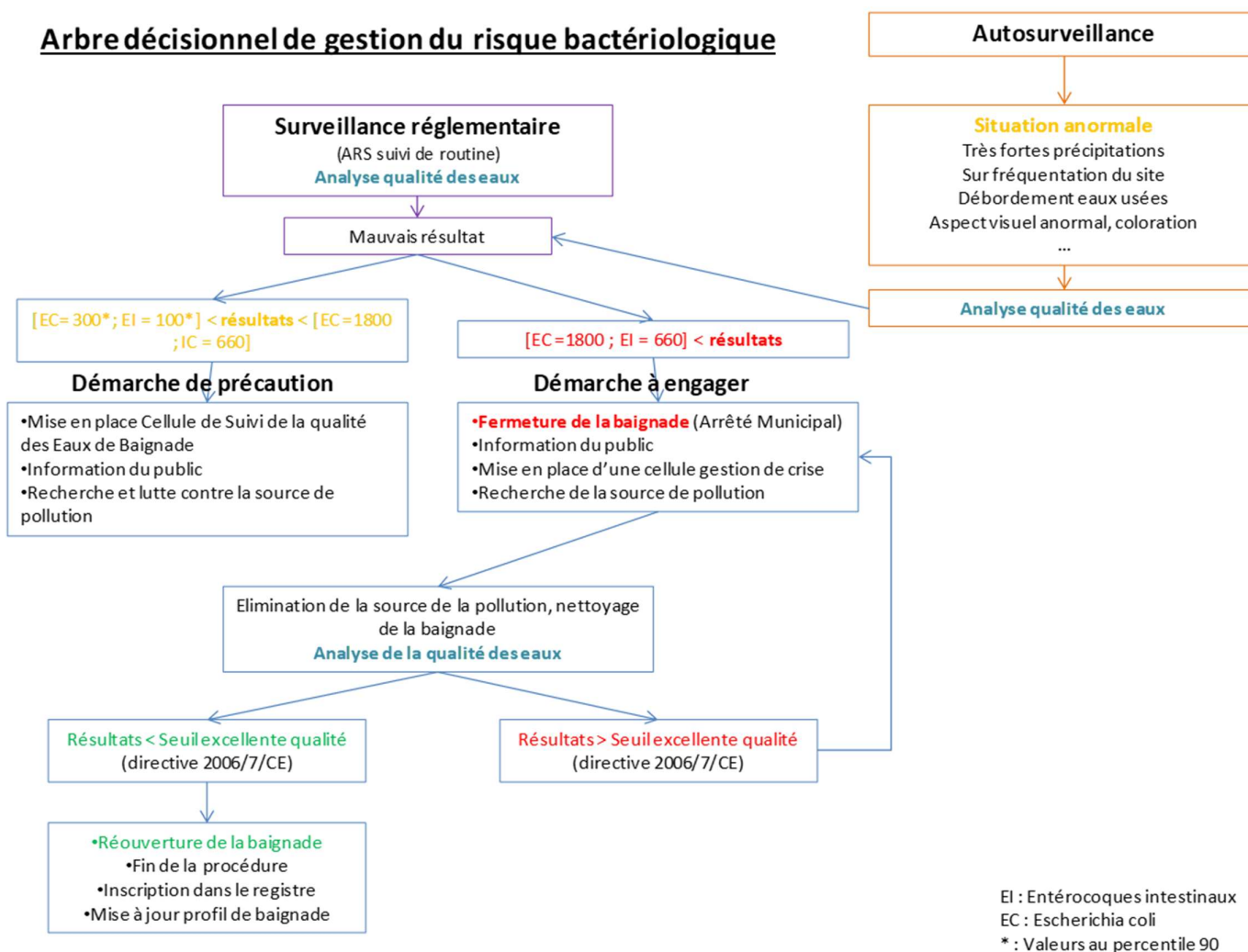


Figure 42 : Arbre décisionnel pour la gestion du risque bactériologique

9.2.2.2 Indicateurs et seuils pour les cyanobactéries

Pour les cyanobactéries, le seuil de vigilance peut être fixé à 50 000 cellules par ml. L'indicateur principal est la **coloration verte ou anormale de l'eau** sur une partie du plan d'eau. La vigilance est renforcée dès que des **efflorescences** sont aussi visibles sur la plage ou à proximité immédiate (dans un rayon de 100 m) ou lorsque les vents risquent d'amener les efflorescences vers la plage. Afin de limiter les biais d'appréciation entre les différents opérateurs de l'autosurveillance, l'utilisation d'une sonde à phycocyanine peut être envisagée, afin d'obtenir des données comparables. Il sera alors nécessaire de calibrer l'appareil en fonction des spécificités des cyanobactéries présentes sur le plan d'eau (picoplancton benthique).

