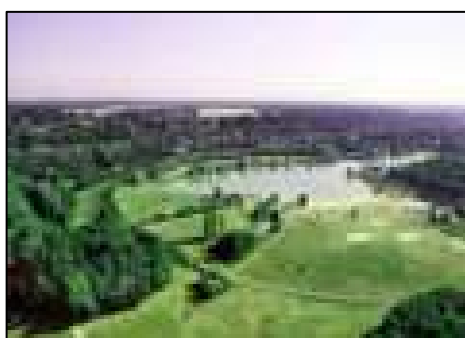


 **île de France**



VERSION N°3

Octobre 2012



Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de loisirs de Bois-le-Roi

Phase 1 : État des lieux

**SAFEGE**
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ILE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX

ÉTUDE RÉALISÉE AVEC LE CONCOURS FINANCIER DE L'AGENCE DE
L'EAU SEINE NORMANDIE

RÉSUMÉ

Le bureau d'étude SAFEGE réalise le profil de vulnérabilité des eaux de baignade des plans d'eau de sept bases de loisirs situées en Ile de France pour le Conseil Régional d'Ile de France, propriétaire du foncier et de la plupart des biens immobiliers des Bases de Plein Air et de Loisirs (BPAL).

La BPAL de Bois-le-Roi est le fruit d'un partenariat entre trois collectivités réunies au sein d'un Syndicat mixte : la Région Île-de-France finance les équipements, le Conseil général de Seine-et Marne et la Commune de Bois-le-roi participent au fonctionnement. La gestion de la base, l'organisation des activités et des animations ont été déléguées par le Syndicat à l'UCPA (Union nationale des Centres sportifs de Plein Air).

L'objectif de cette étude est de fournir les éléments nécessaires au maître d'ouvrage pour répondre aux nouvelles obligations réglementaires liées aux dispositions de la nouvelle directive européenne et textes de transpositions (directive 2006/7/CE du Parlement européen).

La Région Île-de-France pilote cette étude dans le but de disposer d'une vision globale sur la qualité des eaux de baignade des bases de loisirs dont elle est propriétaire. Cependant, le profil est sous la responsabilité du gestionnaire du site.

Cette première phase a permis de déterminer les différentes sources de pollutions potentielles.

Au travers d'une recherche bibliographique, accompagnée d'une visite de terrain, de consultations auprès des différents acteurs locaux du territoire, une description précise de la zone d'étude a été réalisée. Ceci a permis d'identifier les sources de pollutions qui peuvent affecter le plan d'eau et de mettre en évidence les mécanismes de transfert.

Afin de comprendre et de pouvoir ensuite agir sur les facteurs de pollution du plan d'eau, les sources de pollutions potentielles ont été recherchées dans la zone d'influence principale mais aussi dans un périmètre plus large incluant le bassin versant global du plan d'eau.

Les différentes sources de pollution du plan d'eau sont les apports en provenance de la nappe en lien avec le plan d'eau, des ruissellements sur le bassin versant, de la fréquentation (hommes, animaux) et de l'utilisation du plan d'eau (centre équestre, golf), éventuellement des débordements exceptionnels de la Seine.

Ces différentes sources sont à l'origine de différents types de pollutions potentielles pour le plan d'eau : pollutions fécales, germes bactériens et virus ou parasites

provenant des animaux ou des hommes, pollutions liées aux dysfonctionnements des systèmes d'assainissement, pollutions d'hydrocarbures ou phytosanitaires par lessivage des axes routiers et ferrés ou par les engins à moteur sur le plan d'eau ou par mécanisme d'infiltration, ou pollution interne au plan d'eau.

La qualité de l'eau de la zone de baignade a été analysée selon des méthodes statistiques imposées par la réglementation actuelle sur la qualité des eaux de baignade (directive 1976) et selon la nouvelle directive qui sera appliquée en fin de saison 2013 (directive 2006). L'analyse amène à la conclusion que la zone de baignade est le plus souvent de « bonne » voir « excellente » qualité selon les termes de classification de la directive 1976. Malgré un épisode de pollution important en août 2006 il n'a pas entraîné de déclassement de la qualité de la zone de baignade en raison de son caractère ponctuel.

L'établissement des profils de baignade est une démarche primordiale pour le maître d'ouvrage afin :

- D'appréhender la caractérisation de la zone de baignade vis à vis des risques sanitaires (phase 1) ;
- D'établir un diagnostic de la zone considérée (phase 2) ;
- De mettre en place un plan de gestion adaptée et apporter les éléments d'information au public (phase 3).

Le présent rapport correspond à la première phase de l'étude. Il met en évidence le manque de données sur la qualité des eaux et la bathymétrie du lac, qui ont justifié des compléments de suivi réalisés entre l'été 2011 et Juin 2012. Par ailleurs, il existe de facteurs de risques (contamination par les animaux, contamination interhumaine, prolifération de cyanobactéries) qui seront analysés plus avant dans le cadre du rapport de phase 2.

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction	1
2 Description générale	3
2.1 Localisation	3
2.2 Détermination de la zone d'étude	5
3 Description de la plage	9
3.1 La plage et la zone de baignade	9
3.2 Les Usages du plan d'eau	11
3.3 Équipements de la zone de baignade	13
3.4 Structures d'hébergement	14
3.5 Fréquentation	15
3.5.1 Baignade	15
3.5.2 École de voile	15
3.5.3 Golf	16
3.5.4 Équitation	16
3.5.5 Pêche	16
3.6 Réglementation	17
4 Description de l'environnement et de la climatologie locale	19
4.1 Caractéristiques du milieu naturel	19
4.1.1 Contexte géologique	19
4.1.2 Contexte hydrogéologique	21
4.1.3 Climatologie	21
4.1.3.1 Températures	22
4.1.3.2 Précipitations	23
4.2 Caractéristiques hydrologiques	23
4.2.1 Fonctionnement hydrologique du plan d'eau	23
4.2.2 Topographie et morphologie du plan d'eau	24
4.2.3 Contexte hydrodynamique	26
4.2.3.1 Régime des vents	26
4.2.3.2 Marnage et courantologie	27
4.2.3.3 Débits entrant et sortant de l'hydro système	27
4.2.4 Inondations	28

4.3	Occupation des sols.....	30
4.4	Inventaires et protections du patrimoine naturel	32
5	Qualité de l'eau.....	35
5.1	Données disponibles	35
5.2	Campagne de mesures et acquisition complémentaire de données.....	35
5.3	Qualité physico-chimique des eaux et des sédiments	38
5.3.1	Qualité des eaux	38
5.3.1.1	Température.....	38
5.3.1.2	Transparence	40
5.3.1.3	Gradient d'oxygène dissous.....	41
5.3.1.4	pH.....	42
5.3.1.5	Suivi de paramètres physico-chimiques mesurés lors des campagnes de l'été 2011.....	44
5.3.2	Qualité des sédiments	45
5.4	Indicateurs de qualité biologique des eaux	46
5.4.1	Production primaire et phytoplancton.....	46
5.4.2	Peuplement piscicole.....	46
5.5	Analyse de la qualité bactériologique des eaux de baignades	47
5.5.1	Classement de la directive 2006.....	47
5.5.2	Évolution de la qualité bactériologique des eaux de baignade...	48
5.5.3	Campagne de suivis complémentaires.....	51
5.6	Problématique de prolifération végétale.....	52
6	Inventaire des sources de pollution	53
6.1	Visite de terrain	53
6.2	Sources potentielles de pollution liées à l'assainissement.....	53
6.2.1	Organisation de l'assainissement sur la zone d'étude	53
6.2.2	Le réseau d'eaux usées.....	53
6.2.3	Stations d'épuration	54
6.2.4	Le réseau d'eaux pluviales.....	54
6.2.5	Assainissement non collectif	56
6.3	Sources potentielles de pollution diffuse.....	57
6.3.1	Activités industrielles.....	57
6.3.2	Site d'extraction à proximité du plan d'eau	57
6.3.3	Décharges sauvages.....	57
6.3.4	Agriculture	57
6.3.5	Autres sources de pollutions diffuses.....	58
6.3.5.1	Camping.....	58
6.3.5.2	Golf.....	58
6.3.5.3	Entretien des espaces verts.....	58

6.4	Sources potentielles de pollution ponctuelle et/ou accidentelle.....	59
6.4.1	Pollution liée aux animaux présents sur le site	59
6.4.1.1	Les mammifères.....	59
6.4.1.2	Les oiseaux.....	62
6.4.1.3	Les chenilles urticantes.....	63
6.4.2	Situation épidémiologique du site.....	63
6.4.3	Inondation du plan d'eau par la Seine.....	63
6.4.4	Présence d'exutoires au niveau du plan d'eau.....	63
6.5	Synthèse sur les sources potentielles de pollution.....	64
7	Synthèse et suite de l'étude	67

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Cartes

Carte 1 : Limite des plus hautes eaux connues sur la BPAL de Bois-le-Roi	29
Carte 2 : Occupation des sols de la zone d'étude (Source : Corine Land Cover 2006).....	31
Carte 3 : Inventaire du patrimoine naturel sur la zone d'étude	33
Carte 4 : Protections du patrimoine naturel sur la zone d'étude	34
Carte 5 : Cartographie de synthèse des sources potentielles de pollution sur la zone d'étude	65

Liste des Figures

Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi	3
Figure 2 : Localisation du site d'étude	4
Figure 3 : Délimitation des zones d'étude	6
Figure 4 : Zoom sur la zone d'étude locale	7
Figure 5 : Profondeur et dimensions de la zone de baignade	10
Figure 6 : Localisation des installations de la BPAL de Bois-le-Roi	12
Figure 7 : Localisation des aménagements proches de la zone de baignade	13
Figure 8 : Carte géologique du secteur d'étude au 1:50 000 (BRGM)	20
Figure 9 : Localisation de la station météorologique du Châtelet 77100003	22
Figure 10 : Températures mensuelles moyennes à Châtelet (77) sur la période 2000 – 2011 (source : Météofrance)	22
Figure 11 : Moyenne des précipitations mensuelles cumulées à Châtelet (77) sur la période 2000 – 2011 (source : Météofrance)	23
Figure 12 : Carte bathymétrique du plan d'eau de bois le roi avec implantation des zones de dépôts	25
Figure 13 : Rose des vents à la station météorologique de Melun (MétéoFrance)....	26
Figure 14 : Schématisation du fonctionnement hydraulique du plan d'eau	27
Figure 16 : Évolution de la température de l'eau de la zone de baignade entre 1999 et 2011 (données ARS jusqu'en 2010 plus mesures Safege en 2011).....	39
Figure 17 : Profils thermiques du lac de Bois-le-Roi – août 2011	40
Figure 18 : Transparence mesurée au disque de Secchi sur le lac de Bois-le-Roi.....	41
Figure 19 : Profils des teneurs en oxygène dissous du lac de Bois-le-Roi – août 2011	42
Figure 20 : Mesures du pH réalisées dans la zone de baignade de Bois le roi	43
Figure 21 : Profils verticaux de pH mesurés dans le plan d'eau de Bois le roi lors des deux campagnes de suivi réalisés en 2011.....	43
Figure 22 : Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le roi (échantillon prélevé le 24 Août 2011)	45
Figure 23 : Localisation du point de prélèvements de l'ARS (source : site du Ministère chargé de la Santé).....	49
Figure 24 : Évolution des moyennes mobiles des paramètres bactériologiques.....	50

Figure 25 : Évolution des percentiles 95 pour E. coli et les Entérocoques de 2002 à 2010	51
Figure 26 : Extrait du plan des réseaux d'assainissement de la commune de Bois-le-Roi (source : SIA de Bois le Roi, Chartrettes et Fontaine le Port)	55
Figure 27 : Cycle de contamination de Leptospirose (source : Faine et al. 1999).....	60
Figure 28 : Localisation du centre équestre de la BPAL de Bois-le-Roi.....	61

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Inventaire et Protections du patrimoine naturel sur la zone d'étude.....	32
Tableau 2 : Mesures complémentaires réalisées	36
Tableau 3 : Résultats des mesures in situ faites les 24 et 31/08/2011	38
Tableau 4 : Résultats d'analyse sur sédiments du lac de Bois le Roi prélevés le 24/08/2011	45
Tableau 5 : Modifications des seuils entre les directives de 1976 et 2006 (valeurs en N/100mL).....	47
Tableau 6 : Comparaison des méthodes de calcul du classement de la directive de 1976 et de la directive 2006 (valeurs en N/100mL)	48
Tableau 7 : Évolution du classement de la qualité bactériologique des eaux de baignade 1999-2010.....	49
Tableau 8 : Détail du suivi de la bactériologie de la plage de Bois-le-Roi de 1999 à 2010	50

Liste des Photos

Photo 1 : Plan d'eau et zone de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi	4
Photo 2: Site de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi	9
Photo 3 : Bâtiment de la cafétéria	13
Photo 4 : Hébergement du Château	14
Photo 5 : Camping et roulottes de la BPAL de Bois-le-Roi	15
Photo 6 : Panneau de présentation du règlement intérieur de la base.....	17
Photo 7 : Panneau de sensibilisation à lutte contre les oies bernache.....	18
Photo 8 : Ragondin nageant sur le plan d'eau de Bois-le-Roi (SAFEGE, août 2011)	60
Photo 9 : Présence d'oies bernaches sur la plage (juillet et août 2011).....	62
Photo 10 : Exutoire non identifié	64

Introduction

La Région Île-de-France a confié à SAFEGE la réalisation du profil des eaux de baignade de sept plans d'eau d'Ile de France. Le présent rapport concerne la base de plein air et de loisirs (BPAL) de Bois le Roi.

Le profil de baignade est une obligation réglementaire émanant de la directive européenne de 2006 (2006/7/CE) sur les eaux de baignade. Il a pour fonction d'identifier et de quantifier les risques sanitaires dans les zones de baignade et d'élaborer des mesures concrètes de maîtrise et de gestion des pollutions et risques éventuels.

Cette étude comporte trois phases :

- L'état des lieux ;
- Le diagnostic ;
- Les mesures de gestion et plans d'action.

Le présent document constitue le rapport de la phase 1 « État des lieux ».

La base de loisirs de Bois-le-Roi est publique, le Conseil Régional d'Ile de France en est le propriétaire. La Base est le fruit d'un partenariat entre trois collectivités réunies au sein d'un Syndicat mixte. La gestion de la Base, l'organisation des activités et des animations ont été déléguées par le Syndicat à l'UCPA

Ce syndicat est composé de représentants de la Région Île-de-France (qui finance les équipements), du Conseil général de Seine-et Marne et de la Commune de Bois-le-roi.

Description générale

2.1 Localisation

La base de loisirs de Bois-le-Roi se situe dans le département de Seine-et-Marne (77) en région Île-de-France ; à 50 km de Paris et 10 km au sud de Melun. Située entre les bords de la Seine (au nord) et la forêt de Fontainebleau (au sud et à l'est), elle est entièrement incluse dans le territoire communal de Bois-le-Roi et représente une superficie totale de 75 hectares dont 10 hectares de plans d'eau, c'est l'une des bases de loisirs les plus petites d'Île-de-France.



Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi

En plus de la baignade, des activités nautiques et la pratique de la pêche sont exercés sur ce plan d'eau. Le lac voisin, localisé à l'est du plan d'eau, fait partie du « practice » du golf de la base de loisirs.

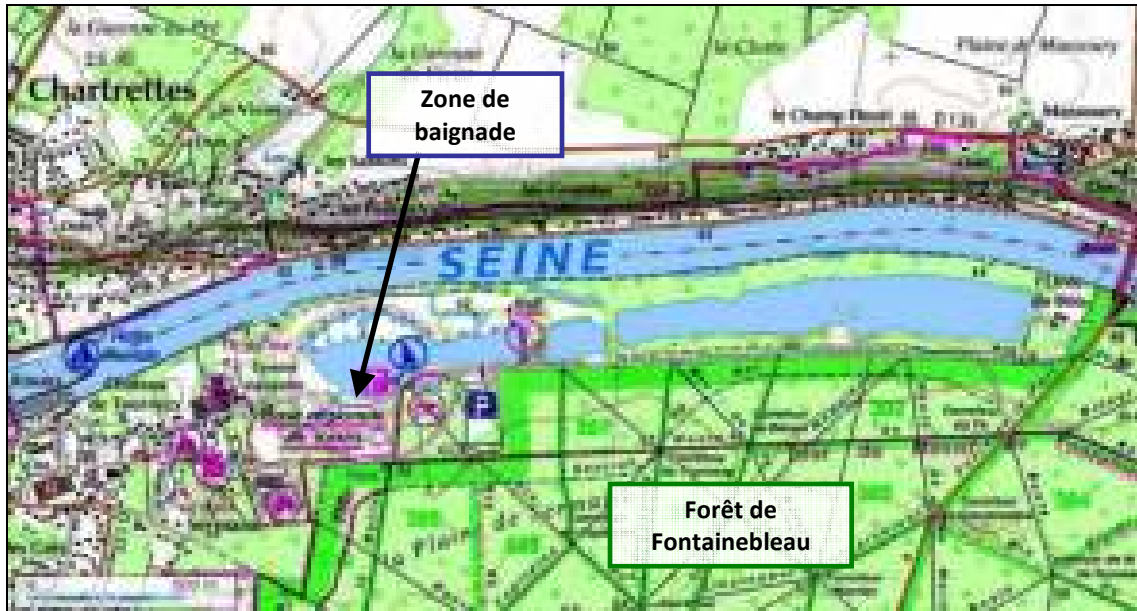


Figure 2 : Localisation du site d'étude



Photo 1 : Plan d'eau et zone de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi

2.2 Détermination de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la zone dans laquelle des sources potentielles de pollution microbiologique sont susceptibles d'atteindre le plan d'eau.

La pollution potentielle peut provenir principalement :

- Des apports directs à la plage et au plan d'eau ;
- Des apports issus du bassin versant du plan d'eau.

Dans l'évaluation des flux, nous considérerons donc les compartiments suivants :

Une **zone « locale »** correspondant au bassin versant immédiat du plan d'eau de la plage. Toutes les sources de pollution y seront recherchées. La visite de terrain nous a permis de préciser les limites de cette zone d'étude, en plus des informations extraites de la lecture des cartes IGN.

Cette zone correspond aux abords immédiats du plan d'eau délimités par les divers chemins et routes qui font obstacle aux écoulements extérieurs.

Une **zone d'étude générale** qui correspond au bassin versant complet du plan d'eau. Il est délimité :

- Au nord par la Seine ;
- Au sud par la ligne de crête située dans la plaine de Sermaise.

La Seine n'est pas en lien direct avec le plan d'eau. C'est seulement lors d'épisodes de crues extrêmes de la Seine que celle-ci peut se déverser dans le plan d'eau. Ces événements ayant lieu en hiver, la pollution a priori essentiellement d'origine bactériologique et chimique qui se déverse à ces occasions dans le plan d'eau, est certainement majoritairement dégradée avant la période de baignade qui est estivale.

A la vue de ces considérations le découpage présenté sur la figure suivante est proposé :

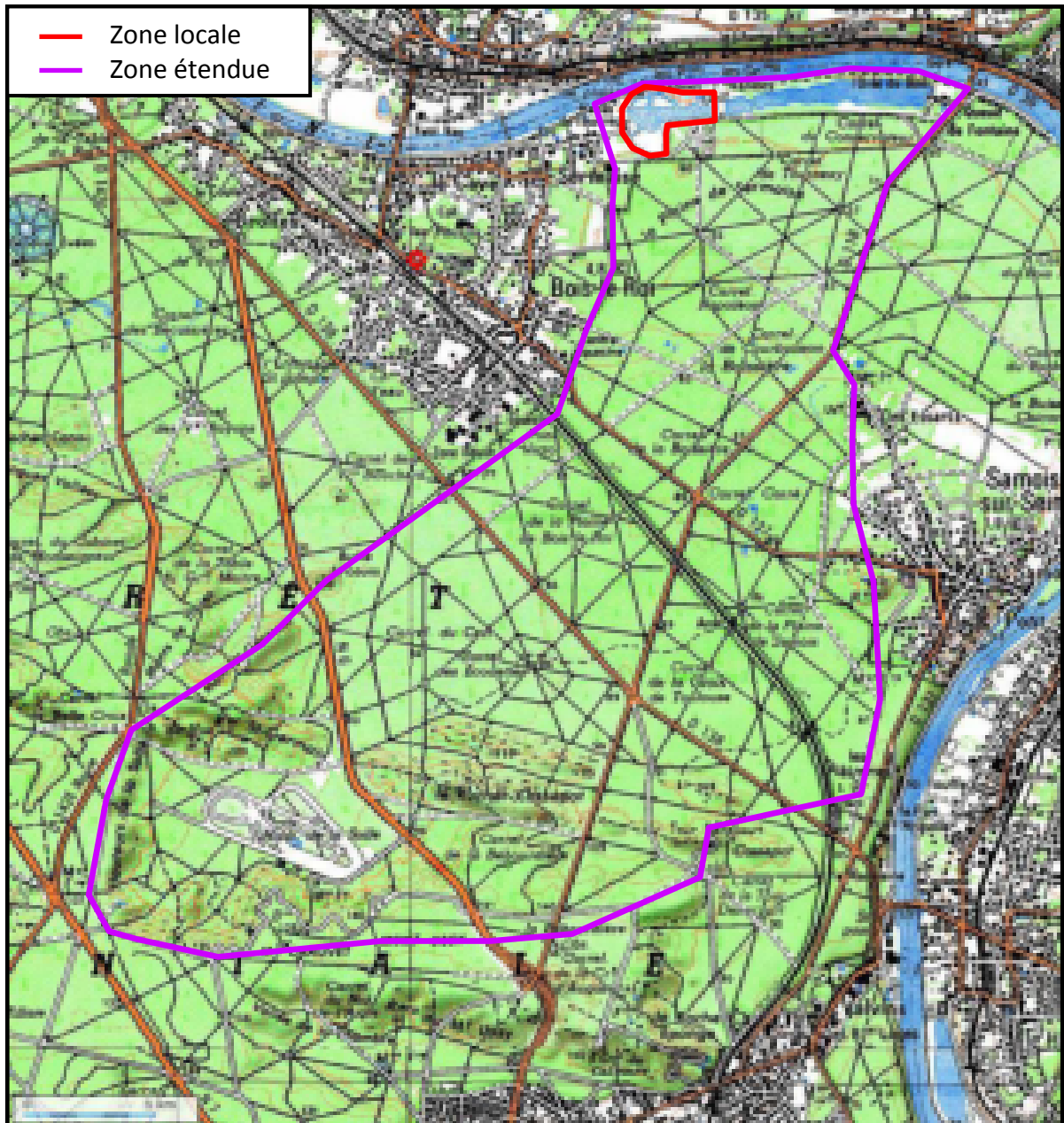


Figure 3 : Délimitation des zones d'étude



Figure 4 : Zoom sur la zone d'étude locale

3

Description de la plage

3.1 La plage et la zone de baignade

La plage est légèrement incurvée. Elle a une longueur de 250 m pour une largeur en moyenne de 20 m. Il s'agit d'une plage de sable. Le sable a été renouvelé pour la dernière fois il y a 5 ans.



Photo 2: Site de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi

Lors des visites de terrain effectuées en août 2011 aucun développement de végétation au sein de la zone de baignade n'a été observé.

Au delà de la plage de sable, le sol est planté de gazon.

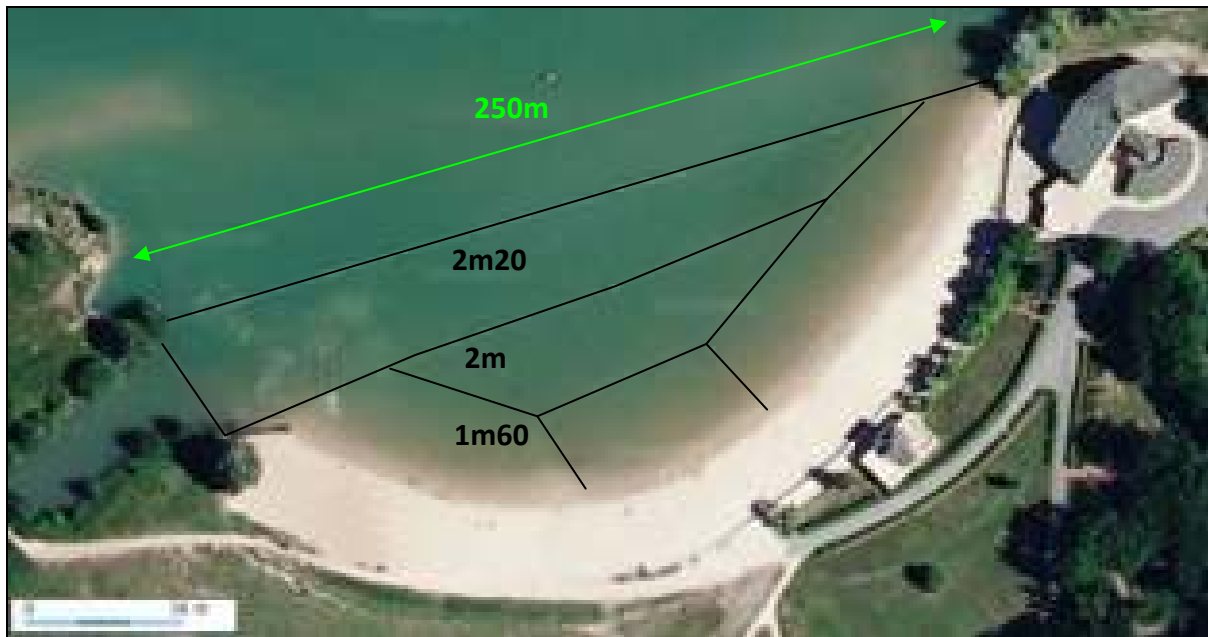


Figure 5 : Profondeur et dimensions de la zone de baignade

Sont indiqués sur la figure ci-dessus les limites des 1m60, 2m et 2m20 de profondeur, qui correspondent aux lignes de bouées délimitant la baignade. Au delà de 2m20 de profondeur, la baignade est interdite.

Du sable a été mis sur la plage il y a 5 ans. Les responsables de la base ont pour volonté de refaire bientôt la zone de baignade ainsi que la plage ; en effet, le géotextile situé sous le sable de la plage se déchire (le gestionnaire estime qu'il a été mis en place il y a 30 à 40 ans, lors de la création du lac), et il y aurait des remontées de vases.

3.2 Les Usages du plan d'eau

Le plan d'eau est le lieu d'activités qui peuvent avoir un impact sanitaire sur l'eau :

- Plage / baignade ;
- Canoë-kayak ;
- Voile, planche à voile, optimiste (activité encadrée par l'UCPA) ;
- Pêche.

La baignade sur le plan d'eau est autorisée et surveillée le mercredi et les week-ends ensoleillés en mai – juin, et tous les jours des mois de juillet et août. La présence d'un drapeau vert indique que la baignade est autorisée et surveillée. Il est interdit de se baigner en l'absence du drapeau vert.

La surveillance du plan d'eau est assurée par 1 poste de secours et 2 bateaux à moteur, il y a également 6 chevaux pour la sécurité à terre.

Il existe également d'autres activités qui ne concernent pas le plan d'eau mais sont à proximité de la plage :

- Des décors d'eau pour enfants près de la plage;
- Deux terrains de beach-volley ;
- De l'équitation (40 chevaux et 40 poneys) ;
- Un golf avec un parcours de 9 trous et un practice sur eau de 25 postes.
- Un site d'escalade ;
- Du football ;
- Du basket-ball.

Des activités encadrées par l'UCPA sont également proposées sur le reste du site :





- VTT ;
- Roller ;
- Tir à l'arc ;
- Disc-golf ;
- Parcours dans les arbres (accrobranche) ;
- Course d'orientation ;
- Hip-hop ;
- Capoeira ;
- Arts du cirque.



Figure 6 : Localisation des installations de la BPAL de Bois-le-Roi

3.3 Équipements de la zone de baignade

A proximité de la plage, on retrouve les équipements suivants :

-  un poste de secours ;
-  une cafétéria ;
-  des sanitaires au niveau du bâtiment de la cafétéria : 8 douches, 9 toilettes pour femme, 7 toilettes pour homme, 4 toilettes pour personnes à mobilité réduite et 8 lavabos (l'assainissement des sanitaires est de type collectif avec pompe de relevage) ;
-  des points d'eau potable ;
- 6 tables de pique-nique.

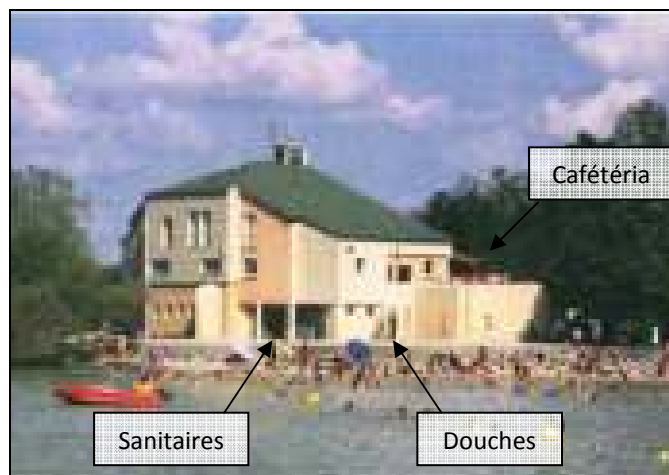


Photo 3 : Bâtiment de la cafétéria



Figure 7 : Localisation des aménagements proches de la zone de baignade

De nombreuses poubelles sont présentes sur le site et sur la plage. Les Maitres Nageurs Sauveteurs (MNS) procèdent au ramassage des déchets sur la plage quand il y en a. Le sable est ratissé par un tracteur une fois par semaine. L'état de la plage est correct.

Les structures de restauration sur la base de loisirs sont les suivantes :

- 2 buvettes / snacks ;
- 1 restaurant collectif servant environ 85 000 repas par an.

3.4 Structures d'hébergement

Les centres d'hébergements de la base sont ouverts toute l'année, ils ont les capacités d'accueil suivantes :

- Hébergements (170 places environ) :
 - hébergement de la FORET : 54 lits,
 - hébergement des ABEILLES : 66 lits,
 - hébergement du CHATEAU : 44 lits (ancienne demeure de la famille Félix Potin) ;
- 15 roulottes (73 places) ;
- Le camping est ouvert de Pâques à la Toussaint. Il est composé d'un espace naturel de 150 places équipé d'un bloc sanitaire entièrement rénové relié au réseau collectif de la ville de Bois-le-Roi.



Photo 4 : Hébergement du Château



Photo 5 : Camping et roulettes de la BPAL de Bois-le-Roi

3.5 Fréquentation

La base de loisirs est gratuite et ouverte toute l'année.

La fréquentation totale annuelle est estimée à **350 000 visiteurs par an** ($\pm 10\%$).

La fréquentation maximale est de 15 000 à 18 000 visiteurs¹ par jour d'hyper pointe (dimanche de mai/ juin par beau temps), mais en générale elle est de 10 à 12000 visiteurs.

3.5.1 Baignade

La zone de baignade est également en **accès libre et gratuit** ; le gestionnaire estime que la fréquentation maximale est de 2 000 personnes dans l'eau.

La baignade est ouverte les mercredis et week-end les mois de mai et juin et tous les jours en juillet et août.

3.5.2 École de voile

Les activités de l'école de voile sont saisonniers :

- pour le grand public : possibilité de location tous les jours en période estivale (période d'ouverture de la baignade) ;
- pour les groupes : un encadrement peut être proposé de juin à septembre pour les scolaires, associations, centres de loisirs ou comités d'entreprise.

D'après les gestionnaires de l'école de voile, la fréquentation maximale du plan d'eau en été est de 30 enfants (école de voile) plus une vingtaine de canoë-kayaks en location.

¹ Source : IAU 2008

3.5.3 Golf

Le golf se pratique toute l'année, il y a environ 130 abonnés à l'année auxquels il faut ajouter les pratiques ponctuelles.

3.5.4 Équitation

L'équitation se pratique toute l'année. Sont proposés :

- Des programmes stages plein temps en semaine,
- Des cours collectifs sur abonnement en semaine ou week-end.

La cavalerie est composée de 40 chevaux et 40 poneys pour 600 abonnés. Les chevaux n'ont pas le droit d'aller sur la plage.

3.5.5 Pêche

La pêche est ouverte à tous sur le plan d'eau de Bois-le-Roi, une licence n'est pas nécessaire. Cependant il y a peu de pêcheurs (516 inscrits).

La pêche est pratiquée au niveau de la zone de pêche autorisée, sur la rive sud, à l'est du plan d'eau. Cette activité attire environ 5 à 6 pêcheurs par jour.

Les poissons présents sont : la carpe, le poisson chat, le brochet, le sandre et le black-bass. Un rempoissonnement a eut lieu il y a 3 ans avec carpes et black-bass.

3.6 Réglementation

La base de loisirs est soumise à un règlement intérieur :



Photo 6 : Panneau de présentation du règlement intérieur de la base

La base est plus spécifiquement soumise aux règles suivantes :

- Il convient d'utiliser les poubelles mises à disposition sur la base de loisir ;
- le camping-caravaning n'est pas autorisé sur la base de loisirs ;
- les barbecues ne sont pas autorisés ;
- la baignade est interdite en dehors des zones réservées à cet effet ;
- La circulation sur la base de tous véhicules à moteur est interdite à l'exception des véhicules de service et de sécurité.
- Pour des raisons d'hygiène, les chiens (même tenus en laisse) sont interdits sur la plage.
- Il est recommandé de ne pas nourrir les oies bernaches.



