

VITRE Communauté
35500 VITRE

Profil de Baignade en eau douce :

Lac de Haute Vilaine

sur la base du cahier des charges de type 2



Sommaire

Avant-propos.....	3
1. Introduction.....	4
2. Contexte général du site d'étude	6
2.1 Le plan d'eau	6
Le bassin versant de Vilaine amont.....	9
2.2 La plage	10
2.3 Contexte géologique.....	12
2.4 Données climatiques.....	13
2.5 Contexte hydrologique	14
2.5 Contexte hydro-géologique.....	16
2.5 Les eaux du bassin versant	17
3. Eutrophisation / Cyanobactérie	19
3.1 Approche spatiale sur le plan d'eau.....	20
3.2 Historique des populations de Cyanobactéries	22
4. Qualité bactériologique.....	31
4.1 Au cours de la saison balnéaire	31
4.2 Ancien classement (avant 2013).....	32
4.3 Evolution de la réglementation (à partir de 2013).....	33
4.3 Analyse du risque bactériologique sur le lac de Haute Vilaine	34
4.4 Objectif 2015 et révision du profil de baignade	37
5. Cyanobactéries et toxines.....	38
3.3 La qualité physico-chimique des eaux de baignade	41
6. Synthèse et recommandations.....	43
6.1 Risque potentiel de contamination bactérienne	43
6.2 Risque potentiel de prolifération des cyanobactéries	46
7. Conclusion	49

Avant-propos

La directive européenne 2006/7/CE du 15 février 2006 relative à la gestion de la qualité des eaux de baignade a introduit diverses évolutions par rapport à la directive précédente (76/160/CEE) en ce qui concerne la surveillance et le classement de la qualité de la plage, les mesures de gestion de la qualité des eaux de baignade et d'information des usagers.

Ces mesures s'appuient sur un ensemble de dispositions organisationnelles et techniques, dont la réalisation de Profils de baignade constitue l'une des principales obligations. Il s'agit d'identifier les sources de pollution potentielle ou avérée pouvant menacer la santé des baigneurs et de définir les mesures de gestion à mettre en œuvre pour protéger la population des risques sanitaires ainsi que les actions visant à supprimer les sources de pollution.

Le décret n°2008-990 du 18 septembre 2008 qui transpose la directive précise que les responsables de sites de baignade devaient réaliser tous les Profils de baignade de leurs plages avant le 24 mars 2011 (l'objectif national recherché étant un achèvement pour décembre 2010 tel qu'indiqué dans la circulaire DGS/EAU n°2009-389 du 30/12/2009).

L'abrogation de la directive 76/160/CEE sera effective au 31/12/2014 et en 2015 le classement des eaux de baignade sera établi en application de la nouvelle directive selon 4 classes : insuffisante, suffisante, bonne et excellente.

Par ailleurs, à partir de la saison 2012, le nombre des informations à diffuser au public, à proximité du site de baignade mais aussi via internet, s'accroît en application de la directive 2006/7/CE, notamment pour informer le public sur les causes précises des éventuelles contaminations des eaux de baignade.

Un "Profil de baignade" comporte une description physique de la plage et recense toutes les sources de contamination microbiologique qui pourraient éventuellement conduire la collectivité responsable à fermer temporairement la baignade ou prendre des mesures de gestion adaptée à la protection sanitaire des usagers.

Un profil peut ainsi conduire à l'établissement d'un plan d'actions pour préserver ou reconquérir la qualité des eaux de la plage.

Dans le cadre de l'élaboration du profil de baignade du plan d'eau de Haute Vilaine, il s'agit d'un **profil de Type 2** : le risque de prolifération de Cyanobactéries est avéré, et très régulièrement observé.

I. Introduction

Le réservoir du barrage de Haute Vilaine, en amont de l'agglomération Vitréenne est utilisé pour la baignade en période estivale. Une plage a été créée en rive gauche du plan d'eau, à proximité du barrage, sur la commune de la Chapelle Erbrée. Il doit faire l'objet de l'élaboration d'un profil de baignade.

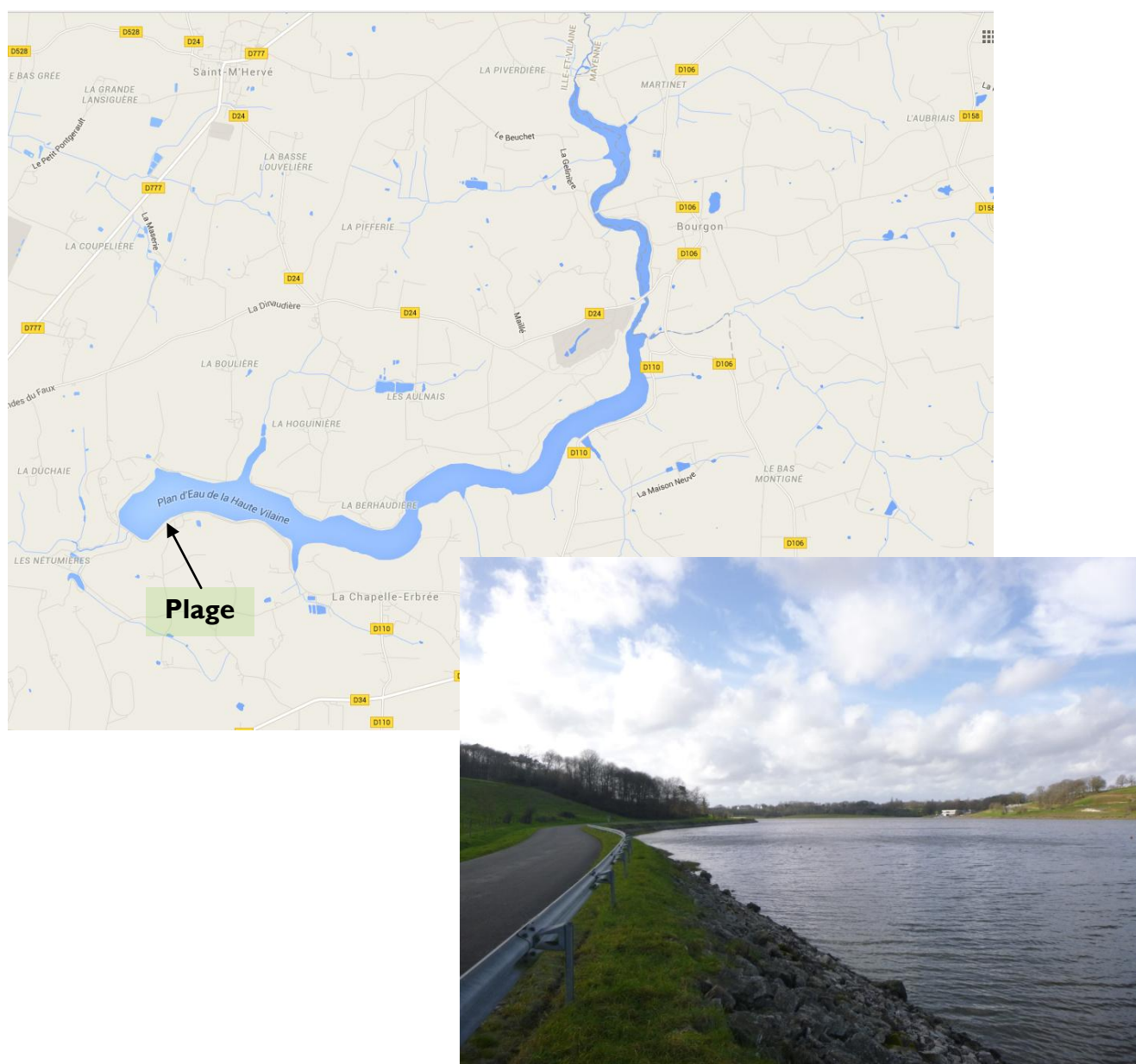


Figure I : Lac de Haute Vilaine, depuis la rive droite, en amont de la plage (déc 2015)

Ce Profil de baignade, appelé aussi Profil de vulnérabilité des eaux de baignade, est rédigé selon le cahier des charges de type 2, mis au point par SAFEGE pour l'Agence de l' Eau Loire Bretagne. Nous reprenons donc les 3 phases principales *ETAT DES LIEUX - DIAGNOSTIC - SYNTHES ET GESTION*, dans l'élaboration de cette étude.

Le présent rapport décrira donc dans un premier temps le contexte général du site du plan d'eau et de sa plage. L'état des lieux des mesures existantes ainsi que l'acquisition de mesures complémentaires sur le fonctionnement du plan d'eau au niveau des différents compartiments (sédiments, micro-algues, qualité de l'eau, approche bassin versant en amont de l'étang) sera résumé et complété par une analyse des sources potentielles de pollution dans la zone d'étude.

L'identification des causes de pollution qui pourraient limiter les usages du plan d'eau, aboutit à une proposition de recommandations sous la forme d'un plan de gestion visant à réduire les risques potentiels de la dégradation de la qualité des eaux du lac de Haute Vilaine.

2. Contexte général du site d'étude

2.1 Le plan d'eau

Le plan d'eau de Haute Vilaine est situé dans un contexte rural, appartenant au bassin versant de Haute Vilaine (en jaune, carte suivante), lui-même inclus dans le bassin versant de la Vilaine amont.

Le réseau hydrographique alimentant le barrage de Haute Vilaine est principalement constitué des cours de la Vilaine et de celui des Epronnières (affluent rive droite de la Vilaine).

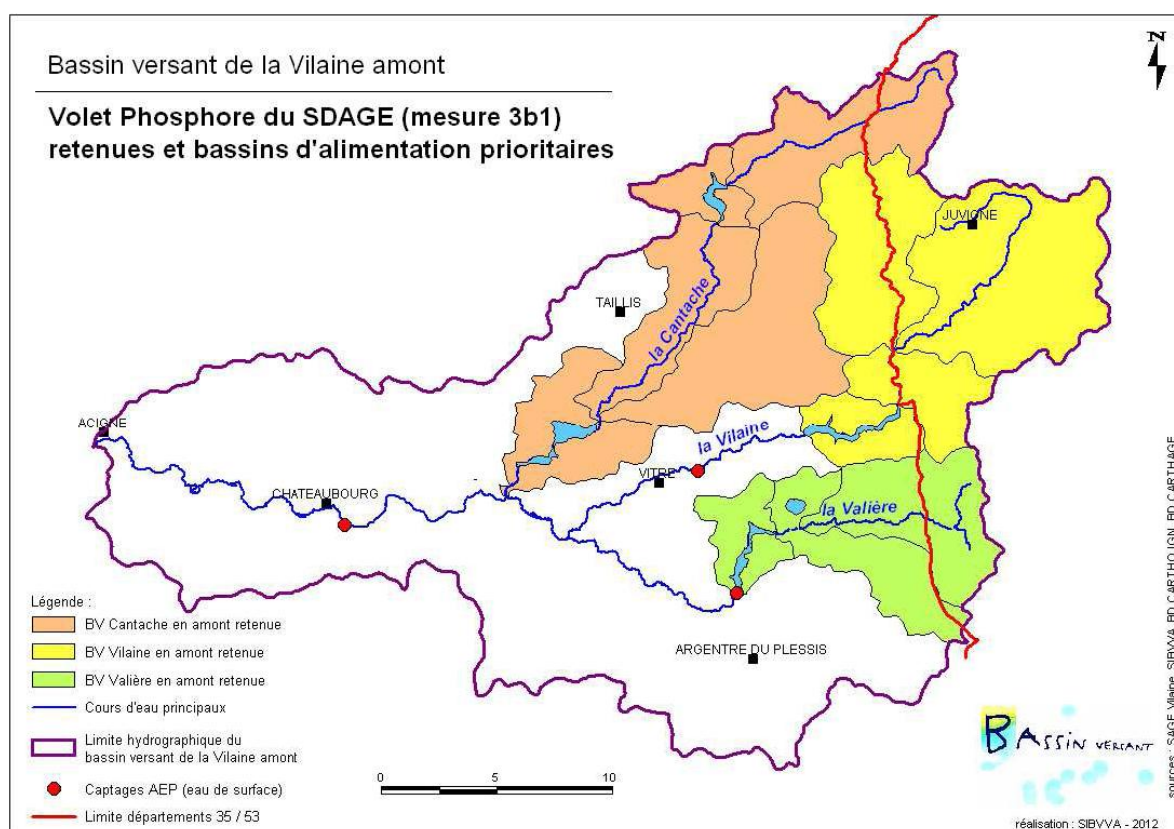


Figure 2 : Le territoire du bassin versant de la Vilaine amont (source SBVVA)

Mis en eau en 1982, ce plan d'eau cumule les fonctions suivantes : protection des agglomérations vitrénne et rennaise contre les crues hivernales (écrêtage des crues, prévention des inondations), soutien des débits d'étiage **et alimentation en eau brute de la station de pompage de Pont-Billon située sur la Vilaine à l'amont de Vitre**

Ce barrage ne bénéficie pas de règlement d'eau.

L'entretien du barrage de Haute Vilaine et sa gestion hydraulique sont assurés par son propriétaire, le conseil départemental d'Ille et Vilaine.

L'occupation des sols a bien entendu évolué entre 1950 et aujourd'hui, puisque le plan d'eau de Haute Vilaine a été créé en 1981 sur d'anciennes prairies en fond de vallée de la Vilaine (figure suivante).

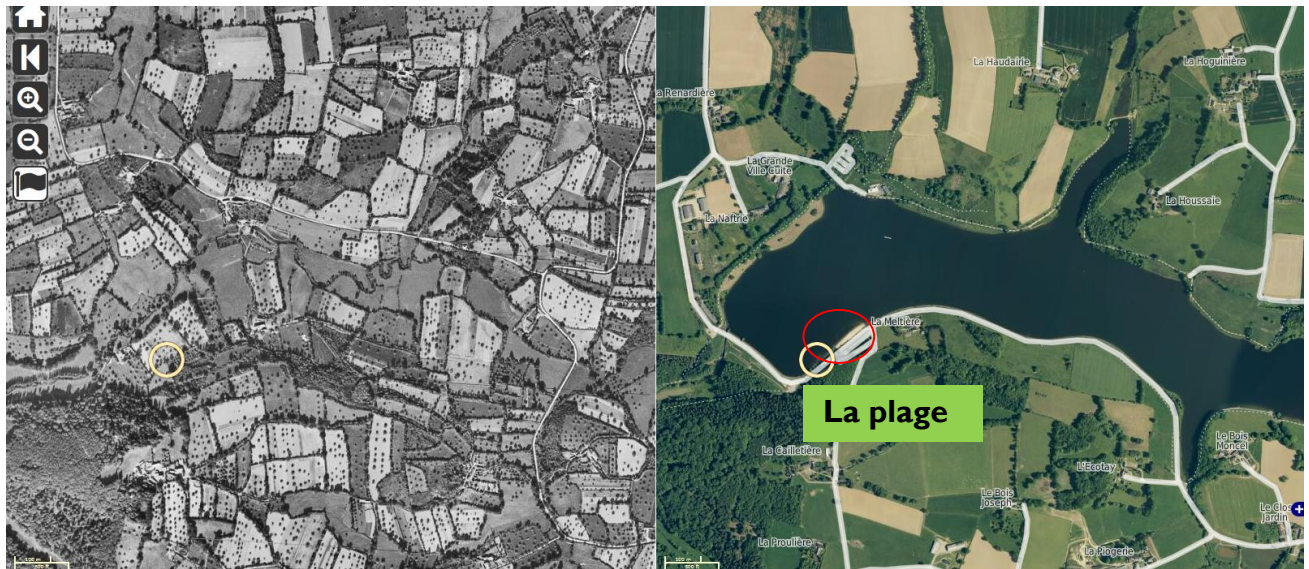


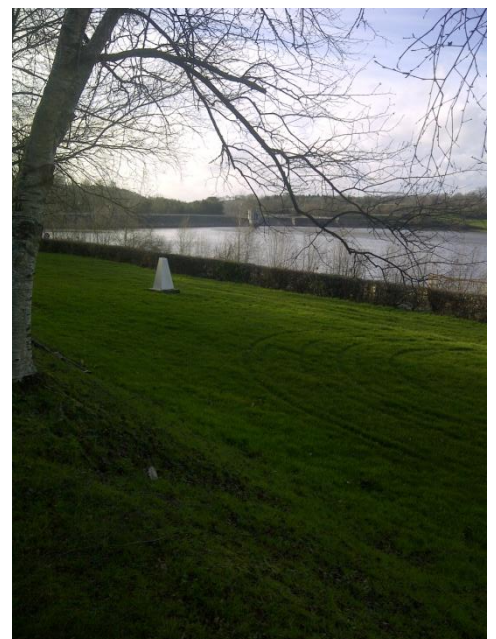
Figure 3 : Vues aériennes du secteur d'étude en 1950 et aujourd'hui (source <http://geobretagne.fr>)

Ce plan d'eau se développe sur une importante surface (environ 154 ha), répartie sur les communes suivantes : Saint M'Hervé, Bourgon et la Chapelle-Erbrée. Le barrage de la Haute Vilaine a une capacité maximale de 8,24 Mm³.

La retenue comprend la digue principale qui constitue le barrage lui-même et la digue secondaire située au Bois-Varot (à Bourgon).

La vidange du plan d'eau est assurée par une vanne segment (1 m x 0,6 m) permettant d'évacuer 8 m³/s sous la cote 89,35 m NGF. L'ouvrage est équipé d'un évacuateur de crues constitué de deux déversoirs à savoir :

- à la cote 89,35 m NGF pour une longueur déversante de 12,50 m
- à la cote 89,75 m NGF pour une longueur déversante de 14,40 m



Ce barrage a fait l'objet d'une Déclaration d'Utilité Publique le 07 Juin 1980.
Ce dernier fixe notamment les débits à restituer à l'aval immédiat à 100 l/s.