Lorsqu'une valeur, mesurée dans le cadre du contrôle sanitaire, est anormalement élevée, sans que les indicateurs de l'auto surveillance ne l'aient mis en évidence, la personne responsable des eaux de baignade devra en identifier la cause et, le cas échéant, réviser le programme d'auto surveillance.

Actuellement, l'EDENN réalise une étude des concentrations en microcystines sur le plan d'eau. Cette étude correspond en partie aux besoins d'une auto surveillance, de part sa fréquence, l'emploi d'outil analytique semi quantitatif et son emprise sur tout le lac. Elle permettrait, en l'état actuel, où par l'ajout d'un point sur la zone de baignade, de réaliser un auto contrôle pertinent.

9.2.2.3 Réalisation d'une base de données

L'objectif est d'obtenir les données permettant d'informer le public et d'enclencher une gestion de crise si nécessaire, de **constituer une base de données et un historique afin d'améliorer la gestion de la qualité des eaux de baignade.**

9.2.3 Information du responsable de l'eau de baignade

Le responsable de l'eau de baignade doit être averti rapidement de la qualité sanitaire des eaux de baignade. En effet, en cas de dépassement des seuils de crise, il doit pouvoir agir en temps réel.

Pour cela il est important de :

- désigner les responsables chargés de la transmission des informations, ainsi que leurs suppléants en cas d'indisponibilité, de manière à garantir que le système fonctionne au moins durant toute la période balnéaire ;
- définir un document décrivant la nature du message transmis comme par exemple:

La baignade rouvrira à la condition que le niveau d'alerte N3 passe à N2 ... ;

- définir les coordonnées des personnes à contacter ainsi que le moyen de transmission de l'information : téléphone, mail, fax, texto...

10 La gestion de crise

L'objectif est de définir la procédure permettant d'informer dans les meilleurs délais la personne responsable de l'eau de baignade et de mettre en œuvre une procédure de gestion de crise en cas de dépassement de seuils, d'incident ou d'anomalie, observé (ex : orage, pollutions par des hydrocarbures, fuite de canalisation, etc.).

Le responsable de l'eau de baignade ou son représentant a défini préalablement les conditions d'alerte (analyses, observations sur site, pluviométrie...).

10.1 Le circuit de l'information entre les différentes instances

Le responsable de l'eau de baignade doit définir le circuit d'information pour permettre la prise de décision.

Il définit aussi dans un document :

- les informations nécessaires à fournir (résultats des dernières analyses et des observations visuelles),
- les rôles de chacun dans la fourniture de l'information : par qui, pour qui, par quels supports, dans quels délais,
- les actions à mettre en place pour traiter la cause de l'anomalie et la résoudre à court, moyen ou long terme.

Le responsable de l'eau de baignade met en œuvre le processus de surveillance renforcée préalablement défini (renforcement de la fréquence des mesures) et prend les mesures adaptées avec les parties prenantes (ARS, Ville, ...).

Pour mémoire, Il doit dans la mesure du possible :

- identifier l'origine du déclenchement de la crise,
- prendre les mesures adaptées, au minimum protéger la santé des baigneurs.

Les modalités de réaction lors du déclenchement de la crise doivent être consignées dans une procédure documentée, communiquée et connue des différents acteurs.

En fonction des éléments d'information dont la personne responsable de l'eau de baignade est destinataire, celle-ci doit prendre la décision d'interdire ou non la baignade au public.