Photo 7 : Panneau de sensibilisation à lutte contre les oies bernache

4

Description de l'environnement et de la climatologie locale

4.1 Caractéristiques du milieu naturel

4.1.1 Contexte géologique

L'ensemble de la région se présente comme un plateau déterminé par la Formation de Brie, entaillée profondément par la Seine. Les plateaux sont constitués par les entités suivantes :

- Les formations sableuses et gréseuses de Fontainebleau ;
- Les complexes limoneux des plateaux.

Le plan d'eau de Bois-le-Roi est situé dans les formations alluviales anciennes qui constituent la basse terrasse (cote 0-10 m). C'est une formation très importante de par la masse de matériaux qu'elle représente (épaisseur moyenne 6 à 8 m). Elle a fait l'objet d'une intense exploitation dans différentes carrières qui jalonnent les rives de la Seine, notamment sur le site de Bois-le-Roi. Il s'agit d'une grave silico-calcaire. Les alluvions sont composées, en proportion très variable, de galets, de silex, de calcaire, de sables siliceux ou calcaires et de limons calcaires.

Plus au sud on retrouve des alluvions anciennes de moyennes terrasses (10-20 m) puis de hautes terrasses (20-30 m).

Les alluvions reposent directement sur les calcaires de Saint-Ouen et de Champigny.

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

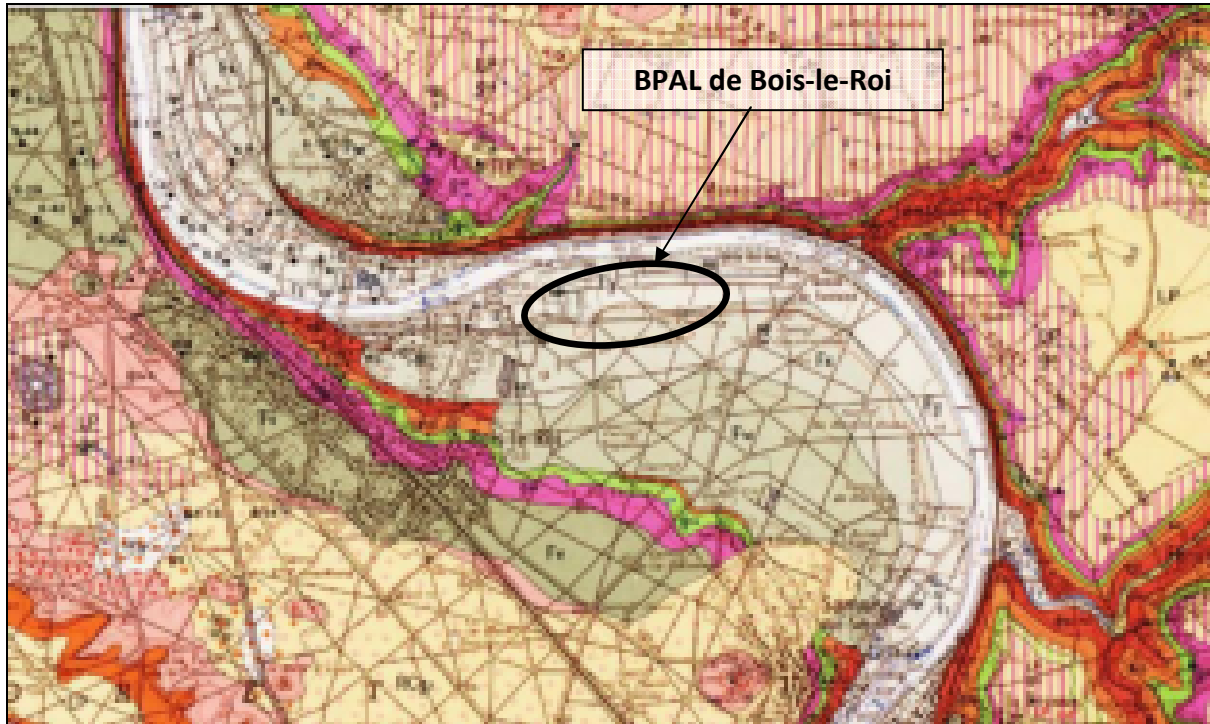


Figure 8 : Carte géologique du secteur d'étude au 1:50 000 (BRGM)

4.1.2 Contexte hydrogéologique

Plusieurs nappes phréatiques sont présentes sur la zone d'étude :

- La nappe des alluvions de la Seine :

Bien que la rivière influence légèrement le niveau piézométrique de cette nappe, elle est alimentée majoritairement par impluvium direct, par les eaux du Calcaire de Champigny. En effet, aucun niveau imperméable ne sépare les alluvions de ces calcaires ;

- La nappe des calcaires de Champigny :

Le calcaire est aquifère dans les vallées et sous les alluvions où il est particulièrement altéré et fissuré. La minéralisation des eaux captées dans les alluvions n'est pas nettement différente de celle de la nappe des calcaires. La masse des alluvions et la zone fissurée sous-alluviale constituent un drain naturel.

Le plan d'eau de Bois-le-Roi **n'a pas de communication directe avec la Seine** ; il est alimenté par la nappe phréatique.

La masse d'eau souterraine correspondante est la **masse d'eau du tertiaire du Brie Champigny et du Soissonnais** (qui inclut la plus grande partie du département de Seine-et-Marne), dont l'état est jugée médiocre à cause des teneurs en NO₃ et en pesticides (objectif dérogatoire fixé actuellement pour 2027 pour le bon état chimique)².

4.1.3 Climatologie

La station météorologique de référence la plus proche du plan d'eau est la station du Châtelet (77100003), station automatique de type 2³, située à 5 km au nord-est du plan d'eau. Sont disponibles, sur cette station, les températures et les précipitations entre 2000 et 2011.

² Source : DIREN d'Ile de France, AESN – 2008.

³ Type 0 : station synoptique professionnelle, avec observation sur place,
Type 1 : station synoptique non professionnelle, ou observation à distance,
Type 2 : station automatique, temps réel,
Type 3 : station automatique, temps différé,
Type 4 : station manuelle,
Type 5 : autres stations (généralement, station automatique saisonnière).



Figure 9 : Localisation de la station météorologique du Châtelet 77100003

4.1.3.1 Températures

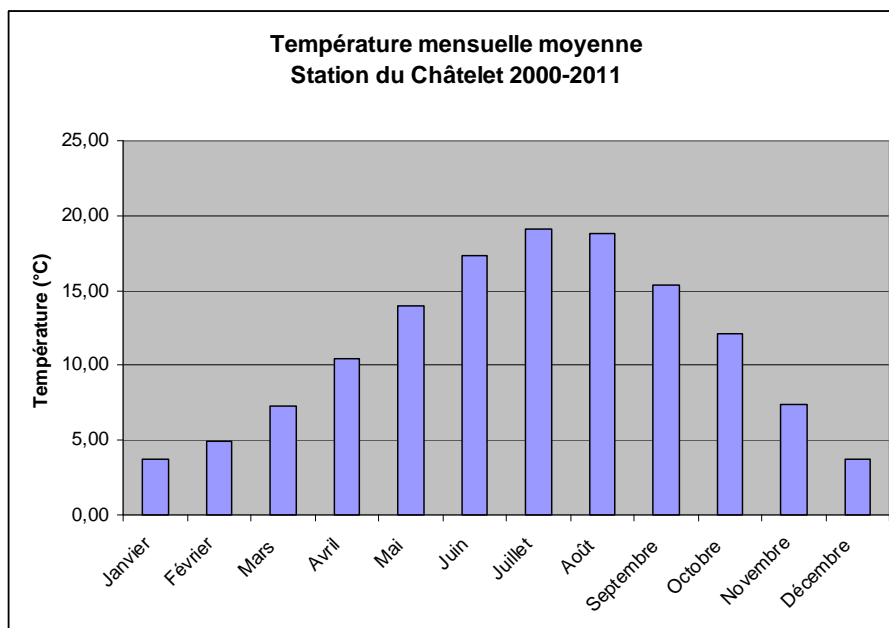


Figure 10 : Températures mensuelles moyennes à Châtelet (77) sur la période 2000 – 2011 (source : Météofrance)

La température moyenne annuelle est de 11,2°C. Le mois le plus chaud et le mois le plus froid de l'année sont, respectivement, juillet (19,1°C) et janvier (3,7°C).

4.1.3.2 Précipitations

Le climat est de type océanique avec des pluies réparties sur toute l'année avec un cumul annuel de 667 mm par an en moyenne.

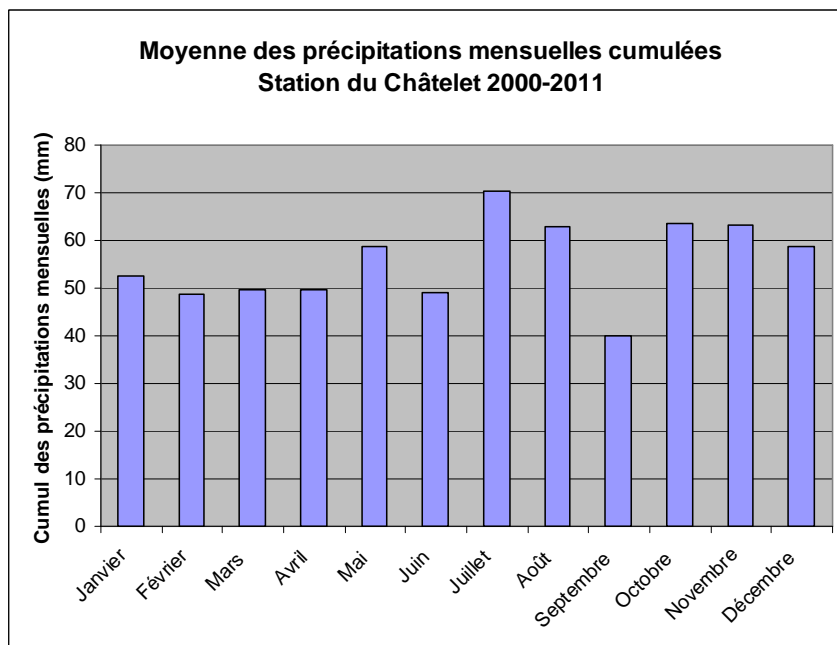


Figure 11 : Moyenne des précipitations mensuelles cumulées à Châtelet (77) sur la période 2000 – 2011 (source : Météofrance)

Le mois le plus sec est le mois de septembre avec un cumul moyen de 40 mm. Les précipitations maximales se produisent au mois de juillet avec un cumul moyen de 70 mm.

4.2 Caractéristiques hydrologiques

4.2.1 Fonctionnement hydrologique du plan d'eau

Le plan d'eau est une ancienne carrière, il est alimenté par la nappe phréatique.

Il y a une étanchéité entre la Seine et le plan d'eau de telle sorte qu'il n'y a pas d'échange entre ces deux entités sauf lorsque celle-ci est exceptionnellement en crue et déborde sur le plan d'eau de la base (très rare). Ce point est confirmé par le faible marnage du plan d'eau (20cm environ) Les apports se font essentiellement depuis le bassin versant direct du lac.

Aucune vidange du plan d'eau n'a été effectuée à ce jour.

Les bras d'eau situés entre le golf et la Seine sont composés d'eaux stagnantes. Des poissons peuvent y être observés.

4.2.2 Topographie et morphologie du plan d'eau

Le plan d'eau de Bois-le-Roi a une superficie d'environ 10 ha, c'est l'un des plans d'eau de BPAL les plus petits d'Île-de-France.

D'après le questionnaire de la base de loisir, la profondeur moyenne du plan d'eau serait de 2 m, le fond étant très hétérogène il pourrait y avoir des fosses de 4 m comme des remontées à 80 cm, et le plan d'eau serait envasé.

Ne disposant pas de données précises sur la profondeur du plan d'eau ni sur l'état d'envasement, un relevé bathymétrique a été réalisé au printemps 2012. Le résultat de ce relevé est présenté ci après.

Sur la base de ce relevé, on peut faire les constats suivants :

En dehors des zones situées au Sud Ouest du plan d'eau et de la zone centrale, il y a peu de dépôts, et même dans ces endroits spécifiques, les dépôts restent de faible épaisseur ;

La zone nord bordant le golf est fortement végétalisée, ce qui a empêché d'y faire le sondage bathymétrique.

La principale zone à faible profondeur est située aux abords de la plage. Celle ci présente un peu de dépôt sédimentaire. Il y a également quelques secteurs peu profonds vers les bords du plan d'eau à l'Est de celui ci ;

La zone la plus profonde est au Nord du plan d'eau ou la profondeur approche les 3m.

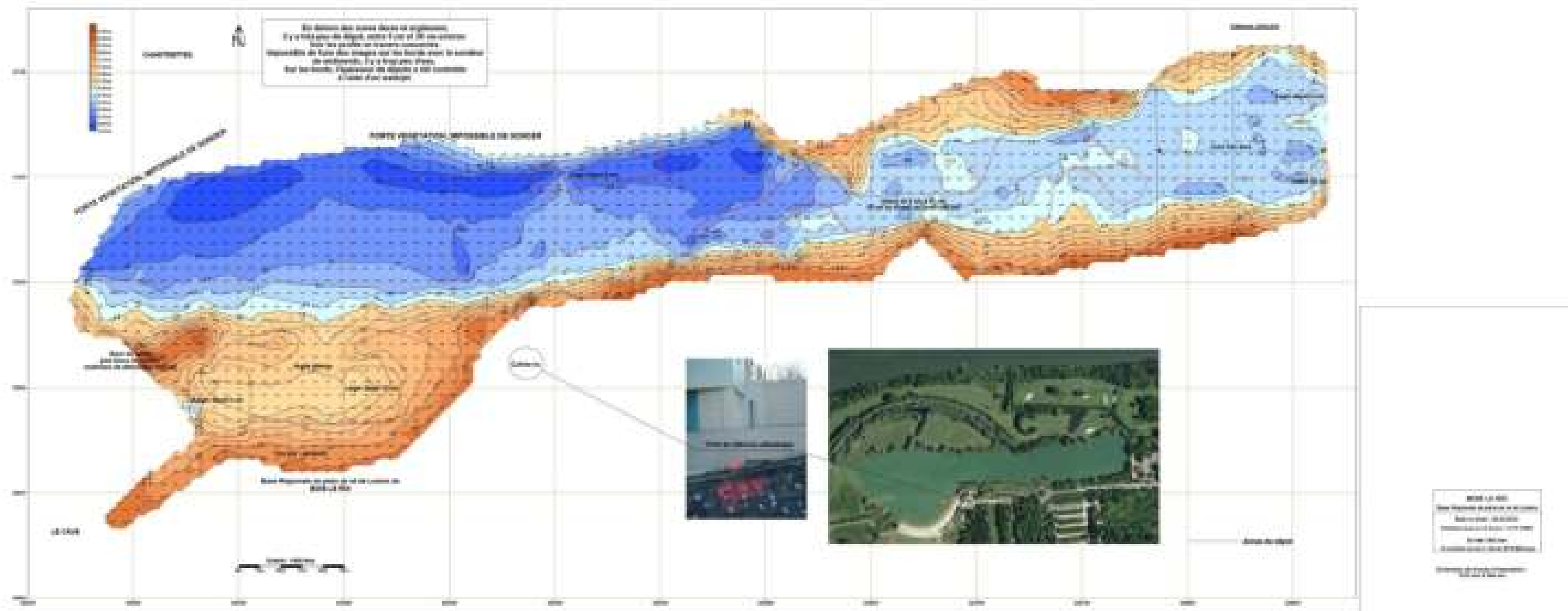


Figure 12 : Carte bathymétrique du plan d'eau de bois le roi avec implantation des zones de dépôts

4.2.3 Contexte hydrodynamique

4.2.3.1 Régime des vents

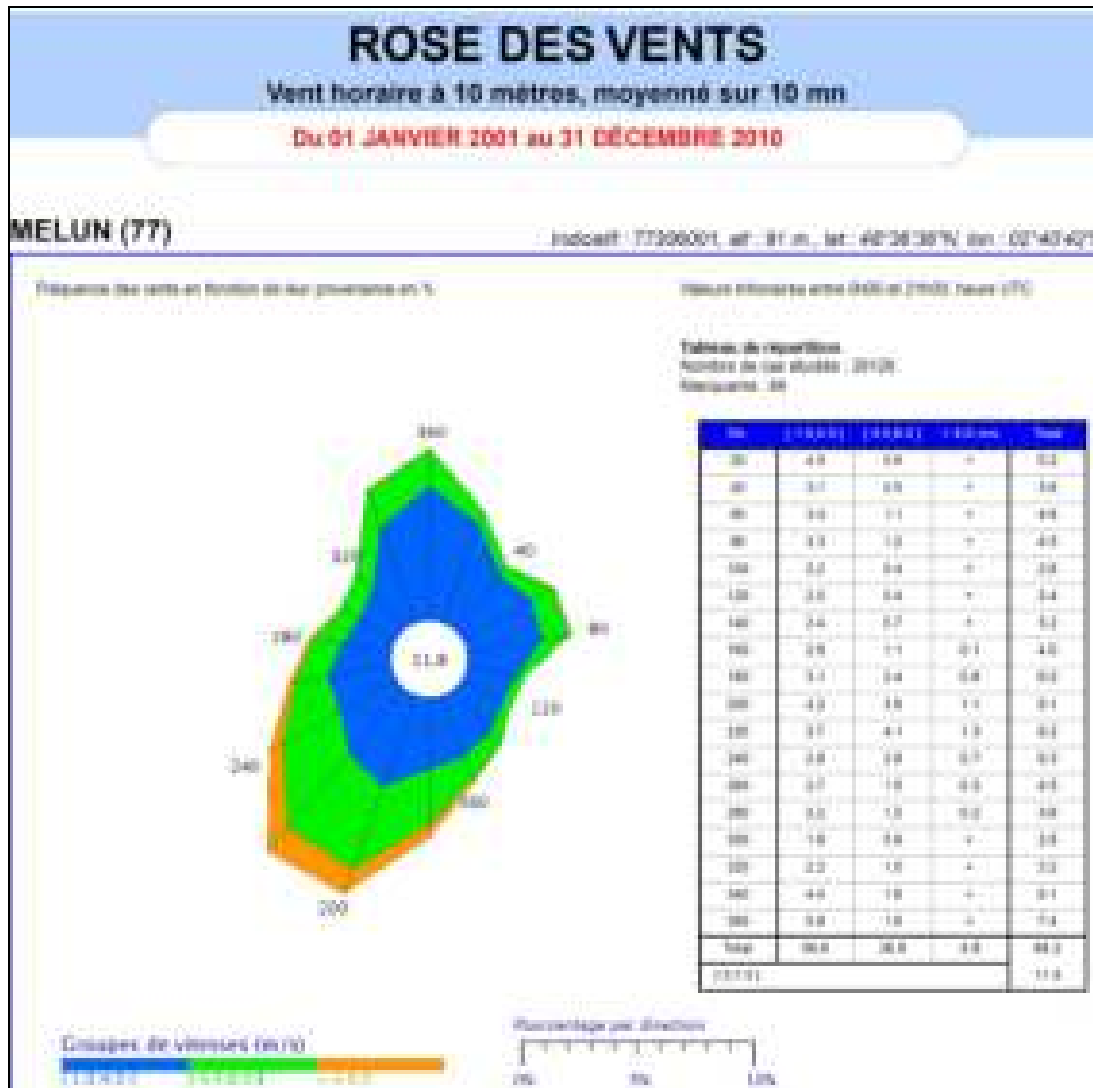


Figure 13 : Rose des vents à la station météorologique de Melun (MétéoFrance)

Pour caractériser les régimes des vents dominants de la zone d'étude, la rose des vents à la station de Melun, station Météo France la plus proche, est utilisée.

Le flux directeur principal est de secteur Sud-ouest. Il sera donc important d'étudier les sources de pollution extérieures au plan d'eau situées au Sud-ouest de celui-ci, puisque elles pourraient être transportées par le vent. Cela étant, comme c'est la forêt de fontainebleau qui est localisé dans ce secteur, il n'y a pas grand risque induit par le transport direct de polluants atmosphériques.

Les vents dominants peuvent par contre entrainer les éléments polluants présents dans le plan d'eau (notamment les flottants) vers la berge Nord-est du lac.

4.2.3.2 Marnage et courantologie

Le niveau du plan d'eau est très stable, le marnage n'excède pas 20 cm. Le plan d'eau étant alimenté par la nappe phréatique, il présente des courants et un marnage très faibles.

4.2.3.3 Débits entrant et sortant de l'hydro système

Des prélèvements sont effectués dans le lac pour arroser le golf. L'eau est pompée avec un débit de $16\text{m}^3/\text{h}$ au nord-est du plan d'eau. L'eau est pompée à l'aide d'une crépine. Le golf est composé de $6\,000\text{ m}^2$ de « greens » et de $4\,000\text{ m}^2$ de « départs ». Le jardinier estime que $6\,000\text{ m}^3$ d'eau sont utilisés chaque année pour l'arrosage, ce qui reste faible au regard du volume total du lac. Le reste du golf serait arrosé par de l'eau de Seine.

Le décor d'eau est également alimenté par de l'eau pompée dans le lac. Les eaux du décor d'eau sont ensuite redirigées vers le bassin à l'ouest de la plage du côté du pont opposé au reste du plan d'eau.



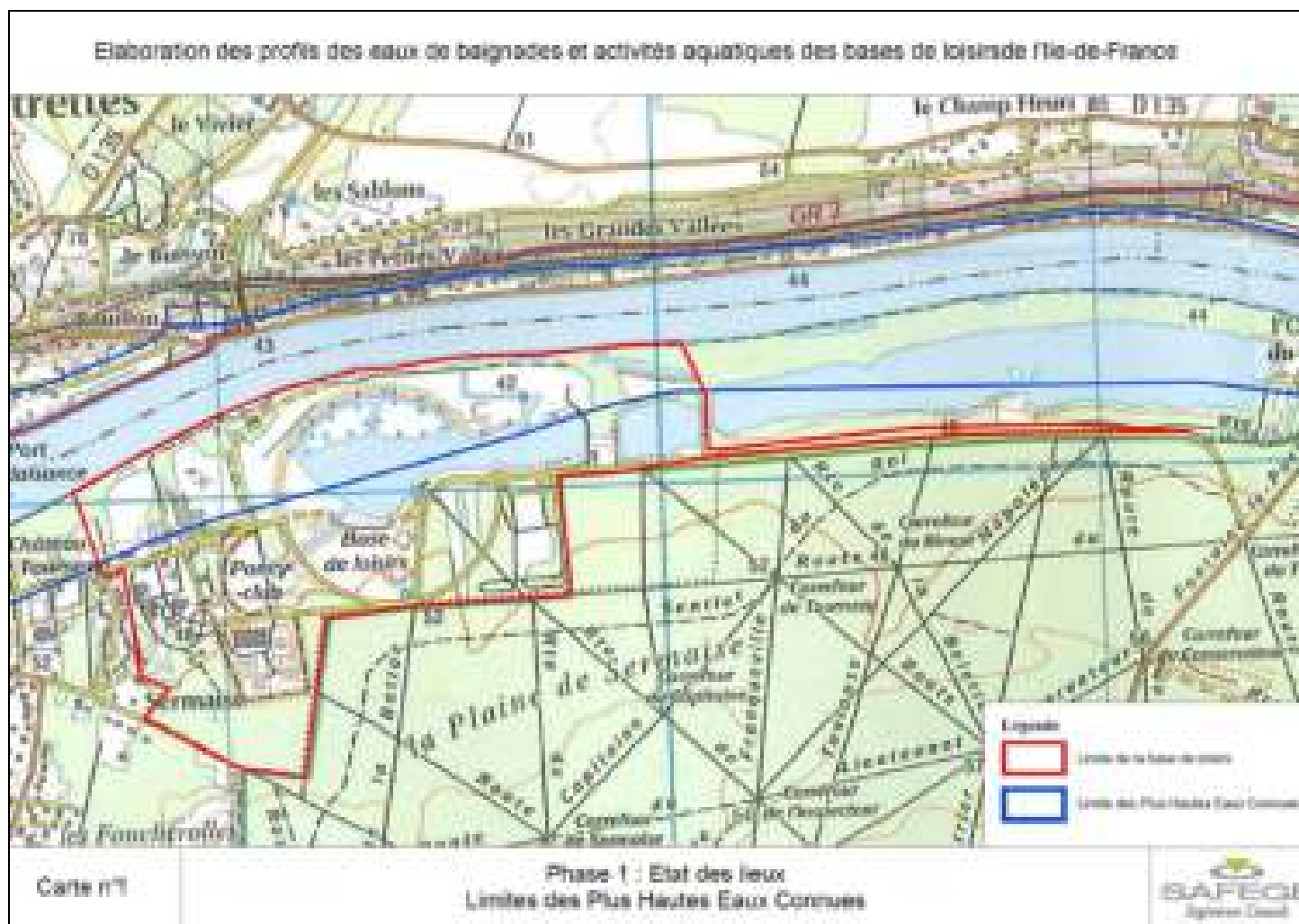
Figure 14 : Schématisation du fonctionnement hydraulique du plan d'eau

4.2.4 Inondations

Les limites des Plus Hautes Eaux Connues (PHEC) de la Seine, datant de la crue de 1910, couvrent la quasi totalité de la base de loisirs de Bois-le-Roi. Même si cette limite n'est pas réalisée avec précision et est donc à prendre comme une information d'ordre général, on peut considérer que toute la base de loisirs est située en zone inondable.

Lors de crues de la Seine, il existe donc un risque de débordement de ce fleuve dans le plan d'eau. La distance entre le cours d'eau et le plan d'eau de Bois-le-Roi est d'environ 100m.

La noue située entre la Seine et le plan d'eau, au niveau du golf, est fréquemment inondée, probablement par remontée d'eau de la nappe et apport depuis le lac.



Carte 1 : Limite des plus hautes eaux connues sur la BPAL de Bois-le-Roi

4.3 Occupation des sols

La carte ci-après présente l'occupation du sol de la base de loisir mais également de sa zone d'étude dite « générale » (périmètre éloigné/bassin versant topographique).

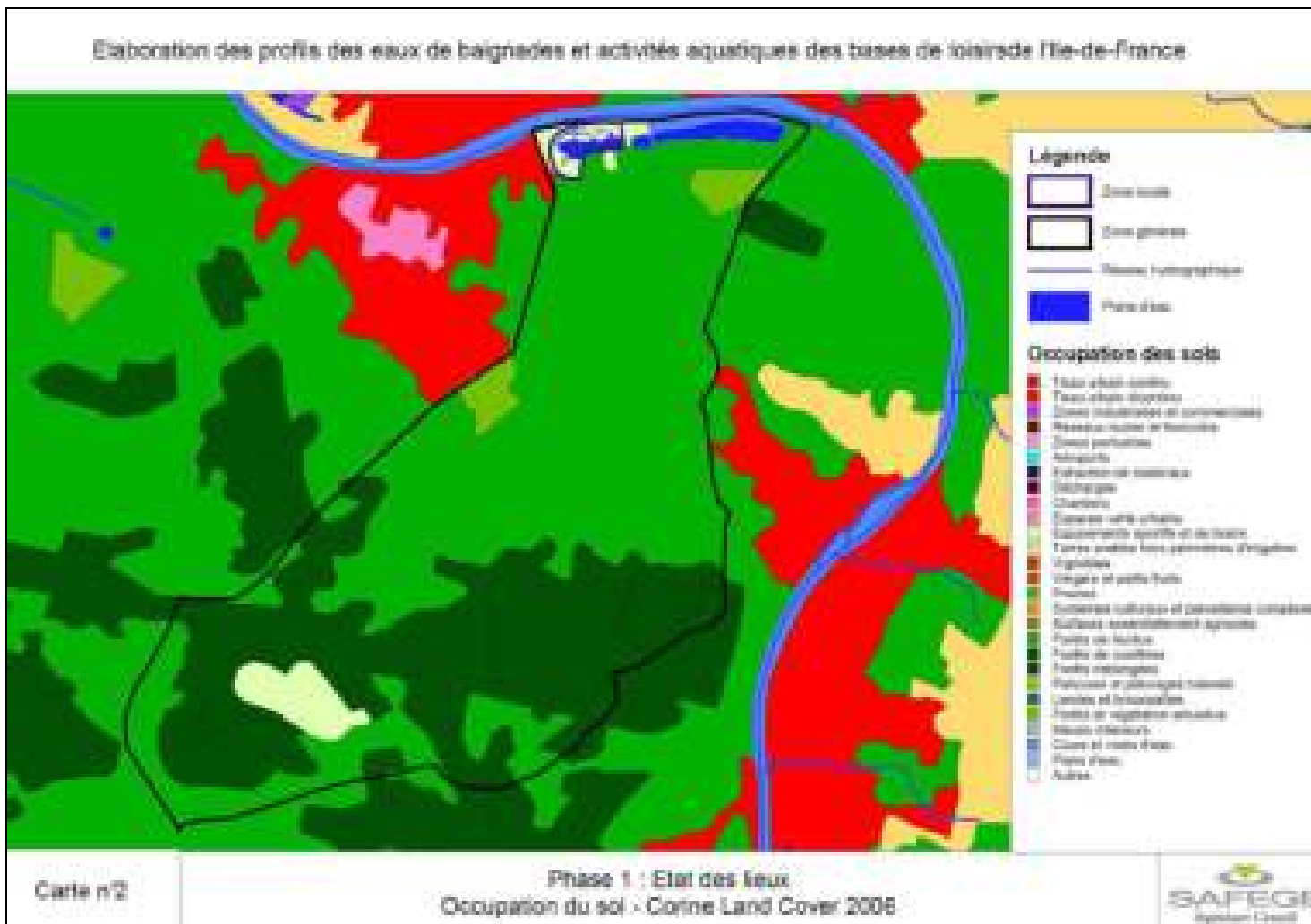
Sur la zone étudiée, on distingue 4 classes d'occupation du sol : forêts (de conifères, en mutation, mélangées), équipements sportifs et de loisirs, tissu urbain discontinu et plan d'eau (correspondant à ceux de la base).

La majeure partie de la zone d'étude générale est occupée par la forêt de Fontainebleau caractérisée, comme toute forêt, par une infiltration élevée et une pollution faible.

Ainsi, une éventuelle pollution du plan d'eau de Bois-le-Roi ne serait pas due au ruissellement de surface mais plus probablement à des réseaux d'assainissement (rejet direct, infiltrations souterraines vers la nappe, mauvais branchements, etc.) ou à une pollution locale provenant directement de la base de loisirs elle-même (animaux, déchets, etc.).



Figure 15 : Occupation du sol détaillée 2008 de la BPAL de Bois-le-Roi (source : IAU IdF)



Carte 2 : Occupation des sols de la zone d'étude (Source : Corine Land Cover 2006)

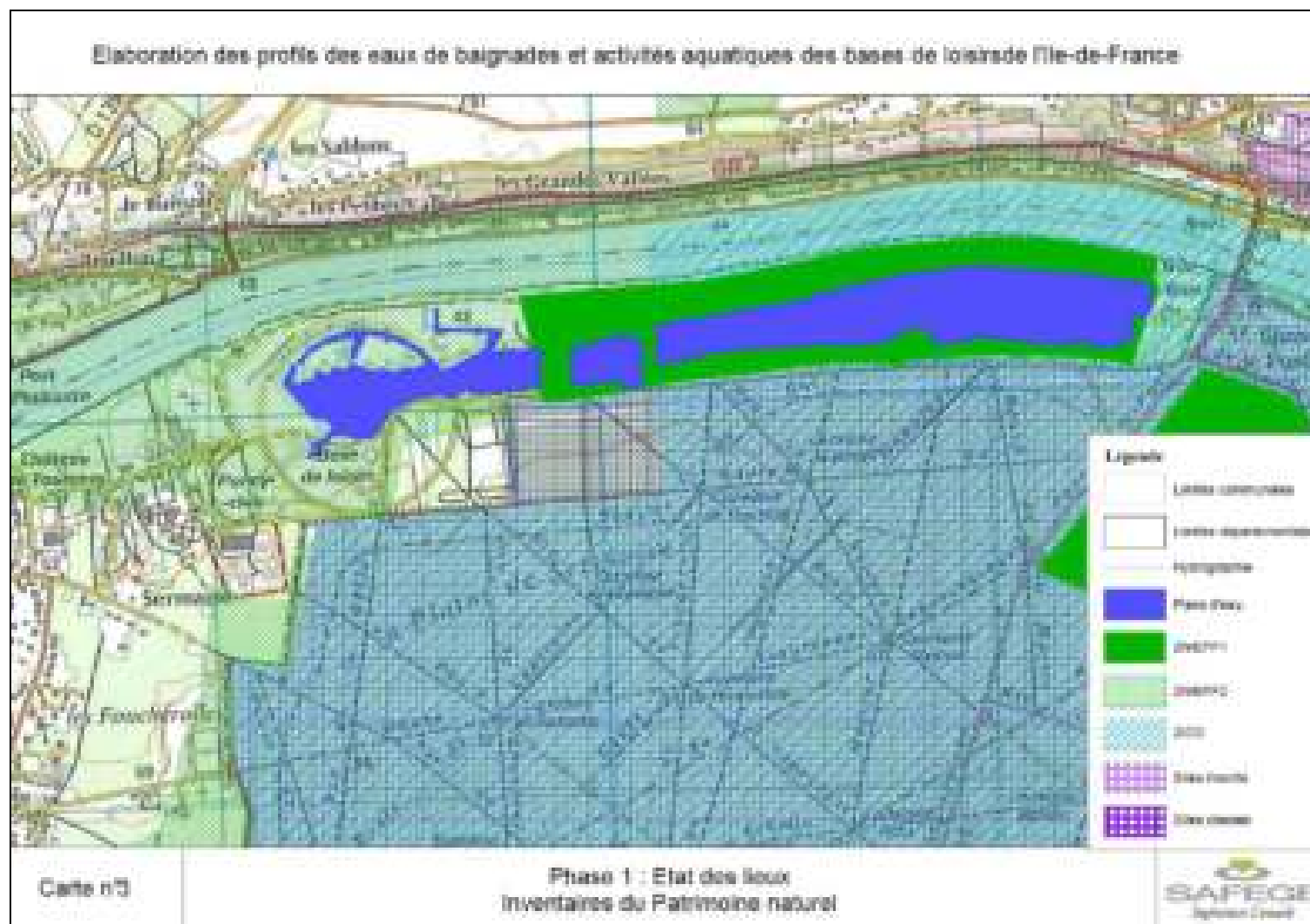
Ainsi, les sols de la base de loisirs sont principalement occupés par des espaces boisés, des espaces verts dits « sportifs » et quelques bâtiments collectifs. C'est un **espace peu urbanisé et non cultivé** ce qui limite les sources de pollution et limite également beaucoup les phénomènes de ruissellement lors de forts événements pluvieux en favorisant au mieux l'infiltration.