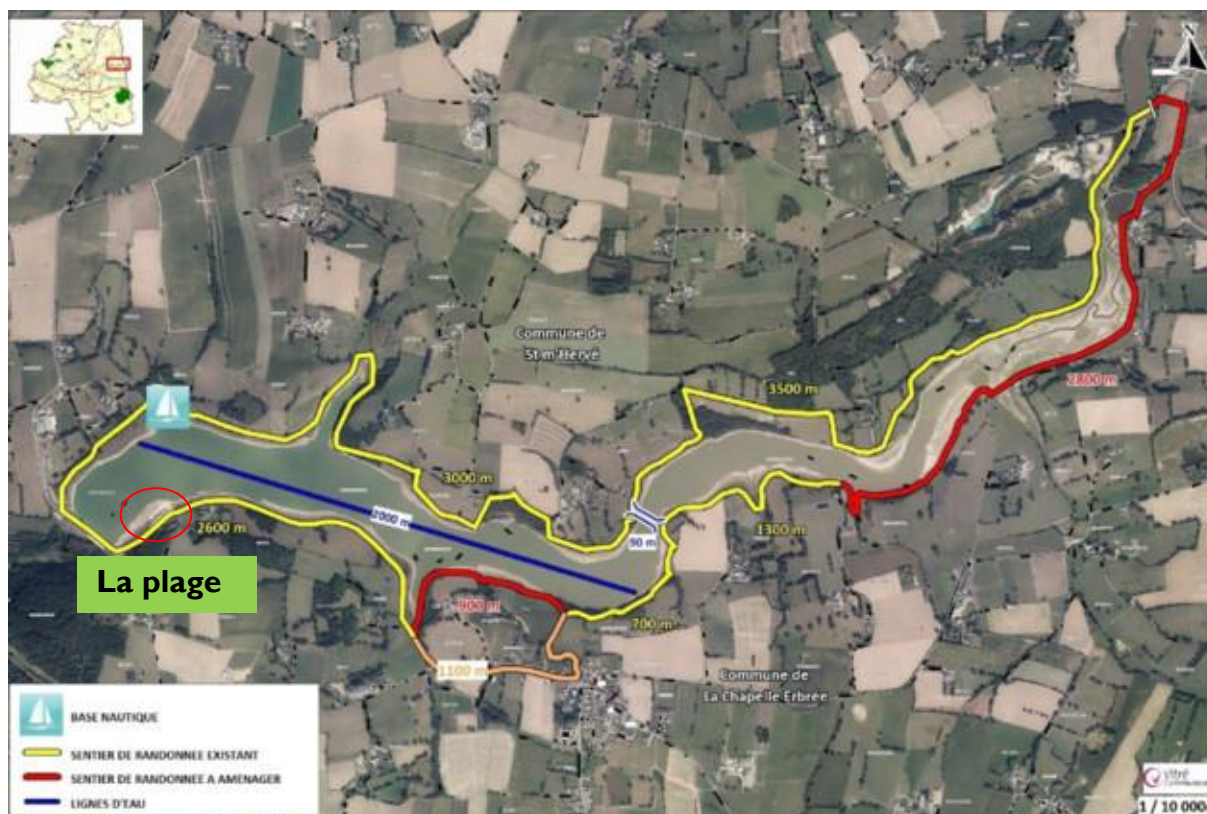


Figure 4 : Vues aériennes du secteur d'étude en 1950 et aujourd'hui (source Vitré Agglo)

De nombreux aménagements ont et vont être réalisés pour valoriser le site. Actuellement une passerelle permettant de relier les deux rives est en cours de montage.

Une étude pilotée par le département 35 a pour but de quantifier l'état d'envasement (supposé important) au niveau du barrage et de sa pré-retendue (*Etude sur le fonctionnement des retenues de la Valière et de la Haute Vilaine : en cours*).

Le bassin versant de Vilaine amont

Le secteur de l'étude se situe sur le bassin versant de la Vilaine amont. La Vilaine prend sa source sur la commune de Juvigné, dans le département de la Mayenne à 175 m d'altitude. Elle contourne le massif granitique de Juvigné par l'Est pour ensuite changer son sens d'écoulement vers le Sud au niveau de l'Etang Neuf.

Son principal affluent est le ruisseau des Epronnières en rive droite, en amont du réservoir du barrage.

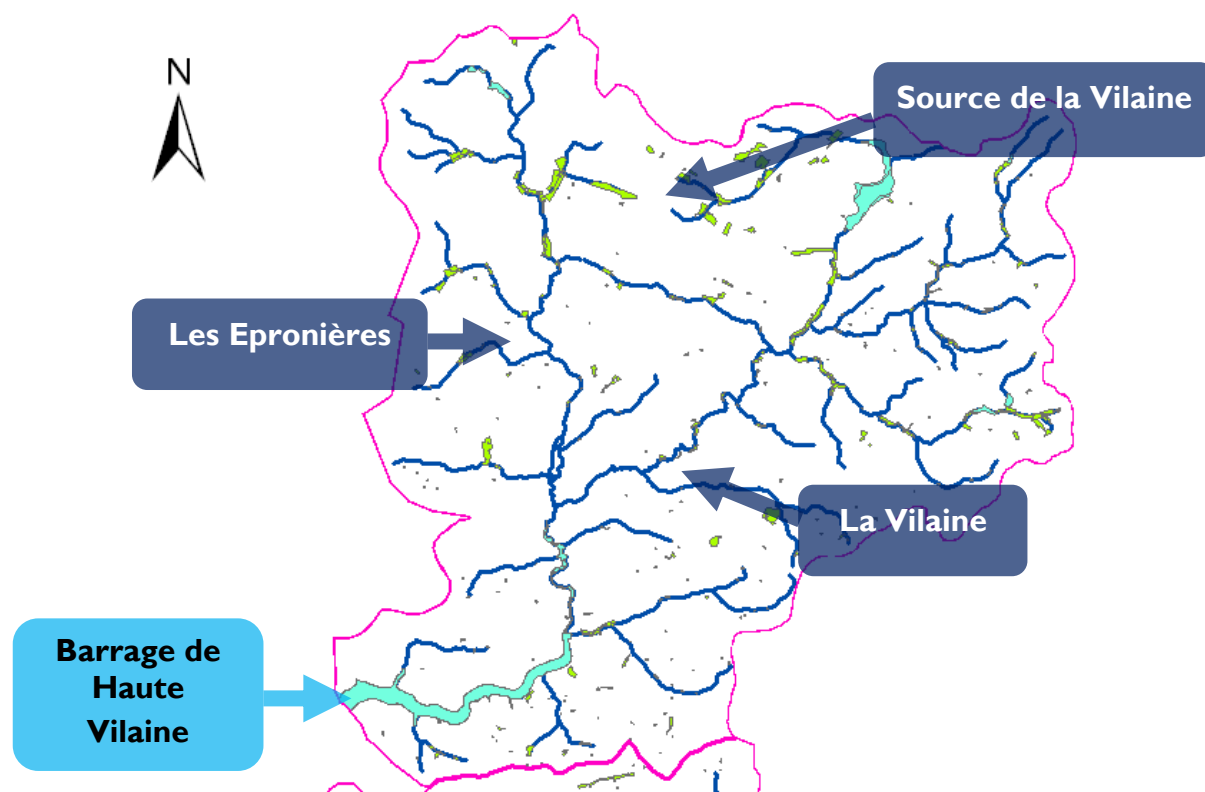


Figure 5 : Réseau hydrographique du bassin versant en amont du barrage de Haute Vilaine

Le caractère essentiellement schisteux de ce bassin (hormis au niveau de la source de la Vilaine) donne naissance à des sols limono-argileux relativement peu perméables, rendant les étiages prononcés.

L'ensemble du bassin versant en amont du barrage s'étend à 124 km².

2.2 La plage



Le site dispose d'une plage aménagée, où la baignade est autorisée et surveillée tous les après-midis en juillet et en août.

Des navettes de bus (Vitré Communauté) sont mises en place lors de cette période, entre Vitré et la plage.

Située sur la rive gauche du plan d'eau de Haute Vilaine et en amont du barrage, elle offre un point de vue dégagé sur le paysage et sur la base nautique localisée sur la rive d'en face.

La plage se présente sous une forme rectangulaire, avec une longueur moyenne de 110 m et une largeur d'environ 20 m. Elle est directement accolée à la route communale longeant le plan d'eau (figure suivante).

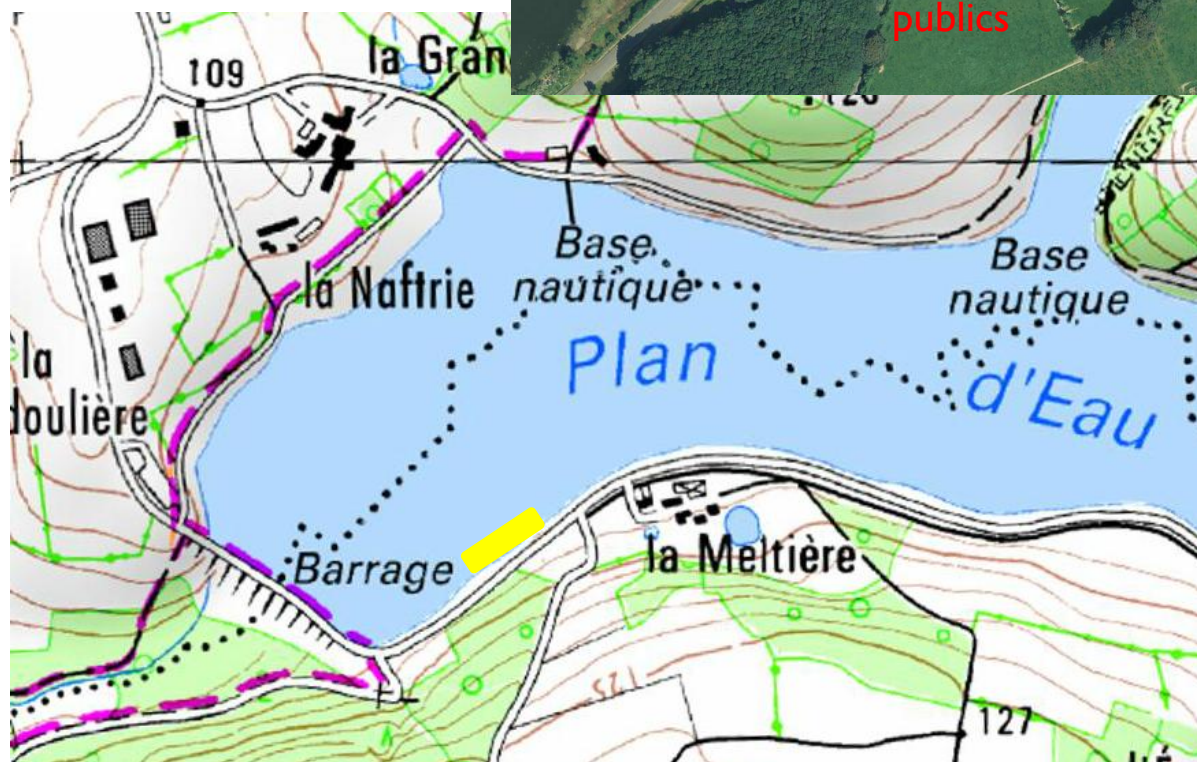
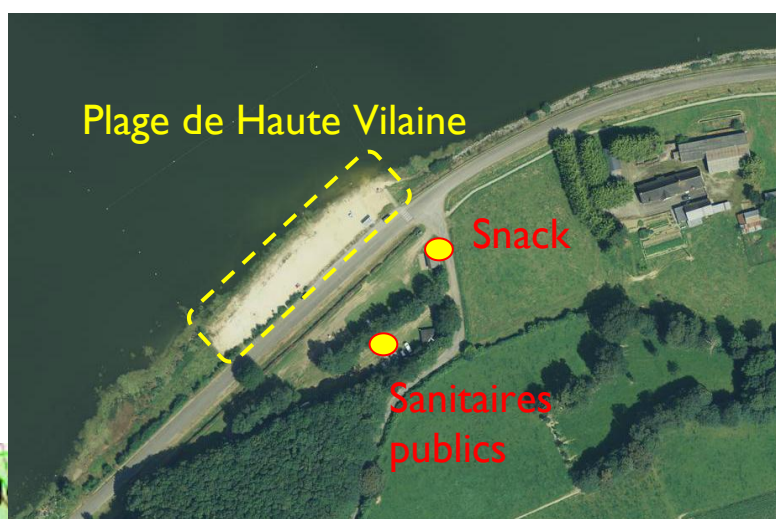


Figure 6 : Localisation de la plage de la Haute Vilaine (source Géoportail)

Le site comprend également de l'autre côté de la route une zone de parking sur herbe, un point de vente et un WC public (assainissement autonome), ouverts en période estivale.

Il n'y a pas de connexion hydraulique directe de ce site à la plage (pas de ruissellement potentiel).



Figure 7 : Snack et Sanitaires publics en amont de la plage



2.3 Contexte géologique

La feuille géologique du secteur d'étude est localisée dans la partie Nord du Massif Armoricain, communément appelée domaine mancennien.

Le socle du territoire est essentiellement constitué de roches sédimentaires briovériennes et paléozoïques, ayant subi des phases d'altération (argiles, sables fins).

A proximité du barrage de Haute Vilaine, des colluvions (en jaune) résultant de l'accumulation en pied de pente proviennent pour l'essentiel du remaniement et du décapage des altérites et des limons situés sur les plateaux.

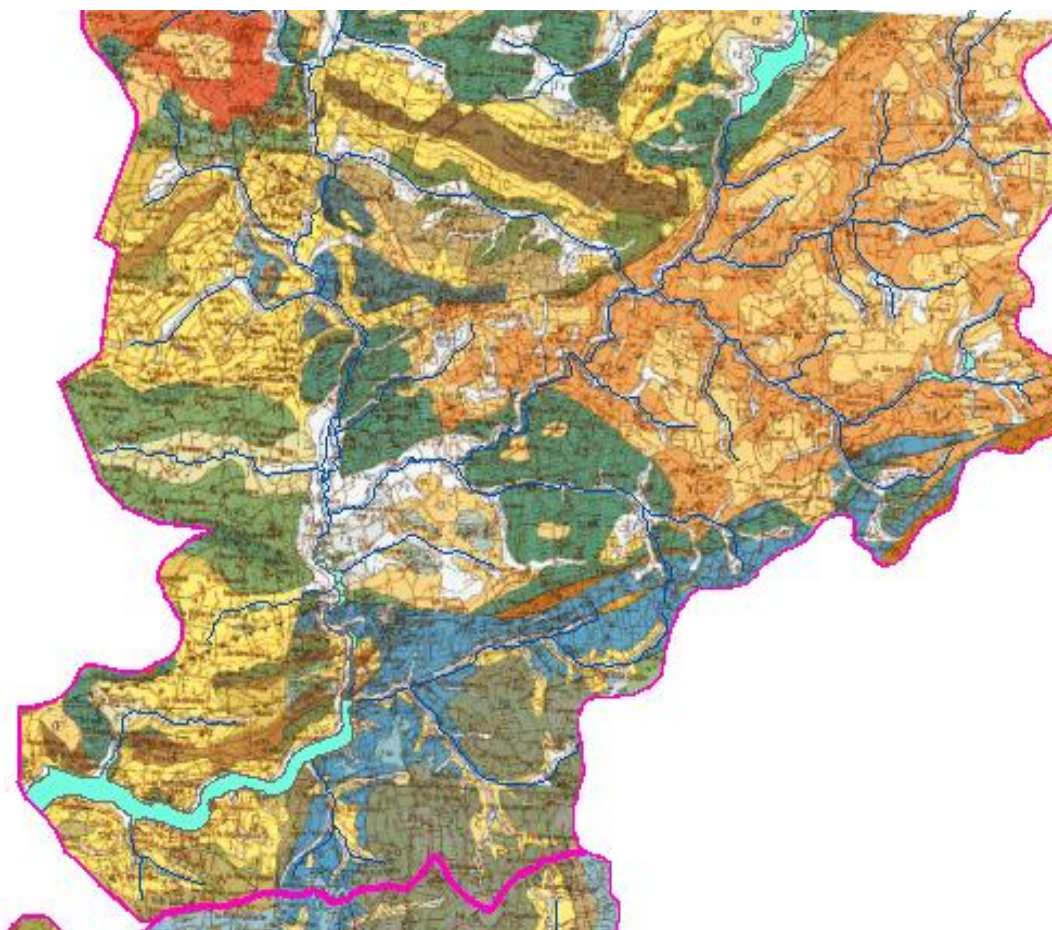
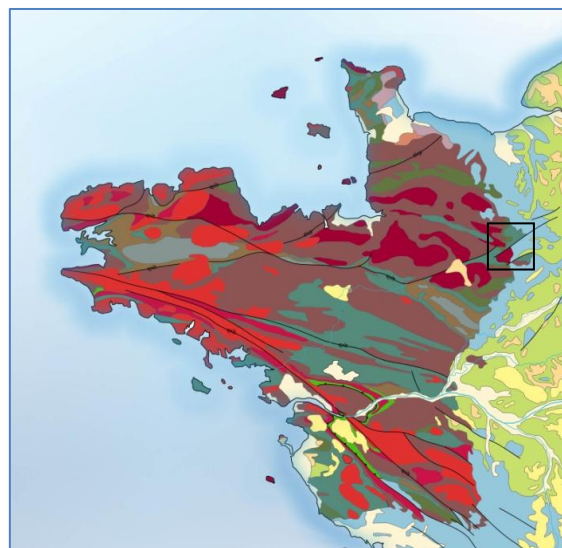


Figure 8 : Contexte géologique de la CHAPELLE ERBREE, extrait de la feuille de Vitré Est au 1/80 000 (source Infoterre)

2.4 Données climatiques

Les données climatologiques utilisées sont alors celles de la station météorologique de Rennes/Saint Jacques de la Lande. Cette station est située à une dizaine de kilomètres au Sud-ouest de la ville de Rennes.