10.2 Les recommandations habituelles

Il est rarement possible d'enrayer les proliférations de cyanobactéries ou de nettoyer la plage des traces les plus visibles (efflorescences difficilement pompables ou raclables), aussi **les dispositions visant à informer le public sont prioritaires.**

Les recommandations les plus fréquentes lors de blooms de cyanobactéries peuvent être les suivants :

- éviter les zones où se concentrent les cyanobactéries et/ou l'écume (le risque sanitaire le plus important étant le contact direct avec l'eau ou l'ingestion d'eau.)
- en présence d'une eau turbide et de coloration intense, éviter les baignades et au moins ne pas plonger ou nager sous l'eau si la transparence est inférieure à une trentaine de cm.
- pour toute activité nautique susceptible de conduire à une immersion accidentelle en présence d'une efflorescence d'algues ou de cyanobactéries, porter des vêtements parfaitement étanches. (L'eau qui séjourne longtemps entre la peau et les vêtements de sport nautique constitue un risque important d'éruption cutanée).
- après les activités nautiques ou la baignade, se laver abondamment pour éliminer tout résidu d'algues ou de cyanobactéries et faire de même pour les vêtements ou affaires ayant séjourné dans l'eau.

11 L'information au public

L'information du public est une exigence réglementaire (Code de la santé publique, Directive 2006/7/CE).

Il s'agit donc **d'informer le public sur la qualité sanitaire de l'eau de baignade tout au long de la saison balnéaire**. Cette transparence sur les résultats peut être aussi le moyen de **montrer les efforts engagés**, voire de faire admettre au public l'interdiction temporaire de l'accès à la baignade.

Pour cela, le responsable de l'eau de baignade doit définir les modalités de transmission de l'information concernant la qualité sanitaire des eaux de baignade en vue d'avertir le public. Il s'agit pour lui de :

- définir les moyens à mettre en place pour informer le public sur la qualité de l'eau de baignade et la gestion qui en est faite (résultats, synthèse du profil, avis d'interdiction de baignade, ...),
- définir la localisation de cette information (sur le site d'eau de baignade, sur internet, en mairie...) et les modalités (code couleur relatif à la qualité de l'eau, sigle, ...).

Ainsi l'article D1332-32 du code de la santé publique liste les huit informations devant se trouver à un endroit facilement accessible et situé à proximité immédiate du site de baignade durant la saison balnéaire (panneau et/ou tout autre moyen de communication approprié), en français et éventuellement dans d'autres langues :

1° Le classement de l'eau de baignade établi à la fin de la saison balnéaire précédente et, le cas échéant, tout avis déconseillant ou interdisant la baignade, au moyen d'un signe ou d'un symbole simple et clair ;

2° Les résultats des analyses du dernier prélèvement réalisé au titre du contrôle sanitaire, accompagnés de leur interprétation sanitaire, dans les plus brefs délais ;

3° Le document de synthèse (prévu à l'article D. 1332-21) donnant une description générale de l'eau de baignade et de son profil ;

4° L'indication, le cas échéant, que l'eau de baignade est exposée à des pollutions à court terme, le nombre de jours pendant lesquels la baignade a été interdite au cours de la saison balnéaire précédente en raison d'une pollution à court terme et l'avertissement chaque fois qu'une pollution à court terme est prévue ou se produit pendant la saison balnéaire en cours ;

5° Des informations sur la nature et la durée prévue des situations anormales au cours de tels événements ;

6° En cas d'interdiction ou de décision de fermeture du site de baignade, un avis d'information au public qui en explique les raisons ;

7° En cas d'interdiction ou de décision de fermeture du site de baignade durant toute une saison balnéaire au moins, un avis d'information au public expliquant les raisons pour lesquelles la zone concernée n'est plus une eau de baignade ;

8° Les sources où des informations complémentaires peuvent être fournies.

Pour ce dernier point, le gestionnaire peut également les rendre disponibles sur le site internet municipal, à l'office du tourisme, en mairie, etc...