4.4 Inventaires et protections du patrimoine naturel

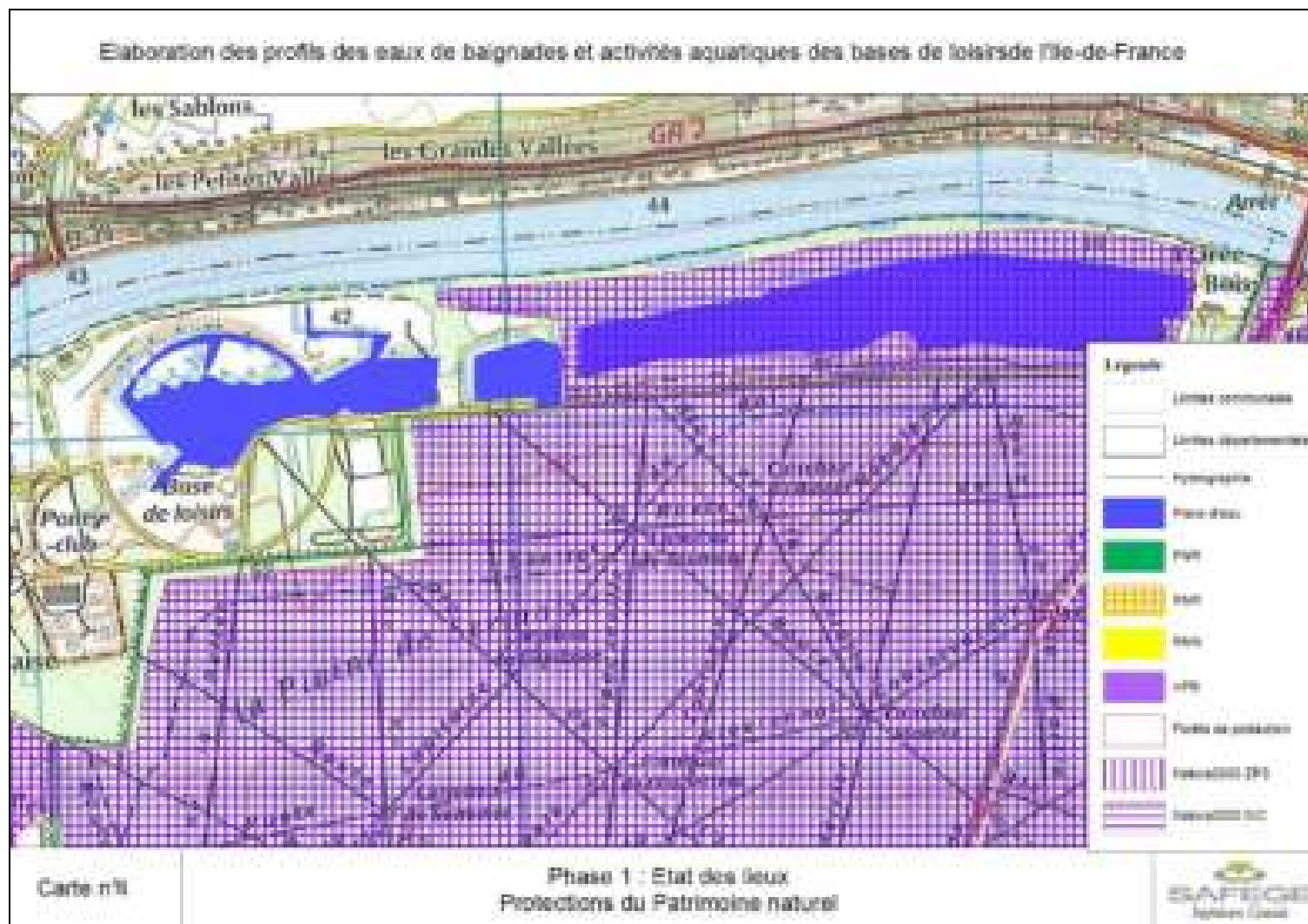
La zone d'étude (limite administrative de la BPAL de Bois-le-Roi) présente les Inventaires et Protections du Patrimoine Naturel suivants :

Tableau 1 : Inventaire et Protections du patrimoine naturel sur la zone d'étude

Type	Nom	N°	Superficie (ha)
ZNIEFF 2	Vallée de la Seine entre Melun et Champagne-sur-Seine	1309	1 055
ZNIEFF 1	Étang de Fontaine le Port	2416004	45,26
ZICO	Massif de Fontainebleau et zones humides adjacentes		36 309
Natura 2000 ZPS	Massif de Fontainebleau	FR1100795	28 102



Carte 3 : Inventaire du patrimoine naturel sur la zone d'étude



Carte 4 : Protections du patrimoine naturel sur la zone d'étude

5

Qualité de l'eau

La Base de loisirs de Bois-le-Roi connaît particulièrement sur son plan d'eau / zone de baignade des **problèmes de turbidité**. Une attention supplémentaire sera portée à cette problématique.

Dans ce qui suit les données sont présentées avec un certain nombre de commentaires. Mais l'analyse intégrée multi paramètres sera réalisée dans le cadre du diagnostic de phase 2.

5.1 Données disponibles

La zone de baignade de la base fait l'objet d'une surveillance de la qualité de l'eau. L'Agence Régionale de Santé (ARS, précédemment la DDASS jusqu'au 31 mars 2010) réalise le contrôle sanitaire des eaux de baignade, alors que la personne responsable de la baignade (PREB) met en place des mesures de surveillance (contrôles visuels et/ou analyses d'eau). **Ce sont les suivis pratiqués de 1999 à 2010 qui ont été exploités dans le cadre de la présente étude.**

Aucune étude ou campagne ponctuelle de mesures n'avait été effectuée avant le démarrage de la présente étude, seules les données de l'ARS étant disponibles.

5.2 Campagne de mesures et acquisition complémentaire de données

Étant donné le peu d'analyses physico-chimiques disponibles sur le plan d'eau de Bois-le-Roi, il était impossible de réaliser un diagnostic qualitatif précis. Il existait également très peu de données sur les sédiments, sur la faune aquatique ou sur les risques parasitaires.

Afin de caractériser les trois risques que sont le risque de prolifération de cyanobactéries, le risque de contamination par les animaux, et le risque de contamination interhumaine, il était nécessaire de disposer de plus d'information. Pour ces raisons, une campagne de mesure a été réalisée.

Le tableau suivant présente les échantillonnages réalisés et analyses associées :

Tableau 2 : Mesures complémentaires réalisées

Prélèvement	Date	Analyses réalisées	
1	23/08/2011	Eau de surface	Microbiologie
2	24/08/2011	Eau de surface et de profondeur	Physico chimie, cyanobactéries et phytoplanctons.
3	24/08/2011	Sédiments	Granulométrie, physico-chimie et fer
4	30/08/2011	Eau de surface	Microbiologie
5	31/08/2011	Eau de surface et de profondeur	Physico chimie, cyanobactéries et phytoplanctons.
6	04/10/2011	Eau de surface	Leptospirose
7	11/10/2011	Eau de surface	Leptospirose

Analyses microbiologiques et leptospirose : prélèvements effectués par le gestionnaire de la base

Analyses physicochimiques : prélèvements effectués par l'ingénieur SAFEGE

Les échantillonnages ont été réalisés par un jour ensoleillé d'été, non venteux et à une heure de fréquentation potentiellement maximale des eaux de baignade.

Les analyses prévues en laboratoire sur les échantillons d'eau prélevés étaient les suivants :

Analyses microbiologiques

Escherichia coli ;

Entérocoques intestinaux;

Staphylocoques pathogènes ;

Pseudomonas aeruginosa.

Leptospirose.

Analyses physicochimiques

pH, température, conductivité ;

MES ;

dureté totale, TAC, hydrogenocarbonates ;

COT ;

Silice (SiO₂) ;

nitrate, nitrite, ammonium ;

orthophosphates (PO₄), phosphore total ;

Fer total ;

La chlorophylle a et les phéopigments ;

Autres analyses biologiques :

dénombrement phytoplanctonique et notamment des cyanobactéries.

Par ailleurs, les paramètres suivants devaient être mesurés **in situ lors de ces échantillonnages**:

Température, pH, Oxygène dissous (au niveau de la surface de l'eau et un profil vertical tous les mètres de profondeur pour le point central du plan d'eau) ;

Profondeur de disparition du disque de Secchi (m).

De plus, un échantillon de sédiment devait être prélevé, sur lesquels les paramètres de qualité des **sédiments** suivants devaient être analysés :

Granulométrie

granulométrie ;

Physicochimie

matière sèche ;

carbone organique total ;

azote Kjeldahl ;

phosphore total ;

calcaire total ;

Métaux

fer total.

Les commentaires suivants peuvent être faits sur les mesures effectivement réalisées :

les dénombrements phytoplanctoniques ne correspondent pas à la précision requise, puisque seuls les nombres de colonies par classe de phytoplancton, et les cyanobactéries au niveau du genre sont fournis ;

certains seuils d'analyse sont trop élevés pour tirer des conclusions définitives. C'est notamment le cas des orthophosphates et du phosphore total, mais aussi des nitrates et de l'ammonium.

La leptospirose a pas été mesurée en octobre et non pas en août, car le laboratoire ne pouvait finalement pas faire ces analyses sur les échantillons prélevés en août dans un délai acceptable ;

5.3 Qualité physico-chimique des eaux et des sédiments

5.3.1 Qualité des eaux

Les résultats des suivis faits entre 2001 et 2010 montrent qu'aucun problème de mousse, de présence d'huile, de phénol, de résidus goudronneux, de matières flottantes et de changement de coloration anormale n'a été constaté.

Les paramètres suivis dans la masse d'eau sont présentés ci après.

Les mesures in situ réalisées lors des échantillonnages de fin août 2011 sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Résultats des mesures in situ faites les 24 et 31/08/2011

Base de loisirs	Date	Heure	Conditions	Profondeur max m	Turbidité Disque de secchi m	Profondeur m	T° °C	pH	O2	
									mg/L	%
Bois le Roi	24/08/11	15h	ensoleillé, chaud, pas de vent, bonne fréquentation	2 à 3 m	0,3 m pas d'algues mais très trouble	0.1	25	8.65		
						0.5	24,8	8.65	2.3	28.2
						1	24,3	8.5	2.9	35.9
						1.5	22,9	8.1		
						2	21,6	7.8	2.67	32.8
	31/08/11	15h10	ensoleillé, 25°, pas de vent, bonne fréquentation	2 à 3 m	0,4 m	0.1	21,75	8.37	3.57	42.2
						0.5	21,45	8.24	3.69	43.3
						1	21,1	8.24	3.8	44.3
						1.5	21,04	8.1	3.75	43.9
						2	20,40	8.17	3.65	43.2

5.3.1.1 Température

La température de l'eau de la zone de baignade de Bois-le-Roi est mesurée régulièrement, mais les mesures ne sont généralement réalisées qu'aux mois de juin, juillet et août de chaque année à une profondeur de 30 cm sous la surface et dans une colonne d'eau profonde d'au moins 1 m (norme NF EN ISO 19458). Les résultats sont rapportés sur la figure suivante :

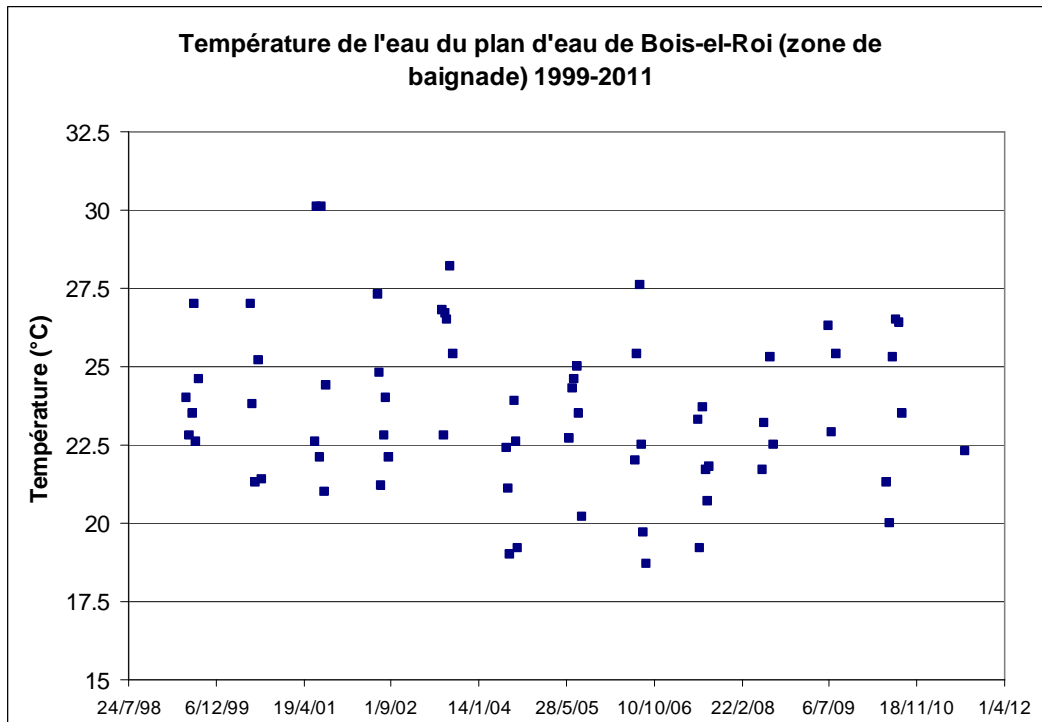


Figure 16 : Évolution de la température de l'eau de la zone de baignade entre 1999 et 2011 (données ARS jusqu'en 2010 plus mesures Safege en 2011)

On observe, sur le graphique ci-dessus, que le plan d'eau présente des températures souvent très élevées. Cela s'explique par deux phénomènes. D'abord la faible profondeur du plan d'eau conduit à ce que le réchauffement soit exacerbé car il n'y a pas de mélange avec des eaux profondes moins chaudes. Ensuite, les eaux sont stagnantes et ne sont donc que très peu renouvelées.

Lors des visites terrain d'août 2011, SAFEGE a réalisé des profils thermiques de l'eau au centre du plan d'eau (1 mesure tous les 50 cm d'une même colonne d'eau), les résultats sont les suivants :

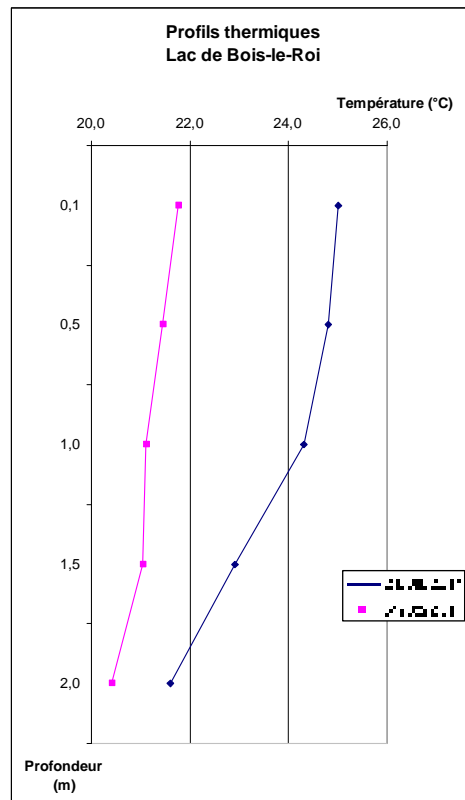


Figure 17 : Profils thermiques du lac de Bois-le-Roi – août 2011

Le plan d'eau semble présenter une stratification thermique intermittente en fonction de la météorologie. Cette stratification peut atteindre 3°C ce qui est déjà significatif par rapport à la faible profondeur du plan d'eau. Une analyse plus fine pourra être réalisée en phase 2.

5.3.1.2 Transparence

La transparence du lac de Bois-le-Roi est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi. Les deux dernières valeurs apparaissant sur le graphique ci-dessous (24 et 31 août 2011) ont été mesurées par SAFEGE lors de nos propres visites terrain en août 2011.

Le lac de Bois-le-Roi présente globalement une **mauvaise transparence** (de 10cm à 1m20, au mieux, sur 12 ans) liée à d'importants problèmes de turbidité que l'on suppose dus à la remise en suspension des particules de fond (ce point sera évalué dans le rapport de phase 2).

Les mesures sont réalisées préférentiellement aux mois de juin, juillet, août. Les moyennes mensuelles obtenues sont assez homogènes, puisqu'elles varient de 0,8 à 0,6m de Juin à Août.

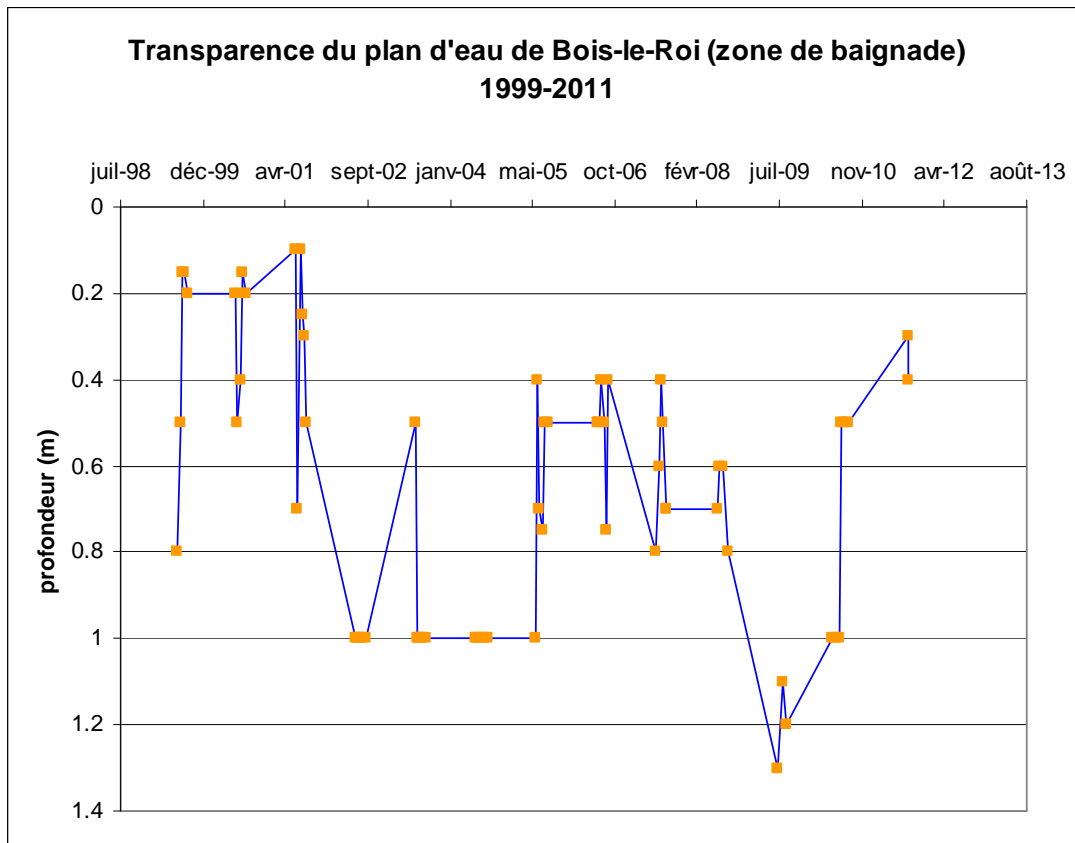


Figure 18 : Transparence mesurée au disque de Secchi sur le lac de Bois-le-Roi

La turbidité est une problématique majeure du lac de Bois-le-Roi, car la plupart des valeurs sont inférieure à l'ancien seuil réglementaire de 1m autorisant la baignade. Cette problématique sera analysée en phase 2 de l'étude.

5.3.1.3 Gradient d'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre intégratif car il dépend des échanges dans la masse d'eau, de la température, de la consommation d'oxygène lié à la dégradation de la matière organique, et sa production par l'activité photosynthétique.

Les suivis qualitatifs disponibles ne comprenaient pas de mesure de l'oxygène dissous.

Deux campagnes de mesure d'oxygène dissous dans le Lac de Bois-le-Roi ont donc été menées sur la hauteur de la colonne d'eau (2m de profondeur minimum) ; la 1^{ère} le 24 août 2011 et la 2nd le 31 août 2011. Les résultats sont présentés sur la figure suivante.

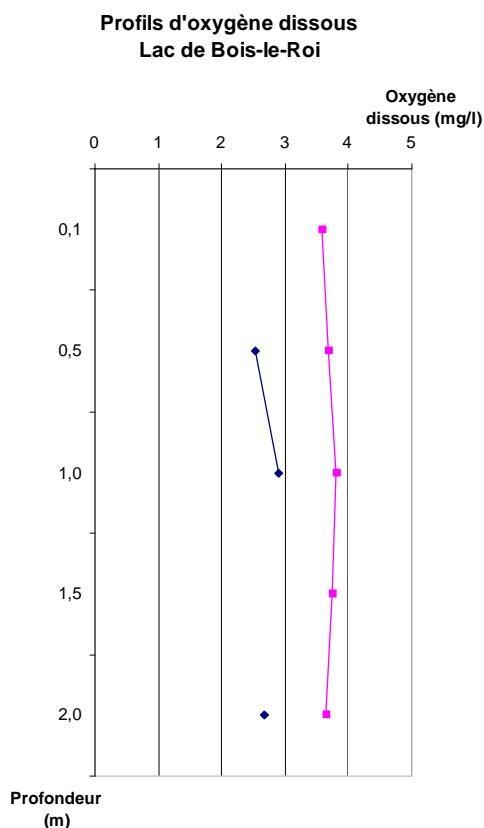


Figure 19 : Profils des teneurs en oxygène dissous du lac de Bois-le-Roi – août 2011

Les mesures réalisées par SAFEGE en août 2011 montrent des taux d'oxygène dissous homogènes sur la profondeur et faibles. Ces valeurs sont cependant incohérentes avec les autres résultats obtenus, et il est possible qu'il y ait eu un problème de capteur. Ainsi, l'analyse croisée des autres paramètres suivis laisse à penser que la teneur en oxygène dissous devrait être proche de la saturation, voire occasionnellement en sursaturation, et c'est cette hypothèse que l'on retiendra comme probable.

5.3.1.4 pH

Le pH est un élément intégratif au même titre que l'oxygène dissous. Il dépend à la fois de l'équilibre calco carbonique de l'eau, mais aussi de la consommation de CO_2 par la production primaire et de la dégradation de la matière organique.

Les résultats obtenus pour ce paramètre de 1999 à 2010 sont présentés ci après. Par ailleurs, les profils verticaux de pH dans la colonne d'eau réalisés en 2011 dans le cadre des compléments de mesures sont également présentés ci après.

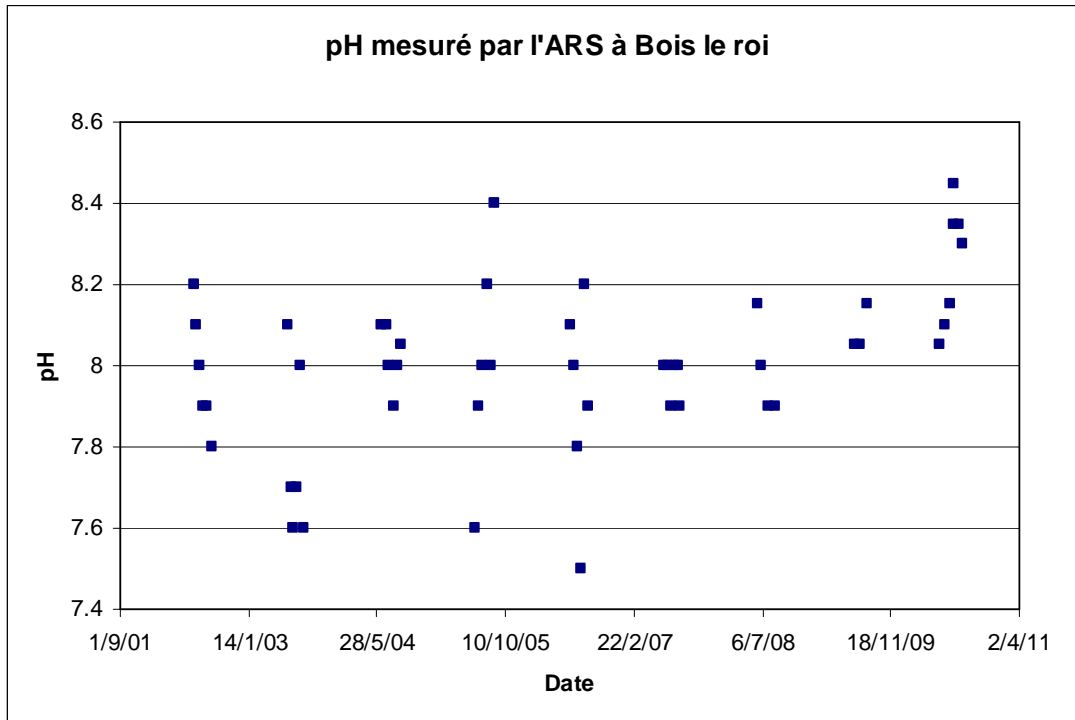


Figure 20 : Mesures du pH réalisées dans la zone de baignade de Bois le roi

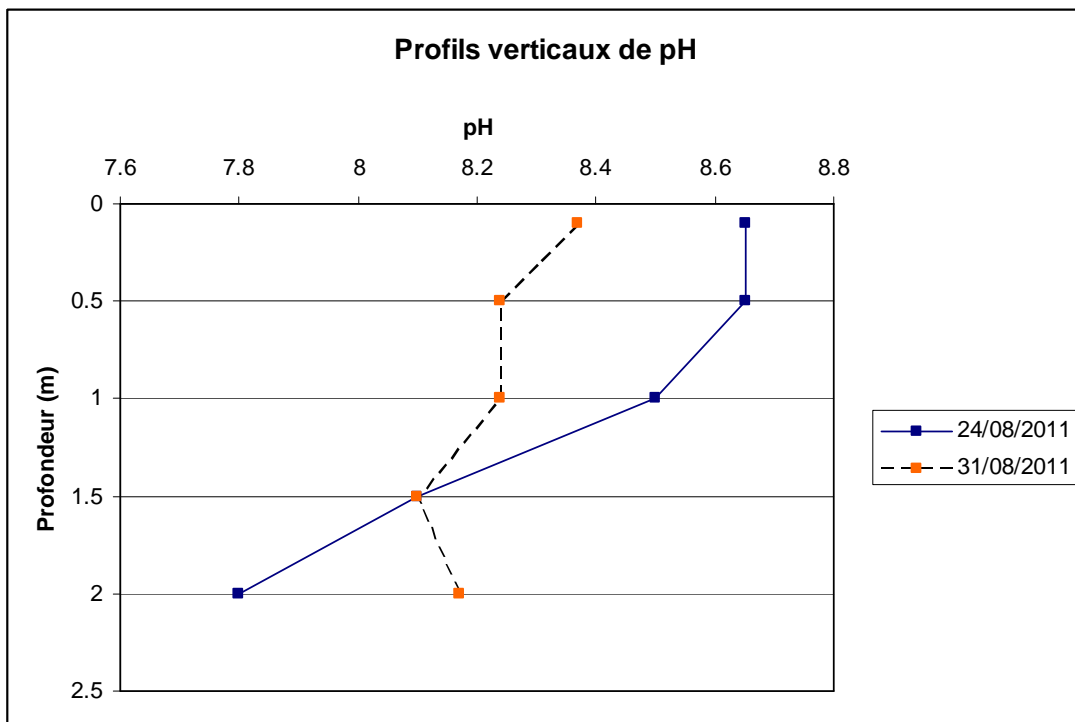


Figure 21 : Profils verticaux de pH mesurés dans le plan d'eau de Bois le roi lors des deux campagnes de suivi réalisés en 2011

On peut tirer les enseignements suivants. Le pH est systématiquement supérieur à 7 avec des valeurs ne dépassant pas 8,6 ce qui traduit des eaux assez tamponnées et

alcalines. Il y a un gradient vertical de pH à certaines occasions (24 août 2011 par exemple) qui traduit sans doute l'impact de la production primaire à proximité de la surface.

5.3.1.5 Suivi de paramètres physico-chimiques mesurés lors des campagnes de l'été 2011

Aucune étude spécifique n'avait été réalisée avant le démarrage de la présente étude. Les compléments de suivis réalisés en Août 2011 avaient donc pour objectif de compléter les données existantes pour permettre d'en tirer des enseignements dans la perspective du diagnostic du fonctionnement du plan d'eau et notamment du risque de prolifération des cyanobactéries.

Les résultats des analyses pratiquées les 24 et 31 août 2011 sont présentés en annexe 1 au présent rapport.

Sans empiéter sur le rapport de phase 2, on peut faire les commentaires suivants :

La colonne d'eau est assez homogène, ce qui s'explique par la faible profondeur du lac. Par contre il y a quand même quelques écarts notables entre le fond et la surface.

Les teneurs en MES sont plus fortes au fond ce qui s'explique par la proximité des sédiments. Les valeurs trouvées sont plutôt élevées, même à proximité de la surface du lac.

Il est difficile de commenter les teneurs en éléments nutritifs, compte tenu des seuils élevés des protocoles de mesures utilisés par le laboratoire. Il semble tout de même que lors des deux suivis, les teneurs en azote étaient faibles, et il n'y avait pas de pics d'ammonium. Par ailleurs, la silice n'était pas limitante. Quant au phosphore, il est malheureusement impossible de conclure, car le seuil d'analyse est supérieur au seuil d'eutrophisation.

L'eau a une dureté moyenne ce qui conforte ce que l'on peut interpréter du pH ;

Il y a un peu de matière organique dans l'eau sans que cette valeur soit très élevée ;

Il y a du fer dans l'eau, plus particulièrement dans les eaux de fond, ce qui traduit une origine possible à partir des sédiments fins.

5.3.2 Qualité des sédiments

Des prélèvements de sédiments ont été réalisés le 24 août 2011 par SAFEGE (milieu du lac, près de l'extrémité de la zone de baignade), les résultats sont les suivants :

Tableau 4 : Résultats d'analyse sur sédiments du lac de Bois le Roi prélevés le 24/08/2011

	Paramètre	Résultat	Unité
Granulométrie	Fraction > 2mm	< 1,0	%
Physico chimie	Matière sèche	30	% pro. brut
	Carbone organique total	3,1	% prod. sec
	Azote Kjeldahl	4 170	mg/kg sec
	Phosphore total en P	710	mg/kg sec
Métaux	Calcaire total CaCO ₃	530	g/kg sec
	Fer total	19 000	mg/kg sec

Par ailleurs, la granulométrie réalisée sur l'échantillon de sédiment est présentée dans la figure suivante (voir résultats complets en annexe 1 au présent rapport).