Le climat est de type océanique tempéré, avec une répartition de la pluviométrie relativement homogène sur l'année. Les mois de juillet et d'août sont cependant sensiblement plus secs (Inférieurs à 50 mm en moyenne de pluies).

L'amplitude des températures est réduite. Les valeurs moyennes minimales sont proches de 5°C pour des moyennes maximales de 19°C environ (Station de Rennes St Jacques).

La période de grand froid est généralement courte (1 ou 2 décades entre janvier et février). Les jours de gel (sous abri) sont de 25 à 30 par an.

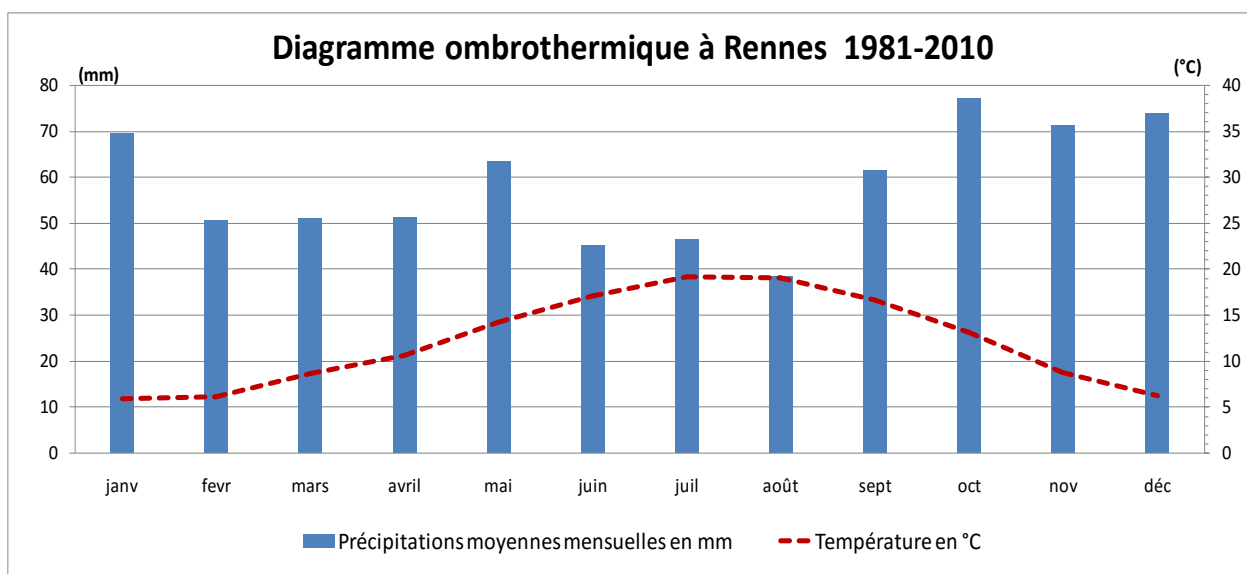


Figure 9 : Évolution de la pluviométrie moyenne mensuelle (1981 – 2010)

Les températures moyennes mensuelles sur la période 1981-2010 fluctuent entre 5,9°C en hiver (janvier) et 19,2°C en été (août).

Les températures moyennes annuelles minimales et maximales sont :

- Température minimale : 7,6°C
- Température maximale : 15,9°C
- Température moyenne : 12,2°C

Lors de la dernière décennie, une succession de périodes (de 2 à 3 années) sèches et humides a été mesurée. En particulier, notons le dernier passage de la période très humide (1998-2001) à la dernière période sèche (2001-2005).

Les variations d'un mois à l'autre sont fortes. Mais même au cours d'années plus sèches, des pics mensuels supérieurs à 100 mm peuvent être mesurés (ex : octobre – novembre 2003).

2.5 Contexte hydrologique

Le contexte hydrologique du territoire d'étude se caractérise par une succession de périodes humides et sèches (figure suivante).

Les apports des bassins versants du réservoir (environ 110 km²) sont donc variables d'une année à l'autre et conditionne le temps de séjour de l'eau dans cette cuvette.

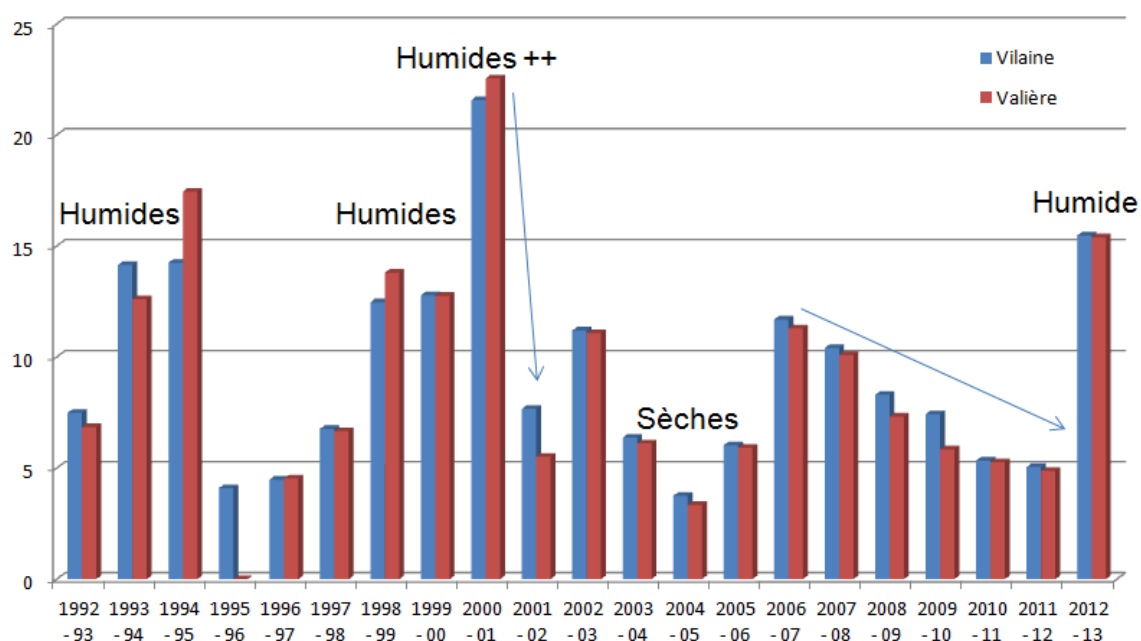


Figure 10 : Débits moyens annuels (année hydrologique) en l/s/km² pour la Vilaine à Bourgon (55.9 km²) et pour la Valière à Erbrée (31 km²)

	Vilaine à Bourgon 55.9 km ²	
unités	m ³ /s	l/s/km ²
QMNA5	0.008	0.14
Module	0.481	8.6
Décennale	7.3	130.6

Tableau I : Chiffres caractéristiques des conditions hydrologiques de la Vilaine à Bourgon

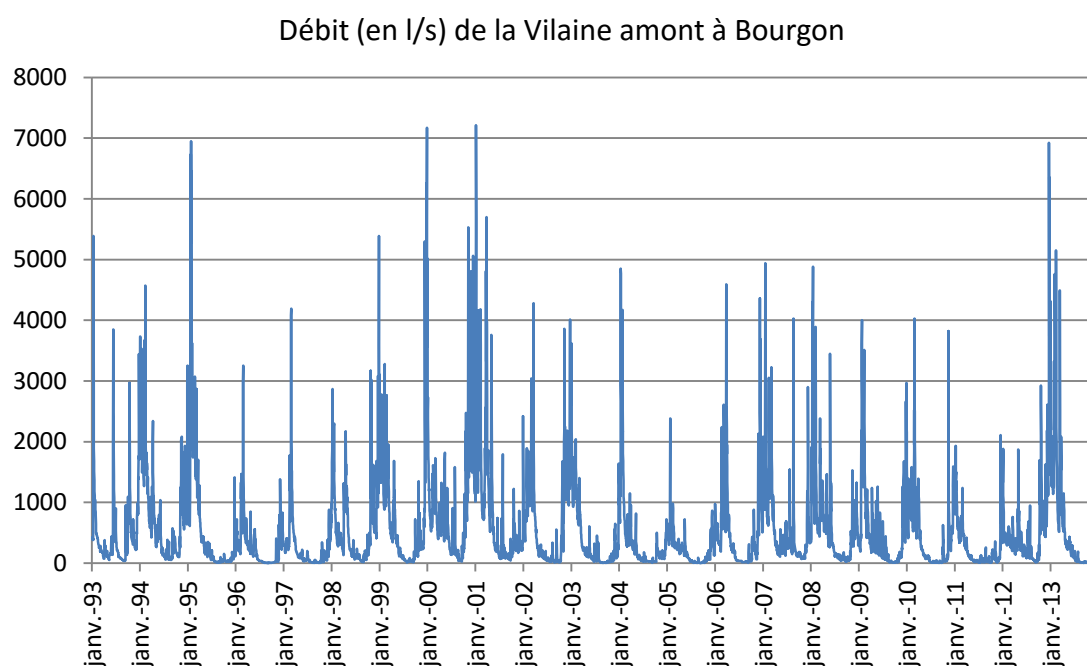


Figure 11 : Débits de la Vilaine amont à Bourgon (55,9 km²) sur la période 1993-2013

A l'échelle annuelle, les variations hydrologiques se traduisent par des périodes de crues hivernales qui s'opposent à des périodes d'étiages parfois sévères pour le cours d'eau de la Vilaine (Figure 11).

Les périodes estivales sont toujours soumises à des étiages moyennement soutenus grâce aux apports de la partie mayennaise du versant de la Vilaine, reposant sur un substrat granitique (alimentation en eau même en période estivale).

2.5 Contexte hydro-géologique

Les faibles débits d'été rencontrés sur la moitié Est du bassin de la Vilaine, sont dus à la taille des aquifères locaux, qui ne permettent pas un soutien d'été conséquent. Ces débits d'été sont également influencés par les nombreux plans d'eau et les prélèvements d'eau potable dans certains secteurs.

Les aquifères présents sur le territoire sont des aquifères de socle. En schématisant, on distingue une première nappe recevant les eaux météoriques, contenue dans les niveaux altérés, et une seconde nappe sous-jacente semi-captive contenue dans les niveaux fracturés ou fissurés.

Le suivi piézométrique du Val d'Izé, commune située au Nord Ouest de Vitré permet également d'illustrer les variabilités saisonnières (période de recharge et de décharge) et les variations interannuelles enregistrées dans le cours d'eau de la Vilaine.

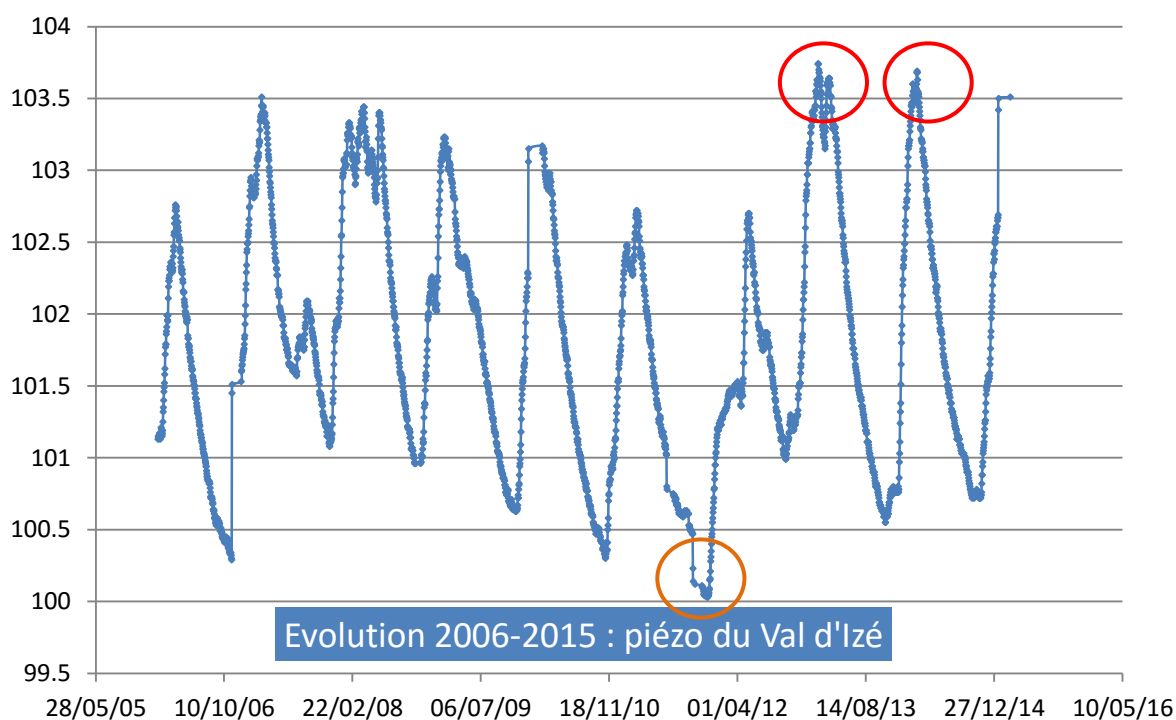


Figure 12 : Suivi piézométrique du Val d'Izé (source ADES) pour la période 2005-2015

Les deux années 2012-2013 et 2013-2014, très pluvieuses, ont notamment enregistré des niveaux de recharge de nappe parmi les plus hauts de la décennie passée (cercles rouges). A contrario, l'année sèche de 2011 a connu, quant à elle, des niveaux de décharge de nappe parmi les plus bas, ainsi qu'une reprise plus tardive de la recharge (cercle orange, Figure 12).

2.5 Les eaux du bassin versant

Les eaux de surface du territoire sont en partie alimentées par les rejets de stations d'épuration, dont la signature est plus significative en période estivale, notamment pour le paramètre phosphore. Rappelons ici que les soutiens d'étiages naturels (liés aux nappes souterraines) sont relativement faibles.

Les actions de reconquêtes et de préservations de masses d'eau de ce territoire des sources de la Vilaine sont pilotées par le Syndicat de Bassin Versant de la Vilaine Amont (SBBVA). En 2013 une étude spécifique aux apports de phosphore vers les 2 réservoirs de barrage de Haute Vilaine et de Valière a ainsi permis d'identifier les différentes sources réelles et potentielles de cet élément, considéré comme facteur limitant dans les phénomènes de prolifération d'algues. Les sources directes, diffuses et non localisées ont pu être définies avec une précision permettant l'établissement d'un programme d'actions ciblées (en cours depuis 2015).

Les données suivantes résument l'approche et les principaux résultats (I&G 2013-2014).

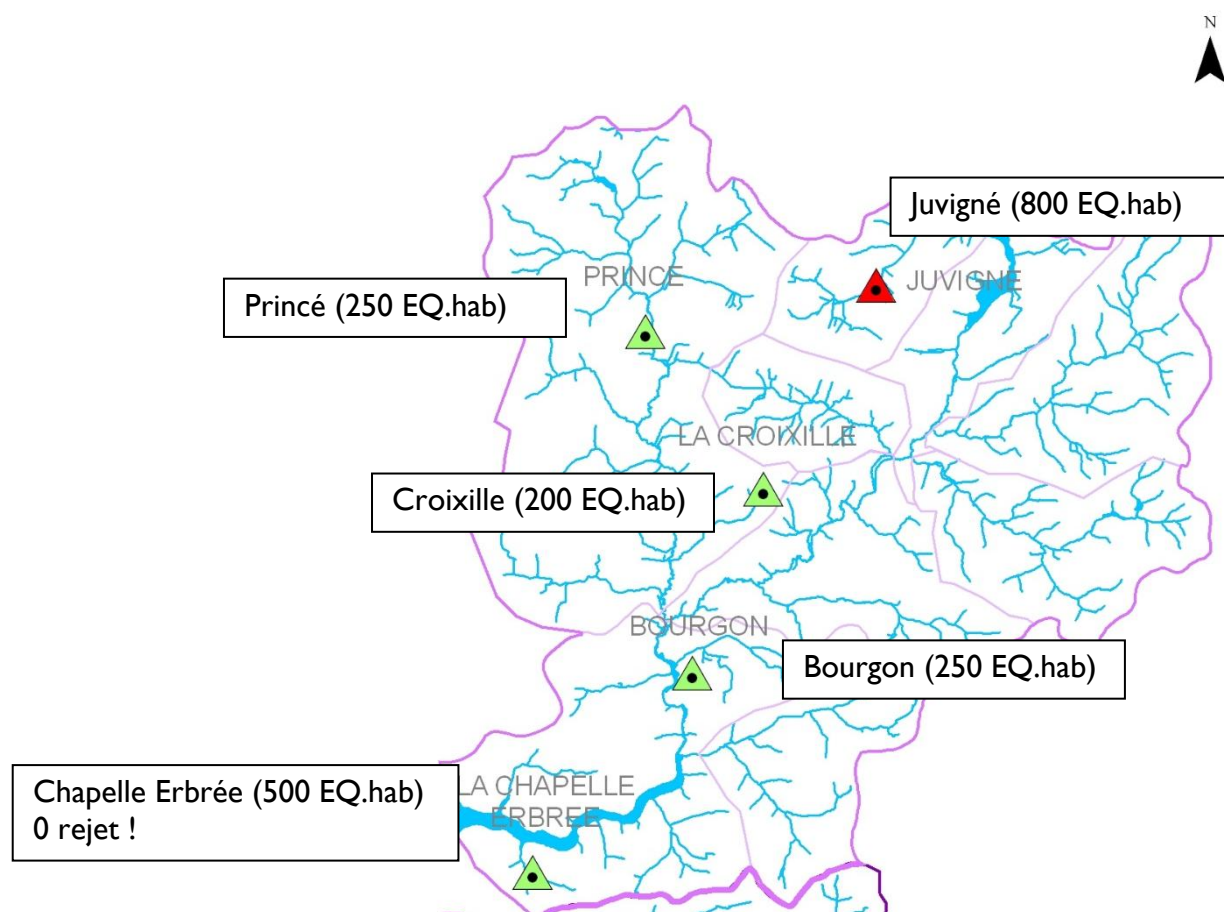


Figure 13 : Localisation des stations d'épuration sur le bassin versant en amont du barrage de Haute Vilaine

L'évolution du phosphore soluble ($P-PO_4$) montre une cyclicité en fonction des conditions hydrologiques (Figure 14) : des valeurs élevées à l'étiage et des valeurs plus faibles en crues.