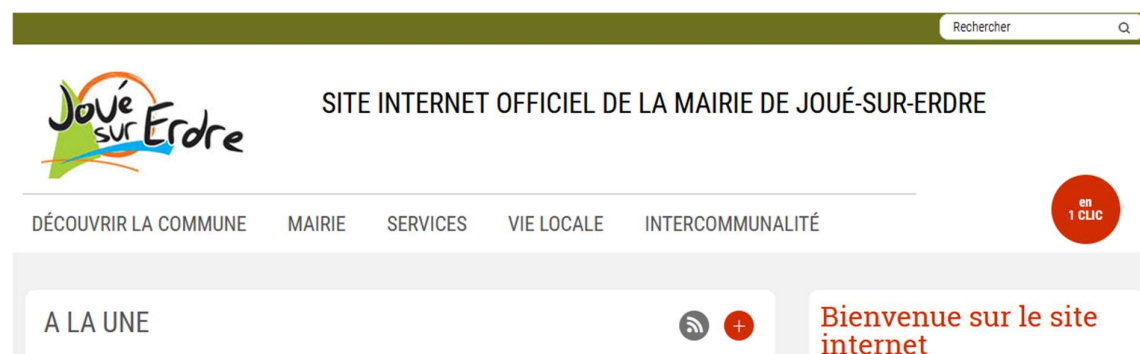


Figure 43 : Extrait du site www.jouesurerdre.fr, 2020

Le site internet du ministère de la santé est aussi un support privilégié pour l'information au grand public.



Figure 44 : Extrait du site baignades.sante.gouv.fr

<http://baignades.sante.gouv.fr/editorial/fr/accueil.html>

12 Proposition d'une procédure de gestion de la surveillance et des modalités de gestion de crise sur le réservoir de Vioreau

Dans un premier temps, une action **préventive** pour empêcher les pollutions ou dégradations du site de baignade hors saison estivale peut être menée. En l'occurrence, la plage peut être interdite d'accès afin de limiter sa fréquentation (diminution des déjections animales, ...).

Elle peut être **réactive** : le gestionnaire de la baignade pourrait préparer la gestion de crise et l'information auprès du public selon la trame suivante (voir pages suivantes).

Au quotidien, un plan d'affichage récapitule les analyses reçues tout au long de la saison (vision synthétique de l'évolution des teneurs en germes ou des cyanobactéries).

En cas de fortes teneurs (dès le dépassement du niveau 1 et jusqu'au retour à la normale dans le cas des cyanobactéries), une procédure de suivi est lancée selon le déroulement présenté en pages suivantes.

Si une pollution bactérienne venait à être décelée, les intervenants seront les mêmes, il restera à définir les seuils d'alertes (au minimum les seuils réglementaires).

Sur les heures d'ouvertures du poste de secours, les surveillants se chargent de faire respecter cette interdiction de baignade.

Au retour à une situation normale, et après l'avis favorable de l'ARS, la zone de baignade est ré-ouverte.

Plan d'affichage Informations sur les Cyanobactéries

VIOREAU

et DOCUMENT DE LIAISON

POINT SUR LE SUIVI REGLEMENTAIRE

L'ARS effectuera X analyses spécifiques Cyanobactéries à la baignade au cours de l'été pour mémoire, Il sera aussi au moins X analyses bactériologiques

Semaine	Jour	Résultats	(nb/ml)	Cyanobacteries	Observation	Fermeture	Jour	Jour
		E. Coli	Enterocoques	(nb/100 ml)		oui/non	début interdiction	levée interdiction
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							
XX	XX/XX/20XX							