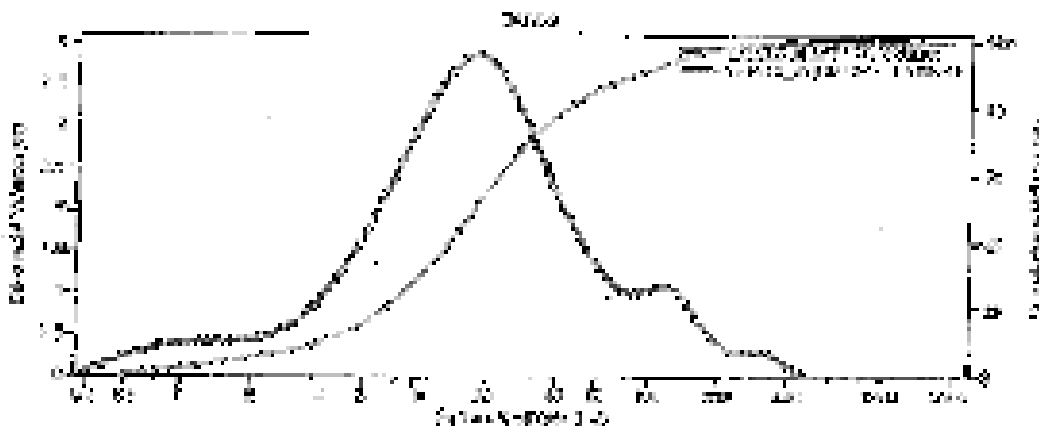


Figure 22 : Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le roi (échantillon prélevé le 24 Août 2011)

Ces résultats permettent de tirer quelques enseignements :

On note que la taille médiane des particules est de 18µm ce qui traduit la présence de particules fines en quantité importante dans l'eau, et impacte la turbidité des eaux ;

Sans être très faible la teneur en carbone organique n'est pas excessive non plus ;

Les éléments nutritifs sont également présents en proportion moyenne, sans franche déséquilibre entre les paramètres.

Il y a du fer, sans doute sous forme solide pour l'essentiel.

5.4 Indicateurs de qualité biologique des eaux

5.4.1 Production primaire et phytoplancton

Les résultats des analyses complémentaires réalisées dans le cadre du suivi de l'été 2011 sont présentés en annexe 1 au présent rapport.

Les analyses de chlorophylle a et des phéopigments permettent de faire ressortir une certaine variabilité en fonction de la profondeur, qui n'est notable que lorsque le lac est stratifié verticalement. Les valeurs de chlorophylle a sont plutôt caractéristiques d'un plan d'eau mésotrophe à eutrophe. Par ailleurs, la biomasse phytoplanctonique serait dans un état correct.

Ces données sont partiellement contredites par les relevés de spéciation phytoplanctonique, qui laissent à penser qu'il y a peu de phytoplancton. Cela étant ces dénombrements ne consistent qu'en un peuplement par classe et par colonies à l'exception des cyanobactéries qui sont identifiées au niveau du genre. Par ailleurs, dans tous les cas ces dénombrements ne sont fournis qu'en nombre de colonies, ce qui n'a pas forcément une signification forte. On ne peut que déplorer cette grille d'analyse incomplète. Il est de fait très difficile d'interpréter ces résultats. On peut tout de même faire apparaître la présence occasionnelle de cyanobactéries de type *Oscillatoria*, potentiellement toxiques. D'autres classes phytoplanctoniques sont identifiées, mais à une précision ne permettant pas une analyse fine des équilibres biocénétiques. On peut cependant percevoir des assemblages potentiellement liés à des contaminations organiques. Ce point sera réabordé dans le rapport de phase 2.

5.4.2 Peuplement piscicole

Le lac abrite plusieurs espèces de poissons. D'après les responsables du plan d'eau sont présentes, entre autres, les espèces suivantes : la carpe, le poisson-chat, le black Bass et le brochet.

Un rempoissonnement a eu lieu il y a trois ans.

Cependant aucune étude à ce jour n'a été réalisée quand à la population piscicole précise du plan d'eau, ni en biomasse, ni en terme de biodiversité.

5.5 Analyse de la qualité bactériologique des eaux de baignades

5.5.1 Classement de la directive 2006

Les méthodes d'évaluation et de classement de la directive 2006 sont sensiblement différentes de celles actuellement en vigueur (directive 1976). Pour l'essentiel, on retiendra que :

l'évaluation bactérienne implique uniquement les paramètres **et** , le paramètre « Coliformes Totaux » est abandonné ;

Le classement est opéré à partir des résultats d'analyses obtenus **sur quatre saisons successives** au lieu d'une seule ;

La méthode de classement est basée sur un **calcul de percentile**⁴ alors que la directive 1976 prenait en compte le pourcentage de résultats au dessus d'un seuil (valeur guide ou impérative). Par ailleurs, les valeurs guides et impératives ont été revues.

Les **paramètres physico-chimiques ont été abandonnés**.

Ces différents éléments sont rappelés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 5 : Modifications des seuils entre les directives de 1976 et 2006 (valeurs en N/100mL)

Paramètres microbiologiques	Directive de 1976		Directive de 2006	
	Valeur guide	Valeur obligatoire	Valeur guide	Valeur obligatoire
Coliformes totaux	500	10000	/	/
<i>Escherichia coli</i>	100	2000	250	500
Entérocoques intestinaux	100	/	100	200

⁴ **Fondé sur l'évaluation du percentile de la fonction normale de densité de probabilité log10 des données microbiologiques.** La valeur du percentile est calculée de la manière suivante (source : texte de la directive): i) Prendre la valeur log10 de tous les dénombrements bactériens de la séquence de données à évaluer ii) Calculer la moyenne arithmétique des valeurs log10 (μ). iii) Calculer l'écart type des valeurs log10 (σ). La valeur au 90e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante: 90e percentile supérieur = anti log ($\mu + 1,282 \sigma$). La valeur au 95e percentile supérieur de la fonction de densité de probabilité des données est tirée de l'équation suivante: 95e percentile supérieur = antilog ($\mu + 1,65 \sigma$).

Tableau 6 : Comparaison des méthodes de calcul du classement de la directive de 1976 et de la directive 2006 (valeurs en N/100mL)

Directive 1976 : Sur 1 an				
Classement	A (Bonne)	B (moyenne)	C (momentanément polluée)	D (mauvaise)
<i>Escherichia coli</i>	80%<100 95%<2000	95%<2000	5 à 33%<2000	Plus de 33%>2000
Entérocoques intestinaux	90%<100			
Coliformes totaux	80%<500 95%<10000	95%<10000	5 à 33%<10000	Plus de 33%>10000
Directive 2006 : Sur 4 ans				
Classement	Excellente	Bonne	Suffisante	Insuffisante
<i>Escherichia coli</i>	Percentile 95 ≤ 500	Percentile 95 ≤ 1000	Percentile 90 ≤ 900	Percentile 90 > +900
Entérocoques intestinaux	Percentile 95 ≤ 200	Percentile 95 ≤ 400	Percentile 90 ≤ 330	Percentile 90 > +330

Remarque : dans la suite de l'étude, les mesures dont les valeurs sont non discrétisées (notées <15) sont considérées égales au seuil minimal de détection de la méthode analytique utilisée (c'est à dire 14 n/100 ml) pour la réalisation des calculs.

5.5.2 Évolution de la qualité bactériologique des eaux de baignade

Le classement de la qualité des eaux a été déterminé avec les critères de la réglementation actuelle (directive 1976) et avec ceux de la directive 2006.

Les analyses sont réalisées sur le plan d'eau par l'ARS. Nous avons utilisé les données depuis 1999 pour le plan d'eau principal (zone de baignade) de Bois-le-Roi.

Le point de suivi est localisé au centre de baignade surveillée (les prélèvements ont lieu normalement au centre de la zone surveillée délimitée par des bouées et cordages).

Les coordonnées de ce point de surveillance (PSV) sont les suivantes :

Département	Commune du site	Nom du site	Code PSV	Nom du PSV	Coordonnées Lambert II - X	Coordonnées Lambert II - Y
77	BOIS-LE-ROI	BOIS LE ROI BASE DE LOISIRS	2439	BL - BOIS-LE-ROI - U.C.P.A.	628 374,00	2 387 214,00



Figure 23 : Localisation du point de prélèvements de l'ARS (source : site du Ministère chargé de la Santé)

Le classement de la zone de baignade de Bois-le-Roi a été calculé à partir des données fournies par l'ARS. Les résultats sont dans le tableau suivant :

Tableau 7: Évolution du classement de la qualité bactériologique des eaux de baignade 1999-2010

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Classement ancienne directive	A	B	B	A	B	B	B	B	A	A	A	B
Classement nouvelle directive				Exc.	Exc.	Exc.	Exc.	Exc.	Exc.	Exc.	Exc.	Exc.

(Exc. = Excellente)

L'application du classement de la directive 2006, qui se base sur 4 années de données consécutives, et sur la méthode de calcul des percentiles, entraîne un classement de la plage en qualité « excellente » jusqu'en 2010 alors que la directive 1976 classe la plage en 2010 en qualité « B ».

Avec le calcul sur 4 années des percentiles pour la directive 2006, les pics de contamination isolés sont moins pénalisants que pour le classement de la directive 1976 qui se base sur des pourcentages annuels de valeurs inférieures à un seuil. Ceci explique que la nouvelle directive aboutisse à un meilleur classement.

Les tendances évolutives des teneurs en germes bactériens sont représentées par le graphique suivant. Les mesures bactériologiques ayant une variance très élevée, il s'agit de l'évolution des moyennes mobiles des paramètres mesurés entre 1999 et 2010 pour *E. coli* et les entérocoques intestinaux (Ent.).

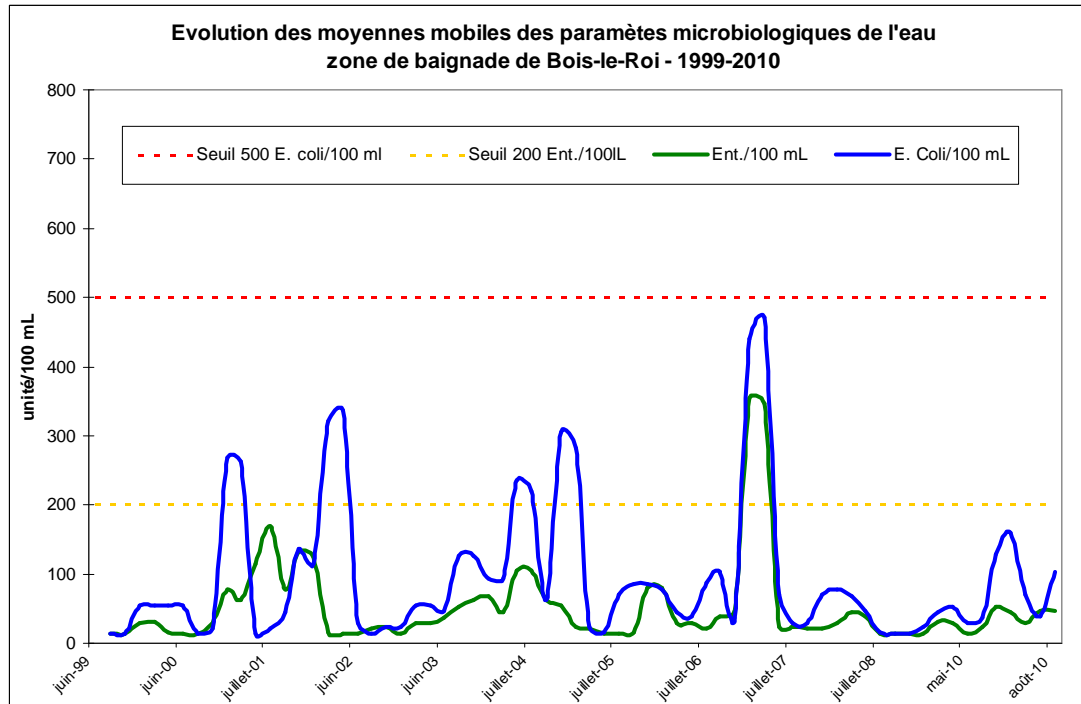


Figure 24 : Évolution des moyennes mobiles des paramètres bactériologiques Zone de baignade de Bois-le-Roi 1999- 2010

L’analyse de ce graphique montre une tendance générale stable pour l’évolution des différents paramètres bactériologiques depuis 1999. Les teneurs se situent généralement en-dessous des seuils obligatoires imposés par la directive 2006.

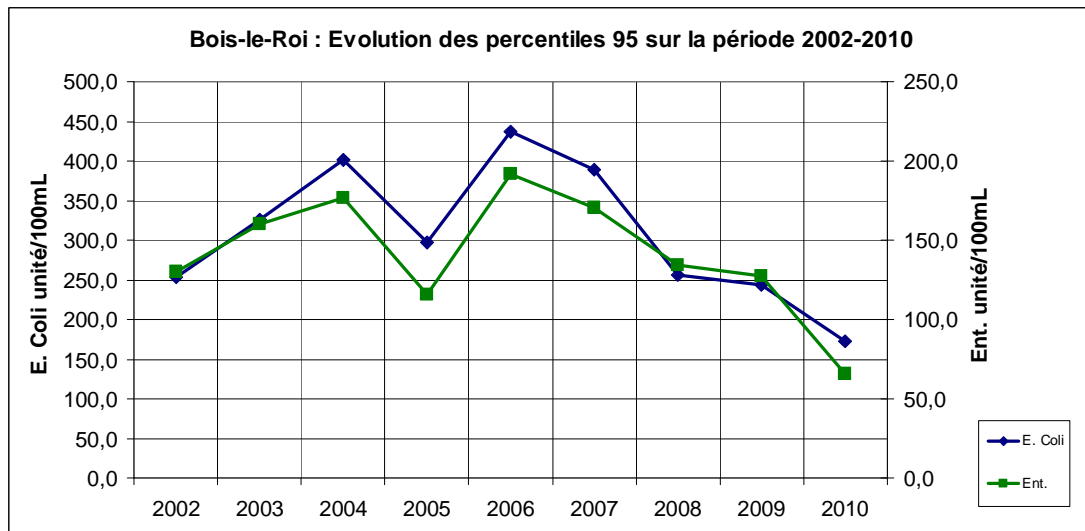
Cependant un dépassement important du seuil obligatoire de 200 unité/100ml pour les entérocoques intestinaux apparait en août 2006.

Tableau 8: Détail du suivi de la bactériologie de la plage de Bois-le-Roi de 1999 à 2010

Bois-le-Roi		1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
E. Coli	nb de mesures	6	5	6	6	6	6	6	6	6	4	3	7	
	nb de dépassement des seuils :	100	0	1	2	0	2	2	2	2	0	0	0	3
		2 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Entérocoques	nb de dépassement du seuil :	100	0	1	3	0	0	1	1	1	0	0	0	
Coliformes Totaux	nb de mesures	0	0	0	6	6	6	6	6	6	4	3	0	
	nb de dépassement des seuils :	500	-	-	-	0	2	1	2	2	0	0	0	
		10 000	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	

Le tableau ci-dessus n’indique non pas les moyennes mobiles mais bien les valeurs des mesures ponctuelles. Ce tableau présente les dépassements de seuils selon la directive 1976, plus sévère que la directive 2006.

Le graphique suivant présente lui les dépassements de seuils selon la directive 2006 :



**Figure 25 : Évolution des percentiles 95 pour E. Coli et les Entérocoques de 2002 à 2010
Zone de baignade de Bois-le-Roi**

L'analyse des percentiles d'*E. Coli* et d'Entérocoques montre une **amélioration globale de la qualité des eaux du lac depuis 2006** (pic de pollution). Les percentiles 95 se situent toujours sous les valeurs seuils de la directive 2006 ce qui explique le classement en qualité bactériologique « excellente ».

En conclusion, la qualité bactériologique des eaux du lac de Bois-le-Roi est bonne et même excellente selon la directive 2006, mise à part une pollution ponctuelle en 2006. De plus, on observe une légère amélioration depuis 2006.

5.5.3 Campagne de suivis complémentaires

Un suivi complémentaire a été réalisé dans le cadre de la présente étude. Il visait à vérifier l'état de risque vis à vis des contaminations par les animaux et des contaminations inter-humaines. Les paramètres suivis incluent les *Escherichia coli* et les entérocoques intestinaux, mais aussi les *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa*. Enfin, il devait y avoir un suivi concomitant vis à vis de la Leptospirose, mais cette analyse n'a pu être pratiquée que pendant l'automne 2011.

Les résultats obtenus sont présentés en annexe 1 au présent rapport. On peut tirer les enseignements suivants :

Un pic de germes bactérien est obtenu le 31 Août avec 1500 EC/100ml et 360 EI/100ml. Il conviendra de croiser ces données avec les résultats des suivis réalisés par l'ARS par ailleurs ;

Aucun Staphylocoque n'a été détecté, et les teneurs en *Pseudomonas aeruginosa* restent faibles.

La leptospirose n'a pas été détectée.

Il conviendra dans le rapport de phase 2 de tenir compte du contexte un peu particulier des deux relevés estivaux. L'été 2011 a été plutôt pluvieux et l'affluence

du public moindre que d'habitude. Les risques de contamination par les animaux et inter-humaines seront analysés car ils existent.

Par ailleurs, une recherche de *fucoercaires* a été entreprise en juin 2012, mais sans résultats probants.

5.6 Problématique de prolifération végétale

D'après le gestionnaire de la base nautique, le plan d'eau de Bois-le-Roi ne présenterait **pas de problème de macrophytes, ni de phytoplancton** ; cela étant il n'y a aucun historique qualitatif et quantitatif existant concernant ces deux critères.

Cependant, comme le montre les éléments des analyses complémentaires, il y a des facteurs de risque d'eutrophisation, et de prolifération des cyanobactéries. Ce point sera donc évalué avec attention, au stade du rapport de phase 2.

Inventaire des sources de pollution

6.1 Visite de terrain

Nous avons effectué plusieurs sorties sur le terrain en août 2011 ce qui nous a permis d'analyser les caractéristiques du plan d'eau et de la zone de baignade. Nous nous sommes attachées tout particulièrement aux éléments suivants :

- Définition de la nature et de la géométrie de la plage ;
- Fonctionnement hydraulique de la plage et du plan d'eau ;
- Recensement et localisation des aménagements sur la plage et autour du plan d'eau ;
- Analyse de la topographie de la zone d'étude et recherche des points bas ;
- Recherche des différents apports directs sur le plan d'eau ;
- Analyse de l'occupation du sol à proximité du plan d'eau.

6.2 Sources potentielles de pollution liées à l'assainissement

6.2.1 Organisation de l'assainissement sur la zone d'étude

Sur la zone d'étude locale, l'assainissement est de type collectif avec pompe de relevage. Le réseau est raccordé au système gestion des eaux usées de la ville de Bois-le-Roi

De plus, il existe un bassin de récupération des eaux pluviales au niveau du manège et du jardin pédagogique.

6.2.2 Le réseau d'eaux usées

Le réseau d'eaux usées peut constituer une source potentielle de pollutions bactériologique, organique et nutritive. Elles peuvent affecter le plan d'eau en cas de dysfonctionnement de postes de refoulement ou de déversoir d'orage. Les pertes (fuites) de réseaux peuvent aussi constituer une source de pollution.

La base n'aurait jamais subie de pollution de ce type par le passé. Par ailleurs, peu de source potentielle de pollution de ce type ont été recensées sur la zone d'étude.

Il est principalement à noter une défaillance sur la cafétéria début 2011. Cette défaillance a été réglée avant qu'il n'y ai eu débordement. Donc on peut dire **qu'il n'y a pas eu historiquement de pollution par débordement d'eau usée**, mais on ne peut pas complètement exclure ce risque. Il reste à en peser l'effet potentiel sur le plan d'eau au cas où il se produirait.

6.2.3 Stations d'épuration

Une seule station d'épuration est présente sur la zone d'étude :

- La station d'épuration de Chartrettes :

Cette station collecte les effluents domestiques des villes de Chartrettes, Fontaine-le-Port et Bois-le-Roi.

Elle est localisée sur la commune de Chartrettes en rive droite de la Seine.

La station de Chartrettes rejette les eaux épurées dans la Seine en aval de la base de Bois-le-Roi. Ainsi, même en cas d'accident sur la station combiné à une crue de la Seine, **la base de Bois-le-Roi ne peut à priori subir aucune pollution provenant de la station d'épuration de Chartrettes.**

Mis à part la ville de Bois-le-Roi, aucune autre zone urbanisée ne se situe sur la zone d'étude étendue de la base de Bois-le-Roi ; le reste du bassin versant est occupé par la Forêt de Fontainebleau.

6.2.4 Le réseau d'eaux pluviales

Le réseau pluvial peut constituer une source potentielle de pollution bactériologique, physico-chimique et de substances toxiques dont l'origine peut être multiple :

- Inversion de branchements sur le réseau séparatif : apport d'eaux usées dans le réseau d'eaux pluviales (par exemple : sanitaires) ;
- Pollution bactériologique lessivée lors du lavage des rues (déjections canines, ...) ;
- Pollution bactériologique lessivée lors des forts épisodes pluvieux (dépôts dans le réseau remis en suspension par temps de pluie, lessivage des rues).

Sur le site d'étude :

- les eaux de pluie qui parviennent sur le chemin devant la zone de baignade ne se rejettent pas au droit de la baignade. En effet le chemin représente une barrière aux écoulements qui vont ruisseler dans un fossé à l'est de la plage et dans la retenue d'eau à l'ouest de la plage de l'autre coté du pont. Cela n'exclut donc pas une contamination du plan d'eau, mais elle ne viendra pas directement dans la zone de baignade ;

- **aucun exutoire de réseau d'eaux pluviales** vers le plan d'eau n'a été recensé ; d'après les plans communaux des réseaux d'assainissement, il n'y en a pas ;
- toujours d'après les plans communaux, il existe, sur la base de loisirs, un fossé d'évacuation de l'unique réseau d'eaux pluviales de la base, vers la Seine (cf. figure ci-après) :

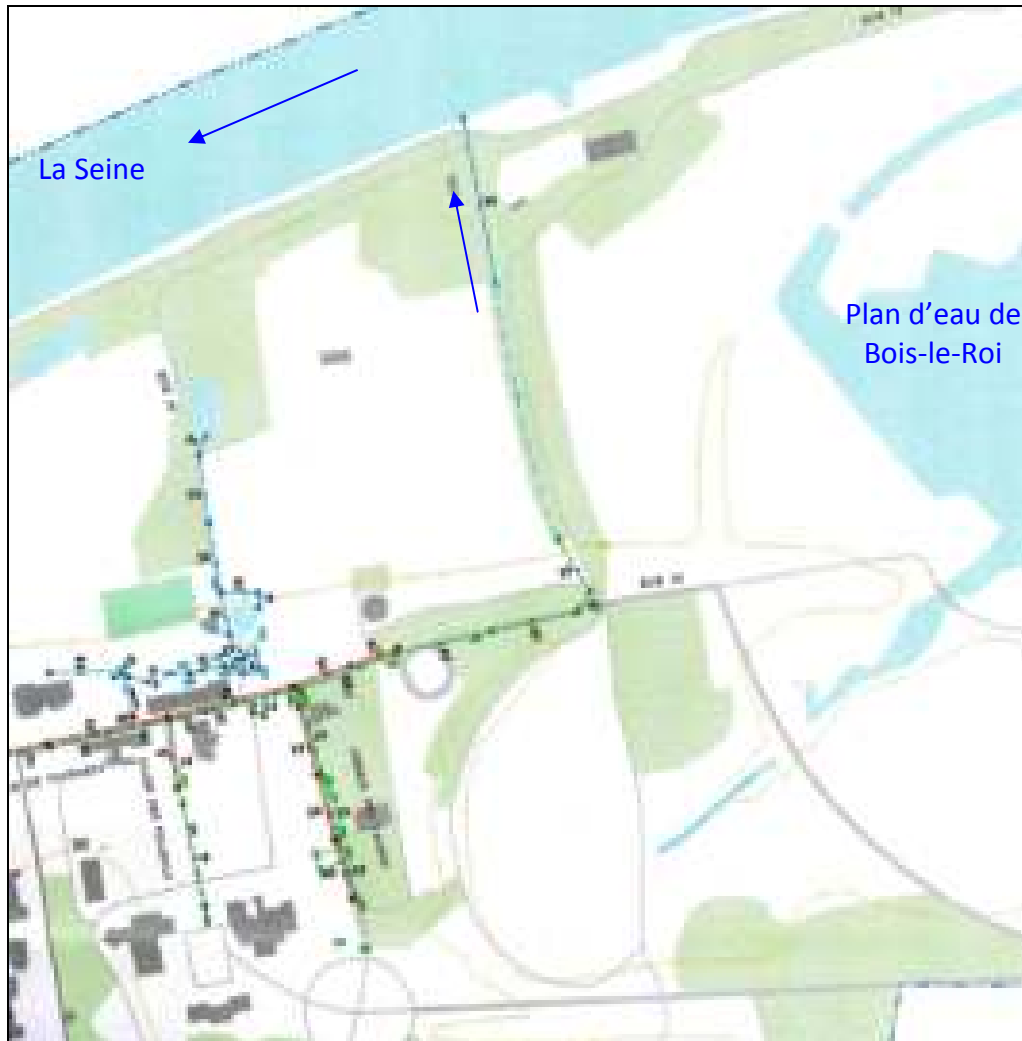


Figure 26 : Extrait du plan des réseaux d'assainissement de la commune de Bois-le-Roi (source : SIA de Bois le Roi, Chartrettes et Fontaine le Port)

6.2.5 Assainissement non collectif

Les systèmes d'assainissement non collectif (ANC) concernent des pollutions potentielles de type diffus. Les problèmes viennent dans ce cas de mauvais fonctionnement ou de non conformité des installations d'assainissement autonome.

Les habitations en assainissement individuel sur la commune de Bois-le-Roi sont les suivantes⁵ :

- Quai de la Ruelle (12 habitations),
- Rue des Marchais (10 habitations),
- Rue du Clos de la Cure (6 habitations),
- Chemin de la Crapinette (6 habitations),
- Allée de la Terre des Roches (5 habitations),
- Sentier des Pannerettes (4 habitations),
- Rue de la Forêt (3 habitations),
- Rue du Moulin (2 habitations),
- Rue des SESCOIS (2 habitations),
- Avenue Paul Doumer (1 habitation),
- Rue Désiré Bourgoin (1 habitation),
- Avenue Joffre (1 habitation),
- Avenue Alfred Roll (1 habitation),
- Rue Michelet (1 habitation),
- Avenue Galiéni (1 habitation),
- Avenue Foch (1 habitation),
- Avenue du 23 août (1 habitation),
- Rue du Collinet (1 habitation),
- Rue du Vignoble (1 habitation),
- Chemin de Chailly (1 habitation),
- Rue du Cormier (1 habitation),

Parmi elles, plusieurs seront raccordées au réseau d'assainissement collectif d'ici 2015 (planning du SIA), à savoir :

- Avenue du Maréchal Leclerc (16 habitations),
- Rue des Foucherolles (9 habitations),
- Allée de Barbeau (28 habitations),
- Allée de la Source (18 habitations),
- Rue du Buisson Cheydeau (7 habitations).

Il n'existe pas de carte de localisation de ces habitations, il est donc difficile de connaître leur impact exact sur le plan d'eau de la base de loisirs de Bois le Roi. Cependant, la plupart de ces rues sont très éloignées du plan d'eau et ne peuvent

⁵ Source : Service SPANC de la Communauté de Communes du Pays de Seine, 09/2011.

donc avoir aucun impact sur la qualité de ses eaux. Les habitations en ANC de la ville de Bois-le-Roi ont, a priori, un impact négligeable, voir nul, sur la qualité des eaux de baignade de la base de loisirs de Bois-le-Roi.

6.3 Sources potentielles de pollution diffuse

6.3.1 Activités industrielles

Deux catégories de sites sont à distinguer :

Les sites potentiels, base de données BASIAS (Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service ; basias.brgm.fr) gérée par le BRGM. Il s'agit des sites qui, dans le passé, ont abrité une activité pouvant être à l'origine d'une pollution des sols.

Les sites actifs : ces sites, de par leur pollution avérée ou la forte présomption de leur contamination, appellent une action pour connaître les risques à titre préventif ou curatif. Cette action incombe au responsable du site et aux services de l'État (inspection des installations classées notamment) qui doivent veiller à leur exécution et, à défaut, intervenir. Les actions menées sont reportées dans un tableau de bord dénommé BASOL (base de données des sites et sols pollués appelant une action des pouvoirs publics).

Que ce soit sur BASIAS ou sur BASOL, **il n'est recensé aucun site ou sol pollué ou potentiellement polluant sur le périmètre étendu de la zone d'étude.**

6.3.2 Site d'extraction à proximité du plan d'eau

Il n'existe pas de site d'extraction dans le périmètre étendu de la zone d'étude.

6.3.3 Décharges sauvages

Il n'existe pas de décharge sauvage dans le périmètre étendu de la zone d'étude.

6.3.4 Agriculture

Les risques de pollutions bactériologiques du volet agricole peuvent être liés à :

- la présence de pâturages : Les prairies présentent un risque de pollution diffuse, les animaux étant souvent en pâturage en saison balnéaire ;
- l'utilisation de produits phytosanitaires pour les cultures ;
- la pratique de l'épandage de fumiers, lisiers, sur des parcelles cultivées.

La zone d'étude étendue est composée de zones urbaines et de la forêt de Fontainebleau, il n'existe **pas d'exploitation agricole.**

6.3.5 Autres sources de pollutions diffuses

6.3.5.1 Camping

La base de Bois-le-Roi présente un camping UCPA, cependant, ce camping se situe dans la zone d'étude étendue et non dans la zone d'étude locale.

Le site est propre et régulièrement entretenu (pas de présence de déchets). Une éventuelle pollution diffuse provenant du camping est donc peu probable.

De plus, tout comme le reste de la base, les sanitaires du camping sont connectés au réseau séparatif et collectif de la commune de Bois-le-Roi.

6.3.5.2 Golf

Il existe un golf sur la zone d'étude locale, localisé au bord du plan d'eau, rive nord.

Les intrants utilisés pour l'entretien des pelouses peuvent représenter une source de pollution pour le plan d'eau par infiltration des substances dans les nappes. En effet, les engrais chimiques constituent un apport de nutriment pour la végétation aquatique.

Le jardinier du golf nous a indiqué les produits et doses utilisés.

Les **traitements fongiques** ont lieu 4 à 5 fois dans l'année :

- Chipcogreen 5 l/ha
- Inbinia 1 kg/ha
- Cabestore 1l/ha

Les **engrais liquides** (WSF Sott) sont appliqués tous les 15 jours à raison de 15 g/m².

6.3.5.3 Entretien des espaces verts

Depuis 2006, la base de Bois-le-Roi effectue une gestion différenciée des espaces verts, basée sur un **plan de gestion différenciée**, réalisé par le bureau d'étude CEPAGE et sous l'initiative du Conseil Général de Seine-et-Marne.

Les principales actions de cette gestion sont les suivantes :

- L'herbe est volontairement laissée hors tonte sur plusieurs espaces, la fauche tardive de ces espaces permet la floraison de nombreuses espèces, l'apparition d'une nouvelle flore spontanée et le développement d'insectes ;
- Les traitements chimiques sont utilisés le moins possible et des solutions alternatives sont à l'étude ;
- Dorénavant, pour les plantations sont choisies des espèces indigènes adaptées au sol et au climat ;
- Les **bordures de végétation en rive de plan d'eau sont élargies** pour « piéger les nitrates » et pour constituer une zone de refuge pour la faune.

6.4 Sources potentielles de pollution ponctuelle et/ou accidentelle

6.4.1 Pollution liée aux animaux présents sur le site

6.4.1.1 Les mammifères

Mis à part les chiens des visiteurs, plusieurs espèces de mammifères ont été observées sur le site.

De plus, lors de l'inventaire faune/flore réalisé par le bureau d'études CEPAGE pour la mise en place d'une gestion différenciée des espaces verts sur le site, en 2005, 14 espèces de mammifères ont été mises en évidence sur le site.

Il s'agit des espèces suivantes : Ragondin, Taupe d'Europe, Hérisson d'Europe, Musaraigne musette, Écureuil roux, Lapin de garenne, Renard roux, Fouine, Putois, Blaireau, Sanglier, Chevreuil, Vespertilion à moustaches, Pipistrelle commune.

« Un couple de Renard a, par exemple, niché à côté de la mare de pompage du centre équestre, près d'un tas de bois et non loin des noues de Seine. Cette photographie a d'ailleurs été prise sur site par les responsables de la Base de loisirs.



La population de lapins de Garenne semble poser moins de problèmes sur la Base de loisirs de Bois Le Roi que sur celle de Jablines. Ils sont peut-être mieux en équilibre avec la pression du Renard roux.

Les levées de terre de sable, propices à cette espèce, y sont par ailleurs moins nombreuses qu'à Jablines. »⁶

A- Les chiens

Les chiens sont interdits au droit de la baignade et supposés être tenus en laisse sur le pourtour du plan d'eau. Cependant, comme c'est le cas dans la plupart des bases de loisir, de nombreux propriétaires laissent leur chien en liberté en bord de lac. Ainsi, si on peut considérer que l'interdiction des chiens aux abords de la baignade est probablement respectée pendant la saison estivale, le reste du lac n'est pas protégé contre les déjections canines.

⁶ Source : Diagnostic et plan de gestion différencié, CEPAGE, 05/2006.

B- Les rongeurs

On estime qu'une vingtaine de ragondins vivent dans les berges du plan d'eau, notamment vers le golf. Des traces de sangliers ont également été observées dans les zones de clairières ainsi que quelques lapins.