En période de basses eaux, cette forme soluble du phosphore est prédominante dans le phosphore total (P_{total}).

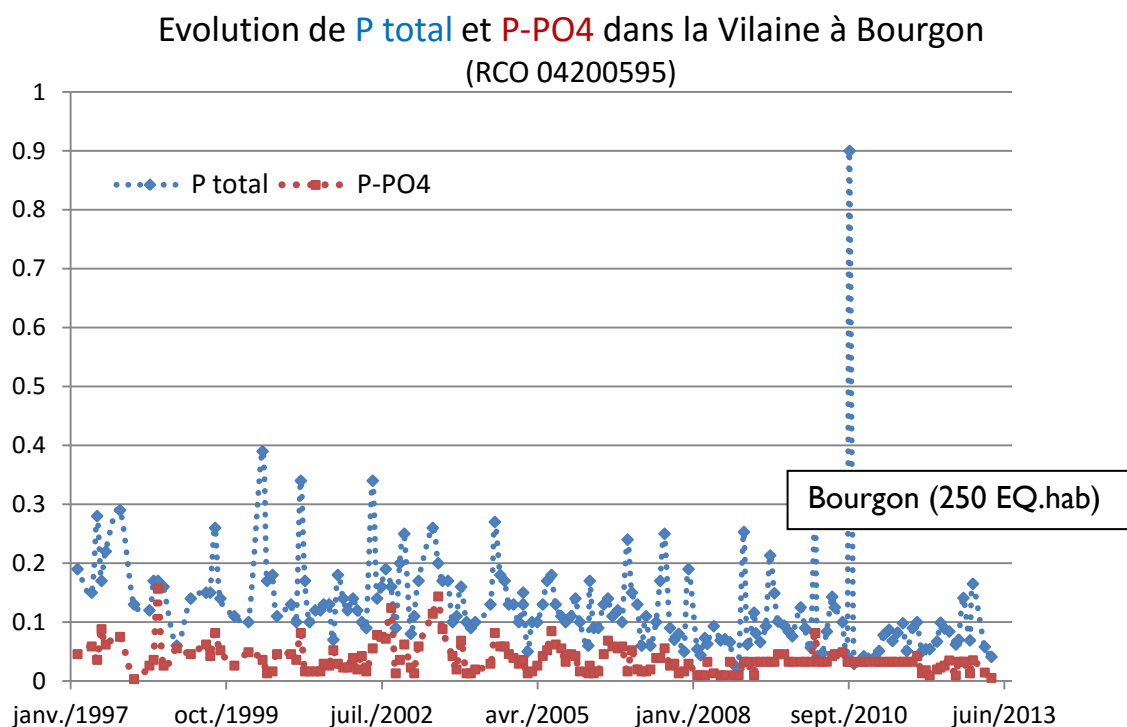


Figure 14 : Evolution comparée du phosphore total et soluble dans la Vilaine à Bourgon

L'évolution du P_{total} avec le débit illustre qu'en période de crue hivernale, c'est au contraire le phosphore particulaire (lié à l'érosion) qui entre en jeu.

Concernant la source de Phosphore liée à l'assainissement, la contribution en termes de flux de Phosphore est plus importante pour les stations à boues activées, que pour les lagunages naturels.

L'étude (2013-2014) sur les flux de Phosphore à l'échelle du bassin versant de la Vilaine amont a cependant démontré que l'ensemble des sources ponctuelles connues (dont l'assainissement collectif) n'expliquait qu'une faible part du flux de phosphore mesuré dans la Vilaine.

Ce sont les sources diffuses, liées à l'érosion des terres agricoles qui viennent enrichir le réservoir de Haute Vilaine en sédiments et ainsi qu'en phosphore particulaire.

3. Eutrophisation / Cyanobactérie

L'une des principales caractéristiques des plans d'eau eutrophes ("bien nourris") est l'importance de la biomasse planctonique rencontrée pendant la saison estivale, conséquence de la richesse en nutriments de ces milieux. Quelle que soit la famille d'algues considérée, toute prolifération présente un intérêt particulier : une production de phytoplancton implique en effet que le milieu soit capable de fournir les nutriments nécessaires, mais également qu'il doive stocker la matière organique produite et composer avec les conséquences de son recyclage (consommation d'oxygène, production de nutriments...).

Parmi l'ensemble des familles présentes, les Cyanobactéries constituent une source de préoccupation fréquente, notamment en raison des risques potentiels pour la santé (allergènes ou toxiques), et de la sensibilisation croissante des usagers aux problèmes de santé publique.

La nécessité de caractériser le niveau de population des Cyanobactéries a conduit dès 1997 l'OMS à établir une classification en 3 niveaux, reprise et étendue à 4 degrés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France en 2003. Ces classifications s'appuient sur la densité cellulaire (nombre de cellules par unité de volume d'eau) et la concentration en chlorophylle a.

Densité cellulaire	Niveau OMS	Niv. CSHPF	Recommandations
< 20 000 cell/ml	1	0	Aucune (qualité satisfaisante)
20 à 100 000 cell/ml	2	1	Précautions élémentaires et information des usagers
>100 000 cell/ml	3	2	Activités restreintes ou interdites, selon la concentration en toxines
>100 000 cell/ml et écume ou mousse en surface		3	Activités interdites

Tableau 2 : Correspondance des niveaux d'alerte de l'Organisation Mondiale de la Santé et du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France

Les concentrations en Cyanobactéries, pour ces 2 niveaux de densités cellulaires, n'ont visuellement, dans la pratique, aucun impact sur la turbidité ou la couleur de l'eau, et il est donc quasiment impossible pour un opérateur non entraîné de distinguer de visu la présence de Cyanobactéries dans l'eau. Ceci contribue certainement à retarder le transfert d'informations vers les services concernés, et entretient la légende de prolifération éclair associée aux Cyanobactéries.

Les épisodes de développement de Cyanobactéries auxquels peut être soumis un plan d'eau en saison estivale altèrent la qualité de ses eaux. Ces micro-organismes aquatiques, naturellement présents dans les cours et plans d'eau, peuvent en effet se multiplier

rapidement sous l'action de circonstances favorables. Capables de photosynthèse, les Cyanobactéries contiennent de la chlorophylle "a" et des pigments (Phycocyanines) qui leur donnent leur couleur bleue verte (cyan).

Lors de telles proliférations, certaines espèces sont capables de produire des toxines en quantités suffisantes pour constituer un danger pour les humains et les animaux.

La mesure de gestion qui s'impose dans ce cas-là est la limitation des usages de l'eau dont l'interdiction de baignade au niveau de la plage. C'est donc lorsqu'elles prolifèrent que ces algues peuvent constituer un risque sanitaire. Elles se développent grâce à leur capacité d'adaptation et à leur compétitivité par rapport aux autres micro-organismes dans les milieux eutrophes.

Plusieurs facteurs favorisent leur prolifération : la température de l'eau, l'ensoleillement, les précipitations, l'agitation du milieu, les éléments nutritifs (azote et phosphore)... Un plan d'eau eutrophe, calme, chaud et ensoleillé en plein été est un milieu idéal pour la prolifération des Cyanobactéries.

Nous présentons ici une [analyse des différents compartiments du lac de Haute Vilaine](#) (population de cyanobactéries, qualité des eaux, rôle du bassin versant d'alimentation...), qui va permettre une identification des facteurs de risque d'apparition et de croissance des cyanobactéries.

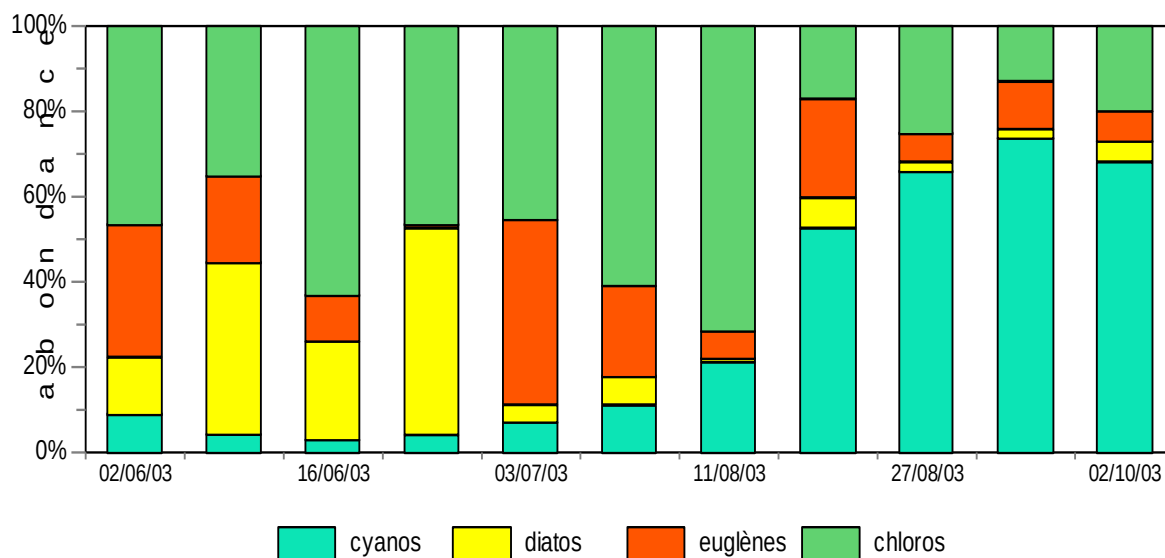
3.1 Approche spatiale sur le plan d'eau

Dans le barrage de Haute Vilaine, la présence de cyanobactéries est irrégulière mais connue depuis les années 2000. Le Conseil Départemental a ainsi fait réaliser plusieurs suivis et études spécifiques à partir de 2002. Une étude assurée par nos soins en 2003 a permis de faire le point sur la dynamique longitudinale de développement des cyanobactéries dans la masse d'eau.

La retenue de Haute Vilaine, comme ses voisines de la Valière et de la Cantache, comporte en effet une pré-retenue qui reçoit les affluents principaux du plan d'eau, ici le bassin amont de la Vilaine. Les pré-retenues fonctionnent comme des petites retenues autonomes. Peu profondes et très envasées, l'eau y est réchauffée très rapidement au printemps et atteint souvent 2 à 3°C de plus que les eaux du secteur aval. La flore s'y développe donc plus tôt que dans la retenue principale, d'autant qu'elle est alimentée en nutriments par les affluents principaux et par les vases qui y sont stockées. Enfin, les vases constituent le milieu d'hivernage des algues et cyanobactéries, et servent de réservoir de cellules pour la germination du printemps.

L'étude réalisée en 2003 a ainsi montré que les cyanobactéries étaient présentes dans la pré-retenue dès début juin, et y étaient devenues dominantes à partir du mois d'août. Les densités cellulaires atteignaient le seuil de 100 000 cell/ml à la sortie de la pré-retenue mi-août et culminaient à près de 800 000 cell/ml mi-septembre (Figure 15).

Dans le même temps, le corps principal de la retenue et le secteur aval où sont concentrés les loisirs nautiques restaient épargnés : les cyanobactéries n'y avaient pas dépassé le seuil de niveau 3 de l'OMS jusqu'au début octobre 2003.



Compte-tenu du délai nécessaire pour que la masse d'eau transite de la pré-retenue jusqu'en aval, les premières traces de bloom ont été observées à proximité de la baignade et du ponton de la base nautique après la fin de l'étude, fin octobre (observation personnelle).

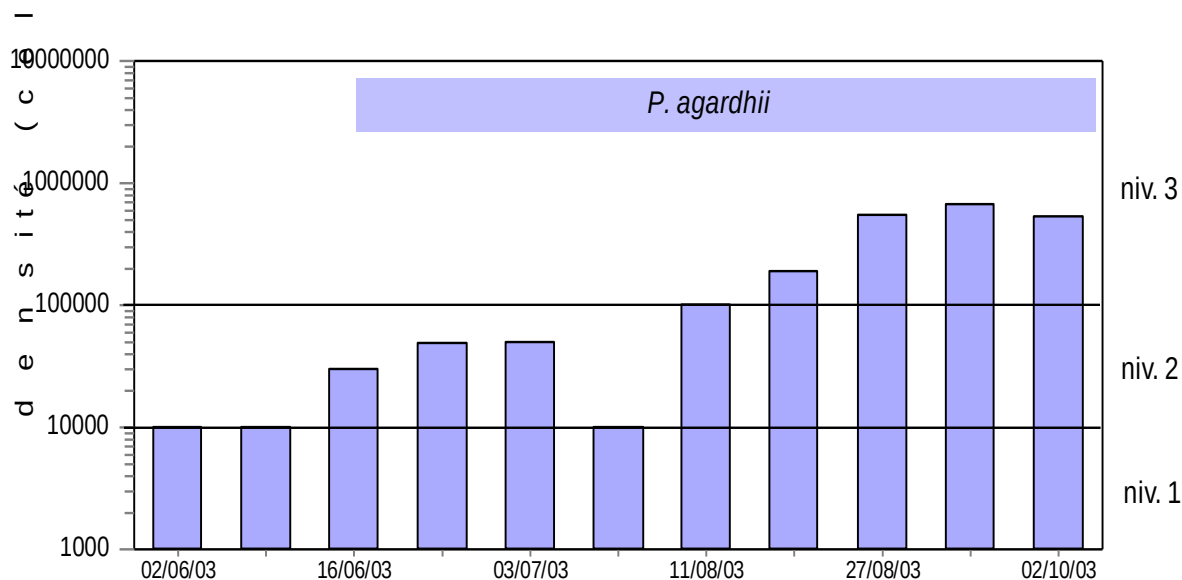


Figure 15 : Composition du phytoplancton et densité cellulaire des cyanobactéries à la sortie de la pré-retenue pendant l'été 2003 (source: CD 35, étude Interfaces et Gradients)

3.2 Historique des populations de Cyanobactéries

Les données collectées auprès de l'ARS DT 35 permettent de visualiser l'évolution des densités de cyanobactéries en période estivale depuis le suivi de la Haute Vilaine en 2004 (Figure 16). Les seuils de concentrations sont atteints et régulièrement dépassés.

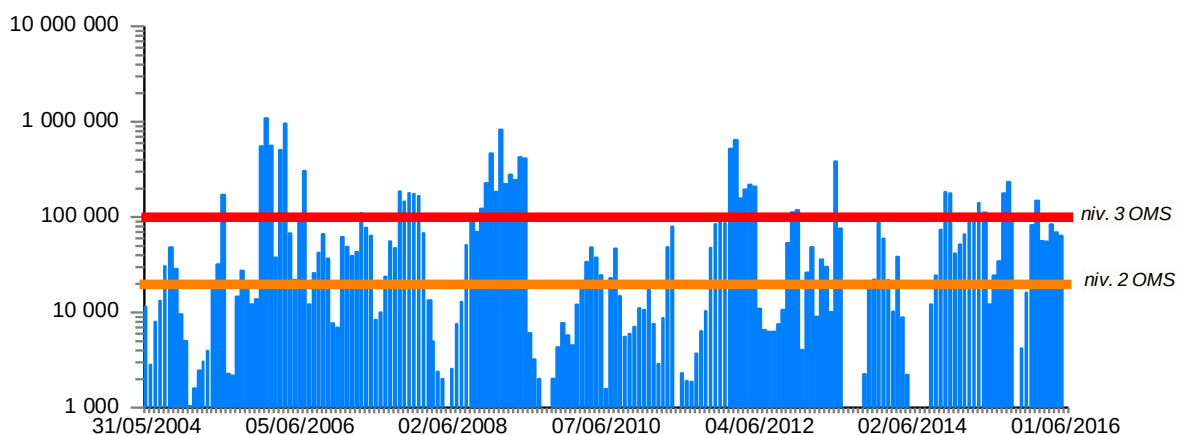


Figure 16 : Densité de cyanobactéries dans les eaux du lac de Haute Vilaine

Les niveaux indiqués correspondent aux seuils d'alerte proposés par l'OMS en 1999 :

niveau 1 : <20 000 cellules/ml, aucune vigilance particulière

niveau 2 : 20 000 à 100 000 cellules/ml, augmentation de la fréquence de suivi

niveau 3 : >100 000 cellules/ml, restriction des usages, analyses obligatoires des