Figure 45 : Affichage récapitulatif des analyses de bactéries et cyanobactéries

A partir des analyses ARS et/ou AUTOSURVEILLANCE plusieurs cas de figure

Absence ou faible concentration de cyanobactéries		
0 - Concentration inférieure à 20 000 cellules /ml		
BLEU	Maintien de la surveillance basique (analyses, suivi visuel)	<i>Message Grand Public . "La baignade est autorisée sans restriction"</i>
Présence de cyanobactéries dans l'eau de baignade		
1 - Concentration comprise entre 20 000 et 100 000 cell/ml		
VERT	Dispositif de suivi Information du public (affichage) Baignade et activités nautiques autorisées	<i>Message Grand Public . "Je peux me baigner, en respectant les consignes sanitaires"</i>
2 - Concentration supérieure à 100 000 cell/ml avec microcystines < 13µg/l et anatoxines < 40µg/l		
JAUNE	Dispositif de suivi Information du public (affichage) Baignade et activités nautiques autorisées Consommation poisson interdite	<i>Message Grand Public . "Je peux me baigner, en respectant les consignes sanitaires"</i>
3 - Concentration supérieure à 20 000 cell/ml avec microcystines > 13µg/l et/ou anatoxines > 40µg/l		
ORANGE	Dispositif de suivi de niveau Information du public (affichage)(avec exemples de limitation des activités nautiques) Baignade interdite Activités nautiques limitées Consommation poisson interdite Fermer physiquement la baignade avec des barrières servant à l'affichage et faire respecter l'interdiction ou delimier la zone interdite par un ruban "rubalise" Informen le public des restrictions de navigation en fonction des supports (Voile, canoé, planche...)	<i>Message Grand Public "La baignade est interdite et les activités nautiques limitées"</i>
4 - Présence de mousse et d'écume ou efflorescences		
ROUGE	Dispositif de suivi Information du public (affichage) Baignade et Activités nautiques interdites Fermer physiquement la baignade avec des barrières servant à l'affichage et faire respecter l'interdiction ou delimier la zone interdite par un ruban "rubalise" Informen le public des interdictions de navigation	<i>Message Grand Public "La baignade et toutes les activités nautiques sont interdites"</i>

Figure 46 : Niveaux d'alertes et préconisations

REOUVERTURE OU MAINTIEN DE LA FERMETURE

Pour lever le dispositif de niveau 1 et supérieur, il faut théoriquement attendre 1 jour au minimum (si suspicion de toxines : délai habituel 4 jours) et prendre l'avis de l'ARS et effectuer une nouvelle analyse

En pratique dès l'annonce de la mise en place du dispositif 2 ou 3 il faut demander une analyse, si possible pour le lendemain
(prévoir le cas échéant un budget pour X analyses à environ XXXX Euros TTC l'unité)

Plusieurs cas de figure pourront alors se présenter

cyanobactéries inférieures à 100 000 cell/ml et inférieures à 20 000 cell toxigènes/ml : fin immédiate des restrictions et des interdictions

Demander à la Mairie de rédiger un arrêté levant les interdictions et l'afficher

cyanobactéries comprises entre 20 000 cell/ml et 50 000 cell toxigènes/ml : fin immédiate des interdictions

Demander à la Mairie de rédiger un arrêté levant les interdictions et l'afficher

cyanobactéries supérieures à 100 000 cell/ml ou 50 000 cell toxigènes/ml : maintien du dispositif de restriction et d'interdiction
dans l'attente de la concentration de microcystines (environ 4 jours).

Figure 47 : Conduite à tenir pour la réouverture de la baignade

Plan d'affichage Informations sur les Cyanobactéries

Nombre et Localisation

TYPE DE DOCUMENTS A AFFICHER

RESULTATS ARS

Arrêté du Maire

Affichage

Affichage dans ou sur des Bâtiments

Plage

Parkings

Poste de secours

Aux débouchés des parkings

+Arrêté Maire

fait le

enlevé le

Affichage sur des barrières

Moyens nécessaires

2 barrières ou 2 panneaux

fait le

enlevé le

--	--

Vérifier tous les jours l'affichage et faire respecter les interdictions

INFORMATION ET RELATION PRESSE

Contact Gestionnaire de la baignade : Joué sur Erdre
téléphone 02 40 72 35 43

Figure 48 : Plan d'affichage et d'information sur site

E. SYNTHÈSE

13 La fiche de synthèse du profil de baignade

Un affichage doit être réalisé, sur site, avec le récapitulatif des informations du profil de baignade. La fiche comme suit :

Profil de la baignade, Lac de Viorreau						
Édité par Miprep Environnement Le Mûrier, bureau d'études indépendant, mise à jour le 01/07/2020						
Caractéristiques de la baignade						
Site du Lac de Viorreau Commune : Joue sur Erdre ; Département : Loire Atlantique ; Région : Pays de la Loire						
Responsable de la qualité des eaux de la baignade : Mairie de Joue sur Erdre ; Téléphone 02.40.72.35.43 Agence Régionale de la Santé - Santé et Environnement Téléphone 02.43.20.79.35						

Seront accolées ces deux cartes :

- activités et équipements



- et situation hydrologique



Sur la page suivante, La fiche de synthèse de la saison 2020 est présentée en détail.