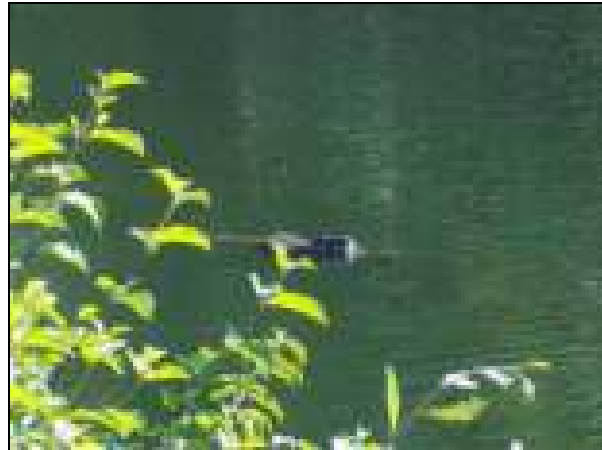


Photo 8 : Ragondin nageant sur le plan d'eau de Bois-le-Roi (SAFEGE, août 2011)

Les rongeurs sont vecteurs de certaines maladies comme la leptospirose. Cette maladie se contracte après morsure par un rongeur malade ou par contact de l'urine au niveau d'une plaie. Les modes de contamination sont représentés par la figure suivante :

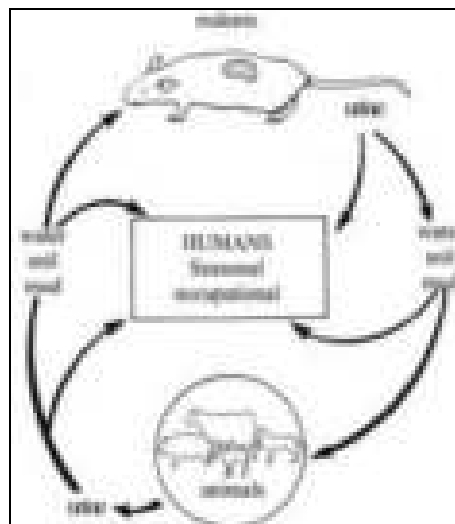


Figure 27 : Cycle de contamination de Leptospirose (source : Faine et al. 1999)

La leptospirose est une maladie infectieuse se présentant sous différentes formes. Après une incubation durant de 4 à 14 jours, la maladie débute brutalement par une fièvre élevée avec frissons, maux de tête, douleurs musculaires et articulaires diffuses. Le passage au stade suivant, caractérisé par une insuffisance rénale (50 à 70 % des cas), hépatique, méningée (50 % des cas) ou pulmonaire, se fait généralement sans transition, parfois après une courte rémission. Malgré la

possibilité de complications, la convalescence, longue, est généralement sans séquelles.

C'est à cause de la présence de ragondins dans le secteur nord du plan d'eau (à proximité du parcours de golf) qu'un suivi de la leptospirose avait été demandé. Ce suivi n'ayant pas pu être pratiqué en période estivale, il a été réalisé dans le courant de l'automne 2011. Les résultats sont présentés en annexe 1 au présent rapport. La leptospirose n'a pas été trouvée dans les deux échantillons prélevés.

Le niveau de risque sera évalué dans le cadre du rapport de phase 2.

C- Centre équestre

On peut également noter la présence d'un centre équestre sur le site. Les activités équestres peuvent représenter une source de pollution pour le plan d'eau.



Figure 28 : Localisation du centre équestre de la BPAL de Bois-le-Roi

La cavalerie de la base comporte environ 40 chevaux et 40 poneys.

Le Centre équestre possède 1 carrière d'obstacles, 1 carrière de dressage, 3 manèges, 1 parcours de cross et un parcours de trek ainsi que l'accès direct à la forêt domaniale de Fontainebleau.

Le centre équestre organise, entre autre, des randonnées extérieures passant par la base de loisirs, proche du lac.

Sur le site du centre équestre, le fumier est récupéré par une société puis stocké dans une fumière en béton. Cependant il a été observé plusieurs fois des traces de fumier proches du lac (notamment dans la partie située à proximité du centre équestre). Ce fumier représente une **source de pollution potentielle**. En effet, lors d'un événement pluvieux, le fumier sera transporté vers le plan d'eau et polluera celui-ci de matières fécales.

D- Association de dressage de chiens Terre-Neuves

Aucune association de dressage de chien n'est présente sur la base de loisirs.

6.4.1.2 Les oiseaux

Les oiseaux sont assez présents sur ce plan d'eau et sont susceptibles de représenter une source de pollution importante. En effet, outre la pollution bactériologique engendrée, les oiseaux, et plus particulièrement les palmipèdes, interviennent dans le cycle de reproduction des cercaires, à l'origine de la dermatite cercarienne chez les baigneurs.

De nombreuses **oies bernaches** ont été observées sur la plage lors de la visite de terrain. La pollution du sable par les fientes était assez importante. Le gestionnaire évalue à 100 la population d'oies bernaches. Elles sont également très présentes sur le golf.

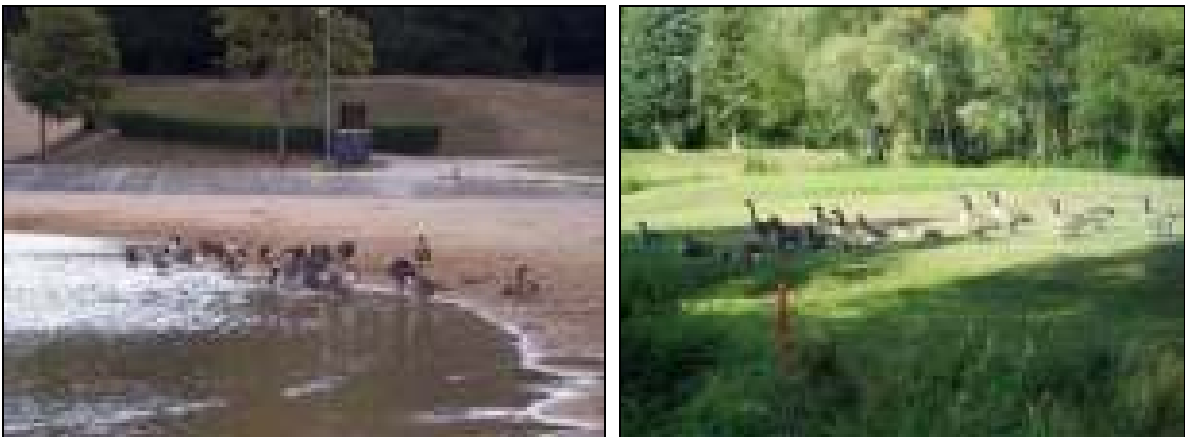


Photo 9 : Présence d'oies bernaches sur la plage (juillet et août 2011)

Lors de l'inventaire faune/flore réalisé par le bureau d'études CEPAGE pour la mise en place d'une gestion différenciée des espaces verts sur le site, en 2005, 44 espèces d'oiseaux ont été observées, à partir de plusieurs passages, dont une trentaine d'espèces nicheuses :

« Les oiseaux d'eau sont plus présents en nombre d'individus qu'en nombre d'espèces, puisque moins d'une dizaine d'espèces a été observée parmi lesquelles : le Canard colvert, le Grèbe huppé, le Grand cormoran, la gallinule poule d'eau.

On relève la présence régulière de Bernache du Canada en exploration ou encore celle de la Locustelle tâchetée. »

Ont été mises en place sur la base, des **campagnes nocturnes de chasse des oies bernaches**. Cependant, la réserve ornithologique étant proche (étang voisin), les oiseaux s'y réfugient et il est difficile de les faire fuir.

Pour éviter les nuisances sonores, odorantes et la dégradation des bâtiments, des tirs des pigeons bisets (au plomb) ont été effectués au niveau du Château ; de même que l'installation d'un grillage pour empêcher la nidification des pigeons dans les combles.

C'est afin de caractériser le risque de dermatite cercarienne qu'un suivi de mollusques potentiellement infectés a été suggéré. Une sortie terrain a été réalisée début juin 2012, dont les résultats seront utilisés dans le cadre du rapport de phase 2.

6.4.1.3 Les chenilles urticantes

La base ne présentait pas de problème de chenilles processionnaires urticantes jusqu'en 2011 mais la situation à changer depuis. Ce problème sera repris plus avant dans le rapport de phase 2.

6.4.2 Situation épidémiologique du site

Ni les cas de leptospirose, ni les cas de dermatite cercarienne n'ont été recensés par les gestionnaires de la base. De même, aucun retour de gastro-entérites, ni d'infections ORL liés aux activités de baignade n'ont été signalés.

6.4.3 Inondation du plan d'eau par la Seine

Il faut préciser que les débordements de la Seine vers le plan d'eau sont des événements rares qui ne se produisent qu'en cas de crues très importantes.

De plus, les crues ont lieu majoritairement en hiver, donc hors période de baignade. Une pollution bactériologique du plan d'eau liée à un débordement de la Seine devrait donc rester limitée dans le temps et avoir peu d'effet sur l'activité de baignade. L'apport de nutriments dans le plan d'eau par ces événements ne doit cependant pas être négligé car le plan d'eau n'a pas d'exutoire naturel.

6.4.4 Présence d'exutoires au niveau du plan d'eau

Les visites de terrain d'août 2011 ont permis de mettre en évidence un rejet d'origine inconnue, au droit d'un chantier, situé entre le terrain de basketball et le hangar à bateaux. Il s'agit d'une canalisation en PVC se déversant dans le plan d'eau.



Photo 10 : Exutoire non identifié

A chaque visite terrain, le rejet était sec, il semble provenir de la zone de travaux située en amont. La présence de feuilles mortes dans le chenal de sortie accrédite l'idée que cette conduite fonctionne rarement, voire jamais.

6.5 Synthèse sur les sources potentielles de pollution

La partie analytique de cette étude de profil a consisté à identifier les différentes sources de pollution bactériologique susceptibles d'affecter les plages du plan d'eau de Bois le Roi.

Les principales origines de pollution sont les suivantes :

- Fréquentation (hommes, animaux) et utilisation du plan d'eau ;
- Ruissellements vers le plan d'eau ;
- Apports de la nappe vers le plan d'eau ;
- Débordements exceptionnels de la Seine.

On distingue plusieurs types de pollutions présentes sur la zone d'étude, listées ci-après :

- Les pollutions liées à l'utilisation de pesticides ou d'engrais sur les espaces verts de la base et plus particulièrement sur les greens du golf ;
- Les germes et parasites d'origine animale (oiseaux, rongeurs, chevaux);
- Les germes d'origine humaine entraînant des maladies chez les baigneurs. Sont inclus dans cet ensemble les germes conduisant au risque de contamination interhumaine.

La carte de synthèse ci-après positionne les principales sources potentielles de pollutions sur la zone d'étude.



Carte 5 : Cartographie de synthèse des sources potentielles de pollution sur la zone d'étude

7

Synthèse et suite de l'étude

La phase de collecte de données et d'état des lieux a permis de dresser un bilan des connaissances sur les apports potentiellement polluants de la zone d'étude. Ce recensement va être complété en phase 2 par un diagnostic et une évaluation des risques liés aux principales sources de contamination.

En effet, l'étape suivante de l'étude abordera la question du risque de pollution des eaux de baignade. Une analyse sera conduite (pour la bactériologie) pour tenter de mettre en évidence les facteurs explicatifs de la qualité des eaux de baignade et des épisodes de contamination. En s'appuyant sur ces analyses, seront établies la ou les sources susceptibles de générer (éventuellement) des pollutions sur la plage et les circonstances (météorologiques) dans lesquelles elles sont susceptibles de se produire. A partir de ces résultats, il sera possible de hiérarchiser les sources de contamination vis à vis du risque pour l'activité de baignade.

Seront également analysés les risques de prolifération de cyanobactéries et les risques de contamination par les animaux et interhumaine ; ces analyses de risque seront pratiquées sur la base des données collectées.

La dernière étape de l'étude permettra de proposer un plan d'actions visant à réduire les risques de pollution et des mesures de gestion active évitant aux usagers d'être exposés aux eaux contaminées.

Annexe 1

Résultats des mesures complémentaires effectuées sur le plan d'eau de Bois-le-Roi



Centre de Prévention et de Diagnostic
Santé (P), Santé (D)

Département
Seine-et-Marne (77) Bois-le-Roi

SYNTHÈSE DES DONNÉES
EAU
N° 1

Station(s)
BOIS-LE-ROI (LA PRAIRIE ENDOUILLÉE)

Service Eau et Environnement et partage végétal
LABORATOIRE D'ESSAI (Laboratoire Certifié ISO 15420)

Site(s) : Page 113
Bât de commande
N° de N° (P)
Prélevé par / le(s) : le 01/06/2011 à 10h00

SAFEGE
PARC DE L'ILE
15-21 RUE DU PONT
77000 NANTERRA

Révisé le 01/06/2011 (S) à 09h00
Date des résultats le 01/06/2011



SAFEGE
Société par Actions
SAS au Capital de 100 000 €
RCS Nanterre 438 300 000
N° de TVA Intracommunautaire : FR1543830000

CYANOBACTERIES ET PHYTOPLANKTONS

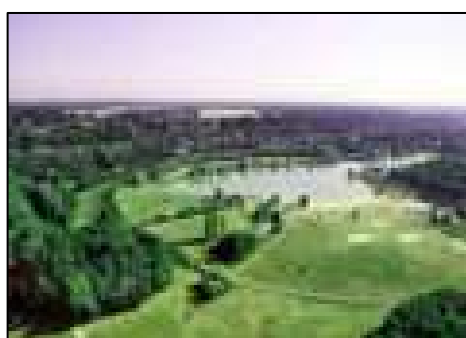
Processus	Méthode	Résultat	Unité	Unité légale	Unité réglementaire
CYANOBACTERIES					
Actinobacteria	PC-DAP74001	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74002	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74003	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74004	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74005	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74006	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74007	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74008	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74009	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74010	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74011	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74012	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74013	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74014	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74015	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74016	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74017	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74018	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74019	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74020	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74021	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74022	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74023	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74024	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74025	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74026	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74027	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74028	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74029	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74030	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74031	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74032	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74033	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74034	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74035	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74036	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74037	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74038	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74039	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74040	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74041	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74042	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74043	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74044	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74045	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74046	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74047	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74048	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74049	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74050	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74051	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74052	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74053	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74054	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74055	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74056	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74057	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74058	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74059	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74060	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74061	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74062	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74063	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74064	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74065	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74066	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74067	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74068	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74069	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74070	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74071	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74072	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74073	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74074	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74075	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74076	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74077	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74078	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74079	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74080	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74081	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74082	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74083	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74084	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74085	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74086	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74087	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74088	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74089	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74090	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74091	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74092	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74093	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74094	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74095	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74096	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74097	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74098	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74099	0	ind	ind	
Actinobacteria	PC-DAP74100	0	ind	ind	

 île de France



VERSION N°2

Février 2013



Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de loisirs de Bois-le-Roi

Phase 2 : Diagnostic


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX

ÉTUDE RÉALISÉE AVEC LE CONCOURS FINANCIER DE L'AGENCE DE
L'EAU SEINE NORMANDIE

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction	1
1.1 Contexte	1
1.2 Localisation	2
1.3 Détermination de la zone d'étude	4
1.4 La plage et la zone de baignade	6
2 Caractérisation des flux de pollutions	7
2.1 Flux de pollution liées à l'assainissement	7
2.1.1 Organisation de l'assainissement sur la zone d'étude	7
2.1.2 Flux issus des réseaux d'eaux usées	7
2.1.3 Flux issus des stations d'épuration	8
2.1.4 Flux issus des réseaux d'eaux pluviales	8
2.1.5 Flux issus de l'assainissement non collectif	9
2.2 Sources potentielles de pollution diffuse	11
2.2.1 Activités nautiques et gestion de la base	11
2.2.2 Activités industrielles	11
2.2.3 Agriculture	11
2.3 Sources potentielles de pollution ponctuelle et/ou accidentelle	11
2.3.1 Pollution liée aux animaux (autres que le bétail)	12
2.3.1.1 Flux liés à la présence d'animaux domestiques	12
2.3.1.2 Flux liés à la présence de rongeurs	13
2.3.2 Flux liés à la présence de colonies d'oiseaux	13
2.3.3 Fréquentation du site	14
2.3.4 Débordement de la Seine	15
2.3.5 Pollution par ruissellement	16
2.3.6 Présence de voies de communication	17
2.4 Autres sources	18

2.5	Classification et hiérarchisation des sources de pollution	18
2.6	Analyse des conditions et des causes de dégradation de la qualité microbiologique.....	19
2.6.1	Présentation des variables utilisées et de la méthode employée	19
2.6.1.1	Présentation des variables explicatives.....	19
2.6.1.2	L'analyse des coefficients de corrélation linéaire	21
2.6.2	Variation temporelle de la qualité des eaux de baignades.....	21
2.6.3	Relation entre la pluviométrie et la qualité des eaux	22
2.6.4	Relation entre le vent et la qualité des eaux.....	23
2.6.5	Relation entre la fréquentation et la qualité bactériologique des eaux.....	26
2.6.6	Épisodes de dégradation avérés de la qualité bactériologiques de la plage	28
2.6.7	Synthèse	29
3	Diagnostic du fonctionnement du plan d'eau.....	31
3.1	Alimentation du plan d'eau.....	31
3.2	Fonctionnement du plan d'eau	32
3.3	Impact d'une crue de la Seine	35
4	Définition des niveaux de risques	37
4.1	Risque de contamination bactérienne anthropique (E Coli et Entérocoques)	37
4.2	Risque de contaminations spécifiquement liées aux animaux.....	38
4.3	Étude du potentiel de prolifération des algues et des cyanobactéries	42
4.4	Risque de contamination interhumaine.....	43
4.5	Risque de turbidité	44
5	Perspective d'évolution des risques.....	47
6	Synthèse du diagnostic.....	49

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Figures

Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi.....	2
Figure 2 : Localisation du site d'étude	3
Figure 3 : Délimitation des zones d'étude	5
Figure 4 : Profondeur et dimensions de la zone de baignade	6
Figure 5 : Oies bernaches au nord du plan d'eau pendant l'été 2011	14
Figure 6: Localisation de la station de Montereau sur le Jardbois (source Google maps)	20
Figure 7 : Synthèse des mesures de qualité des eaux de baignades.....	22
Figure 8: Rose des vents en saison estivale sur la station de Melun (données Météo France, 2000-2010)	24
Figure 9: Vitesse moyenne du vent pour chaque direction (données journalières prises entre juin et août de 2000 à 2010).....	25
Figure 10: Concentration moyenne en <i>Escherichia coli</i> en fonction de la direction du vent	25
Figure 11 : Répartition des résultats ARS en <i>Entérocoques</i> en fonction de la direction du vent	26
Figure 12: Relation entre la teneur en <i>Escherichia coli</i> et en <i>Entérocoque</i> et la température de l'air.....	27
Figure 13: Profils thermiques verticaux au sein du lac de Bois le Roi en août 2011 .	32
Figure 14: Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le Roi (échantillon prélevé le 24 août 2011).....	33
Figure 15: Transparence mesurée au disque de Secchi sur le plan d'eau de Bois le Roi	33

Figure 16: Profils verticaux de pH mesurés sur le plan d'eau de Bois le Roi lors des campagnes de suivi réalisés en 2011.....	34
Figure 17 : Ragondins sur le plan d'eau pendant l'été 2011	39
Figure 18 : Oies bernaches sur la plage pendant l'été 2011	40
Figure 19: Localisation des sites suivis pour la recherche des cercaires	41

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Concentrations en germes caractéristiques d'un rejet d'eaux pluviales..	9
Tableau 2 : Évaluation de la pollution bactérienne arrivant par ruissellement d'eaux pluviales à proximité de la plage de l'étang de Bois le Roi pour une pluie décennale en fonction de la durée de cette pluie	9
Tableau 3: Flux résultant du pic de fréquentation de la plage en termes de flux bactérien	15
Tableau 4 : Concentrations en germes caractéristiques du ruissellement	16
Tableau 5 : Évaluation de la pollution bactérienne arrivant par ruissellement d'eaux pluviales sur la zone locale de l'étang de Bois le Roi pour une pluie décennale en fonction de la durée de cette pluie	17
Tableau 6: Matrice de corrélation pour les pluies journalières	22
Tableau 7: Matrice de corrélation pour les cumuls de pluies	22
Tableau 8 : Matrice de corrélation pour la vitesse du vent.....	23
Tableau 9 : Matrice de corrélation pour la température de l'air	27
Tableaux 10: Contexte entourant l'épisode de risque sanitaires mesurés entre 2000 et 2010 par l'ARS	28
Tableau 11 : Synthèse des corrélations entre les variables bactériologiques et météorologiques	29

1

Introduction

1.1 Contexte

La Région Île-de-France a confié à SAFEGE la réalisation du profil des eaux de baignade de sept plans d'eau d'Ile de France. Le présent rapport concerne la base de plein air et de loisirs (BPAL) de Bois le Roi.

Le profil de baignade est une obligation réglementaire émanant de la directive européenne de 2006 (2006/7/CE) sur les eaux de baignade. Il a pour fonction d'identifier et de quantifier les risques sanitaires dans les zones de baignade et d'élaborer des mesures concrètes de maîtrise et de gestion des pollutions et risques éventuels.

Cette étude comporte trois phases :

- L'état des lieux ;
- Le diagnostic ;
- Les mesures de gestion et plans d'action.

Le présent document constitue le rapport de la phase 2 « Diagnostic ».

La base de loisirs de Bois-le-Roi est publique, le Conseil Régional d'Ile de France en est le propriétaire. La Base est le fruit d'un partenariat entre trois collectivités réunies au sein d'un Syndicat mixte. La gestion de la Base, l'organisation des activités et des animations ont été déléguées par le Syndicat à l'UCPA

Ce syndicat est composé de représentants de la Région Île-de-France (qui finance les équipements), du Conseil général de Seine-et Marne et de la Commune de Bois-le-roi.

1.2 Localisation

La base de loisirs de Bois-le-Roi se situe dans le département de Seine-et-Marne (77) en région Île-de-France ; à 50 km de Paris et 10 km au sud de Melun. Située entre les bords de la Seine (au nord) et la forêt de Fontainebleau (au sud et à l'est), elle est incluse entièrement dans le territoire communal de Bois-le-Roi et représente une superficie totale de 75 hectares dont 10 hectares de plans d'eau, c'est l'une des bases de loisirs les plus petites d'Île-de-France.



Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi

En plus de la baignade, sont exercées, sur le plan d'eau, des activités nautiques et la pratique de la pêche. Le plan d'eau voisin, localisé à l'est du lac, fait partie du « practice » du golf de la base de loisirs.

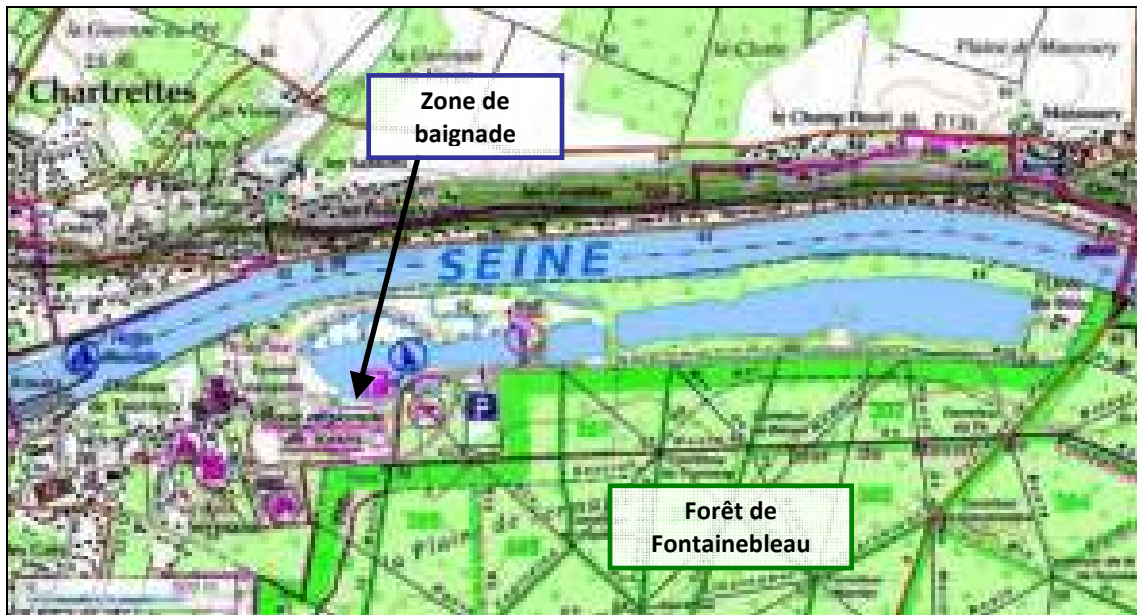


Figure 2 : Localisation du site d'étude



Photo 1 : Plan d'eau et zone de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi

1.3 Détermination de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à la zone dans laquelle des sources potentielles de pollutions microbiologiques sont susceptibles d'atteindre le plan d'eau.

La pollution potentielle peut provenir principalement :

- Des apports directs à la plage et au plan d'eau ;
- Des apports au bassin versant du plan d'eau.

Dans l'évaluation des flux, nous considérerons donc les compartiments suivants :

Une **zone « locale »** correspondant au bassin versant immédiat du plan d'eau de la plage. Toutes les sources de pollution y ont été recherchées. La visite de terrain nous a permis de préciser les limites de cette zone d'étude, en plus des informations extraites de la lecture des cartes IGN.

Cette zone correspond aux abords immédiats du plan d'eau délimités par les divers chemins et routes qui font obstacle aux écoulements extérieurs.

Une **zone d'étude générale** qui correspond au bassin versant complet de la gravière. Il est délimité :

- Au nord par la Seine ;
- Au sud par la ligne de crête située dans la plaine de Sermaise.

A la vue de ces considérations le découpage présenté sur la figure suivante est proposé :

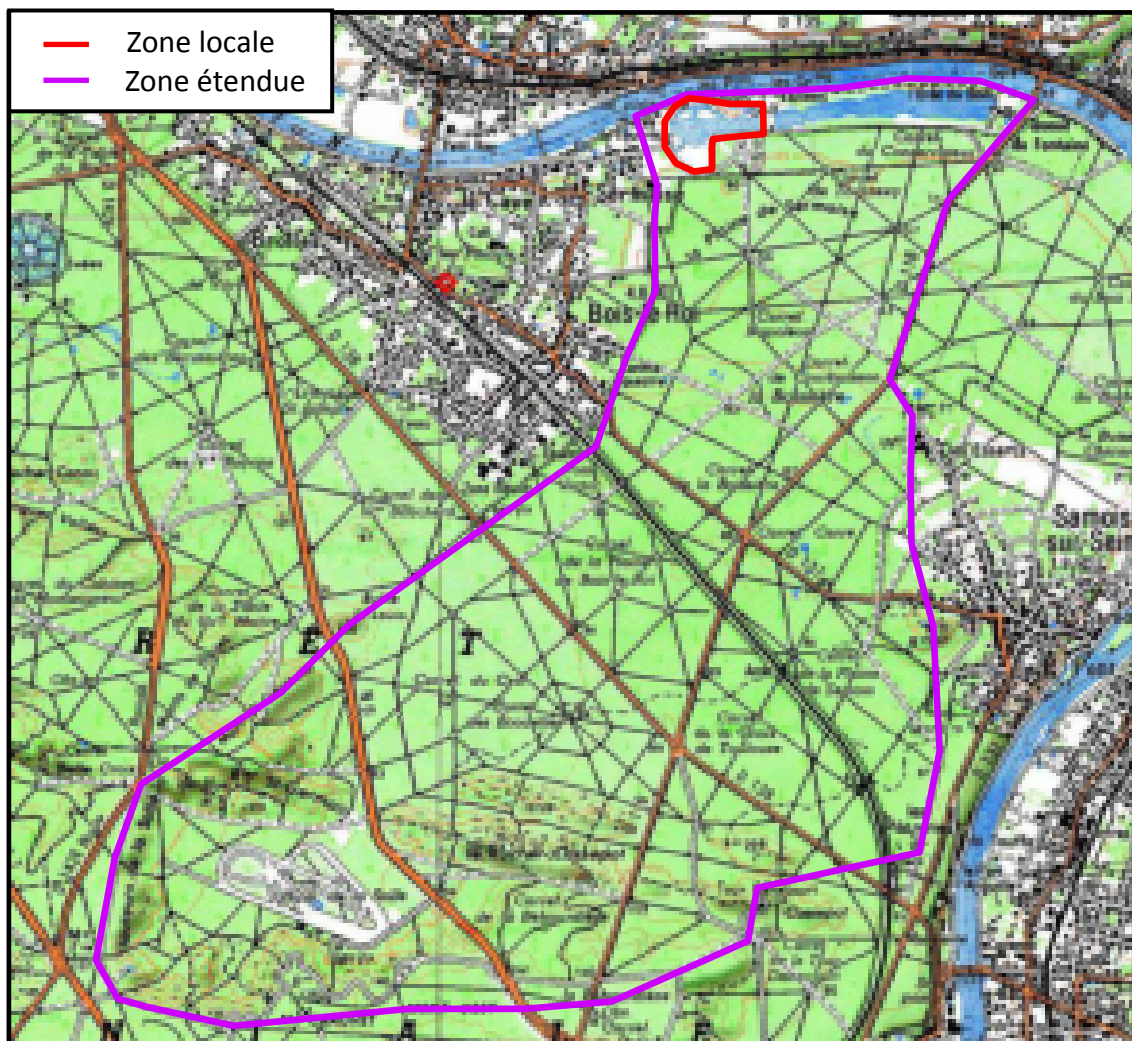


Figure 3 : Délimitation des zones d'étude

1.4 La plage et la zone de baignade

La plage est légèrement incurvée. Elle a une longueur de 250 m pour une largeur d'en moyenne 20 m. Il s'agit d'une plage de sable. Le sable a été renouvelé pour la dernière fois il y a 5 ans.

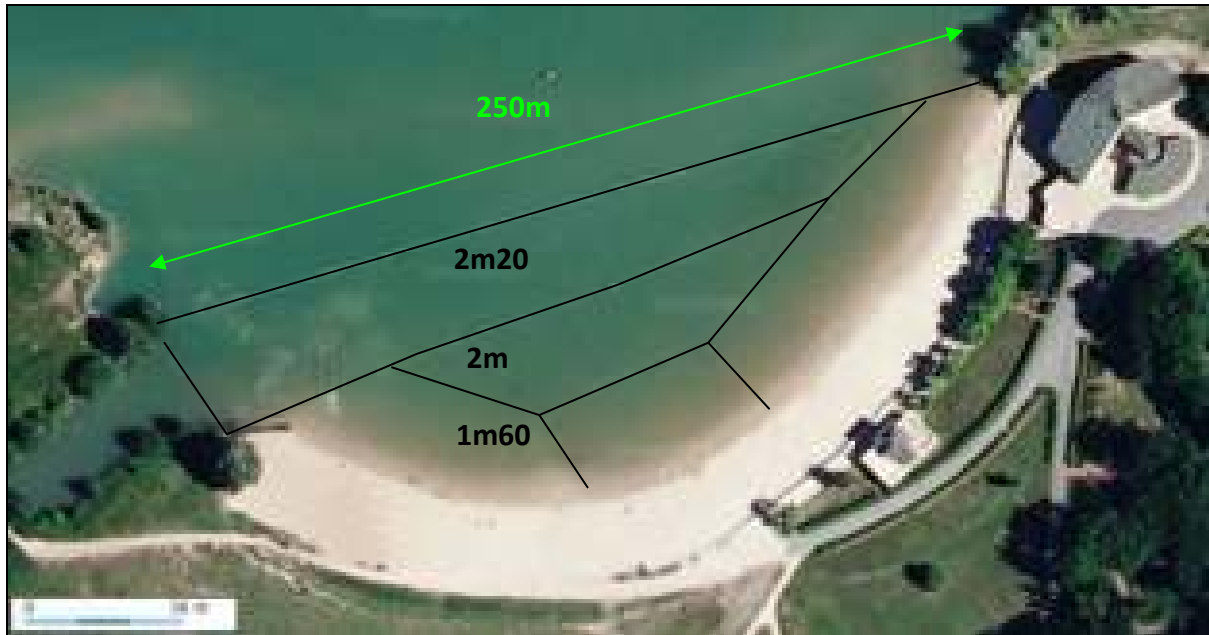


Figure 4 : Profondeur et dimensions de la zone de baignade

Sont indiquées sur la figure ci-dessus les limites des 1m60, 2m et 2m20 de profondeur, lignes de bouées délimitant la baignade. Au delà de 2m20, la baignade est interdite.

2

Caractérisation des flux de pollutions

2.1 Flux de pollution liées à l'assainissement

2.1.1 Organisation de l'assainissement sur la zone d'étude

Sur la zone d'étude locale, l'assainissement est de type collectif avec pompe de relevage. Le réseau est raccordé au système gestion des eaux usées de la ville de Bois-le-Roi

De plus, il existe un bassin de récupération des eaux pluviales au niveau du manège et du jardin pédagogique.

La commune de Bois-le-Roi est raccordée à la station d'épuration de Chartrettes qui reçoit les eaux usées de 2 autres communes. Le taux de raccordement est supérieur à 99%.

Sur la commune de Bois-le-Roi c'est :

- le syndicat intercommunal d'assainissement (regroupant Fontaine le Port, Chartrettes et Bois le Roi) qui est responsable des réseaux d'assainissement et de la station d'épuration des Chartrettes ;
- la communauté de communes du Pays de Seine qui a la compétence SPANC (Service Public d'Assainissement Non Collectif).