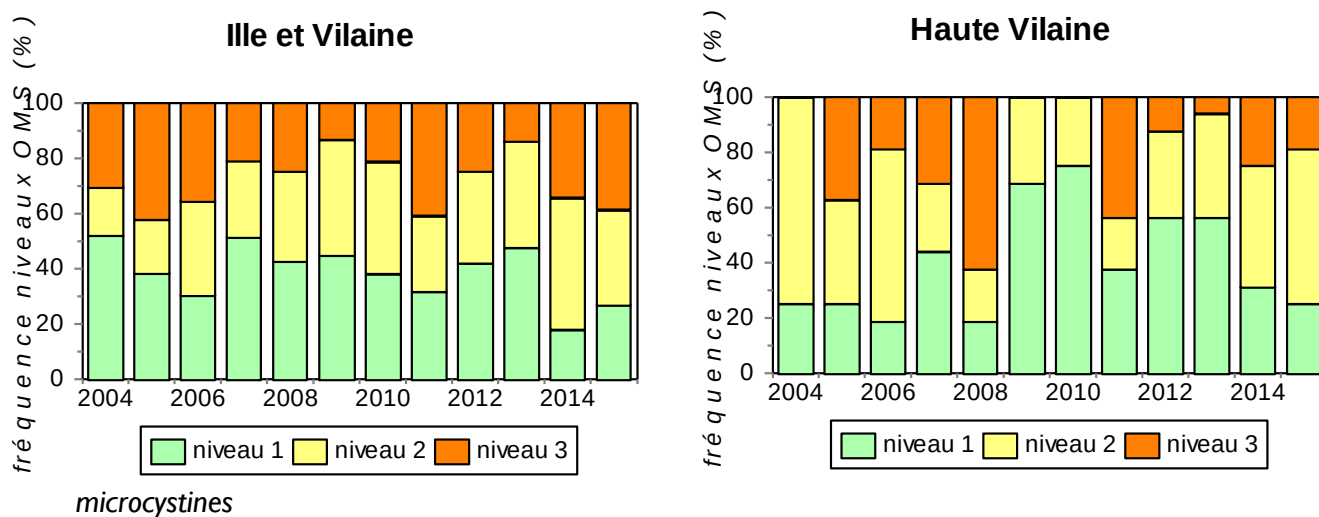


Figure 17 : Fréquence des seuils OMS dans le lac de Haute Vilaine et le département 35 de 2004 et 2015

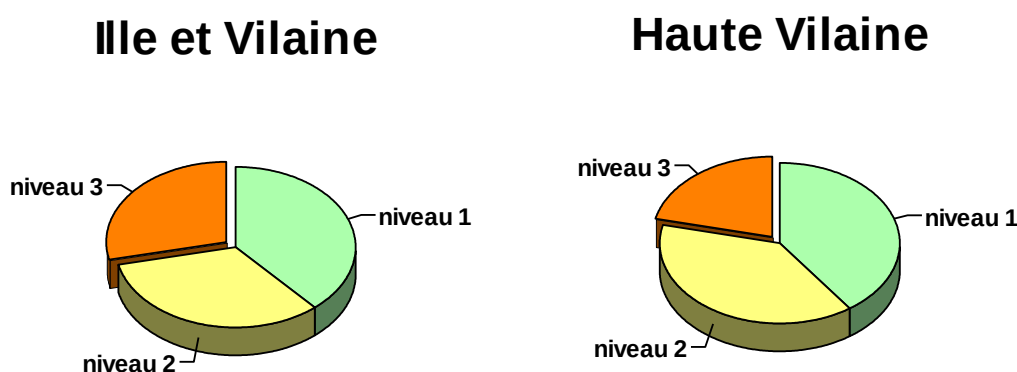
La figure 15 résume la situation pour les 16 semaines consécutives qui constituent le suivi commun à l'ensemble des baignades en Bretagne.

A l'échelle du département, les dépassements du seuil de niveau 3 concernent chaque année de 20 à 40 % des semaines d'ouverture de la baignade, pour une moyenne interannuelle de 28 % des points. Les périodes à faible niveau de vigilance (inférieure au seuil de niveau 1)

tendent à être majoritaires, avec 39 % des points. Dans l'ensemble, le cumul des périodes de niveaux 1 et 2 représente de 58 à 86 % de la période de suivi, et donc reste systématiquement supérieur à la durée de dépassement du niveau 3.

La situation du lac de Haute Vilaine est beaucoup plus contrastée : trois années n'ont pas montré de dépassement du seuil de niveau 3 (2004, 2009 et 2010), et si dans la plupart des cas la durée de dépassement reste inférieure à la moyenne départementale, l'année 2008 sort du lot avec 10 semaines de dépassement contre 4 en moyenne pour le département.

De même, les périodes de faible densité cellulaire (< niveau 1 OMS) tendent à diminuer régulièrement pour l'ensemble des baignades d'Ille et Vilaine (de 40 à 50 % les premières années de suivi contre 20-25 % au cours des dernières années). Ce n'est pas le cas dans la Haute Vilaine, où elles ont connu un maximum de 2007 à 2013 (plus de 40 %) et deux



minima de 2004 à 2006, et depuis 2014.

Figure 18 : Synthèse des seuils OMS dans le lac de Haute Vilaine et le dép. 35 de 2004 à 2015

Le plan d'eau de la Haute Vilaine présente ainsi un cas particulier : synthétisés sur 11 ans, les résultats des suivis montrent une situation moyenne similaire à celle de l'ensemble du département (Figure 17). Chaque année prise individuellement constitue cependant un cas particulier.

Les périodes de dépassement des seuils sont relativement plus courtes que dans les autres baignades, et souvent décalées vers la fin de saison, voire après la fermeture de la période de baignade, si on en juge selon les données disponibles pour fin septembre-début octobre de 2004 à 2006. Ces épisodes décalés sont certainement explicables par le régime particulier de fonctionnement de la retenue, profonde et stratifiée tout en disposant de 2 pré-retenues enchainées.

Enfin, si on représente la durée annuelle des dépassements du seuil de niveau 3 OMS en fonction des densités cellulaires maximales observées dans l'ensemble de la région (Figure 19) le lac de Haute Vilaine apparaît principalement parmi les faibles durées de dépassement, avec des densités cellulaires qui peuvent atteindre 600 000 à 1 000 000 cell/ml, donc en retrait par rapport aux maximales relevées dans la région.

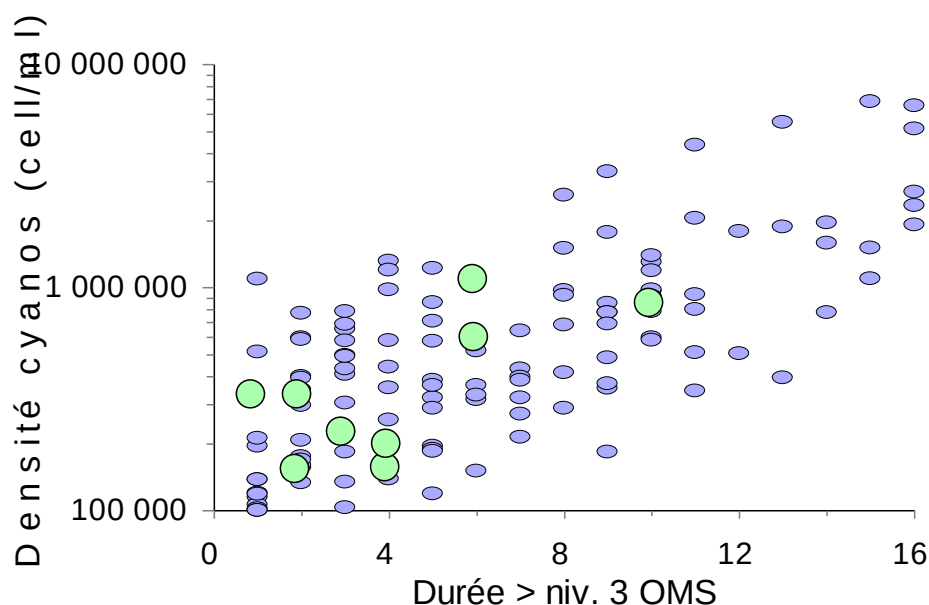


Figure 19: Relation entre durée de dépassement et densité cellulaire maximale dans les baignades de Bretagne et le lac de Haute Vilaine (en vert) chaque année depuis 2004

Les différentes espèces de cyanobactéries rencontrées dans la masse d'eau peuvent être rassemblées en plusieurs groupes distincts (fig. X). Les 3 premiers groupes sont constitués d'espèces connues comme potentiellement toxiques. Quand des représentantes de ces 3 groupes étaient présentes, elles constituaient en moyenne 27 % des effectifs sur 11 ans.

- **les Nostocales du genre *Aphanizomenon*** sont relativement courantes (présentes dans 59 % des échantillons) et constituent en moyenne 12 % des effectifs de cyanobactéries. Ces genres sont connus pour héberger de nombreuses espèces productrices potentielles de plusieurs familles de toxines, dont les Microcystines, Anatoxines, Saxitoxines et dérivés, Cylindrospermopsines...

Elles tendent à préférer les eaux chaudes, claires et les ensoleillements intermédiaires à élevés, ce qui explique leur présence importante en 2005-2006. Depuis, elles tendent à être principalement présentes en début de suivi, notamment les années où le printemps est ensoleillé (depuis 2008), indépendamment de la météo des mois de juillet et août.

Le genre *Aphanizomenon* a été responsable, à lui seul, de 6 semaines de dépassement du niveau 3 depuis 2004.

- **Les Oscillatoriales du genre *Planktothrix* (*P. agardhii* notamment)** sont parmi les plus courantes, puisqu'elles sont apparues dans 58 % des échantillons.

Productrices potentielles connues de Microcystines, elles tendent à préférer les eaux chaudes, turbides, et les éclaircissements réduits qui se rencontrent aussi bien les années défavorables (ensoleillement faible) que les années clémentes (ensoleillement élevé + eau turbide).

Bien qu'elles ne soient ni responsables des plus fortes densités cellulaires ni visuellement spectaculaires (elles ne forment pas d'écume flottante), les *Planktothrix* sont majoritaires en termes de densité cellulaire avec 37 % des effectifs moyens. Elles sont également les principales responsables des dépassements de seuil, avec un total de 24 semaines de dépassement en raison de leur seule présence.

- **Les Chroococcales des genres *Microcystis* et *Woronichinia*** sont rencontrées dans les conditions extrêmes des gradients climatiques de la Région : dans les zones les plus chaudes, sèches et ensoleillées (*Microcystis*) ou à l'inverse les plus fraîches, humides et peu ensoleillées (*Woronichinia*).

Productrices potentielles de Microcystines, et fréquemment impliquées dans les proliférations où des toxines sont détectées, elles sont très fréquentes dans la Haute Vilaine et observées dans 60 et 62 % % des échantillons respectivement. Si les *Microcystis* restent discrets (6 % des effectifs moyens), les *Woronichinia* constituent en moyenne 33 % des effectifs, alors que leur présence reste concentrée sur des épisodes de courte durée (2 à 3 semaines consécutives) mais de très forte densité cellulaire.

Depuis 2004 les *Woronichinia* ont ainsi été responsables d'un total de 10 semaines de dépassement, en général en parallèle à la détection de microcystines, contre une unique semaine pour les *Microcystis*.

- **Les deux derniers groupes sont constitués de mélanges d'espèces**, des petites **Chroococcales** (*Aphanocapsa*, *Aphanothece*, *Merismopedia* etc...) et des **Oscillatoriales** (*Limnothrix*, *Planktolyngbya*, *Pseudanabaena*, *Phormidium*...). Celles-ci sont en général des espèces benthiques vivant à la surface des sédiments du lac, et qu'on va retrouver dans la masse d'eau les années où les perturbations sont fréquentes (remises en suspension des vases, batillage...).

Elles ont en commun d'être des espèces de petite taille à fort taux de croissance, ce qui leur permet d'atteindre rapidement des densités cellulaires élevées sans pour autant constituer une biomasse importante : au total elles étaient rencontrées, depuis 2004, dans 66 % des échantillons mais ne constituaient en moyenne que 12 % des effectifs moyens.

Elles ont été responsables, en 11 ans, d'un total de 4 semaines de dépassement sur 3 années distinctes.

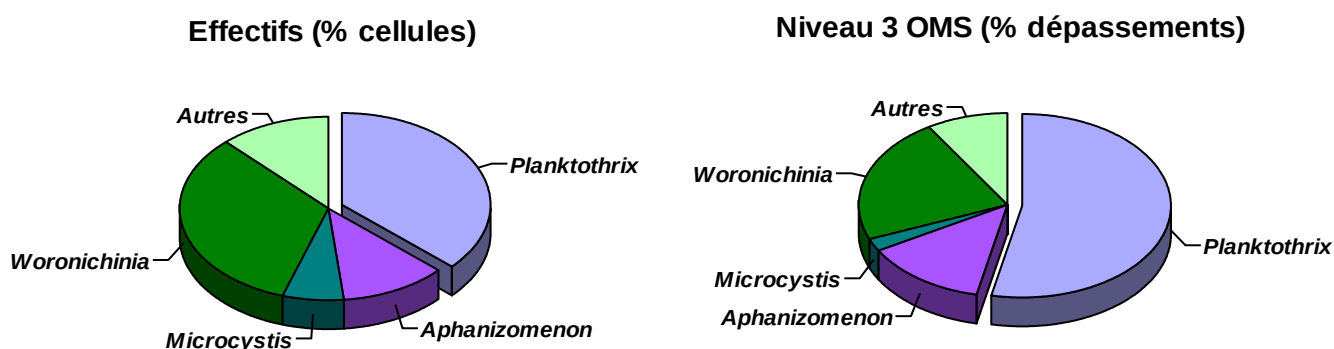


Figure 20: Contribution des principaux groupes d'espèces aux effectifs de cyanobactéries et aux dépassements de seuil du niveau 3 OMS de 2004 à 2015

Facteurs de risque associés aux cyanobactéries :

Dans le cadre du projet Oracle, conduit en commun par le bureau d'études Limnologie sarl et le LERES de l'EHESP (financement ANSES), l'étude d'une base de 26 lacs bretons pendant 8 ans a permis d'identifier plusieurs familles de paramètres influant sur les risques sanitaires associés aux cyanobactéries.

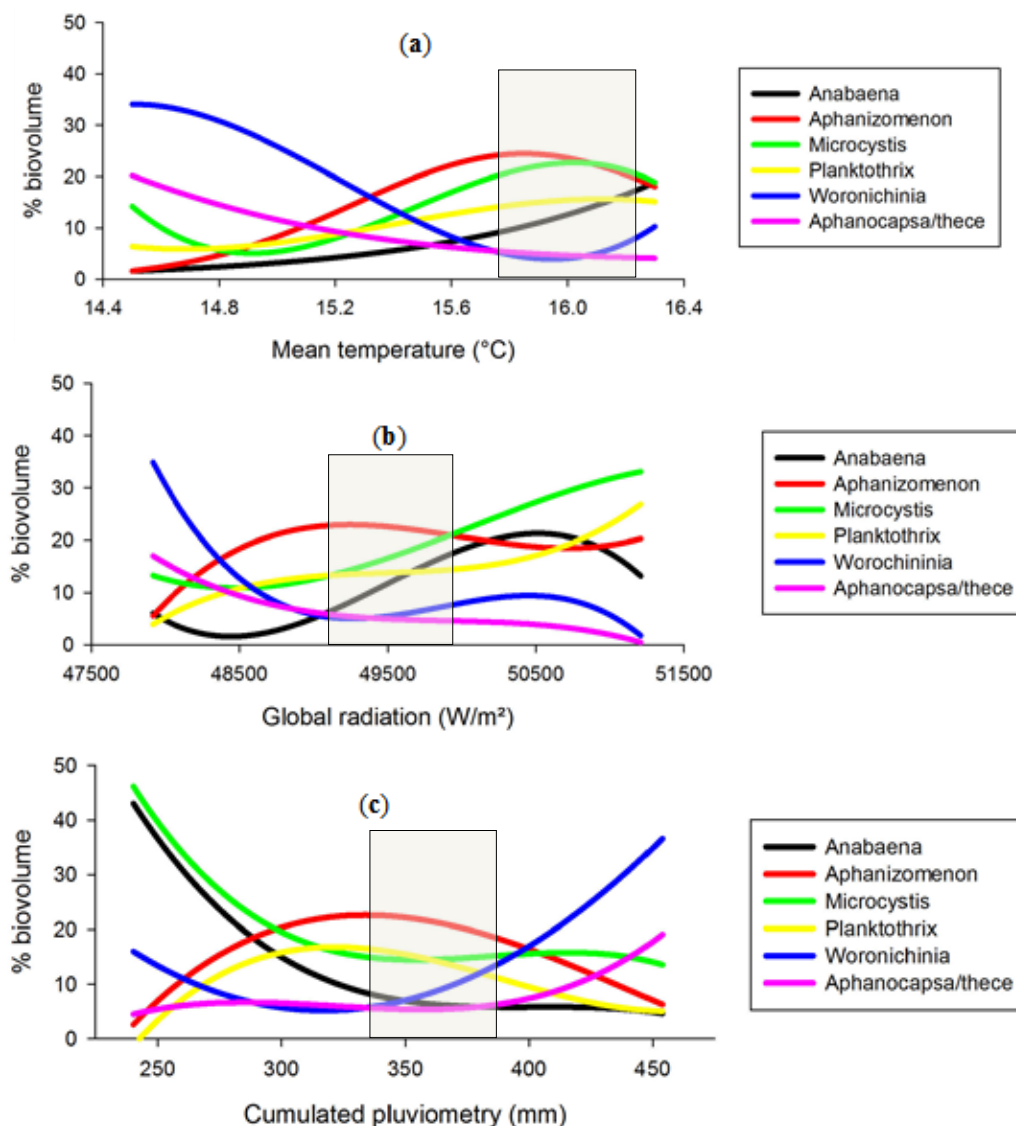


Figure 21 : Aires de distribution des principaux genres de cyanobactéries en Bretagne, en fonction de la température moyenne (a), du rayonnement global (b) et de la pluviométrie cumulée (c). Les valeurs correspondant à Vitré sont représentées par des cadres translucides. Sources: MétéoFrance, Pitois et al. 2014)

Nous avons appliqué ces familles de paramètres aux données disponibles pour la période 2004-2015. Le premier groupe de facteurs est défini par les paramètres climatiques locaux (température, pluviométrie, ensoleillement), qui participent à la sélection des espèces rencontrées dans chaque lac en définissant des aires géographiques plus favorables à certains types de cyanobactéries pendant la période de mai à octobre.