Profil de la baignade, Lac de Vioreau						
Editée par Minyvel Environnement Le Medec, bureau d'études indépendant, mise à jour le 18/06/2020						
Caractéristiques de la baignade						
Site du Lac de Vioreau						
Commune : Joue sur Erdre ; Département : Loire Atlantique ; Région : Pays de la Loire						
Responsable de la qualité des eaux de la baignade : Mairie de Joue sur Erdre : téléphone 02.40.72.35.43 Agence Regionale de la Santé : Santé et Environnement téléphone 02 41 25 76 31				Profil de Baignade - Grand réservoir de Vioreau (44) - Equipements du site -		
La baignade est ouverte gratuitement au public et surveillée du premier samedi de juillet au dernier dimanche d'août						
Heures de surveillance : du mardi au dimanche, 12h30 à 18h30						
Historique de la qualité d'eau de baignade						
Les eaux du Lac de Vioreau sont conformes à l'activité de baignade						
Année	2016	2017	2018	2019		
Classement ARS	B	B	C	B		
A : Eau de bonne qualité - B : Eau de qualité moyenne - C: Eau pouvant être momentanément polluée - D : Eau de mauvaise qualité. NOTE : qualité C ou D : baignade systematiquement interdite						
Liste des épisodes de pollution au cours des de mières années (2012 - 2019):						
Date	Type de pollution	Origine de la pollution			Interdiction baignade	
2012 à 2019	cyanobacteries	prolifération de micro-algues			oui en août 2013	
2012 à 2019	détection ponctuelle de bacteries	Escherichia Coli et streptocoques dépassement des limites guides mais respect des valeurs impératives sur la période de baignade			non	
Inventaire des sources potentielles de pollution et mesures de gestion						
Diagnostic			Gestion préventive des pollutions			Plans d'actions
Principales sources de pollution inventoriées	Impact	Distance de la zone de baignade	Indicateurs suivis et seuils d'alertes	Procédures	Mesures de gestion préventives associées	Principales mesures de réduction des pollutions
BACTERIOLOGIE						
Apports cours d'eau	fort	proximité	concentrations microbiologiques : valeurs guides et impératives	suivi	contrôle de la qualité de l'eau aux exutoires	assainissement et gestion des réseaux en amont du bassin versant
Urbanisme et exploitations agricoles	moyen	proximité	concentrations microbiologiques : valeurs guides et impératives	suivi	contrôle visuel des exutoires	assainissement et gestion des réseaux à proximité du lac
CYANOBACTERIES						
Cyanobacteries au sien du Lac de Vioreau	fort	proximité	dénombrement cyanobacteries	isolement	suivi	Etude du développement des cyanobactéries sur le plan d'eau (2016), mise en place de mesures de gestion (2017 et ultérieur)
ANIMAUX						
Leptospirose (ragondins)	faible	éloignée	présence rongeurs	piégeage	campagne annuelle de piegeage	contrôle de la population
Bacteriologie (rongeurs)	moyen	éloignée	présence rongeurs	piégeage	campagne annuelle de piegeage	contrôle de la population

Figure 49 : Fiche synthèse 2020

14 Préconisations

14.1 Recommandations

Dans l'état actuel des connaissances, nous préconisons par ordre de hiérarchisation ces différentes actions :

Un suivi des écoulements vers le lac afin de rechercher les raisons des pollutions ponctuelles bactériologiques.

La mise en œuvre des préconisations établies suite à l'étude diagnostic d'eutrophisation du plan d'eau.

L'étude des possibilités de lutte contre les cyanobactéries à proximité immédiate de la baignade, par isolement de la plage et par traitement.

Toutes ces actions seront désormais consignées dans la fiche de suivi (jour et heure d'intervention).

L'auto surveillance de la baignade, en particulier vis-à-vis du **risque cyanobactérie**, est à développer. Le plan d'eau étant soumis à l'apparition fréquente de microcystines, l'utilisation d'outil analytique de terrain, à résultat rapide, comme les tests Novakit Abraxis, est un outil à favoriser. De même, l'emploi de sondes à fluorescence, visant à suivre les pigments de phycocyanine et chlorophylle, serait un bon outil, permettant en plus d'appréhender la réglementation à venir en lien avec l'avis ANSES 2020 (seuil chlorophylle de 10µg/l).