2.1.2 Flux issus des réseaux d'eaux usées

Les réseaux d'eaux usées peuvent constituer une source potentielle de pollutions bactériologiques, organiques et nutritives susceptibles d'affecter le plan d'eau en cas de rejets chroniques ou ponctuels. Les épisodes de défaillance des équipements en place engendrant des trop-pleins de postes de refoulement ou des surverses de réseaux unitaires peuvent constituer une source de pollution notable.

Il y a des refoulements d'eau usée sur la base de loisir mais aucune pollution liée à ces refoulements n'a été recensée sur la zone d'étude.

2.1.3 Flux issus des stations d'épuration

Une seule station d'épuration se situe dans la zone d'étude, la STEP de Chartrettes. D'une capacité de 10 000 Équivalent-Habitants, elle traite les eaux usées des communes de Bois-le-Roi, Chartrettes et Fontaine-le-Port, soit, en moyenne, 2 000 m³ d'eaux usées par jour.

Le rejet de la station d'épuration de Chartrettes est situé en aval du plan d'eau et n'apporte de ce fait aucun préjudice à la qualité du plan d'eau.

Aucune STEP ne représente une source de pollution potentielle pour le plan d'eau.

2.1.4 Flux issus des réseaux d'eaux pluviales

Sur la commune de Bois-le-Roi, tous les réseaux EP ont pour exutoire la Seine, en aval du plan d'eau.

Le réseau pluvial de la commune de Bois-le-Roi ne possède pas d'exutoire dans la zone d'étude du plan d'eau ni en amont de celui-ci.

Les eaux de pluie qui parviennent sur le chemin devant la zone de baignade ne se rejettent pas directement au droit de la baignade. En effet le chemin représente une barrière aux écoulements qui vont ruisseler dans un fossé à l'est de la plage et dans la retenue d'eau à l'ouest de la plage de l'autre côté du pont. Cela n'exclut donc pas une contamination du plan d'eau, mais elle ne viendra pas directement dans la zone de baignade.

Une estimation des flux concernés liés aux rejets d'eaux pluviales aux abords directs de la plage a été menée afin de qualifier ce risque. Cette estimation a été réalisée selon la méthode relationnelle :

$$Q = Cr \cdot I \cdot S / 360$$

Avec :

Q = débit (m³/s) ;

Cr = Coefficient de ruissellement ;

I = intensité de la pluie de période de retour 10 ans en mm/h (coefficient de Montana) ;

S = Superficie du bassin versant en ha.

Les concentrations bactériologiques utilisées pour cette estimation sont les suivantes :

Tableau 1 : Concentrations en germes caractéristiques d'un rejet d'eaux pluviales

<i>E.Coli</i>	<i>Entérocoques</i>
$2 \cdot 10^4$ E.coli/l	$2,5 \cdot 10^3$ Ent/l

Le tableau ci dessous récapitule toutes les données utilisées pour évaluer le flux de pollution lié aux rejets d'eaux pluviales de la zone locale. S = superficie ; U = Urbanisation ; CR = coefficient de ruissellement.

Il est à noter que comme dans le cas de la station météorologique de référence utilisée (Melun), la durée de l'événement pluvieux est de 0,5 à 6h, cela conduit à une fourchette de valeurs.

Tableau 2 : Évaluation de la pollution bactérienne arrivant par ruissellement d'eaux pluviales à proximité de la plage de l'étang de Bois le Roi pour une pluie décennale en fonction de la durée de cette pluie

Abords plage	S (ha)	U (%)	CR	Intensité de la pluie (mm/h)	Débit (m3/s)	Flux E.Coli/j	Flux Ent/j
pluie 0h30	3.43	5	0.225	25.38	0.05	2.0E+09	2.4E+08
pluie 6h	3.43	5	0.225	25.38	0.05	2.4E+10	2.9E+09

Au niveau de la plage, une pluie de période de retour 10 ans est susceptible d'apporter un flux de $2 \cdot 10^9$ à $2.4 \cdot 10^{10}$ E.Coli/jour et de $2.4 \cdot 10^8$ à $2.9 \cdot 10^9$ Ent/jour. Mais rappelons-le, ces flux sont collectés par un fossé et détournés, et n'arrivent en principe pas directement sur la plage.

2.1.5 Flux issus de l'assainissement non collectif

Un système d'assainissement rejetant des eaux usées vers le milieu naturel peut présenter différents types de dysfonctionnements allant de l'absence de toute épuration à des dysfonctionnements liés par exemple au manque d'entretien.

Les systèmes d'assainissement non collectifs concernent principalement des risques de pollutions de type diffus.

La CC du Pays de Seine estime que 50 à 80 % des installations ANC sur son territoire ne sont pas conformes.

Les habitations en assainissement individuel sur la commune de Bois-le-Roi sont les suivantes¹ :

¹ Source : Service SPANC de la Communauté de Communes du Pays de Seine, 09/2011.

Quai de la Ruelle (12 habitations),
Rue des Marchais (10 habitations),
Rue du Clos de la Cure (6 habitations),
Chemin de la Crapinette (6 habitations),
Allée de la Terre des Roches (5 habitations),
Sentier des Pannerettes (4 habitations),
Rue de la Forêt (3 habitations),
Rue du Moulin (2 habitations),
Rue des SESCOIS (2 habitations),
Avenue Paul Doumer (1 habitation),
Rue Désiré Bourgoïn (1 habitation),
Avenue Joffre (1 habitation),
Avenue Alfred Roll (1 habitation),
Rue Michelet (1 habitation),
Avenue Galiéni (1 habitation),
Avenue Foch (1 habitation),
Avenue du 23 août (1 habitation),
Rue du Collinet (1 habitation),
Rue du Vignoble (1 habitation),
Chemin de Chailly (1 habitation),
Rue du Cormier (1 habitation).

La CC du Pays de Seine ne possède pas de cartographie permettant de localiser ces habitations. Parmi les rues citées ci-dessus, une seule est susceptible de se trouver dans la zone d'étude : l'avenue du maréchal Joffre sur laquelle 1 seule habitation est en ANC.

Les autres rues se situent en aval de la zone d'étude, sur la partie ouest de la commune de Bois le Roi.

De plus, parmi elles, plusieurs seront raccordées au réseau d'assainissement collectif d'ici 2015 en raison du programme de raccordement au réseau d'assainissement collectif du SIA, structure responsable de l'assainissement collectif pour les communes de Bois le Roi, Chartrettes et Fontaine le Port.

Ainsi, les habitations disposant d'un système d'assainissement non collectif présentes ou qui resteront présentes à court terme sur la commune ne sont pas installées dans la zone d'étude étendue. Elles ne représentent à ce titre aucun risque pour la qualité des eaux du plan d'eau.

Les risques de pollution liés aux habitations disposant d'un dispositif d'assainissement autonome dans la zone d'influence étendue du plan d'eau sont très limités.

2.2 Sources potentielles de pollution diffuse

2.2.1 Activités nautiques et gestion de la base

Les activités nautiques présentent des risques de pollution d'ordre physico-chimique. La pollution peut provenir de fuites d'huile et d'essence des bateaux.

Les activités nautiques proposées au public sont non polluantes puisque les engins sont sans moteur : optimistes, voile, planches à voile, canoës et kayaks, pêche.

La phase 1 a cité le fait que des bateaux à moteur sont utilisés pour la sécurité des pratiquants. L'utilisation de ces embarcations est réservée aux personnels de la base.

L'utilisation de bateaux à moteurs sur le plan d'eau est extrêmement restreinte et n'a pas, à ce jour, entraîné de pollution à notre connaissance.

2.2.2 Activités industrielles

Les informations récoltées auprès des gestionnaires de la base de loisirs ainsi que sur les bases de données BASOL² et BASIAS³ indiquent qu'il n'y a pas **d'activités industrielles à risque pour les eaux de baignade** sur la zone d'influence.

2.2.3 Agriculture

Les informations récoltées auprès des gestionnaires de la base de loisirs ainsi que sur les bases de données de couverture de sol (Géoportail, CLC, IAU IdF, etc.) indiquent qu'il n'y a pas **d'exploitation agricole sur la zone d'influence**.

2.3 Sources potentielles de pollution ponctuelle et/ou accidentelle

Les sources de pollution ponctuelle accidentelle sont variées et difficilement quantifiables.

² Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués

³ Base de données des Anciens Sites Industriels et des Activités de Services

2.3.1 Pollution liée aux animaux (autres que le bétail)

2.3.1.1 Flux liés à la présence d'animaux domestiques

Comme il a été établi lors de l'état des lieux, **les animaux domestiques sont interdits sur la plage** durant toute la période de baignade.

Les chiens sont toutefois autorisés, tenus en laisse, autour du plan d'eau. La pollution ponctuelle liée aux excréments des chiens est donc théoriquement limitée à proximité de la plage. Mais, si on peut considérer que l'interdiction des chiens sur la plage est respectée, il n'en va pas de même concernant la nécessité de tenir les chiens en laisse sur le pourtour du lac. Or, les déjections constituent une pollution potentielle. Aucune information sur la fréquentation des chiens n'est disponible sur ce site. On peut cependant considérer que s'il y a contamination par les déjections canines, celles-ci restent dispersées et probablement peu impactantes sur le plan d'eau dans son ensemble. Sur l'hypothèse d'une dizaine de chiens se promenant sur une journée de week end estival, et en considérant un flux de $8 \cdot 10^9$ E Coli/jour/chien et de 10^{11} Ent/jour/chien nous arrivons à un flux total de **$8 \cdot 10^{10}$ E Coli/jour et de 10^{12} Ent/jour.**

L'état des lieux a mis en évidence un usage du plan d'eau pour la promenade à cheval. Le flux potentiel en provenance du centre équestre est difficile à évaluer. En effet, les chevaux peuvent être en promenade une partie du temps. Un crottin de cheval représente un ordre de grandeur de $4 \cdot 10^8$ E.coli et $3 \cdot 10^{11}$ Entérocoque. Si on considère que les 80 chevaux peuvent déféquer à proximité du plan d'eau et que ce flux atteint le plan d'eau (ce qui serait quand même une situation extrême), le flux maximum engendré serait de **$3.2 \cdot 10^{10}$ /j et $2.4 \cdot 10^{13}$ /j.**

Une source de dégradation potentielle subsiste donc vis-à-vis du lessivage des voies de cheminement autour du plan d'eau.

2.3.1.2 Flux liés à la présence de rongeurs

Les rongeurs sont vecteurs de certaines maladies comme la leptospirose. Cette maladie se contracte après morsure par un rongeur malade ou par contact de l'urine au niveau d'une plaie.

Les prospections réalisées au cours de l'état des lieux ont permis de collecter des témoignages attestant la présence de rats musqués et de ragondins autour du plan d'eau et plus spécifiquement dans les annexes hydrauliques, notamment sur le pourtour nord de l'étang.

Ces rongeurs sortent le jour et fuient les zones fréquentées. Il y a ainsi très peu de rongeurs à proximité de la zone de baignade pendant la période estivale.

Il semble que la population de ragondins soit d'environ 20 à 30 individus. Si on considère un taux d'émission de $2,5 \cdot 10^7$ E Coli/jour et autant d'entérocoques, on obtient des flux moyens de **$6 \cdot 10^8$ E Coli/jour et $6 \cdot 10^8$ Ent/jour**.

Par ailleurs ces rongeurs font peser un risque vis à vis de la Leptospirose. Afin de clarifier cet impact, des mesures ont été réalisées le 4 et le 11 octobre 2011, et la Leptospirose n'a pas été détectée.

La pollution bactériologique due à cette population semble non significative au niveau de la plage, vu les flux émis et la distance entre leur implantation et la plage.

2.3.2 Flux liés à la présence de colonies d'oiseaux

Le gestionnaire de la plage a recensé au cours de l'année une population moyenne d'une centaine d'oiseaux à proximité de la plage. Il s'agit notamment d'oies bernaches.

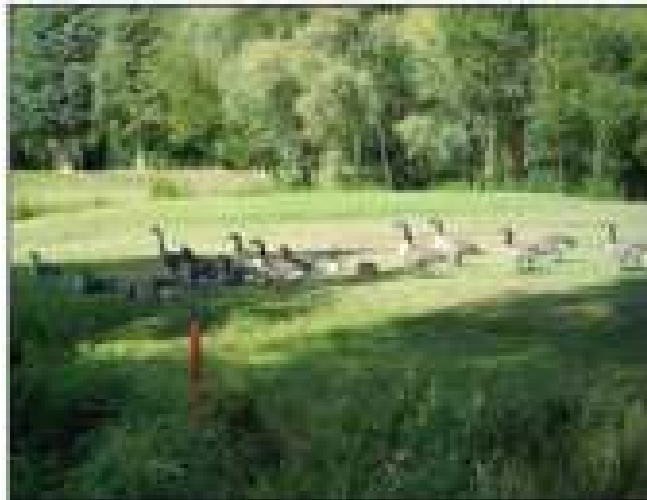


Figure 5 : Oies bernaches au nord du plan d'eau pendant l'été 2011

La production journalière d'un oiseau d'eau est d'environ $3 \cdot 10^8$ *E. coli*/j et $3.0 \cdot 10^8$ Ent/j, soit un flux journalier estimé en période estivale de $3 \cdot 10^{10}$ /j et $3 \cdot 10^{10}$ /j pour les abords de la plage.

Cet apport est rendu non négligeable à la fois par l'importance de ce flux mais également par la proximité de ces rejets potentiels avec les zones de baignade.

Les gestionnaires de la baignade imposent aux promeneurs de ne pas nourrir les oiseaux afin de réduire leur présence en bordure de plage (sédentarisation) et diminuer par contre coup le risque bactérien associé. Par ailleurs, des campagnes nocturnes de chasse des oies ont été organisées, mais comme il y a une réserve ornithologique à proximité, il est difficile de les rendre efficaces.

Outre la pollution bactériologique engendrée par les fientes, les oiseaux, et plus particulièrement les palmipèdes, interviennent dans le cycle de reproduction des cercaires, à l'origine de la dermatite cercarienne chez les baigneurs. **Ce dernier risque est caractérisé dans la suite du présent rapport.**

2.3.3 Fréquentation du site

La pollution par les visiteurs du plan d'eau est à envisager. Ils peuvent occasionner des pollutions au niveau de la zone de baignade mais également sur les zones d'activités bordant le plan d'eau et à proximité de la plage. Cependant, d'après les gestionnaires, les visiteurs semblent avoir un bon comportement, notamment en ce qui concerne l'élimination des déchets.

La fréquentation saisonnière est estimée à **350 000 visiteurs** ce qui donne une fréquentation moyenne journalière sur 5 mois de **2300 personnes** et la fréquentation maximale est de 7000 personnes par jour de pointe.

On dresse l'hypothèse suivante concernant la fréquentation totale journalière de la baignade :

- Nombre de personnes maximales dans l'eau : **2000 baigneurs** ;
- Durée moyenne de la baignade : **1h30 par baigneur**.

Les valeurs suivantes sont retenues afin de caractériser le flux de germes fécaux produit par les baigneurs :

- *Escherichia coli* : $4 \cdot 10^6$ *E. coli* par baigneur et par heure passée dans l'eau ;
- *Entérocoques* intestinaux : $5 \cdot 10^5$ UFC par baigneur et par heure passée dans l'eau ;

A noter que pour des raisons pratiques, on considère des valeurs moyennes de contamination extraites de la bibliographie qui font l'amalgame des flux produits par un adulte et par un enfant.

La détermination du flux journalier pour la plage est considérée dans la configuration critique ainsi définie : **2000 baigneurs simultanément restant 1h30 dans l'eau**.

Les résultats obtenus sont consignés dans la table ci dessous :

Tableau 3: Flux résultant du pic de fréquentation de la plage en termes de flux bactérien

	Flux journalier (en UFC/j)
	$1.2 \cdot 10^{10}$
Entérocoques intestinaux/jour	$1.5 \cdot 10^9$

Des contaminations interhumaines dans l'eau peuvent donc survenir. Le niveau de risque lié à cette source directement présente dans l'eau de baignade sera évalué dans la suite de ce rapport.

2.3.4 Débordement de la Seine

La noue située entre la Seine et le plan d'eau, au niveau du golf, est fréquemment inondée, à priori par apport depuis le lac. Il ne s'agit en effet en principe pas de remontées d'eau de la nappe, car il y a peu d'échanges entre la Seine et le plan d'eau par la nappe (les niveaux de la Seine et du lac n'étant pas couplés). Les contaminations du plan d'eau par la Seine ne se font donc que lors des crues de

celle ci. Il faut toutefois rappeler qu'il s'agit d'évènements rares qui ne se produisent qu'en cas de crues très importantes.

Par ailleurs, les crues ont lieu majoritairement en hiver, donc hors période de baignade. Une pollution bactériologique du plan d'eau liée à un débordement de la Seine devrait donc rester limitée dans le temps. L'apport de nutriments et matières organiques dans le plan d'eau par ces évènements ne doit cependant pas être négligé, d'autant que la faiblesse des connexions hydrauliques conduit à un long temps de séjour des eaux dans le plan d'eau. Ce point sera réabordé dans le chapitre sur les risques de prolifération de cyanobactéries.

2.3.5 Pollution par ruissellement

Les apports par ruissellement :

Le bassin versant de la zone local est susceptible d'être lessivé par la pluie et de constituer une source de contamination.

Une estimation des flux liés aux ruissellements sur la zone locale dans le plan d'eau a été menée afin de qualifier ce risque. Cette estimation a été réalisée selon la méthode relationnelle :

$$Q = Cr \cdot I \cdot S / 360$$

Avec :

Q = débit (m³/s)

Cr = Coefficient de ruissellement ;

I = intensité de la pluie de période de retour 10 ans en mm/h (coefficient de Montana à la station de Melun) ;

S = Superficie du bassin versant en ha.

Les concentrations bactériologiques utilisées pour cette estimation sont les suivantes :

Tableau 4 : Concentrations en germes caractéristiques du ruissellement

<i>E.Coli</i>	<i>Entérocoques</i>
2,10*10 ⁴ <i>E.coli</i> /l	2,5*10 ³ Ent/l

Le tableau ci dessous récapitule toutes les données utilisées pour évaluer le flux de pollution lié au lessivage de la zone locale. S = superficie ; U = Urbanisation ; CR = coefficient de ruissellement.

Il est à noter que comme dans le cas de la station météorologique de référence utilisée (Melun), la durée de l'événement pluvieux est de 0,5 à 6h, et cela conduit à une fourchette de valeurs.

Tableau 5 : Évaluation de la pollution bactérienne arrivant par ruissellement d'eaux pluviales sur la zone locale de l'étang de Bois le Roi pour une pluie décennale en fonction de la durée de cette pluie

Plan d'eau	S (ha)	U (%)	CR	Intensité de la pluie (mm/h)	Débit (m3/s)	Flux E.Coli/j	Flux Ent/j
pluie 0h30	15.898	5	0.225	25.38	0.25	9.1E+09	1.1E+09
pluie 6h	15.898	5	0.225	25.38	0.25	1.1E+11	1.4E+10

Au niveau de l'étang de Bois le Roi une pluie de période de retour 10 ans est susceptible d'apporter **un flux de $9.1 \cdot 10^9$ à $1.1 \cdot 10^{11}$ /jour et de $1.1 \cdot 10^9$ à $1.4 \cdot 10^{10}$ Ent/jour**. Ces flux incluent les flux calculés au paragraphe 2.1.4.

2.3.6 Présence de voies de communication

Pour rappel, le plan d'eau est bordé de routes revêtues et non revêtue. Quelques portions de routes revêtues sont très proches du plan d'eau.

Le ruissellement des eaux sur les routes non revêtues bordant le plan d'eau peut engendrer une pollution au niveau du plan d'eau. Un impact qualitatif de ces ruissellements sur la qualité bactériologique du plan d'eau réside dans la présence sur la zone lessivée (voie et berges) de déjections animales (oiseaux, rongeurs, chiens, chevaux).

La nature du sol ainsi que la végétalisation des berges contribuent à une infiltration de ces eaux potentiellement chargées.

Les routes revêtues, présentent un risque de pollution étant donné qu'elles sont proches du plan d'eau. Un axe majeur de communication se distingue :

- Au Sud, la route rejoignant le centre équestre à l'extrémité Est de la base de loisirs en direction de l'Orée du Bois.

Les flux potentiels issus des voies de communication se produisent à la faveur de leur lessivage. La pollution résultante n'est toutefois en principe pas de nature à dégrader la qualité bactériologique des eaux de baignade.

2.4 Autres sources

Sur la zone d'étude générale (bassin versant étendu), bien que la majeure partie des ruissellements soit captée par les réseaux d'eaux pluviales des communes voisines et n'atteigne donc jamais les plans d'eau de la base de loisir, il est important de mentionner la présence de plusieurs sources de pollution très proches du plan d'eau : un camping, un golf et l'entretien des espaces verts.

Ces sources potentielles de pollutions exposées ici ne sont à priori pas de nature à dégrader la qualité bactériologique de la baignade. Néanmoins, la possibilité d'une pollution accidentelle lors d'une forte pluie n'est pas écartée ni même la possibilité d'une pollution à long terme des eaux souterraines et/ou du plan d'eau par infiltration. Parmi ces sources de pollution, on retiendra plus particulièrement le golf qui peut notamment conduire à des pollutions nutritives et phytosanitaires du plan d'eau, de par la proximité de celui-ci. Ce point sera réabordé dans le cadre de l'analyse des risques de prolifération des cyanobactéries.

2.5 Classification et hiérarchisation des sources de pollution

Les différentes sources recensées sont qualifiées ci-dessous en fonction de l'apport en pollution sur la plage, au droit de la zone de baignade. Afin d'en déduire un impact éventuel, encore faut-il croiser les données de production de polluants et la proximité de ces émissions avec la zone de baignade.

Il en ressort, une mise en évidence des événements les plus critiques pour la qualité des eaux de baignade qui pourront orienter les études et ultérieurement les prescriptions.

Les sources identifiées pour la pollution microbiologique de la plage concernent par ordre décroissant de criticité :

1. La présence du centre équestre à proximité de la zone de baignade qui occasionne **un flux de pollution événementiel maximum de $3.2 \cdot 10^{10}$ /j et de $2.4 \cdot 10^{13}$ /j** (si les 80 chevaux sont en promenade en même temps et défèquent le même jour dans un secteur proche de la baignade ce qui est quand même assez peu probable) ;
2. Le ruissellement sur la zone locale lors des épisodes pluvieux qui occasionne **un flux maximum estimé à $1.1 \cdot 10^{11}$ /jour et $1.4 \cdot 10^{10}$** . Cela étant, ce ruissellement se répartit sur une zone assez étendue ce qui réduit son impact au droit de la plage ;

3. La présence de colonies d'oiseaux qui occasionnent un flux maximal estimé à **$3 \cdot 10^{10}$ /jour et $3 \cdot 10^{10}$** Ce flux est d'autant plus critique qu'il est au moins partiellement émis sur la plage elle-même, ce qui doit retenir l'attention car il n'y a alors pas d'effet d'atténuation ;
4. Les apports directs des chiens, correspondant à un flux total de **$8 \cdot 10^{10}$ E Coli/jour et de 10^{12} Ent/jour**. Ces apports sont répartis spatialement autour du lac, d'où le fait qu'ils ne soient pas considérés comme critiques ;
5. La présence de ragondins qui occasionnent un flux maximal estimé à **$6 \cdot 10^8$ /j et $6 \cdot 10^8$**
6. La fréquentation de la plage par les baigneurs qui occasionne un flux maximum estimé à **$1.2 \cdot 10^{10}$ E. coli/j et $1.5 \cdot 10^9$ Ent/j**. Cette pollution peut être considérée comme événementielle voire chronique quand les conditions, notamment météorologiques, sont propices à de fortes fréquentations de la plage.

2.6 Analyse des conditions et des causes de dégradation de la qualité microbiologique

2.6.1 Présentation des variables utilisées et de la méthode employée

2.6.1.1 Présentation des variables explicatives

Les variables météorologiques prises en compte par les analyses statistiques sont les suivantes :

- les précipitations journalières relevées sur la station de Montereau sur le Jard (Melun), ces dernières sont considérées **de 2000 à 2010, entre mai et septembre** (obtenues auprès de Météo France) ;
- le vent maximal journalier (vitesse et direction prise à 10 m) relevé à Montereau sur le Jard (Melun) ces dernières sont considérées **de 2000 à 2010, pour les mois de mai à septembre** (source Météo France).



Figure 6: Localisation de la station de Montereau sur le Jardbois (source Google maps)

Il sera de plus considéré dans cette analyse statistique, les données historiques de qualité des eaux de baignade. Les paramètres pris en compte sont les *Escherichia coli* et les *Entérocoques* intestinaux mesurés par l'ARS entre mai et septembre depuis 2000.

Ces données sont mises en regard des conditions météorologiques rencontrées, au travers de l'analyse de la distribution des données et de l'évaluation des coefficients de corrélation.

L'objectif de l'analyse statistique présentée dans la suite sera de déterminer s'il existe des conditions météorologiques responsables ou favorisant la contamination de la plage.

2.6.1.2 L'analyse des coefficients de corrélation linéaire

Le coefficient⁴ obtenu est toujours compris entre 1 et -1.

Il est égal à 1 dans le cas où l'une des variables est fonction affine croissante de l'autre variable (la liaison entre les variables est une droite de pente positive). Il est égal à -1 dans le cas où la fonction affine est décroissante (la liaison entre les variables est une droite de pente négative). Les valeurs intermédiaires renseignent sur le degré de dépendance linéaire entre les deux variables. Plus le coefficient de corrélation linéaire est proche des valeurs -1 ou 1, plus la corrélation entre les variables est forte. À l'inverse, un coefficient de corrélation égale à 0 signifie que les variables sont linéairement indépendantes.

Remarque 1 : Il est important de rappeler qu'un coefficient de corrélation élevé n'implique pas une relation de causalité entre les deux phénomènes mesurés, les deux variables peuvent être corrélées à une autre source commune dont elles dépendent.

Remarque 2 : Le degré de significativité des corrélations dépend aussi du nombre d'observation et de la marge d'erreur que l'on se fixe (table de Bravais Pearson). Ainsi un coefficient faible sur une grande série d'observation peut être interprété comme significatif.

Les résultats sont décrits ci-après.

2.6.2 Variation temporelle de la qualité des eaux de baignades

La figure ci-dessous synthétise l'ensemble des mesures de qualité des eaux de baignade du plan d'eau. Retenons que la médiane des observations pour l'E. Coli est de 46 E.Coli/100 ml et que 75 % des observations sont en dessous du seuil de 100 E.Coli/100 ml. Aucune mesure ne dépasse le seuil réglementaire.

La médiane pour les *Entérocoques* est de 30 Ent/100 ml pour les *Entérocoques* et 75 % des observations sont en dessous du seuil de 50 Ent/100 ml. Une seule mesure dépasse le seuil réglementaire le 13/08/2006.

⁴ Le coefficient de corrélation entre les variables x et y se calcule comme suit :

$$\text{cor}(x,y) = \frac{xy}{(x \cdot y)}$$

où xy est la covariance entre x et y, x est l'écart-type de x et y est l'écart-type de y

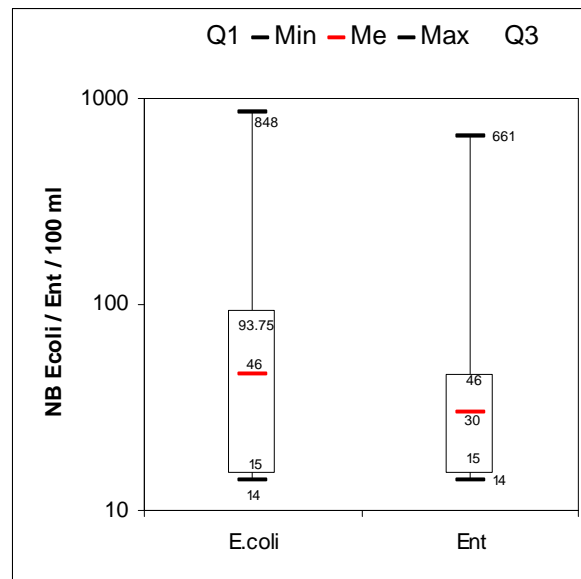


Figure 7 : Synthèse des mesures de qualité des eaux de baignades

2.6.3 Relation entre la pluviométrie et la qualité des eaux

On détermine dans la suite si la plage est sujette aux contaminations par temps de pluie. Pour cela, on calcule le coefficient de corrélation pour différentes variables liées à la pluie (pluviométries journalières et cumuls de pluies).

On reporte dans le tableau ci-dessous, les coefficients de corrélations obtenues pour les variables explicatives mettant en jeu la pluie.

Tableau 6: Matrice de corrélation pour les pluies journalières

	PJ	PV	P-2j	P-3j	P-4j	P-5j
<i>E.Coli</i> Bois-le-Roi	-0.17	0.08	0.09	0.03	-0.04	-0.05
<i>Entérocoque</i> Bois-le-Roi	-0.05	0.09	0.19	-0.09	-0.01	0.08

Tableau 7: Matrice de corrélation pour les cumuls de pluies

	Cum2j	Cum3j	Cum4j
<i>E.Coli</i> Bois-le-Roi	-0.09	-0.02	-0.01
<i>Entérocoque</i> Bois-le-Roi	0.02	0.10	0.06

Les corrélations sont dans l'ensemble très faibles et non significatives entre les paramètres pluviaux et la qualité bactériologique du plan d'eau.

Ce constat permet de supposer que des épisodes de pollutions par temps sec pourront survenir.

2.6.4 Relation entre le vent et la qualité des eaux

Le même type d'analyse que précédemment est réalisé sur les variables liées au vent (vitesse et direction).

On cherche d'une part à calculer le coefficient de corrélation des concentrations en bactéries fécales avec les variables quantitatives de vitesse de vent journalier disponibles. D'autre part, il s'agit d'évaluer la distribution des mesures suivant plusieurs classes d'orientations pour les variables qualitatives de direction du vent.

Pour ce paramètre, seule la vitesse du vent peut être introduite dans le tableau des coefficients de corrélation ci-dessous.

Tableau 8 : Matrice de corrélation pour la vitesse du vent

	Vitesse du vent(en m/s)
<i>E.Coli</i> Bois-le-Roi	0.01
<i>Entérocoque</i> Bois-le-Roi	0.13

Si les corrélations sont positives, elles restent non significatives et ne permettent pas d'expliquer l'évolution de la qualité des eaux de baignades. Les analyses réalisées sur le paramètre montrent une corrélation plus marquée bien que restant faible et non significative.

Aucune corrélation significative n'est révélée par cette analyse.

Afin de mieux connaître les caractéristiques du vent en période estivale sur la zone, on comptabilise au travers de la figure ci-après, le nombre d'occurrences (jours) présentant chacune des orientations de vents.

Il en ressort une orientation dominante des vents en période estivale sur la zone (données météo France entre juin et août pour les années 2000 à 2010).

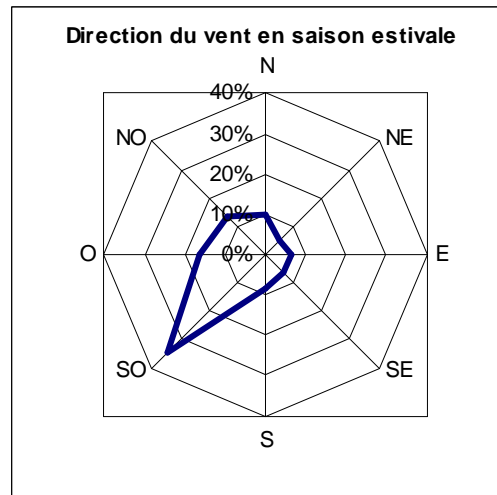


Figure 8: Rose des vents en saison estivale sur la station de Melun (données Météo France, 2000-2010)

Le Plan d'eau de Bois le Roi apparaît comme étant soumis entre mai et septembre à des vents de secteur **SO environ 34% du temps**. Cette orientation implique la formation d'un entrainement de surface au niveau du plan d'eau dans la direction du nord est. Ainsi, lorsqu'il y a des éléments polluants sur le plan d'eau, ils sont dirigés vers la berge au nord-est du plan d'eau.

Il convient donc de noter que la plage occupant la berge au sud présente théoriquement une plus faible accumulation de polluants (mousses) et d'objets flottant (déchets plastiques par exemple).

Dans une seconde figure, on recense les vitesses maximales observées pour chaque direction de vent, à partir des relevés quotidiens. Cela afin de déterminer la direction des vents les plus forts (potentiellement plus impactant) en période estivale.

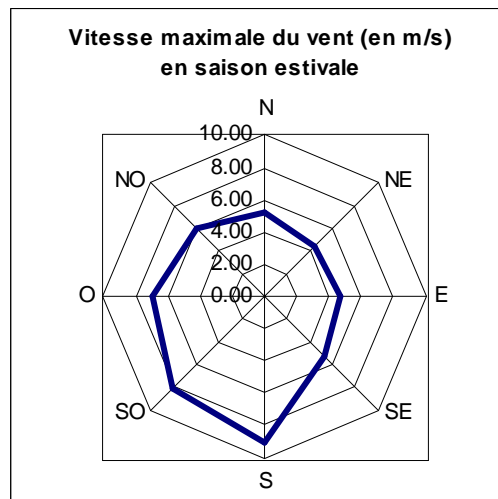


Figure 9: Vitesse moyenne du vent pour chaque direction (données journalières prises entre juin et août de 2000 à 2010)

Les vitesses de vent les plus importantes sont obtenues dans les secteurs **sud et sud-ouest** qui est également une direction dominante en été. Cette vitesse n'est pas apparue corrélée à la qualité des eaux de baignade dans l'analyse précédente. Aussi, il s'agira dans la suite de vérifier si un vent de sud ou de sud-ouest n'est pas un paramètre aggravant.