Rappelons tout d'abord que les cyanobactéries tendent à apparaître et prospérer dans les secteurs amont et les pré-retenues, peu profondes, envasées et enrichies en nutriments par les affluents principaux. Les espèces observées près de la baignade ne sont ainsi pas uniquement la conséquence des conditions météo régnant en aval au moment de l'observation, mais aussi des conditions subies en amont depuis leur émergence et le début du parcours de la flore vers l'aval.

Compte-tenu du temps de séjour important de la masse d'eau dans le lac (de 3 à 5 mois l'été selon les années), les espèces observées à la baignade en août, par exemple, sont représentatives des conditions météo cumulées depuis le début du printemps en avril-mai.

On peut noter (fig. X) que les caractéristiques climatiques de la région de Vitré se situent dans les valeurs élevées pour la température (en moyenne 16°C, fig. Xa) mais intermédiaires pour l'ensoleillement (49.5 kW/m², fig. X b) et la pluviométrie (367 mm, fig. Xc).

Ces valeurs correspondent à des gammes optimales pour les espèces de type *Planktothrix* et *Aphanizomenon*. Elles sont en revanche sub-optimales pour les autres espèces potentiellement toxigènes, c'est-à-dire que les conditions habituelles (« moyennes ») du site entraîneront un développement inférieur à leur optimum. L'été dans la région de Vitré est ainsi en général trop chaud et ensoleillé pour les *Woronichinia*, mais pas assez pour les *Anabaena* et les *Microcystis*.

Dans les conditions les plus courantes, les genres les plus fréquemment rencontrés seront essentiellement des *Aphanizomenon* et *Planktothrix*, ce qui se vérifie avec leurs contributions aux dépassements de seuil, soit 67 % à eux seuls.

Les étés montrant des conditions plus proches des valeurs extrêmes locales pourront en revanche s'accompagner de proliférations de *Woronichinia* (conditions plus fraîches et pluvieuses que la moyenne locale) ou de *Microcystis* et *Anabaena* (conditions plus chaudes et ensoleillées que la moyenne locale), ce qui correspond à 22 % des cas de dépassement du seuil de niveau 3.

Un second groupe de facteurs permet de définir des indices composites prenant en compte la morphologie du lac, les rapports entre lac et bassin versant et les teneurs en nutriments dans l'eau.

Morphologie : profondeur

D'après le graphe ci-dessous obtenu à partir des données du projet Oracle, les plans d'eau peu profonds présentent des conditions plus favorables aux fortes densités cellulaires, qui conditionnent à la fois la durée de présence des cyanobactéries dans la masse d'eau et la récurrence des blooms d'une année sur l'autre.

Le lac de Haute Vilaine, avec une profondeur maximale de 13 mètres, se situe dans la gamme de risque intermédiaire, celle des plans d'eau pouvant héberger des densités maximales d'environ 1 000 000 cell/ml. Les maximales observées depuis 2004, comprises entre 640 000 et 1 100 000 cell/ml, sont donc parfaitement en accord avec ce qu'on peut attendre de ce site.

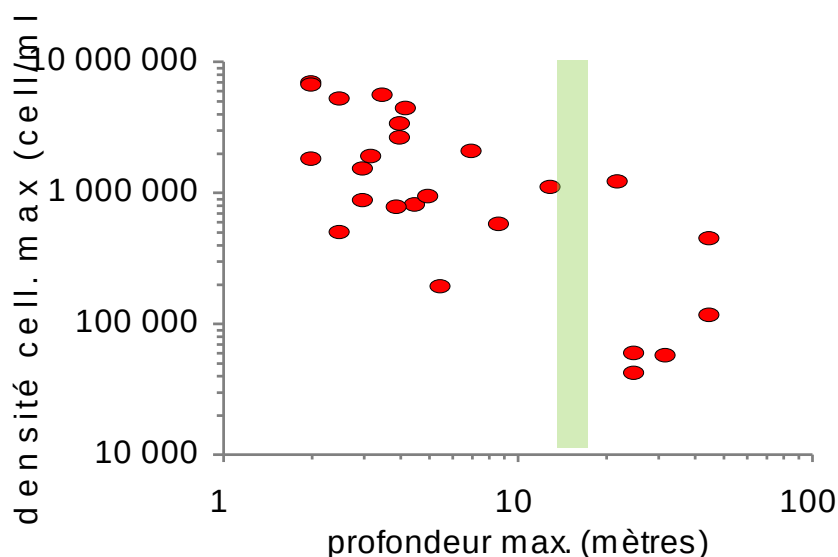


Figure 22: Densités cyanobactériennes (cell./ml) maximales en fonction de la profondeur maximale (mètres) des plans d'eau. La Haute Vilaine est représentée par la bande verticale verte (source : Limno sarl - LERES/EHESP)

Morphologie : bassin-versant

L'influence du bassin versant dépend du volume du lac relativement à la surface de son bassin d'alimentation. Selon les données régionales du projet Oracle, plus cet indice augmente, et plus les risques, quant à la densité cellulaire, diminuent. Le lac de Haute Vilaine se situe, pour ce paramètre, à la limite de la gamme des plans d'eau à risque, avec des densités cellulaires maximales pouvant atteindre 2 à 3 000 000 cell/ml, ce qui est supérieur aux observations réalisées depuis 2004.

Cette retenue conjugue ainsi un taux de renouvellement des eaux favorable à la croissance des cyanobactéries, mais aussi une profondeur suffisante pour permettre une stratification thermique des eaux pendant l'été.

Cette stratification, qui coupe les échanges entre les eaux de surface contenant les cyanobactéries et les eaux profondes riches en nutriments, agit comme un facteur limitant vis-à-vis de la croissance des cyanobactéries : celles-ci bénéficient de moins de nutriments que dans une retenue équivalente mais non stratifiée.

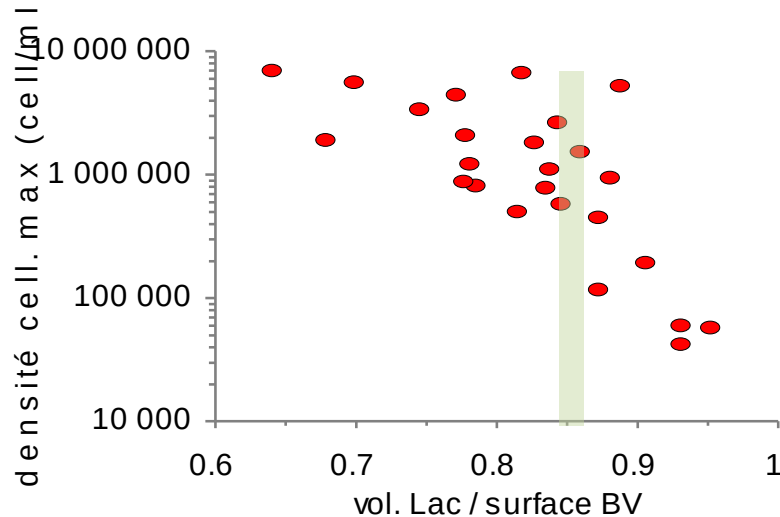


Figure 23: Densités cyanobactériennes (cell./ml) maximales en fonction des rapports de taille entre lac et bassin versant. La Haute Vilaine est représentée par la bande verticale verte (source : Limno sarl - LERES/EHESP)

Morphologie : exposition aux vents

La plage est orientée au nord-ouest alors que les vents dominants sont de secteur ouest à sud-ouest. Ceci constitue un facteur de protection de la zone de baignade vis-à-vis de certaines espèces : les cyanobactéries formant des écumes flottant en surface (*Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*, *Woronichinia*...) auront tendance à être repoussées vers l'est et le nord-est de la baignade. Cette orientation n'aura en revanche pas d'effet sur les espèces comme *Planktothrix*, qui ne flottent pas en surface mais sont distribuées dans l'ensemble de la masse d'eau.

En corollaire à cette orientation, on doit noter que les cyanobactéries flottables auront tendance à être repoussées vers la base nautique et pourront y atteindre des densités importantes, ce que nous avons pu constater *de visu* à plusieurs reprises.

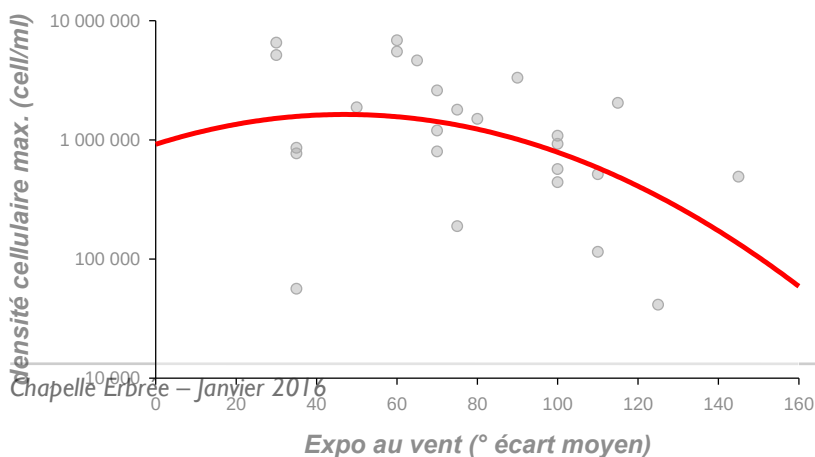


Figure 24 : Exposition de la plage par rapport à la direction des vents dominants en été. La Haute Vilaine est représentée par la bande verticale verte (source : Limno sarl - LERES/EHESP)

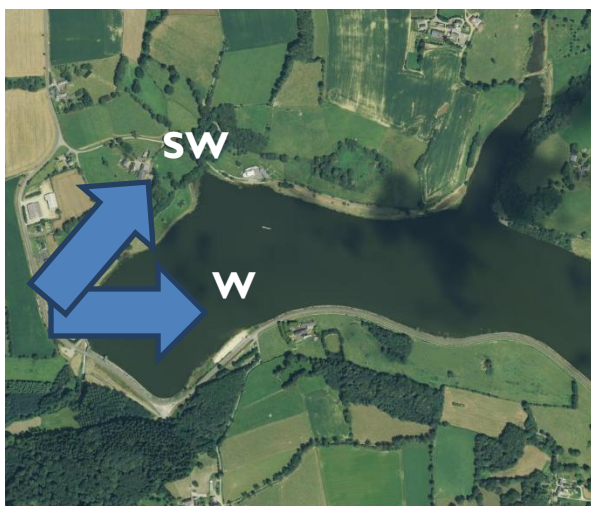


Figure 25 : Exposition de la plage par rapport à la direction des vents dominants en été.

Les vents d'Ouest et Sud-Ouest tendent à éloigner les cyanobactéries de la plage et à les repousser vers la base nautique.

Statut trophique et nutriments

Un dernier indice, dérivé de l'indice Carlsson développé pour l'OCDE, décrit le statut trophique du plan d'eau. Il montre notamment que la disponibilité des nutriments figure parmi les valeurs faibles pour la région.

Des valeurs faibles dans un contexte eutrophe comme celui du bassin de la Vilaine s'expliquent par la conjonction de plusieurs facteurs:

- La pré-retention, qui collecte les affluents principaux: les nutriments y sont assimilés par la flore et non transmis à la masse d'eau principale
- La stratification de la retenue principale: les nutriments issus des vases parviennent rarement à la surface du plan d'eau et les algues vivent en grande partie sur leurs réserves
- Le temps de séjour relativement long : les algues mettent environ 3 mois à parvenir dans le secteur aval et tendent à épuiser leurs réserves plus vite qu'elles ne sont reconstituées.

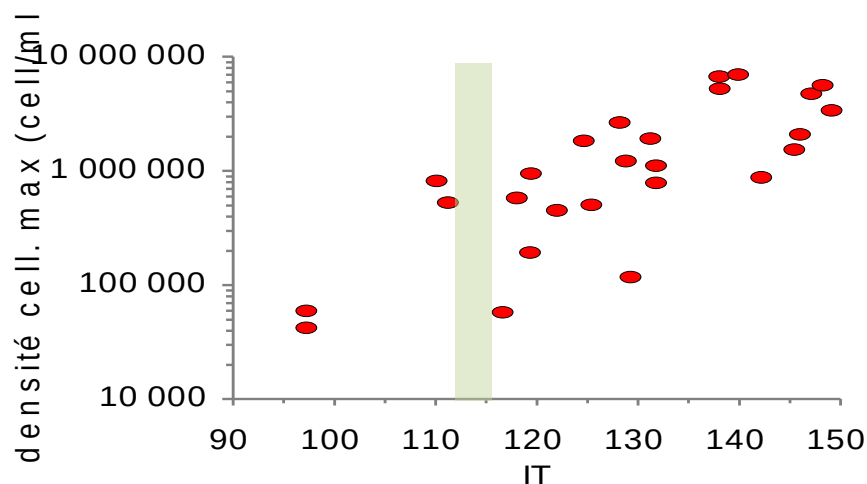


Figure 26 : Statut trophique du lac de Haute Vilaine en secteur aval comparé aux densités cellulaires maximales enregistrées pour les différentes baignades de la région (cell/ml).

4. Qualité bactériologique

Les analyses microbiologiques effectuées concernent la mesure des germes (bactéries) témoins de contamination fécale. Ces micro-organismes sont normalement présents dans la flore intestinale des mammifères, et de l'homme en particulier. Leur présence dans l'eau témoigne de la contamination fécale des zones de baignade. Ils constituent ainsi un indicateur du niveau de pollution par des eaux usées et traduisent la probabilité de présence de germes pathogènes. Plus ces germes sont présents en quantité importante, plus le risque sanitaire augmente.

Les bactéries recherchées en laboratoire sont :

- les coliformes totaux;
- les *Escherichia coli*;
- les entérocoques intestinaux

Dans certaines circonstances, par exemple en cas de dépassement des valeurs limites de qualité de ces paramètres ou de pollution par des rejets d'eaux usées, la recherche d'autres germes peut être réalisée (salmonelles, entérovirus,...).

4.1 Au cours de la saison balnéaire

Chaque résultat d'analyse réalisée selon la directive européenne 76/160 du 8 décembre 1975 est comparé aux seuils de qualité des critères microbiologiques figurant dans le tableau ci-dessous :

Résultats des analyses de coliformes totaux en UFC/100mL		
valeur guide = 500 valeur impérative = 10 000		
RESULTAT BON	RESULTAT MOYEN	RESULTAT MAUVAIS
0	500	10000
Résultats des analyses d' <i>Escherichia coli</i> en UFC/100mL		
valeur guide = 100 valeur impérative = 2000		
RESULTAT BON	RESULTAT MOYEN	RESULTAT MAUVAIS
0	100	2000
Résultats des analyses d'entérocoques intestinaux en UFC/100mL		
valeur guide = 100 Pas de valeur impérative		
RESULTAT BON	RESULTAT MOYEN	
0	100	

Tableau 3: Seuils de qualité des critères microbiologiques des eaux de baignade (directive 76/160)

Les entérocoques et les *E.coli* sont mesurés en **unités formant colonie** (UFC) dans 100 ml d'eau.

- L'eau est de **bonne qualité** lorsque les résultats sont inférieurs aux valeurs guides,
- l'eau est de **qualité moyenne** lorsque les résultats obtenus sont supérieurs aux valeurs guides mais restent inférieurs aux valeurs impératives,
- l'eau est de **mauvaise qualité** lorsque les résultats sont supérieurs aux valeurs impératives.

En cas de dépassement des valeurs impératives, la baignade peut être interdite par arrêté municipal ou préfectoral. Une enquête est dès lors menée pour rechercher les causes de pollution de la zone de baignade.

4.2 Ancien classement (avant 2013)

A l'issue de la saison balnéaire (jusqu'à la fin de la saison 2012), un classement de chaque site de baignade est établi à partir de l'ensemble des résultats des prélèvements effectués au cours de la saison. Ce classement tient compte des 2 paramètres microbiologiques suivants : *E.coli* et entérocoques intestinaux.

En fonction du pourcentage de résultats d'analyses respectant les valeurs guides et impératives fixées par la directive 76/160/CEE, sont définies deux classes d'eaux : les eaux conformes et les eaux non conformes. Les eaux de baignade sont conformes si tous les résultats demeurent inférieurs aux valeurs impératives.

Critères de classement de la qualité des eaux de baignade en France, jusqu'en 2012			
A	Eau de bonne qualité	B	Eau de qualité moyenne
	Au moins 80% des résultats en <i>Escherichia coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre guide Au moins 95% des résultats en <i>Escherichia coli</i> sont inférieurs ou égaux au nombre impératif Au moins 90% des résultats en entérocoques intestinaux sont inférieurs ou égaux au nombre guide		Au moins 95% des prélèvements respectent le nombre impératif pour les <i>Escherichia coli</i> Les conditions relatives aux nombres guides ne sont pas, en tout ou en partie, vérifiées.
Les eaux classées en catégories A ou B sont conformes à la réglementation européenne			
C	Eau pouvant être momentanément polluée	D	Eau de mauvaise qualité
	La fréquence de dépassement des limites impératives est comprise entre 5% et 33,3%.		Les conditions relatives aux limites impératives sont dépassées au moins une fois sur trois
Les eaux classées en catégorie C ou D ne sont pas conformes à la réglementation européenne			

Tableau 4: Critères de classement de la qualité des eaux de baignade jusqu'en 2012

4.3 Evolution de la réglementation (à partir de 2013)

La directive européenne 2006/7/CE remplace l'ensemble des dispositions prévues par la directive précédente 76/160/CEE, abrogée le 31 décembre 2014.

La nouvelle méthode de calcul du classement de la qualité des eaux prévue par la directive 2006/7/CE est applicable depuis la fin de la saison 2013. Le classement est établi en fonction des résultats d'analyses des deux paramètres microbiologiques *E.coli* et entérocoques intestinaux.

Selon les résultats de ces analyses microbiologiques effectuées pendant 4 saisons consécutives, il est attribué à l'eau de baignade, l'une des 4 classes de qualité suivantes : insuffisante, suffisante, bonne et excellente, selon une méthode statistique.