14.2 Gestion de crise

Le plan d'affichage lors d'une gestion de crise **est élaboré** et chaque année, réactualisé pour le cas d'une prolifération de cyanobactéries. Cette même trame pourra être réutilisée en cas de contamination bactériologique.

A ce propos, le gestionnaire pourrait via son **site internet**, **avertir** tous les usagers potentiels

- des derniers résultats de l'ARS,
- de la mise en jour de la fiche de relevés quotidiens
- des actions planifiées ou menées (nettoyage de la plage, ...)
de l'ouverture ou non de la baignade, en précisant le cas échéant la raison de la fermeture (cyanobactéries, ...)

15 Conclusion

La baignade de Vioreau présente depuis plus de dix ans une eau compatible avec l'activité de baignade, mais elle est néanmoins soumise à des épisodes de contamination bactériologique ou des efflorescences de cyanobactéries toxinogènes.

La directive européenne sur les eaux de baignade a modifié le classement attendu : l'eau est considérée comme de bonne qualité à qualité suffisante, du fait des concentrations bactériennes mesurées.

Suite à l'étude de diagnostic de l'eutrophisation, des préconisations ont été émises, allant dans la sens de celles proposées lors de l'établissement du profil de baignade initial. La gestion des sources de phosphore identifiées est une priorité dans la lutte contre les développements de cyanobactéries sur la retenue de Vioreau.

En parallèle, afin de lutter à court terme contre l'impact de ces développements, des solutions curatives, comme la mise en place d'une barrière physique et un traitement des eaux de baignade, peuvent être envisagées.

L'emploi d'outils analytiques rapides (lecture in situ des concentrations en pigments, analyse semi quantitative des microcystines, ...) sont les solutions les plus adaptées à la problématique cyanobactérie de la baignade de Vioreau. s permettront de renforcer l'efficacité de l'auto surveillance actuelle, sur notamment la présence récurrente de toxines.

A ce sujet, suite à l'avis de l'ANSES 2020, les préconisations, si elles sont retenues pour la saison 2021, pourraient fortement impacter l'activité de baignade sur le plan d'eau. En effet les seuils envisagés pour la fermeture de baignade, en cas de présence de cyanobactéries toxinogènes et de toxines, sont dépassés sur 50 % des suivis réglementaires des quatre dernières années.

Table des illustrations

Figure 1 : Pictogrammes de classement de baignade, insuffisant, suffisant, bon, excellent (gauche à droite)	6
Figure 2 : Situation géographique du réservoir de Vioreau	12
Figure 3 : Carte de Cassini du secteur de Vioreau, 1784	13
Figure 4 : Carte d'État-major du secteur de Vioreau, 1866	13
Figure 5 : Photographie aérienne récente du secteur de Vioreau, 2016.....	14
Figure 6 : Activités et équipement du site de Vioreau, 2020.....	15
Figure 7 : Situation géologique du Lac de Vioreau.....	16
Figure 8 : Contexte hydrographique du Lac de Vioreau	17
Figure 9: illustration des tributaires au réservoir de Vioreau, 2020	18
Figure 10 : illustration de l'abaissement du vannage de décharge à 8,1 mètres, 2020	19
Figure 11 : Centre nautique Vioreau Pleine Nature, 2020	20
Figure 12 : Cale de mise à l'eau de Vioreau (à gauche), délimitation des secteurs de pêche (à droite), 2020.....	21
Figure 13 : Panneau d'information VTT, 2020	21
Figure 14 : Activités et équipement du site de Vioreau, 2020.....	22
Figure 15 : Occupation des sols dans un rayon de 5 kms autour du Lac de Vioreau, 2020.....	23
Figure 16 : Répartition de l'occupation des sols (rayon de 5 km).....	23
Figure 17 : Occupation du sol autour du lac	24
Figure 18 : Assainissements collectifs et individuels sur le secteur étudié, 2020	25
Figure 19 : Emprise des ZNIEFF autour de Vioreau, 2020.....	26
Figure 20 : Classement en ZCS Natura 2000 de Vioreau, 2020.....	28
Figure 21 : Recensement des zones humides	29
Figure 22 : Situation géographique de la plage, 2020.....	30
Figure 23 : Vue détaillée du site de baignade, 2020	31
Figure 24 : Plage du Lac de Vioreau, 2020	32
Figure 25 : zone de pique-nique en amont de la plage, 2020.....	32
Figure 26 : Poste de secours et de surveillance, 2020	33
Figure 27 : dispositifs de rinçage en extérieur, 2020	33
Figure 28 : transparence de l'eau du lac de Vioreau, 2016-2019	39
Figure 29 : Evolution des E.coli, 2013 à 2019.....	41
Figure 30 : Evolution des streptocoques, 2013 à 2019.....	42
Figure 31 : comparatif pics de pollution bactériologie et pluviométrie, 2016/2019.....	43
Figure 32 : Concentration bactériologique et pluviométrie, 2016/2019.....	43
Figure 33 : Au vent (amoncellement de l'efflorescence), sous le vent (eau limpide) note : photo d'illustration (hors baignade étudiée).....	52
Figure 34 : Recommandations de l'OMS (1999)	54
Figure 35 : Arbre décisionnel proposé dans l'Évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux douces, Anses, mai 2020, page 35/51.....	56