Nous considérons ensuite les résultats bactériologiques obtenus pour chaque direction de vent. Dans un souci de représentativité, on considère la moyenne des résultats bactériologiques afin d'obtenir une première indication sur les corrélations entre la direction du vent et la qualité des eaux de baignade.

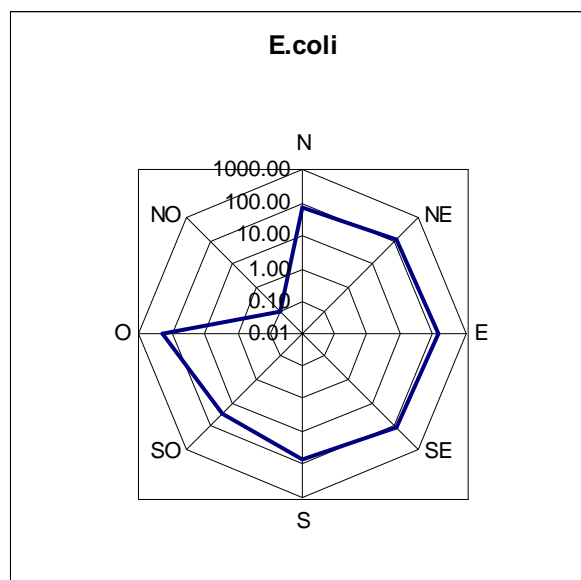


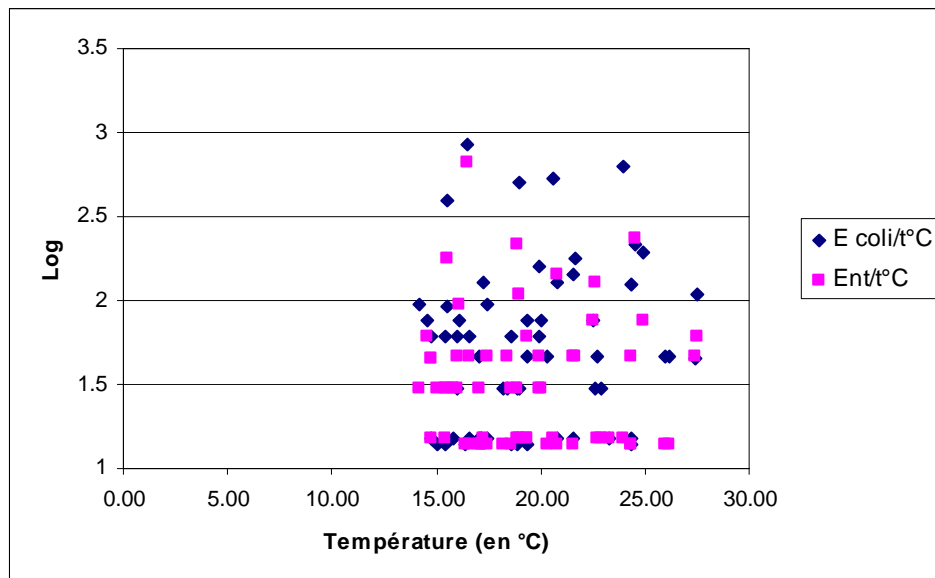
Figure 10: Concentration moyenne en E.coli en fonction de la direction du vent

Tableau 9 : Matrice de corrélation pour la température de l'air

	Température
<i>E.Coli</i>	0,14
<i>Entérocoque</i>	-0,02

- La température de l'air apparaît comme **très faiblement corrélée avec les analyses d'** **et non corrélée avec les analyses d'**

On représente ci-dessous les nuages de points obtenus en mettant en relation les données bactériennes dans la zone de baignade et la température quotidienne moyenne.

Figure 12: Relation entre la teneur en *E. coli* et en Entérocoque et la température de l'air

La température de l'air n'explique pas les concentrations de germes fécaux dans la zone de baignade. Selon H1, la fréquentation du site ne permet donc à priori pas d'expliquer la concentration en germes fécaux. La contamination ne serait donc généralement pas inter-humaine.

2.6.6 Épisodes de dégradation avérés de la qualité bactériologiques de la plage

On cherche à associer dans la présente partie, chacun des dépassements des seuils de salubrité fixés par l'AFSSET avec les conditions météorologiques et de fréquentations disponibles.

Les épisodes de risque sanitaire avéré, qui ont été mesurés par l'ARS dans la zone de baignade concernant la base de loisirs de Bois-le-Roi sont recensées ci-dessous. Les données disponibles mettent en évidence 1 seul épisode de pollution entre 2000 et 2010.

Date	<i>E.coli</i>	Ent
14/08/2006	848	661

Tableaux 10: Contexte entourant l'épisode de risques sanitaires mesurés entre 2000 et 2010 par l'ARS

Données de température et de vent :

Date	Température (en °C)	Dir_vent	Vit_vent (en m/s)
14/08/2006	16.5	0	8

Données pluviométriques (en mm) du jour et des jours précédents la mesure :

Date	PJ	PV	P-2j	P-3j	P-4j	P-5j
14/08/2006	0.4	10	13.6	0	0	0.4

Données cumulatives des pluies sur les jours précédents la mesure :

Date	Cum2j	Cum3j	Cum4j	Fréquentation
14/08/2006	10.4	24	24	-

Pour les mesures du 14/08/2006, le contexte des 2 jours précédent était de temps humide. **La contamination observée ici est surtout obtenue pour les** . Le cumul de pluie sur deux jours atteint 24 mm dont 10 mm pour la pluie du jour et 13.6 mm pour la veille.

Au regard de cette analyse du seul épisode de pollution avéré dans la base de loisirs de Bois-le-Roi, il est difficile de conclure à un risque de pollution plus élevé que la normale par temps de pluie. Mais cette information reste intéressante et sera analysée plus avant dans la suite du rapport.

2.6.7 Synthèse

Les points importants mis à jour par l'analyse des données sont rappelés dans le tableau suivant.

Tableau 11 : Synthèse des corrélations entre les variables bactériologiques et météorologiques

	Corrélation avec la pluviométrie	Corrélation avec le vent	Commentaires
Bois-le-Roi	<ul style="list-style-type: none"> • Absence en général • Absence en général Très faible pour J-2 • Absence ou très faible pour les cumuls de pluie 	<ul style="list-style-type: none"> • Très faible corrélation avec la vitesse du vent • Vents de Sud-Ouest dominants. • Direction Ouest : facteurs aggravants pour . • Direction Est : facteurs globalement aggravants pour . 	<p>Saisons 2000 à 2010 : 1 seul dépassement du seuil de précaution de l'AFSSET.</p> <p>Mise en cause suspectée du contexte météorologique</p> <p>Mise en cause écartée de la fréquentation pour cet épisode</p>

3

Diagnostic du fonctionnement du plan d'eau

Ce chapitre fait suite au travail réalisé dans le cadre du rapport de phase 1. Il s'agit ici d'étendre les informations et données fournies dans le rapport de phase 1 pour en faire un diagnostic global de fonctionnement, dans la perspective d'utiliser ces éléments de diagnostic dans l'évaluation des niveaux de risque, et afin d'alimenter le rapport de phase 3 qui vise à identifier un programme d'actions afin d'améliorer la qualité des eaux et réduire les niveaux de risques.

3.1 Alimentation du plan d'eau

Le plan d'eau de Bois le roi n'est pas influencé par la Seine et sa nappe alluviale car son niveau n'est pas corrélé à celui de la Seine. En effet, le niveau du plan d'eau ne varie que de 20cm environ au cours de l'année.

Le seul cas de figure pour lequel de l'eau passe de la Seine vers le lac est celui d'une crue de la Seine débordant et envahissant le plan d'eau. Sauf que les crues de la Seine sont excessivement rares. Par ailleurs, elles interviennent généralement en dehors de la saison estivale. On peut donc s'attendre à un impact limité au niveau bactériologique, même si ce n'est pas forcément le cas en termes d'eutrophisation.

Concernant l'alimentation du plan d'eau par son bassin versant, on peut donc supposer que le lac est en cul de sac, puisqu'il n'y a pas d'exutoire. En d'autres termes, les flux entrant compensent le pompage servant à arroser le golf d'une part (environ 40 000m³/an prélevés dans l'est du plan d'eau), et l'évaporation d'autre part. De fait on peut estimer que le temps de séjour est de l'ordre d'environ 2 ans, ce qui est long. Aucune donnée n'est disponible sur la qualité d'eau d'alimentation. Par contre, dans la mesure où ce bassin versant est essentiellement occupé par de la forêt, on peut s'attendre à avoir des apports naturels en eau faiblement chargée en composés azotés et comportant des acides humiques. Mais le golf situé au nord immédiat du plan d'eau reçoit des apports en engrais et en produits phytosanitaires, qui peuvent donc percoler vers le lac limitrophe et il est probable que le golf contribue à l'accroissement du niveau trophique du plan d'eau.

3.2 Fonctionnement du plan d'eau

Le diagnostic du fonctionnement du plan d'eau est réalisé sur la base des données récoltées dans le cadre de l'étude (dont un certain nombre sont déjà présentées dans le rapport de phase 1), et en particulier des analyses réalisées en phase 1, en l'absence de données détaillées (mis à part les données ARS qui ne portent que sur certains paramètres).

En expertisant les éléments collectés, on peut dresser les principaux éléments de fonctionnement du plan d'eau :

La température est très variable en été à la surface du lac mais elle peut surtout monter jusqu'à des valeurs très élevées, ce qui résulte de sa faible prise au vent, de sa faible profondeur, d'une bonne orientation par rapport au soleil, et de la stagnation des eaux.

Lors des mesures d'août 2011, on constate la formation d'une légère stratification thermique (voir figure suivante), mais cette stratification n'est certainement que temporaire, du fait de sa faible amplitude et de la profondeur limitée du plan d'eau.

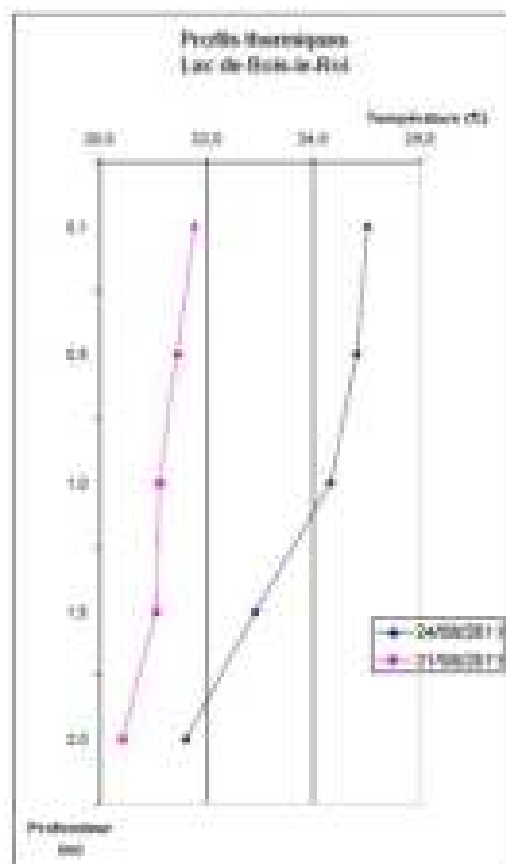


Figure 13: Profils thermiques verticaux au sein du lac de Bois le Roi en août 2011

La transparence de l'eau est mauvaise, puisqu'elle varie de 20 cm à 1,2m. Cette mauvaise transparence est à mettre en relation avec la granulométrie fine des sédiments, et à leur faible profondeur. Ainsi la fraction fine des sédiments peut être facilement remise en suspension, soit du fait des baigneurs, soit du fait des poissons fouisseurs (et il y en a dans le lac), soit enfin sous l'action du vent. Ainsi, indépendamment du niveau d'eutrophisation, il est normal que la transparence soit limitée. D'autant qu'il est probable que des acides humiques arrivent par le lessivage des sols forestiers, ce qui concourent à réduire la transparence de l'eau.

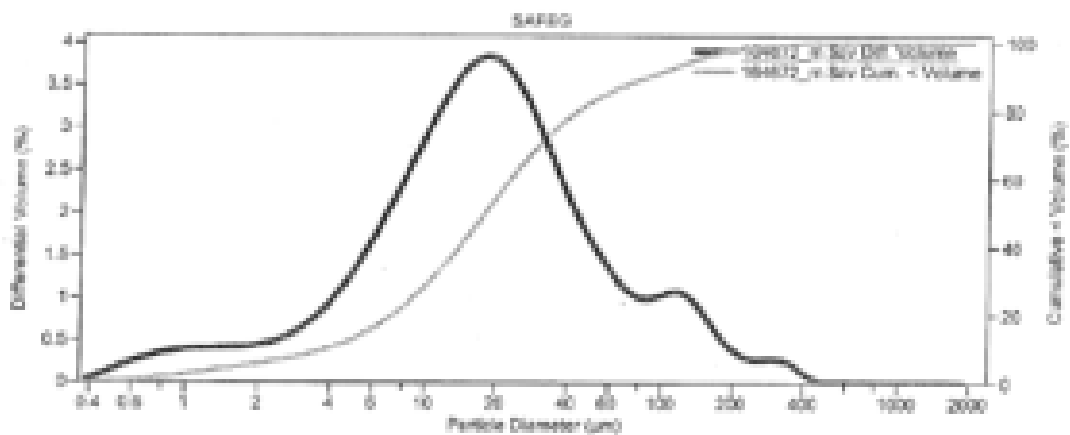


Figure 14: Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le Roi (échantillon prélevé le 24 août 2011)

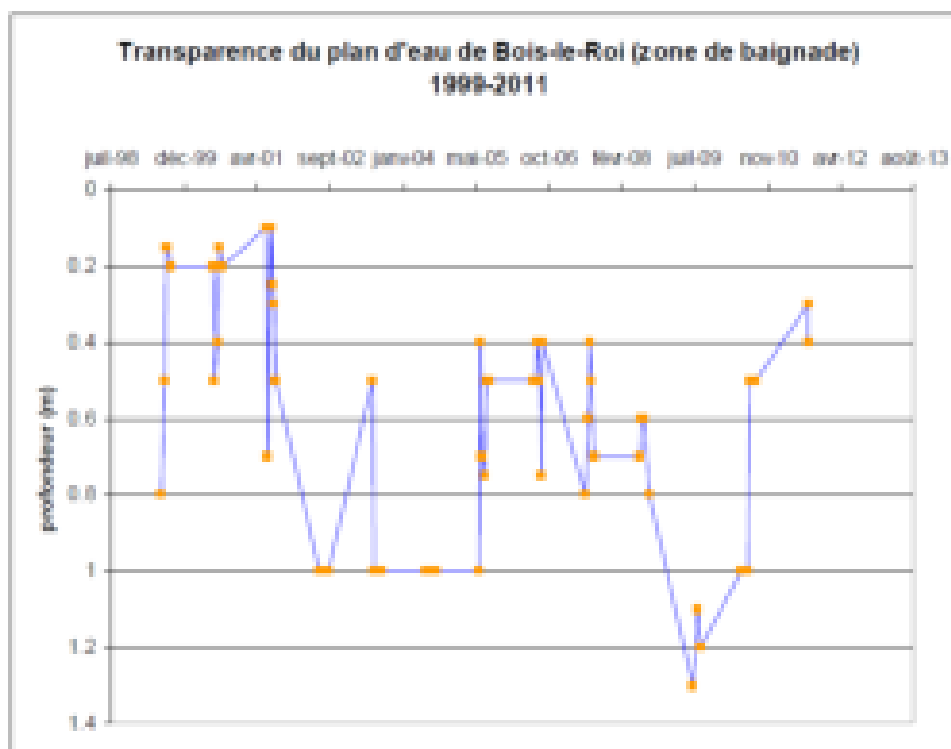


Figure 15: Transparence mesurée au disque de Secchi sur le plan d'eau de Bois le Roi

Le pH de l'eau est généralement compris entre 7,5 et 8,6. Il ne monte pas très haut, ce qui résulte en partie d'une eau assez tamponnée. Pour autant, le profil vertical mesuré le 31 août 2011 montre une certaine variabilité sur la verticale, ce qui traduit l'impact de la production primaire, et il s'agit plutôt d'une production primaire liée au phytoplancton. Cela étant, les écarts restent limités en amplitude.

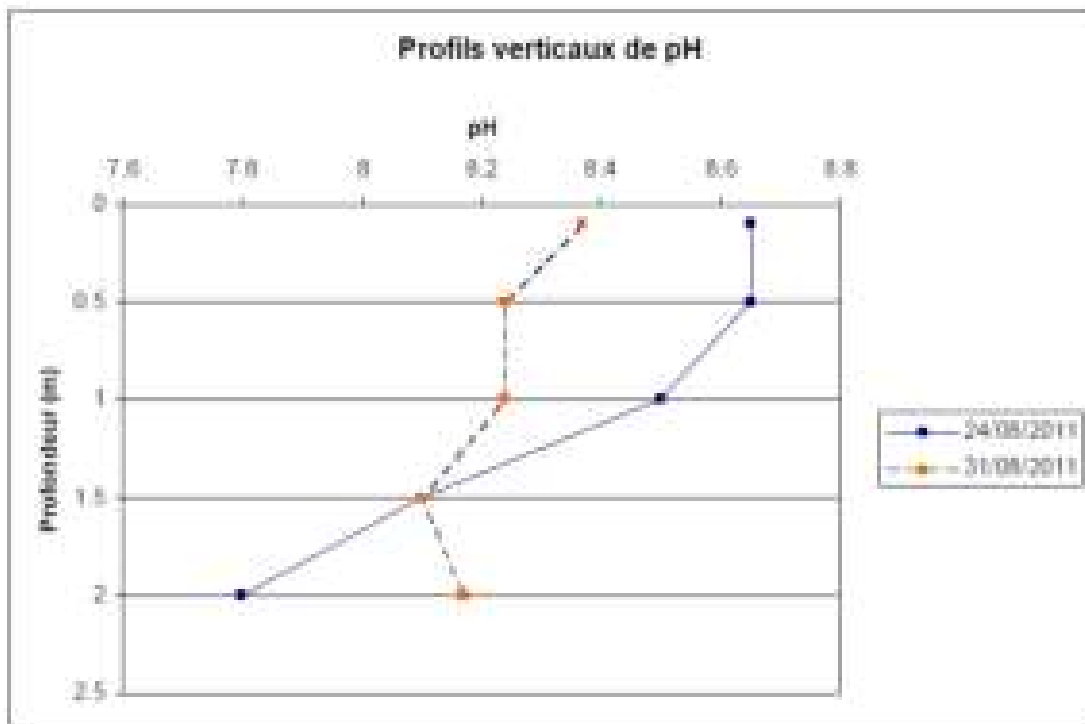


Figure 16: Profils verticaux de pH mesurés sur le plan d'eau de Bois le Roi lors des campagnes de suivi réalisées en 2011

Comme indiqué dans le rapport de phase 1, les teneurs en nutriments et en particulier celles en phosphore (orthophosphates et phosphore total) ont un seuil de détection trop élevé pour permettre de caractériser ce paramètre clé de l'eutrophisation. On peut cependant croiser les informations disponibles pour tirer des enseignements intéressants.

La silice dissoute n'est pas limitante, au moins en milieu d'été.

Il y a peu de nitrates dans la colonne d'eau, ce qui peut se comprendre vu la nature du bassin versant. On n'a pas non plus de pic d'ammonium (en tout cas, il n'y en avait pas en quantité significative lors des deux prélèvements effectués, ce qui n'exclut pas qu'il puisse y en avoir à d'autres moments de l'année). L'azote peut donc potentiellement devenir limitant. D'autant que si on ne peut conclure sur le niveau de concentration en phosphore dans l'eau puisque le seuil analytique est supérieur au seuil d'eutrophisation, on retrouve du phosphore en quantité non négligeable dans les sédiments. Or le fait que le plan d'eau n'ait pas d'exutoire, ait une faible profondeur, qu'il y

ai de fortes teneurs en fer dans les sédiments et dans l'eau, sont autant de facteurs défavorables qui peuvent conduire à une boucle de réutilisation de ce phosphore dans la colonne d'eau. Il y a un bémol à ce constat. Les sédiments contiennent un niveau de matière organique relativement limité, et qui est sans doute le résultat d'une bonne oxydation, liée à sa faible profondeur. Il y a par contre un niveau plus significatif de matière organique dans l'eau.

Ce qui est plus inquiétant, ce sont les éléments caractérisant la biomasse phytoplanctonique. D'abord et surtout la concentration en chlorophylle a est élevée, à la fois en surface et au fond du lac, et tant le 24 que le 31 août. Des valeurs d'environ 20 µg Chla/l ont été obtenues, qui laissent à penser que le plan d'eau serait plutôt dans un état mésotrophe à eutrophe. On pourrait d'ailleurs avoir une biomasse fixée sur le fond ou en épiphytes. C'est ensuite la nature des catégories de phytoplancton retrouvées. Il est probable que le dénombrement soit pour partie inexact, car on retrouve un très faible nombre de cellules phytoplanctoniques. Si on laisse de côté ce dénombrement, on constate qu'il y a spécifiquement des groupes caractéristiques d'écosystèmes eutrophes, ce qui est bien corrélé avec les teneurs en chlorophylle a. On peut d'ailleurs s'interroger sur la présence d'*euglénophycées*, réputées affectionner les matières organiques, typiques des lacs très eutrophisés. Certes, les nombres de cellules trouvés sont faibles, mais c'est un indicateur négatif. Ce qui est encore plus inquiétant, c'est la présence d'*oscillatoria*, donc de cyanobactéries potentiellement toxiques. Celles-ci affectionnent ce type de milieu.

Il semble donc que l'on ait suffisamment de phosphore dans l'eau pour que le **plan d'eau soit dans un état intermédiaire entre mésotrophe et eutrophe**, et les conditions de fonctionnement de celui-ci sont favorables au développement d'une **biomasse phytoplanctonique pouvant intégrer des cyanobactéries potentiellement toxiques**.

Par ailleurs, **ce plan d'eau est sujet à l'implantation de macrophytes, qui n'ont pas été caractérisés à ce jour**.

3.3 Impact d'une crue de la Seine

Une crue importante conduirait à ce que la Seine coule dans le plan d'eau, ce qui conduirait à un mélange en proportion notable entre les eaux de la Seine et celles du lac. On peut donc s'attendre à ce que la qualité de l'eau du lac soit alors dégradée pendant cette crue. Si on suppose qu'une crue intervient préférentiellement entre l'automne et le début du printemps, et que l'on regarde plus spécifiquement les paramètres qui nous intéressent, on peut dresser le diagnostic suivant :

Il y aurait un accroissement temporaire des matières organiques. Celles ci tendraient rapidement à être minéralisées, et cette oxydation devrait intervenir en principe avant l'ouverture de la baignade ;

Il y aurait un accroissement temporaire des teneurs en germes fécaux, en virus et en parasites. L'ensemble de cette contamination microbiologique devrait logiquement subir ensuite une baisse du fait de la décantation, de la prédation et de la mortalité. En toute logique, cette contamination microbienne devrait avoir notablement régresser avant l'ouverture de la baignade ;

Le principal sujet d'inquiétude tient dès lors aux éléments nutritifs. Les concentrations en azote (notamment en nitrates) et en phosphore, sont très nettement supérieures dans la Seine à ce qu'elles sont normalement dans le plan d'eau de Bois le Roi. Compte tenu de l'absence d'écoulement sortant de ce plan d'eau, les nutriments qui y entreront resteront in situ. L'azote finira par sortir du lac sous forme d'azote gazeux, mais le phosphore sera piégé dans les sédiments d'où il pourra temporairement être réutilisé. Ainsi une crue de la Seine conduisant à un débordement pourrait conduire à un accroissement trophique du plan d'eau pendant une à plusieurs années, avec développement probable de cyanobactéries. Heureusement ce type d'événement est rare.

4

Définition des niveaux de risques

Dans la présente partie du rapport, on étudie successivement les niveaux de risques pour les quatre grandes classes de risques que sont :

- Le risque de contamination bactérienne liée aux activités anthropiques ;
- Le risque de contamination spécifiquement liée aux animaux ;
- Le risque de prolifération des cyanobactéries ;
- Le risque de contamination inter-humaine.

Par ailleurs, on a ajouté l'analyse du risque de turbidité car il pose des problèmes au gestionnaire de baignade. Ces cinq types de risque sont analysés plus avant ci après pour le plan d'eau de Bois le Roi qui est l'étang de baignade.

4.1 Risque de contamination bactérienne anthropique (E Coli et Entérocoques)

Le plan d'eau de Bois le Roi est apparu à l'issue de la caractérisation des flux de pollution comme éloigné des sources potentielles significatives de pollutions liées à l'assainissement collectif (réseau et station d'épuration) et non collectif.

En revanche, les eaux pluviales sont une source de pollution à considérer. En effet, les apports potentiels du fossé qui longe la plage et qui se déverse dans le plan d'eau peuvent augmenter la contamination de la zone de baignade.

Les éventuelles pollutions par la Seine sont conditionnées par des épisodes de crues se déversant dans le plan d'eau, mais elles sont rares et plutôt en hiver, donc loin des périodes de baignade estivales. On peut supposer que si des contaminations bactériennes arrivent dans le plan d'eau à ces occasions, leur effet restera limité sur la qualité bactériologique des eaux entre juin et septembre.

Les sources de pollution diffuses identifiées en phase 1 sont peu impactantes d'un point de vue bactériologique.

Concernant les risques liés aux pollutions ponctuelles ou accidentelles, le plan d'eau peut potentiellement collecter les eaux de pluie. D'ailleurs, le plan d'eau apparaît comme sujet à la contamination par ruissellement de la zone locale en cas de forte pluie, mais le lien entre les teneurs en *Escherichia Coli* et entérocoques intestinaux et la pluviométrie n'est pas flagrant.

Si les corrélations entre la fréquentation et la contamination n'a pas été mise en évidence il n'empêche que les pics de fréquentation sont potentiellement sources de pollutions bactériologiques. Par ailleurs, cette source de pollution doit être mise en perspective avec l'évolution de la fréquentation du plan d'eau notamment lors des jours de grand beau temps et le week end. Ce point est réabordé dans le cadre du risque de contamination inter-humaine.

Par ailleurs, il y a toutes les contaminations bactériennes liées aux animaux, qu'ils soient domestiques ou sauvages. Ces flux ne sont pas critiques, mais ils ne sont pas négligeables. On peut noter :

Qu'il y a des flux contaminants provenant potentiellement des chevaux, et ces flux sont notamment émis à l'ouest du plan d'eau ;

Qu'il y a des flux contaminants provenant potentiellement des ragondins, et ceux ci sont prioritairement émis au Nord ouest du plan d'eau

Qu'il y a des flux contaminants provenant potentiellement des oiseaux aquatiques, et surtout des oies bernaches, et ces flux sont prioritairement émis au nord et au nord ouest du plan d'eau, et à proximité de la baignade.

On peut donc s'interroger sur la coïncidence du seul pic de contamination bactérienne identifié dans la série temporelle retenue, comme étant lié à un épisode pluvieux des jours précédents (d'une part) et d'un vent d'ouest (d'autre part). Y a t'il un lien entre ces éléments. Ce n'est pas exclu.

Pour conclure, le risque de contamination bactérienne lié aux activités anthropiques est présent, même s'il n'est pas critique. Ce point sera abordé dans la phase 3 de l'étude.

4.2 Risque de contaminations spécifiquement liées aux animaux

Plusieurs sources de contamination ont été évoquées. Concernant les risques spécifiques aux contaminations par les animaux, on peut dresser le constat suivant :

Il y a des ragondins sur la base de loisir, mais ils ne sont pas directement localisés à proximité de la plage. Cela se comprend à la fois par la pente du terrain aux abords de la baignade, et par l'absence de végétation bordant la

zone de baignade. Par contre les secteurs situés à proximité du golf, au nord et au nord ouest du lac sont occupés par ces animaux et ils sont visibles dans la journée. Par ailleurs, le plan d'eau n'est pas très large. On peut donc conclure que le risque de leptospirose est certes limité sur la plage et à ces abords, mais qu'il n'est pas nul. C'est pour le qualifier que deux mesures ont été réalisées dans le courant de l'automne 2011. Aucune contamination n'a été détectée à ces occasions, ce qui accrédite un faible niveau de risque de contamination par les leptospires, sans le supprimer totalement. Il conviendra de garder une surveillance de ces populations de rongeurs qui peuvent évoluer dans le temps et devenir un facteur de risque plus significatif ;

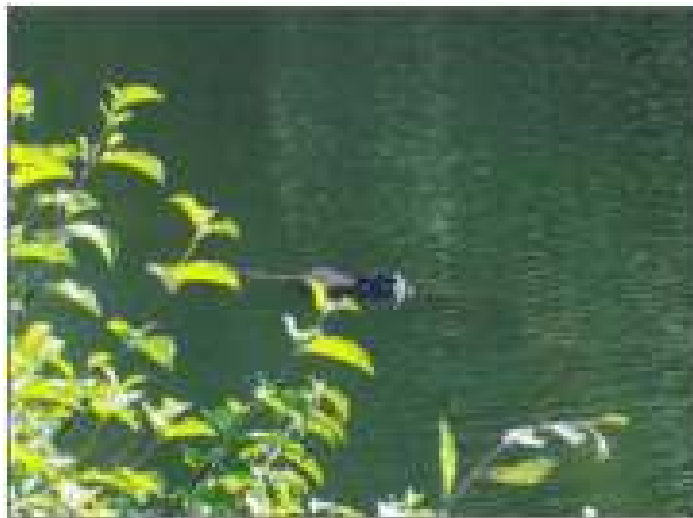


Figure 17 : Ragondins sur le plan d'eau pendant l'été 2011

Les risques spécifiquement liés à la présence des chiens sont partiellement circonscrits par l'interdiction d'accès des chiens à la zone de baignade. Mais une certaine vigilance est de rigueur à ce sujet. Pour le reste du plan d'eau, la tenue en laisse est en revanche plus difficilement applicable sans une surveillance active et l'expérience montre que ce type de réglementation est quasi-impossible à appliquer, car les propriétaires de chiens considèrent les bords de plans d'eau comme des terrains de jeu pour leurs chiens et seule une minorité des chiens y est généralement effectivement tenue en laisse. Le risque de contamination par les animaux domestiques restent globalement faibles pour autant qu'ils soient dispersés spatialement ce qui est généralement le cas ;

Il n'y a pas d'élevage sur le bassin versant du plan d'eau, et on peut donc supposer que les risques parasitaires associés sont limités, sauf lors des crues de la Seine, mais la baignade n'est pas ouverte à ces occasions et pendant les semaines qui suivent ;

La présence d'oiseaux sur le plan d'eau de la base est avérée. Par ailleurs, cette population comporte surtout des oies bernache, (ainsi que des canards et des cygnes) qui sont porteurs potentiels de la dermatite cercarienne. Si on analyse les facteurs de risque de présence de cette maladie, il apparaît que :

- Les oiseaux aquatiques présents sont pour un nombre notable porteurs potentiels des cercaires ;
- Ils ont tendances à venir à proximité de la plage et peuvent donc y apporter les parasites ;
- Il y a de la végétation aquatique qui se développe dans le fond du plan d'eau, et celle ci peut héberger les mollusques dont certains constituent les hôtes intermédiaires de ce parasite. Pour l'instant la majorité des mollusques présents sont des physes qui ne sont pas réputés porteurs intermédiaires du parasite, mais il y a également quelques *Radix* qui eux peuvent être infectés ;
- Tout le plan d'eau est en milieu confiné ;
- L'étang est très peu profond et toute la zone de baignade est accessible en ayant pied, ce qui constitue un facteur de risque additionnel, puisque les fucocercaires tendent à être émis par les mollusques à proximité des végétaux aquatiques, donc préférentiellement près du fond. Or les fucocercaires ne survivent pas longtemps dans l'eau une fois émis, et doivent trouver rapidement un hôte.



Figure 18 : Oies bernaches sur la plage pendant l'été 2011

On peut donc en conclure qu'il y a un risque potentiel de dermatite cercarienne, même si ce risque ne c'est pas encore concrétisé par des épisodes de contamination humaine suffisamment forte pour être décelée.

Afin d'y voir plus clair sur la présence ou pas de cercaires, un suivi spécifique a été réalisé le 6 juin 2012, mais la météorologie n'était pas favorable (le printemps a été froid et pluvieux).

La prospection a concerné la zone de baignade (A1) mais aussi une zone hors baignade à végétation plus abondante (A2).



Vue du détail (A2) figurant sur le côté gauche de la plage

Figure 19: Localisation des sites suivis pour la recherche des cercaires

Parmi les mollusques nous observons la présence d'un exemplaire du genre *Radix* sur la « ligne d'eau » entre la zone de baignade (A1) et la zone (A2). Parmi Les mollusques de ce genre, deux espèces, *R. auricularia* et *R. balthica* (= *R. peregra*) sont reconnues comme hôtes intermédiaires des agents de dermatite cercarienne.