Même si la directive prévoit la réalisation d'un contrôle visuel pour détecter la présence de résidus goudronneux, de verre ou d'une surveillance des cyanobactéries, des macro-algues, du phytoplancton et des mesures de gestion en cas de prolifération algale, la présence de ces éléments n'est pas prise en compte dans le classement.

Toutes les eaux doivent être au moins de qualité suffisante à la fin de la saison 2015. La directive sera révisée au plus tard, en 2020, sur la base des résultats d'études épidémiologiques, de recommandations de l'OMS, des progrès scientifiques et des observations des Etats membres de l'Union Européenne.

Cette nouvelle directive a établi de nouveaux seuils pour la détermination de la qualité de l'eau de baignade au terme d'une saison. La valeur guide pour *Escherichia coli* diminue : 500 UFC/100 ml sont tolérés contre 100 UFC/100 ml avant 2010. Le seuil de valeur impérative devient quant à lui, moins tolérant en passant de 2 000 à 1 000 UFC/100 ml (voir Tableau 5).

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

* Evaluation au 95^e percentile

** Evaluation au 90^e percentile

Tableau 5: Normes de qualité des eaux de baignade selon la directive 2006/7/CE

Ces normes sont basées sur des études montrant qu'une eau respectant ces valeurs permet d'offrir au public une baignade "sans risque significatif" pour sa santé (source: <http://baignades.sante.gouv.fr>).

Entérocoques intestinaux					
Escherichia coli		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 6 : Classement des zones de baignade selon la directive 2006/7/CE

Pour les normes de qualités Bonne et Excellente, le calcul du classement se fait au 95^è percentile de la fonction normale de densité de probabilité log10 des données microbiologiques. L'hypothèse est faite que les résultats obtenus au cours des 4 années suivent une loi statistique appelée loi "log normale". Le 95^è percentile est la valeur à laquelle 95% des données (résultats d'analyses microbiologiques) sont inférieures.

Pour la classe de qualité Suffisante, le calcul du classement se fait par une évaluation au 90^è percentile de la fonction normale.

4.3 Analyse du risque bactériologique sur le lac de Haute Vilaine

Les analyses microbiologiques sont réalisées dans la zone de baignade du lac de Haute Vilaine par l'ARS 35. Nous disposons des résultats d'analyses pour la période 2004-2015.

Les résultats des analyses sont présentés pour *E.coli* et les entérocoques fécaux, avec les seuils de qualité d'un prélèvement ponctuel (Tableau 3).

La concentration en *E.coli* dépasse régulièrement la valeur guide fixée à 100 UFC/100ml, sans pour autant atteindre la valeur impérative à partir de laquelle la qualité de l'eau est classée mauvaise. Le plan d'eau n'a donc jamais été classée en mauvaise qualité, du point de vue bactériologique.

En 2004, la majorité des mesures estivales a présenté des dépassements de la valeur guide.

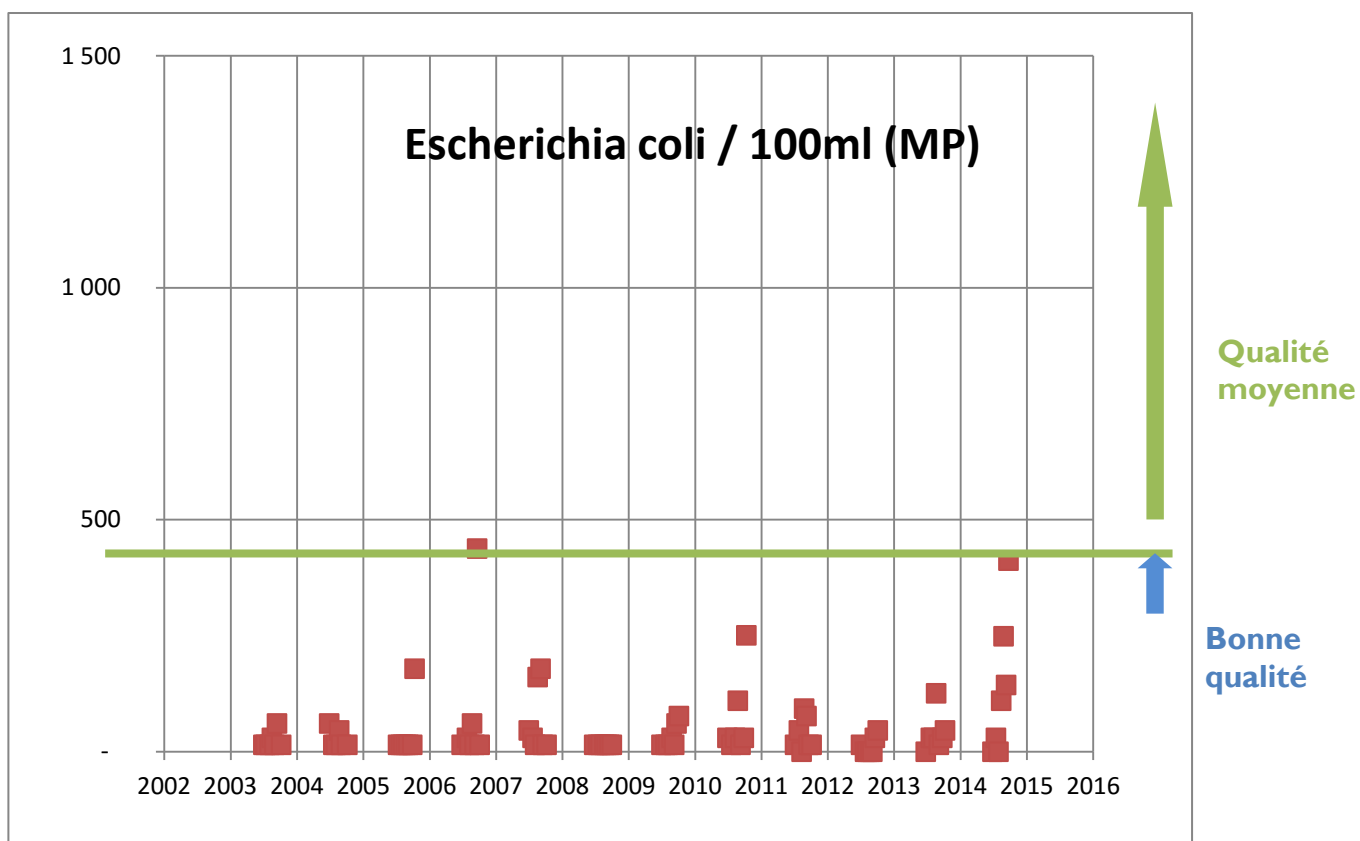


Figure 27 : Evolution des concentrations en *E.coli* dans le plan d'eau de La Chapelle Erbrée (2005-2015). Au cours de la saison estivale, les résultats d'analyses sont comparés aux seuils de qualité définissant 3 gammes : bonne, moyenne ou mauvaise.

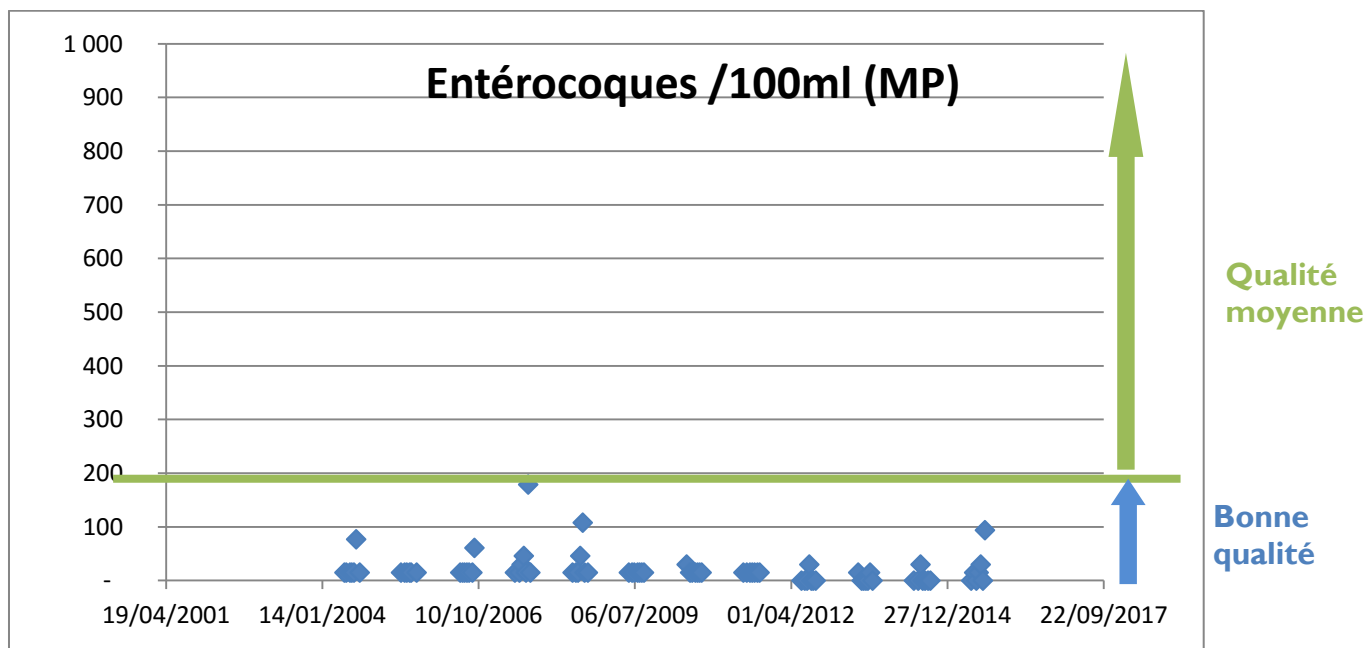


Figure 28 : Evolution des concentrations en entérocoques dans le plan d'eau de La Chapelle Erbrée (2005-2015). Au cours de la saison estivale, les résultats d'analyses sont comparés aux seuils de qualité définissant 2 gammes : bonne ou moyenne.

La valeur guide de la concentration en entérocoques (fixée à 100 UFC/100 ml) a été ponctuellement dépassée en 2004, 2005 et 2009. Aucun dépassement significatif de cette valeur guide n'a en revanche été enregistré les autres années.

- Selon les anciens critères d'évaluation de la qualité des eaux de baignade (Tableau 4), en vigueur jusqu'en 2012, la qualité du plan d'eau du Pertre a été classée de **moyenne** qualité ("B") en 2004 et de 2006 à 2009 (Tableau 9). Les années 2005, 2010, 2011 et 2012 ont quant à elles été classées de bonne qualité ("A"). Pour rappel, l'ancien classement disposait de 4 classes de qualité : bonne ("A"), moyenne ("B"), momentanément polluée ("C") et mauvaise ("D").

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
A	C	A	B	B	A	A	B	A

Tableau 7 : Résultat du classement des eaux de baignade de La Chapelle Erbrée établi à la fin de la saison, sur les bases de l'ancien système de classification (avant 2013)

- Sur la base du nouveau classement de la qualité des eaux de baignade (*excellent, bon, suffisant ou insuffisant*), en vigueur à partir de la saison 2013 et selon la directive 2006/7/CE (Tableau 6), la qualité du lac de Haute Vilaine a été évaluée **Excellente** en **2013, 2014 et 2015**. Ce résultat a été obtenu à partir des résultats d'analyses microbiologiques obtenus lors des 4 saisons estivales précédant l'année "analysée" (par exemple pour 2013 : la note d'attribution relève des résultats de 2013 compris, 2012, 2011 et 2010).

4.4 Objectif 2015 et révision du profil de baignade

La directive européenne 2006/7/CE impose qu'en 2015, toutes les eaux de baignade soient au moins de qualité "suffisante". **Cet objectif est atteint pour le lac de Haute Vilaine.**

Les eaux de Haute Vilaine ont été évaluées d'excellente qualité en 2013, 2014 et 2015, soit une meilleure qualité que le minimum imposé pour l'objectif 2015. Les efforts à poursuivre pour conserver ce niveau de qualité bactériologique sont détaillés à la fin de ce document.

De plus, le profil des eaux de baignade classées, en application de l'article D.1332-27, comme étant de qualité "bonne", "suffisante", ou "insuffisante", doit être révisé régulièrement afin de le mettre à jour. La fréquence et l'ampleur des révisions doivent être adaptées à la nature, à la fréquence et à la gravité des risques de pollution auxquels est exposé l'eau de baignade.

Le plan d'eau de Haute Vilaine, étant classé en "excellente" qualité, le profil de baignade ne sera réexaminé, et le cas échéant mis à jour, que si le classement passe à la qualité "bonne", "suffisante" ou "insuffisante". Le réexamen doit porter sur tous les éléments du profil.

Egalement, en cas de travaux de construction importants ou de changements importants dans les infrastructures, effectués dans les zones de baignade ou à proximité, le profil des eaux de baignade doit être mis à jour avant le début de la saison balnéaire suivante.

Les mises à jour et les révisions des profils prévues à l'article D.1332-22 du code de la santé publique, sont transmises au maire et au préfet dans les conditions fixées à l'article D.1332-21.

5. Cyanobactéries et toxines

La présence de Cyanobactéries représente un risque potentiel pour la santé humaine, car plusieurs espèces de Cyanobactéries produisent des toxines dont les plus fréquentes sont les microcystines. Les différentes familles de toxines peuvent agir sur plusieurs fonctions du corps humain, tels que le système nerveux, le foie, la peau et le système digestif. L'ingestion des toxines de Cyanobactéries constitue le principal risque pour la santé.

Depuis le 15 février 2006, la directive concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade (n°2006/7/CEE) impose une surveillance au moins visuelle des Cyanobactéries. En cas d'efflorescence constatée dans un plan d'eau, elle oblige à un suivi qui peut conduire à limiter ou à interdire son usage. Elle sera applicable dès sa transposition en droit français au plus tard en 2008.

La directive n°91/676/CEE sur la protection des eaux contre la pollution en nitrates d'origine agricole, impose le classement en zone vulnérable des territoires sujets à l'eutrophisation. C'est le cas de toute la Bretagne. Enfin, la directive cadre sur l'eau n°2000/60/CEE prend en compte les proliférations algales comme critère de dégradation de l'état écologique des eaux.

Dans les quatre départements bretons, les pouvoirs publics surveillent les plans d'eau dédiés aux activités nautiques lorsqu'il existe un risque potentiel associé aux efflorescences cyanobactériennes. Des prescriptions sont aujourd'hui en place pour les risques associés aux proliférations de Cyanobactéries dans les eaux de consommation ou de baignade. Ainsi, le code de la Santé Publique s'appuie sur la recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et impose une limite de qualité de 1 µg/L d'équivalent microcystine-LR (toxine la plus fréquemment suivie en routine actuellement) dans l'eau potable. Cette concentration comprend les toxines intra- et extracellulaires.

La circulaire baignade DGS/SD7a n°2003-270 du 4 juin 2003 fixe la surveillance et les seuils d'alerte pour prévenir les risques associés aux proliférations de Cyanobactéries. En ce qui concerne la baignade ou les loisirs nautiques, il existe 4 niveaux allant de la simple information du public à l'interdiction de toute activité sur le plan d'eau touché.

L'Agence Régionale de Santé (ARS) exerce un contrôle sanitaire entre juin et septembre sur 34 sites de baignade et de loisirs nautiques de la région. A partir du niveau d'alerte 3 (>100 000 cellules/ml), la baignade et les activités nautiques peuvent être temporairement interdites.

Le 26 septembre 2006, l'**Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement, et du travail) a rendu public un rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et aux autres activités récréatives.

Dans ce rapport, les experts proposent de retenir la valeur de 20 000 cell/ml +/- 20% comme seuil d'alerte pour passer à une surveillance hebdomadaire, avec la recherche et le dosage des toxines (microcystines) si le groupe est dominé par un ou plusieurs genres potentiellement toxiques.

La valeur-seuil de 100 000 cell/ml, qui correspond au niveau d'alerte 3 de l'OMS, impose la recherche de microcystines. Celles-ci constituent la famille de toxines la plus fréquemment produite par les cyanobactéries. Sa recherche permet de prendre en compte le fait que de nombreuses toxines ne sont pas dosées à ce jour et que peu de données sont disponibles quant à la présence ou l'absence de ces toxines dans les genres de cyanobactéries fréquemment présents dans les cours et plans d'eau.

Niveau d'alerte	Situation	Actions engagées
1	Nombre de cellules de cyanobactéries compris entre 20 000 et 100 000/ml	Surveillance active et information du public
2	Nombre de cellules de cyanobactéries > 100 000/ml et microcystine-LR < 13 µg/l	Surveillance active, information du public et limitation de la baignade
3	Nombre de cellules de cyanobactéries > 100 000/ml et microcystine-LR > 13 µg/l	Surveillance active, information du public, interdiction de la baignade, limitation des loisirs nautiques
4	Mousses ou écumes	Surveillance active, information du public, interdiction de toutes les activités

Figure 29 : Schéma de gestion du risque associé aux cyanobactéries dans les plans d'eau de baignade ou de loisirs

La valeur de 13 µg/l de microcystines correspond à la limite tolérable pour une exposition subchronique (donc par contacts répétés au cours d'une saison de suivi) des usagers de baignade ; au-delà de cette concentration la baignade doit être interdite et le public doit être informé par l'affichage sur les lieux concernés des raisons ayant conduit à l'interdiction.

Les données disponibles pour la Bretagne montrent que les cas de dépassements de cette limite sont rares puisqu'ils représentent, depuis 2004, environ 7 % des échantillons où les toxines ont été recherchées.

A l'échelle du département d'Ille et Vilaine, des microcystines sont détectées en général dans 10 à 50 % des échantillons analysés. Leur présence n'est pourtant pas systématique chaque année : les années 2004, 2009, 2011 et 2012 n'ont permis de détecter aucune toxine dans les échantillons analysés.