Figure 36 : occurrences de classes de concentrations de cyanobactéries, suivi ARS 2008/2020	58
Figure 37 : Composition des cyanobactéries et microcystines sur le lac de Vioreau, suivi ARS 2013/2020	60
Figure 38 : Localisation des points de l'étude microcystine, EDENN, 2020 (www.edenn.fr) ..	62
Figure 39 : Préconisations de l'étude Eutrophisation du Lac, Interfaces et Gradients, Limnologie Sarl, EDENN, 2017	65
Figure 40 : Barrage flottant sur la plage (illustration)	66
Figure 42 : exemple de fiche de surveillance quotidienne	74
Figure 43 : Arbre décisionnel pour la gestion du risque bactériologique	78
Figure 44 : Extrait du site www.jouesurerdre.fr , 2020	84
Figure 45 : Extrait du site baignade.sante.gouv.fr	84
Figure 46 : Affichage récapitulatif des analyses de bactéries et cyanobactéries	86
Figure 47 : Niveaux d'alertes et préconisations	87
Figure 48 : Conduite à tenir pour la réouverture de la baignade	88
Figure 49 : Plan d'affichage et d'information sur site	89
Figure 50 : Fiche synthèse 2020	92
Tableau 1 : Climatologie du secteur de Joué sur Erdre, source : Météo France	19
Tableau 2 : Classement des eaux de baignade selon directive n°76-160	35
Tableau 3 : Classement selon la directive 2006/7/CE	36
Tableau 4 : Seuil de qualification microbiologique ponctuel zone de baignade, AFSSET septembre 2007	40
Tableau 10 : Classement de la zone de baignade, 2013 à 2019 (Directive 2006/7/CE)	44
Tableau 11 : Scenarii des classements à venir (2020)	45
Tableau 5 : Taxonomie des cyanobactéries, AFSSET juillet 2006	48

Niveau de trophie	Phosphore total mg/ m3	Chlorophylle a mg/ m3	Maximum chlorophylle mg/ m3	Moyenne du disque Secchi m	Minimum disque Secchi m
Ultraoligrophe	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
Oligotrophe	< 10	< 2,5	< 8,0	> 6	> 3
Mestotrophe	10 et 35	2,5 et 8	8 et 25	6 et 3	3 et 1,5
Eutrophe	35 et 100	8 et 25	25 et 75	3 et 1,5	1,5 et 0,7
Hypereutrophe	> 100	> 25	> 50	< 1,5	< 0,7

Tableau 6 : Caractéristiques des différents niveaux d'eutrophisation, OCDE	51
Tableau 7 : Recommandations lors de la présence de cyanobactéries (Note DGS/EA4/2014/166 modifiée 2015)	55
Tableau 9 : Concentration des principales espèces productrices de microcystines lors des blooms de 2012 à 2020	61
Tableau 13 : Risque bactériologique lié aux exutoires, 2020.....	68
Tableau 14 : Risque bactériologique lié aux animaux.....	69