Dans la retenue de Haute Vilaine, les microcystines ont été recherchées au cours de 9 années depuis 2004 avec 56 analyses. Elles ont été détectées à 13 reprises au cours de 5 années distinctes : 2005-2006, puis 2013-2015. Les concentrations maximales ont dépassé le seuil de 13 µg/l en une seule occasion en fin d'été 2006, alors que depuis 2013 elles sont restées comprises entre 0.2 et 1.3 µg/l.

Un dernier point doit être noté : depuis 2004, les microcystines ont plus souvent été détectées dans les échantillons inférieurs au seuil de niveau 3 que dans les échantillons dépassant les 100 000 cell/ml. Ce constat, réalisé à l'échelle de la région, se vérifie également dans la retenue de Haute Vilaine.

La distribution des résultats d'analyse pour la Haute Vilaine (fig. X) montre en effet que les toxines ont été détectées, dans 85 % des cas, entre 20 000 et 200 000 cell/ml, mais aussi dans 62 % des cas entre 20 000 et 100 000 cell/ml. De la même façon, la seule valeur maximale supérieure à la limite de 13 µg/l en 2006 a été observée dans un échantillon inférieur à 100 000 cell/ml, avec 14.8 µg/l de microcystines pour 63 900 cell/ml.

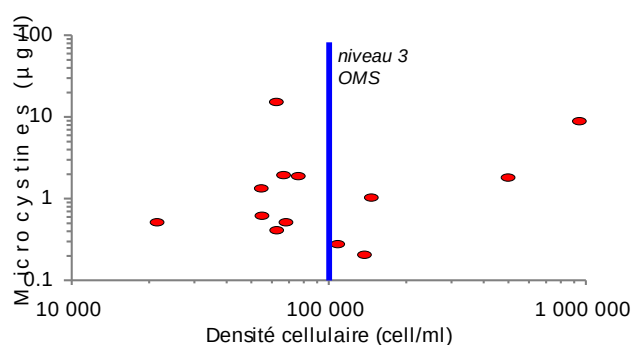


Figure 30 : Distribution des teneurs en microcystine en fonction de la densité cellulaire des cyanobactéries dans le lac de Haute Vilaine

Globalement, les microcystines sont moins fréquentes que dans les autres sites du département, et présentes à des concentrations relativement plus faibles. On doit cependant rappeler que suite à l'effet de protection par le vent, il est vraisemblable que les concentrations en toxines soient plus élevées du côté de la base nautique, où peuvent s'accumuler des écumes de cyanobactéries flottantes fréquemment toxigènes (avec les genres *Aphanizomenon*, *Microcystis*, *Woronichinia*...)

3.3 La qualité physico-chimique des eaux (déc 2015)

Une campagne de prélèvements d'eau a été réalisée le 17 novembre 2015, sous conditions hydrologiques exceptionnelles. La reprise des débits n'avaient pas encore eu lieu ce mois de novembre dernier (Reprise observée seulement fin décembre).

Aussi les mesures réalisées au niveau de l'anse côté Chapelle Erbrée et devant la plage sont présentées ici à titre indicatif et n'apporteront pas une information représentative de la qualité générale du barrage.



Figure 31 : Localisation des points de prélèvements de la campagne du 17/11/2015

	P1	P2 (plage)
Température en °C	16.5	14.5
Conductivité en µS/cm	255	270
Ortho-phosphates en µg de P-PO4/l	22	15
Nitrates en mg de NO3/l	>"10"	>"10"
Chlorures en mg de Cl/l	31	33
Ammonium en mg de NH4/l	0.07	0.22

Figure 32 : Tableau résumant les résultats d'analyses de la campagne du 26/06/2015

La conductivité du plan d'eau est proche de la conductivité des eaux souterraines du secteur, plus basse que celle de la Vilaine et du ruisseau des Epronières.

L'écart de température entre P1 et P2 s'explique par la faible profondeur des eaux dans l'anse (zone d'incubation) de la Chapelle Erbrée.

En cette fin de saison, les nutriments sont en faibles concentrations (en phase soluble), en partie consommés par la succession de développement algair.

Au niveau de la plage, la concentration en ortho-phosphates et en ammoniacale est plus faible qu'au niveau de l'anse soulignant l'inertie du grand plan d'eau, et la difficulté d'influer sur la qualité de l'eau devant la baignade.

Remarque : la station d'épuration (lagunage) de la Chapelle Erbrée ne présentait pas de rejet vers le cours d'eau. Aucun rejet n'a été constaté depuis la réalisation de cette nouvelle lagune bâchée sur ces 3 premiers bassins, et naturelle sur la dernière (infiltrations par le fond).

6. Synthèse et recommandations

6.1 Risque potentiel de contamination bactérienne

Recommandation n°1 : Pour les animaux domestiques (chiens), rappel des règles aux abords de la plage ET Interdiction d'accès des animaux à la plage et dans l'eau

La gestion du risque bactériologique concerne l'ensemble du site : les abords de l'étang et le plan d'eau. Les chiens ne doivent être autorisés ni sur la plage, ni dans le plan d'eau.

Sur ce plan d'eau, le risque bactériologique n'est pas avéré.

Néanmoins, étant donné que la baignade n'est pas surveillée, l'effort doit être porté sur la communication et la sensibilisation des usagers quant au risque de contamination potentiel.

Ce point peut paraître marginal, mais il suffirait d'une seule déjection (ballade du chien) pour avoir un déclassement de la qualité de l'eau de baignade, si quelques pluies permettent le transport des germes vers l'eau de l'étang.

La délimitation du haut de plage et l'accotement de la route sont confondus. Il n'y a une limite visible pour éviter aux propriétaires de chien de venir faire la ballade quotidienne directement sur la plage.

La pose d'une barrière physique légère (type ganivelle) réduirait le risque de contamination, et de plus serait valorisant pour le site.

Les baigneurs gagneraient également en tranquillité, en « phase bronzage ».

Recommandation n°2 : Qualité du rejet identifié. Surveiller ce point sensible

La qualité générale de l'eau du plan d'eau est fortement liée aux activités humaines à l'échelle des différents bassins versants (Epronnières et Vialine) et des versants directs.

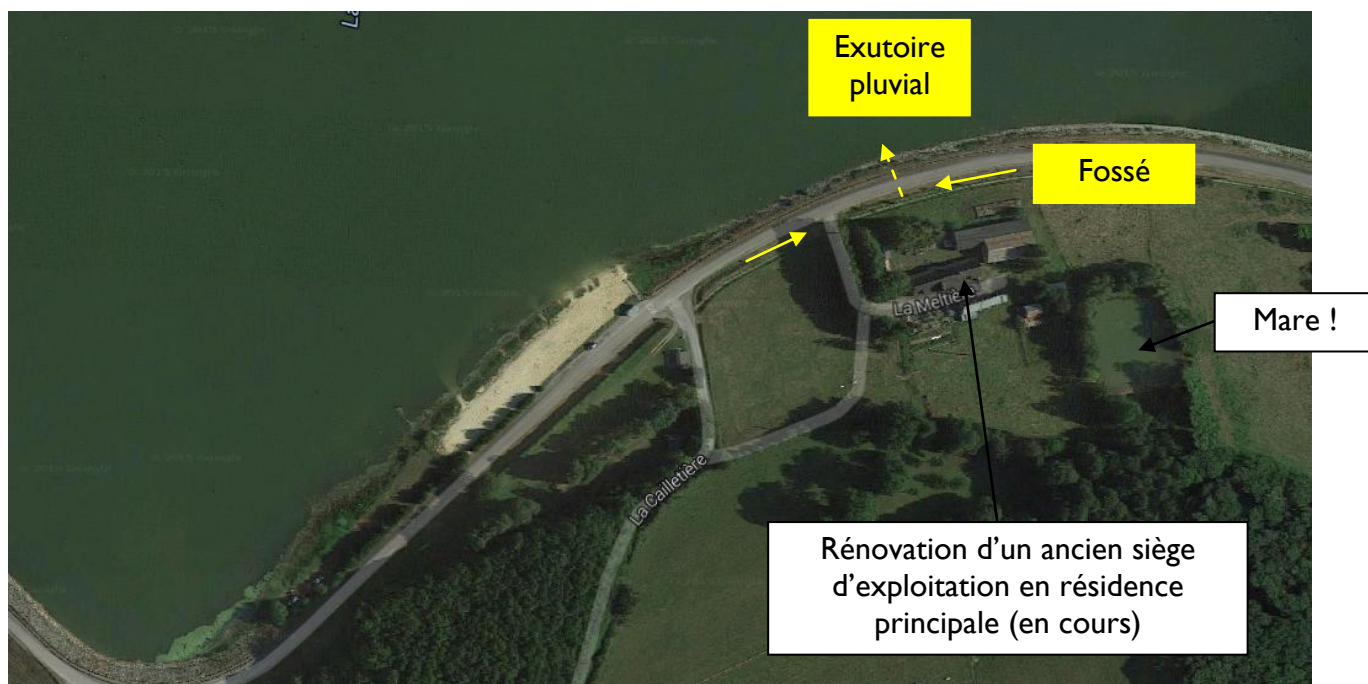
Les leviers d'actions ne peuvent être entrepris à l'échelle de la communauté de communes, mais plutôt à celle du BV Haute Vilaine dont les programmes d'actions sont portés par le Syndicat de BV de Haute Vilaine. L'étude de 2014 a permis de quantifier et qualifier les apports de phosphore dans ce réservoir.

Les deux anses les plus proches sont potentiellement les secteurs qui peuvent apporter rapidement un flux dégradant la qualité de l'eau jusqu'à la plage. L'étude du SBVVA souligne la particularité de la station d'épuration de la Chapelle Erbrée, qui se traduit par l'absence réelle de rejet au cours d'eau. Cette station (lagunage étanche sur 3 lagunes + 1 lagune naturelle) n'est donc pas une source de germes fécaux pour le plan d'eau. Le versant rural reste par contre fortement impactant lors de forts événements pluvieux. Ce secteur a été ciblé comme prioritaire par le syndicat de bassin pour réduire, entre autres les apports de phosphore.



Il n'y aura donc pas de préconisation supplémentaire pour le gestionnaire de la plage sur ces versants.

Par contre, à proximité immédiate de la plage (rectangle jaune), un rejet non localisé est observé en janvier 2016 (avec la reprise lente des débits)



Ce rejet se situe à 100m en amont de la plage. Cet exutoire est à surveiller car il est potentiellement le vecteur d'une pollution superficielle qui pourrait provenir de l'habitation individuelle (en cours de rénovation), des fossés de voirie (côté nord) et encore des ruissellements amont.



Écoulement amont (dans le fossé) qui n'est plus visible côté réservoir (photo de droite). L'écoulement retrouve le plan d'eau sous le niveau du plan d'eau (janvier 2016).

Une attention particulière est donc à mettre en place dans la surveillance générale du site, sur la période de baignade.
C'est avant tout la contamination bactérienne fécale qui est ici visée.

6.2 Risque potentiel de prolifération des cyanobactéries

Pour rappel, le suivi des Cyanobactéries est obligatoire pour les sites de baignade en eau douce. Il comprend, au minimum, 4 analyses d'identification et de dénombrement des populations de Cyanophycées pendant la saison d'ouverture de la baignade. Les données historiques (2004-2015) du suivi des cyanobactéries ont montré des dépassements des seuils recommandés par l'OMS au cours de 9 années sur 12, avec des concentrations en cyanobactéries qui sont toujours restées mesurées par comparaison avec les autres baignades de la région.

La présence de cyanobactéries est donc avérée dans le lac de Haute Vilaine.

Recommandation n°3 : Informer le public et renforcer la prévention pour les risques liés à la présence des cyanobactéries

Lorsque les concentrations en cyanobactéries sont comprises entre les seuils 1 et 2 de l'OMS (i.e. entre 20 000 et 100 000 cell/ml), et donc que la baignade est autorisée, il faut encourager les usagers à prendre une douche et à rincer leurs affaires de baignade.

L'installation d'une douche à proximité de la plage limiterait ces risques sanitaires (allergies de contact notamment). Cette douche peut être installée à l'écart de la plage, par exemple près du bar ou du local WC proche du camping, avec une ouverture/fermeture du circuit d'eau fonction des heures d'ouverture de la baignade.

Des panneaux d'information rappelant ces règles élémentaires pourraient être installés à l'entrée principale du site, juste avant la plage.



Figure 33 : Douche de plage ouverte, recommandée après la baignade en cas de présence de cyanobactéries

L'eau et l'électricité desservent le site (sanitaire). Il serait possible dans la refonte de l'aménagement de la plage (aujourd'hui en partie dégradée par les travaux de la passerelle) d'intégrer un poste fixe de douche sur la plage.

Recommandation n°4 : Renforcer le suivi des toxines hors épisodes de proliférations

Comme indiqué dans le chapitre 5, les toxines sont plus fréquemment rencontrées pour des densités cellulaires en cyanobactéries inférieures au seuil 3 de l'OMS (100 000 cell/ml). Dans ces conditions les microcystines peuvent d'ailleurs atteindre des concentrations supérieures à la limite d'autorisation de la baignade, ce qui a été vérifié dans le lac de Haute Vilaine en 2006.

Dans l'attente de seuils de décision adaptés à cette situation, il apparaît nécessaire de renforcer le suivi des microcystines avant que les cyanobactéries n'atteignent des effectifs élevés, par exemple à partir de 20 000 cell/ml.

Recommandation n°4 : Prévenir les risques pour les publics sensibles

Outre la production de toxines, rarement observées dans le lac de Haute Vilaine, les cyanobactéries sont reconnues comme agents allergènes, par contact ou par inhalation, et il est proposé de réduire l'exposition des sujets sensibles tels que les enfants en bas âge, les sujets allergiques ou asthmatiques, les femmes enceintes...

Cette recommandation pourrait reposer là aussi sur une sensibilisation des usagers, avec comme support le panneau d'information sur les cyanobactéries à l'entrée du site (ex : limiter la baignade et les jeux aquatiques des jeunes enfants en cas de présence de cyanobactéries entre les seuils de 20 000 et 100 000 cell/ml, prendre une douche après la baignade, rincer ses affaires de baignade...).

Recommandation n°5 : Sensibiliser les pêcheurs à l'enrichissement en nutriments du plan d'eau via les appâts

Le lac de Haute Vilaine, classé en deuxième catégorie, est un site reconnu pour la diversité de sa faune piscicole et la pêche peut y être pratiquée toute l'année.

Il est particulièrement important de sensibiliser les pêcheurs à l'importance des apports en phosphore assurés par la composition des appâts (farine de poisson par exemple). Le phosphore est un élément limitant critique pour alimenter les proliférations de cyanobactéries, et toute source de phosphore (dont les appâts) devrait être limitée au maximum.

Ceci pourrait faire l'objet d'une fiche d'information distribuée au moment de l'achat des cartes de pêche, par exemple, et être affiché au niveau du panneau d'informations sur les cyanobactéries à l'entrée du site.

7. Conclusion

Concernant le risque lié à la contamination bactériologique, l'ensemble des résultats des analyses effectuées en période estivale a démontré qu'il n'était pas avéré. Pour les années 2013 et 2014, sur la base de la nouvelle classification (directive 2006/7/CE), la qualité des eaux du lac de Haute Vilaine a été jugée "**excellente**".

Les mesures préconisées dans le profil de baignade traduisent les quelques efforts à poursuivre pour conserver ce niveau de qualité des eaux de baignade. L'objectif de la directive 2006/7/CE impose que tous les plans d'eau de baignade soient au minimum de qualité "suffisante" d'ici 2015. Cet objectif paraît d'ores et déjà rempli pour le lac de Haute Vilaine.

Le classement en excellente qualité des eaux de baignade implique que le profil n'a pas besoin d'être révisé à court terme.

L'historique du suivi des populations de cyanobactéries a, quant à lui, montré que la présence de ces micro-algues était récurrente. Le seuil n°3 de la concentration en cyanobactéries fixé à 100 000 cell/ml par l'Organisation Mondiale de la Santé est fréquemment dépassé pendant les périodes ouvertes à la baignade (près de 2 années sur 3 pendant 1 à 5 semaines dans le cas général). De même, la présence de microcystines, si elle n'est pas parmi les plus fréquentes du département, est avérée et a atteint à une reprise le seuil d'interdiction de la baignade.

La présence irrégulière des cyanobactéries est attribuable à un contexte particulier : les nutriments seraient trop peu disponibles dans le corps principal de la retenue, en raison de sa profondeur et de la stratification thermique de la masse d'eau.

En parallèle, la présence de la pré-retenue, peu profonde et riche en nutriments, constitue un incubateur très efficace et contribue à alimenter la retenue principale en flore planctonique, micro-algues et cyanobactéries. En ce sens, les mesures de protection des usagers peuvent limiter les risques d'exposition aux cyanobactéries et aux toxines, mais ne peuvent se substituer à une amélioration de la qualité des eaux provenant du bassin amont et de la pré-retenue.

Les petites anses latérales peuvent avoir le même impact si elles sont alimentées suffisamment en nutriments. A proximité de la plage, elles peuvent protéger le départ d'une nouvelle efflorescence localisée qui pourra être (selon le sens du vent) envoyé vers la zone récréative aval.

Si la qualité sanitaire est considérée aujourd'hui **excellente** et ne nécessite que quelques ajustements d'aménagement sur la plage et son environnement proche (communication / sanitaires/ douche/ rejet ponctuel), la problématique « Cyanobactérie » est plus large et doit être considérée à l'échelle du bassin d'alimentation (Vilaine et Epronnières). C'est le Syndicat de bassin versant de Vilaine Amont qui développe aujourd'hui le programme d'actions pour réduire les flux de phosphore arrivant dans ce plan d'eau.