Sur les vingt huit mollusques ramassés, il y avait 26 physes, un *Radix* et un *Bythynia*, et aucun de ceux ci n'était porteur du parasite. Les tests d'émission n'ont ainsi rien donné. Cela étant, si aucun cercaire n'a été

trouvé, cela ne veut pas dire que le risque n'existe pas. La dermatite n'est pas encore présente en quantité notable, mais les éléments de risque sont présents. Il suffit qu'une population d'oiseaux infectés s'installe sur le plan d'eau pour que cela conduise à des cas de dermatite dans la population de baigneurs. Il conviendra donc de suivre dans le temps l'évolution de ce risque ;

La processionnaire du chêne est présente depuis peu. Compte tenu du contexte forestier environnant, il est difficile d'envisager son éradication complète, et il conviendra de la circonscrire autant que possible dans des limites acceptables dans l'enceinte de la base nautique.

4.3 Étude du potentiel de prolifération des algues et des cyanobactéries

Si on s'appuie sur l'analyse du fonctionnement du plan d'eau présentée au chapitre 3, on peut faire les constats suivants :

Les flux d'éléments nutritifs sont essentiellement liés aux apports des eaux provenant du bassin versant direct du plan d'eau, que ces apports viennent par ruissellement ou plus généralement par infiltration, via les apports diffus à travers les sédiments. Ces flux sont partiellement captés par les macrophytes disposés sur une partie du fond du plan d'eau. Mais comme ces macrophytes ne couvrent pas la totalité du substrat, une partie des nutriments parvient néanmoins dans la colonne d'eau, d'autant qu'il y a des apports par ruissellement.

On ne peut s'appuyer complètement sur les teneurs en phosphore dans l'eau du plan d'eau pour établir le niveau trophique du plan d'eau, car les mesures sont hétérogènes en quantité et les seuils de mesures sont souvent trop élevés pour conclure de façon certaine.

Mais les éléments disponibles (et notamment les mesures de chlorophylle a, la nature du phytoplancton présent, et les profils de pH, jumelés aux facteurs hydrologiques et morphologiques du plan d'eau) laissent à penser que l'on aurait un état « mésotrophe à méso-eutrophe ». Le plan d'eau semble être pour l'instant dominé par le phytoplancton, mais comme il y a aussi des macrophytes, il y a un certain équilibre entre ces deux biomasses ;

Il n'est pas exclu que l'azote soit potentiellement limitant pour le phytoplancton pendant une partie de l'été. Cela induit un avantage compétitif fort pour les cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique à cette période de l'été. Mais rien ne peut être conclu en l'état. Il conviendra de surveiller ce paramètre ;

Un genre de cyanobactérie comportant des espèces potentiellement toxiques a été retrouvé dans le plan d'eau (il s'agit d'*oscillatoria*).

Sur ces bases, on peut conclure qu'il y a effectivement un risque de prolifération de cyanobactéries potentiellement toxiques, même s'il n'est pas critique. Afin de caractériser plus finement ce risque, des mesures complémentaires seront sans doute nécessaires.

Par ailleurs, en fonction notamment de l'évolution de la biomasse de macrophytes, ce risque s'accroîtra ou se réduira dans les années à venir. Ces éléments seront abordés dans le cadre du rapport de phase 3.

Enfin, il conviendra aussi de mettre en place une surveillance appropriée par rapport à ce développement occasionnel de cyanobactéries, qui sera également abordée en phase 3 de l'étude.

4.4 Risque de contamination interhumaine

La contamination interhumaine des eaux croît avec la fréquentation de la plage et peut présenter un risque en cas de densité importante de baigneurs dans l'eau.

En effet, les baigneurs amènent des pollutions dans l'eau des baignades et sur la plage.

Afin d'identifier quel est le niveau de risque, il convient de prendre en compte à la fois la fréquentation, en particulier dans l'eau, mais aussi d'autres éléments spécifiques à la zone de baignade, à savoir :

Le volume de la zone de baignade ;

Le degré de confinement de l'eau dans cette zone, et l'existence ou pas d'une circulation d'eau.

Afin d'appliquer cette approche à la zone de baignade, les hypothèses simplificatrices suivantes ont été considérées :

Nous disposons d'un ordre de grandeur de fréquentation de la plage sur la base du retour d'information du gestionnaire de la baignade, mais il est plus compliqué d'estimer le nombre de personnes présentes à un instant donné dans l'eau. Le gestionnaire fait état d'un maximum de 400 personnes simultanément dans l'eau ;

On calcule le volume de la zone de baignade par une triangulation simplifiée et on obtient un volume d'environ 8000m³.

Sur ces bases, on peut faire le constat suivant. Dans la zone de baignade en cas de pic de fréquentation, le volume par baigneur est estimé à 20 m³ en valeur moyenne. Il est communément admis qu'il y a risque de contamination inter-humaine si l'on ne dispose pas d'au moins 20 m³ par baigneur. Nous sommes donc au seuil limite admissible lors des pics d'affluence. Heureusement, la zone de baignade est ouverte sur le plan d'eau, et les vents dominants tendent à rabattre les pollutions vers l'autre rive. Par contre, la profondeur reste faible aux abords de la plage ce qui ne facilite pas les courants de recirculations.

Parce que l'on pressentait des facteurs de risque de contamination inter-humaine, un suivi de la qualité bactériologique a été proposé spécifiquement pour rechercher si ce risque était établi ou pas. A cette fin les consignes étaient les suivantes :

Prélèvement un jour d'affluence (nombreux baigneurs) par temps calme et chaud, en milieu de journée, au milieu de la zone de baignade ;

Analyse des paramètres suivants : *Escherichia coli*, *Entérocoques* intestinaux, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*.

Des mesures ont été réalisées sur la plage les 23 et 31 Août 2011 en présence de baigneurs. Malheureusement, la météorologie moyennement favorable a conduit à un faible nombre de baigneurs dans l'eau lors des échantillonnages. Ces mesures n'ont pas montré de présence de *Staphylocoques*, ni de *Pseudomonas aeruginosa*. La faible affluence ne permet pas de conclure.

Considérant ces différents constats, on peut conclure qu'il y a un risque occasionnel de contamination inter-humaine dans la zone de baignade. Ce risque est limité, car sinon il aurait été mis en évidence dans l'analyse des données bactériologiques. Mais il est quand même à surveiller. Afin de confirmer l'occurrence de ce risque, il conviendrait de mettre en place un suivi régulier des paramètres bactériologiques dans la zone de baignade pour les saisons touristiques à venir. Le détail du programme de suivi sera présenté en phase 3.

Ce risque faible devrait perdurer dans les années à venir pour autant que la fréquentation reste stable.

4.5 Risque de turbidité

Ce risque spécifique est ajouté car il est avéré et il pose problème au gestionnaire de baignade.

En effet, comme cela a été indiqué dans le chapitre 3, la transparence est mauvaise. Elle est majoritairement en dessous de 1m, qui est communément considéré comme le seuil admissible (ce seuil n'est plus réglementairement impératif). Cela pose des problèmes de sécurité, notamment en cas de noyade.

L'analyse des données des 10 dernières années laisse à penser que cette situation de faible transparence est stable et ne présente ni amélioration ni détérioration. Elle peut être attribuée à la concordance de plusieurs causes :

- La faible profondeur du plan d'eau ;
- La granulométrie fine des sédiments ;
- Le niveau trophique du plan d'eau ;
- Les acides humiques apportés par la forêt.

A cela s'ajoute trois phénomènes :

- La présence de baigneurs en densité importante dans l'eau. La faible profondeur de l'eau conduit à un piétinement qui remet en suspension les sédiments et les particules fines associées au sable, cette fraction fine mettant du temps à se redéposer sur le fond ;
- La prise au vent qui conduit à remettre en suspension les sédiments fins situés à faible profondeur ;
- La présence de poissons fouisseurs qui remobilisent eux aussi les sédiments fins du fond.

De nombreux éléments expliquent donc la mauvaise transparence de l'eau.

5

Perspective d'évolution des risques

Cette partie consiste à réfléchir, sur une perspective d'une dizaine d'années, à l'évolution du contexte environnant du plan d'eau et aux conséquences sur la qualité des eaux de baignade.

Tout d'abord, il est important de rappeler qu'aujourd'hui le plan d'eau et en particulier la plage ne sont pas soumis à des flux de pollution d'eaux usées et d'eaux pluviales importants. Par ailleurs, aucun projet d'extension d'urbanisation ou d'assainissement ne semble être prévu. Ainsi, la situation des flux d'eaux usées vers le plan d'eau ne devrait pas évoluer à l'horizon 2015-2020.

Les principaux risques identifiés sont en partie liés à des facteurs environnementaux, externes aux activités humaines, si on excepte le risque de contamination inter-humaine qui est directement dépendant de la densité de baigneurs sur la zone de baignade et la mauvaise transparence de l'eau qui lui est également partiellement liée. Le risque de contamination inter-humaine devrait perdurer à son faible niveau actuel sauf si l'activité de baignade baisse en fréquentation. Quant au risque de turbidité excessive, il devrait perdurer car tous les facteurs explicatifs resteront durablement présents.

Concernant les autres risques, deux doivent retenir notre attention car ils dépendent de facteurs environnementaux qui sont donc éminemment variables. Il s'agit essentiellement des contaminations (bactéries, cercaires) véhiculées par les oiseaux aquatiques et du risque de prolifération des cyanobactéries (grandement dépendant de l'équilibre trophique du plan d'eau et de la biomasse de macrophytes). Ces deux risques devraient perdurer dans l'avenir, et leur évolution dépendra des actions entreprises par le gestionnaire de baignade.

6

Synthèse du diagnostic

Le travail réalisé au cours de cette phase 2 a permis d'appréhender le fonctionnement du lac de Bois le Roi et de dresser un état des risques au droit de la baignade et des perspectives d'évolution de ces risques dans le temps.

Les principales conclusions sont présentées ci-après.

La plage est disposée au sud ouest de l'étang. Cette zone est peu profonde. Il existe un risque de contamination inter-humaine dans la zone de baignade lors des pics d'affluence (du fait de la densité de baigneurs dans l'eau). Ce risque est donc directement dépendant de la fréquentation.

Le plan d'eau est principalement alimenté par les eaux de nappe. Ces apports comportent un peu de phosphore et d'azote. Le plan d'eau est sans doute un cul de sac hydrologique, la plupart du phosphore qui l'alimente reste stocké dans les sédiments et est potentiellement partiellement réutilisable par les biomasses macrophytique et phytoplanctonique.

La biomasse phytoplanctonique semble dominer, et les teneurs en chlorophylle a sont élevées en été, ce qui accredit l'hypothèse d'un lac mésotrophe à méso-eutrophe.

Le risque de prolifération de cyanobactéries existe (d'autant qu'une espèce de cyanobactérie a été retrouvée en août 2011 dans le plan d'eau), même s'il n'est pas critique, et il convient de rester vigilant.

Il y a aussi un risque de contamination par les animaux, essentiellement par les oiseaux (le risque de contamination par les ragondins est limité tant qu'ils ne se rapprochent pas de la zone de baignade, ce qui nécessite une certaine vigilance), mais aussi lié à la processionnaire du chêne. Concernant les oiseaux aquatiques, ceux ci peuvent être potentiellement contaminés par la *trichobilharzia* qui génère la dermatite cercarienne. Même si ce risque n'est pas avéré, il est potentiel et totalement dépendant de facteurs externes (arrivée d'oiseaux contaminés sur le site, nombre d'oiseaux aquatiques, localisation de ceux ci par rapport à la plage, présence de végétation aquatique, présence de mollusques potentiellement porteurs, intermédiaires). Il conviendra d'étudier en phase 3 s'il existe des moyens permettant de limiter ce risque.

Enfin, le risque de turbidité des eaux est avéré. Il est principalement lié à des critères environnementaux, et devrait donc perdurer dans le temps.

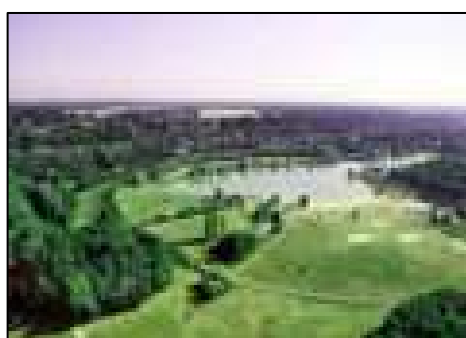
Sur cette base, on peut constater que les risques les plus significatifs sont avant tout les risques de faible transparence, de prolifération des cyanobactéries, et de contamination par les animaux (oiseaux, processionnaires du chêne), auxquels on doit ajouter un risque limité de contamination inter-humaine. Le risque de faible transparence est le plus marqué, mais il n'impacte pas directement la fermeture de la baignade. Les autres risques ne sont pas sévères, mais ils nécessitent un suivi et des mesures appropriés pour les limiter.

 **île de France**



VERSION N°2

Décembre 2013



Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de loisirs de Bois-le-Roi

Phase 3 : Plan d'actions et
mesures de gestion


SAFEGE
Ingénieurs Conseils

SIÈGE SOCIAL
PARC DE L'ÎLE - 15/27 RUE DU PORT
92022 NANTERRE CEDEX

ÉTUDE RÉALISÉE AVEC LE CONCOURS FINANCIER DE L'AGENCE DE
L'EAU SEINE NORMANDIE

TABLE DES MATIÈRES

1 Introduction	7
1.1 Contexte	7
1.2 Localisation	8
1.3 Rappel des principales conclusions de la phase 2.....	13
2 Plan d'actions.....	19
2.1 Hiérarchisation des sources de pollution.....	19
2.2 Opérations existantes ou en projet.....	21
2.3 Points à problèmes.....	23
2.4 Actions visant à améliorer les connaissances	25
2.4.1 Évolution de la qualité des eaux lors d'une crue de la Seine	25
2.4.2 Mieux identifier les risques provenant des alimentations du plan d'eau	25
2.4.3 Campagnes de mesures complémentaires pour compléter le diagnostic	26
2.5 Actions préconisées.....	28
2.5.1 Actions visant à limiter le risque de contamination bactérienne d'origine anthropique.....	28
2.5.2 Actions visant à réduire le risque de contamination par les animaux..	29
2.5.2.1 Contaminations apportées par les chiens	29
2.5.2.2 Contaminations apportées par les ragondins	29
2.5.2.3 Contaminations apportées par les chevaux	29
2.5.2.4 Contaminations fécales apportées par les colonies d'oiseaux aquatiques ...	30
2.5.2.5 Dermatite cercarienne	31
2.5.2.6 Problème de la processionnaire du chêne	32
2.5.2.7 Problème des méduses	34
2.5.3 Actions visant à limiter le risque lié aux cyanobactéries.....	35
2.5.4 Actions visant à limiter le risque de turbidité	38
2.5.5 Actions visant à réduire le risque de contamination interhumaine.....	41
2.5.6 Synthèse des actions préconisées	42
3 Mesures de gestion active	45

3.1	Campagnes de suivis pour caractériser les facteurs de risque	45
3.1.1	Risque de contamination bactérienne par les animaux.....	46
3.1.2	Risque de dermatite cercarienne	47
3.1.3	Risque de prolifération des cyanobactéries	48
3.1.4	Risque de contamination inter-humaine	50
3.1.5	Risque de turbidité	50
3.2	Gestion d'une crue de la Seine conduisant à un débordement dans le plan d'eau de Bois le Roi	50
3.3	Gestion active et prédictive du risque lié aux cyanobactéries.....	52
3.3.1	Rappel des caractéristiques des cyanobactéries.....	52
3.3.2	Mesures de gestion du risque lié aux cyanobactéries	53
3.3.2.1	Évaluation du risque.....	53
3.3.2.2	Sensibilisation du public et des usagers	60
3.3.2.3	Gestion des activités.....	61
3.3.2.4	Jeux d'eau.....	63
3.3.3	Synthèse des dispositions pour le suivi des cyanobactéries	64
3.3.3.1	Description de la surveillance.....	64
3.3.3.2	Plan de gestion de crise.....	65
3.4	Gestion active et prédictive du risque bactériologique	65
3.4.1	Mesures de gestion pour la qualité bactériologique	65
3.4.2	Dispositions pour le suivi de la qualité bactériologique.....	66
3.4.2.1	Paramètres à analyser	67
3.4.2.2	Localisation des prélèvements	67
3.4.2.3	Fréquence des prélèvements	67
3.4.2.4	Protocole de prélèvement.....	68
3.4.2.5	Coût estimatif de la campagne.....	68
3.4.2.6	Contractualisation avec un laboratoire	68
3.4.2.7	Analyse des résultats.....	69
3.4.3	Plan de gestion de crise	69
3.5	Synthèse opérationnelle	71
3.5.1	Campagnes de suivi des risques liés aux animaux dans le plan d'eau de Bois le Roi	71
3.5.2	Gestion d'une crue de la Seine induisant un débordement dans le lac.....	72
3.5.3	Gestion du risque cyanobactérien dans le plan d'eau de Bois le Roi....	72
3.5.4	Gestion d'une contamination bactérienne sur le plan d'eau de Bois le Roi	74

4 Information du public.....	77
Annexe 1 : Circulaire DGS/SD 7 A n° 2003-270 (04/06/2003).....	79
Annexe 2 : Fiche d'observation quotidienne.....	91

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des Figures

Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi.....	9
Figure 2 : Localisation du site d'étude	10
Figure 3 : Carte bathymétrique du plan d'eau de bois le roi avec implantation des zones de dépôts	11
Figure 4 : Schématisation du fonctionnement hydraulique du plan d'eau.....	23
Figure 5 : Localisation du centre équestre de la BPAL de Bois-le-Roi (en orange), du secteur bordant le lac où du crottin de cheval a été retrouvé (en rouge) et du secteur de bras morts avec des végétaux morts et ragondins (jaune)	24
Figure 6: Transparence mesurée au disque de Secchi sur le plan d'eau de Bois le Roi	38
Figure 7 : Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le roi (échantillon prélevé le 24 Août 2011)	38
Figure 8: Schéma décisionnel proposé par le CSHPF et cité dans la circulaire DGS/SD 7 A n° 2003-270 du 4 juin 2003	59
Figure 9: Proposition de circuit décisionnel	71

Liste des Tableaux

Tableau 1: Hierrarchisation des risques	20
Tableau 2: Synthèse des actions préconisées	44
Tableau 3: Seuils et mesures de gestion et de surveillance pour un dispositif de suivi de niveau I	56
Tableau 4: Seuils et mesures de gestion et de surveillance pour un dispositif de suivi de niveau II	57

Tableau 5: Mesures de précaution et d'interdictions en fonction des résultats de surveillance (Source CSHPF, mai 2003)	61
Tableau 6: Préconisation de mesures de gestion des activités.....	63
Tableau 7: Seuils des mesures de gestion préventives en eau douce proposés par l'AFSSET (2007)	66
Tableau 8: Normes d'analyses pour les paramètres bactériologiques suivis.....	67

1

Introduction

1.1 Contexte

La Région Île-de-France a confié à SAFEGE la réalisation du profil des eaux de baignade de sept plans d'eau d'Île de France. Le présent rapport concerne la base de plein air et de loisirs (BPAL) de Bois le Roi.

Le profil de baignade est une obligation réglementaire émanant de la directive européenne de 2006 (2006/7/CE) sur les eaux de baignade. Il a pour fonction d'identifier et de quantifier les risques sanitaires dans les zones de baignade et d'élaborer des mesures concrètes de maîtrise et de gestion des pollutions et risques éventuels.

Cette étude comporte trois phases :

L'état des lieux ;

Le diagnostic ;

Le plan d'actions et les mesures de gestion.

Le présent document constitue le rapport de la phase 3 « plan d'actions et mesures de gestion ». Il fait suite aux deux premières phases qui ont permis :

De décrire le contexte, les activités ainsi que les équipements qui entourent la zone de baignade ;

De déterminer et de caractériser les différentes sources de pollutions potentielles recensées sur la zone d'étude locale et étendue ;

D'identifier les flux de polluants bactériens entrant dans le plan d'eau de Bois le Roi ;

De dresser un diagnostic du fonctionnement et des dysfonctionnements du plan d'eau au droit de la baignade ;

D'évaluer les niveaux de risques vis à vis de la contamination bactérienne d'origine anthropique, de la contamination par les animaux, de la prolifération des cyanobactéries, et des contaminations inter-humaines.

Les phases 1 et 2 ont établi que le plan d'eau de Bois le roi présente un risque avéré (risque de turbidité des eaux) et des risques potentiels (contamination par les animaux, prolifération des cyanobactéries), ce qui classe le profil de baignade en profil de type 2.

La présente phase vise à dresser un plan d'action et de gestion en vue de limiter ces risques et leurs conséquences sur les activités au droit de la zone de baignade.

La base de loisirs de Bois-le-Roi est publique, le Conseil Régional d'Ile de France en est le propriétaire. La Base est le fruit d'un partenariat entre trois collectivités réunies au sein d'un Syndicat mixte. La gestion de la Base, l'organisation des activités et des animations ont été déléguées par le Syndicat à l'UCPA

Ce syndicat est composé de représentants de la Région Île-de-France (qui finance les équipements), du Conseil général de Seine-et Marne et de la Commune de Bois-le-roi.

1.2 Localisation

La base de loisirs de Bois-le-Roi se situe dans le département de Seine-et-Marne (77) en région Île-de-France, à 50 km de Paris et 10 km au sud de Melun. Située entre les bords de la Seine (au nord) et la forêt de Fontainebleau (au sud et à l'est), elle est incluse entièrement dans le territoire communal de Bois-le-Roi et représente une superficie totale de 75 hectares dont 10 hectares de plans d'eau. C'est l'une des bases de loisirs les plus petites d'Île-de-France.



Figure 1 : Localisation de la base de loisirs de Bois-le-Roi

En plus de la baignade, sont exercées, sur le plan d'eau, des activités nautiques et la pratique de la pêche. Le plan d'eau voisin, localisé à l'est du lac, fait partie du « practice » du golf de la base de loisirs.

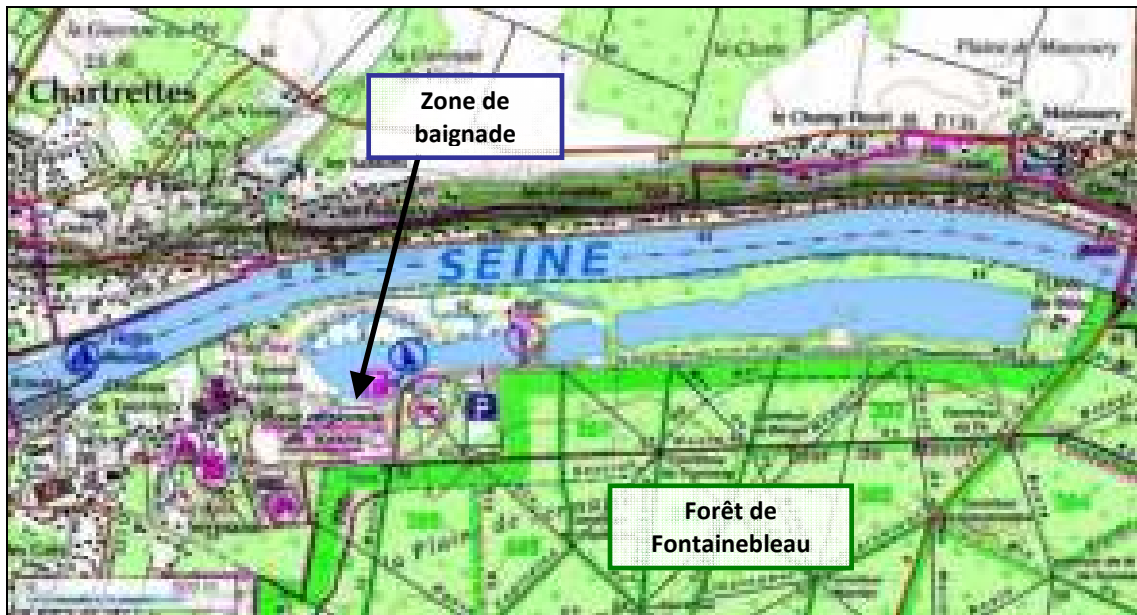


Figure 2 : Localisation du site d'étude



Photo 1 : Plan d'eau et zone de baignade de la BPAL de Bois-le-Roi

La carte bathymétrique du plan d'eau est présentée ci après.

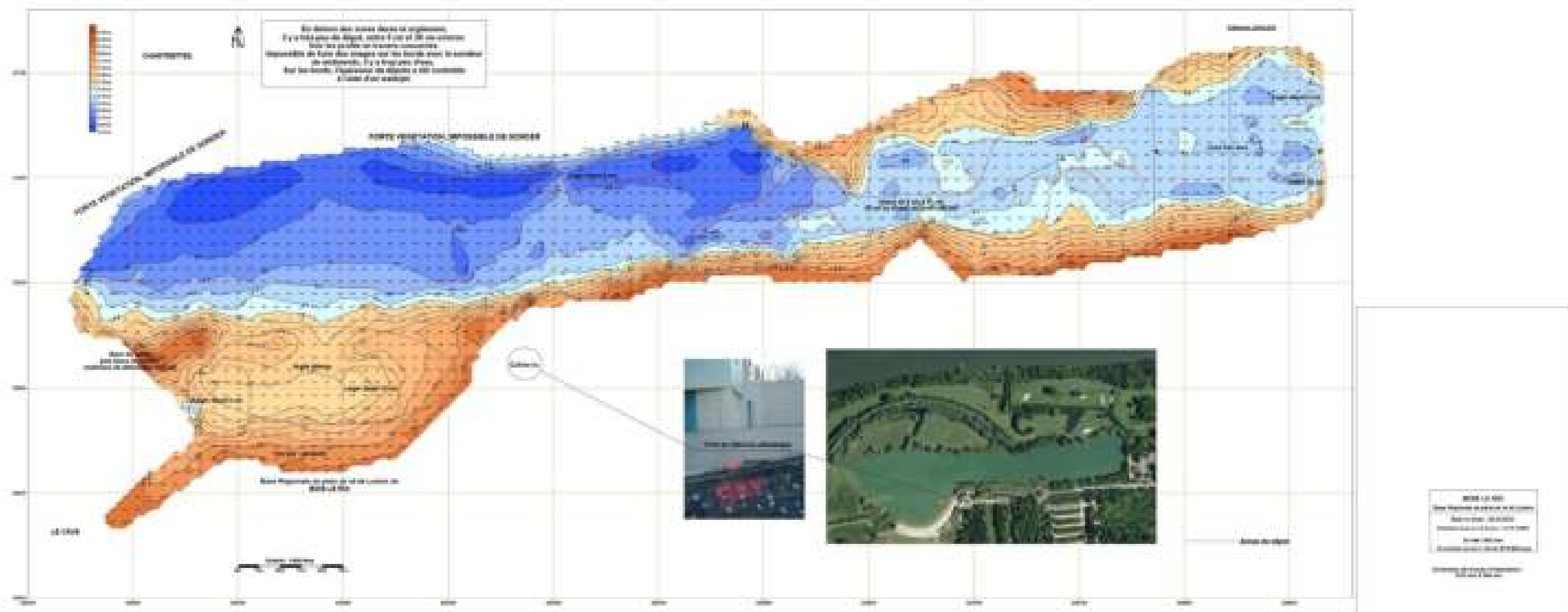


Figure 3 : Carte bathymétrique du plan d'eau de bois le roi avec implantation des zones de dépôts

1.3 Rappel des principales conclusions de la phase 2

Les principales sources identifiées de pollutions microbiologiques du plan d'eau sont les suivantes (hors pollutions accidentelles) :

1. Les apports des chevaux du centre équestre. Ils sont potentiellement importants, et concernent essentiellement la zone ouest du plan d'eau. On peut cependant noter qu'ils sont probablement dispersés spatialement et n'impactent le lac que via le ruissellement, ce qui traduit un abattement probable avant arrivé dans le plan d'eau ;
2. Le ruissellement lors des épisodes pluvieux. Ces apports qui sont quantitativement importants, sont cependant répartis sur les cotés du lac (principalement sur la berge sud) ce qui en limite un peu l'impact
3. Les apports provenant des déjections canines. Ces apports sont répartis spatialement autour du lac, d'où le fait qu'ils ne soient pas considérés comme critiques (pour autant que l'on maintienne l'interdiction aux chiens d'accéder à la plage) ;
4. Les oiseaux, représentent un flux non négligeable car une partie de ce flux parvient directement dans la zone de baignade ;
5. La présence de ragondins sur les berges nord et ouest conduit à des pollutions. Cela étant, les flux correspondant sont limités, et ne sont pas situés à proximité immédiate de la plage ;
6. La fréquentation de la plage par les baigneurs. Cette pollution peut être considérée comme événementielle quand les conditions, notamment météorologiques, sont propices à de fortes fréquentations de la plage.

Parmi ces flux, **les principaux risques bactériens au droit de la baignade sont liés aux contaminations par le ruissellement et aux contaminations par les oiseaux et par les chevaux.**

La qualité de l'eau de la zone de baignade a été analysée selon des méthodes statistiques imposées par la réglementation actuelle sur la qualité des eaux de baignade (directive 1976) et selon la nouvelle directive qui sera appliquée en fin de saison 2013 (directive 2006). L'analyse amène à la conclusion que **la zone de baignade est le plus souvent de qualité « excellente »** (selon les termes de classification de la nouvelle directive). Un épisode de pollution bactérienne a été noté en 2006. Il est difficile de conclure avec certitude concernant ce dépassement, mais il concerne avant tout les entérocoques, et pourrait être lié à un épisode pluvieux les jours précédents provoquant le ruissellement de déjections animales.

D'une façon générale, les conditions de pluies et vent semblent avoir peu d'impact sur le niveau de contamination bactériologique au droit de la baignade, ce qui accrédite l'hypothèse que les sources de contamination les plus critiques sont liées

aux animaux et aux contaminations inter-humaines et non pas au ruissellement provenant du bassin versant éloigné.

Concernant le diagnostic de fonctionnement du plan d'eau de Bois le Roi, on peut faire les constats suivants :

le lac est peu influencé par la Seine, ce qui se traduit par l'absence de marnage du plan d'eau lors des crues de la Seine. De fait le plan d'eau est principalement alimenté par son bassin versant et constitue plus ou moins un cul de sac hydrologique. Il en découle un temps de séjour prolongé, que l'on peut estimer avoisinant les 2 ans.

le lac présente une stratification thermique verticale faible et intermittente en été du fait de sa faible profondeur.

La transparence de l'eau est mauvaise. Elle varie de 20 cm à 1,2m. Elle est directement liée à la faible profondeur du plan d'eau, à la granulométrie fine des sédiments, qui sont facilement remis en suspension par les baigneurs, les poissons fouisseurs, et le vent, et décantent très lentement. Mais cette transparence est aussi la conséquence de la présence de phytoplancton, et sans doute d'apports en acides humiques provenant du bassin versant.

Il existe peu de données de suivi de la qualité des eaux. Les quelques mesures réalisées dans le cadre de la présente étude laissent à penser que le phosphore serait suffisant pour soutenir le développement d'une biomasse phytoplanctonique non négligeable (il est notamment présent en quantité appréciable dans les sédiments d'où il peut être remobilisé). Il y a un certain équilibre entre les macrophytes et le phytoplancton, équilibre qui varie suivant les saisons et les conditions météorologiques. La production primaire conduit certainement à des épisodes de sursaturation ponctuels en oxygène dissous, à des hausses de pH, et peut occasionnellement s'accompagner d'une baisse drastique des teneurs en azote. Ces situations sont propices au développement de cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique.

Le phytoplancton est caractérisé par des teneurs en chlorophylle a non négligeable (environ 20 µg Chl a/l relevé sur les échantillons d'août 2011 ce qui devra être confirmé par des mesures plus étendues dans le temps). Des cyanobactéries du genre *oscillatoria* ont été trouvées dans l'eau, ce qui accredit la présence de cyanobactéries potentiellement toxiques. Même si leur nombre était limité en août 2011, elles font peser un risque qu'il convient de prendre en compte.

On peut déduire de ces éléments que **le plan d'eau est plutôt mésotrophe à méso-eutrophe**, mais il manque un suivi pluriannuel pour être plus précis.

Concernant les macrophytes aucune campagne de caractérisation n'existe, et il conviendra d'en faire l'inventaire, ce qui sera utile pour l'exploitation du plan d'eau.

Les crues de la Seine peuvent conduire à un débordement dans le lac, mais celles ci sont très rares. Lors de tels événements on peut s'attendre alors à une hausse du niveau trophique du plan d'eau, au moins jusqu'à l'automne suivant, ce qui est favorable au phytoplancton au détriment des macrophytes.

Les risques pesant sur l'activité de baignade sont les suivants :

1. Risque de contamination bactérienne anthropique (E Coli et entérocoques)

- Le plan d'eau est éloigné des sources potentielles significatives de pollutions liées à l'assainissement collectif. Les principales pollutions sont dès lors liées au lessivage des sols en période de pluie et indirectement aux pollutions apportées sur les sols proches du lac par les hommes, et par les animaux (notamment par les chevaux et oiseaux).
- Il y a des apports notables lors des débordements de la Seine, car celle ci véhicule des pollutions bactériennes, mais ces crues restent rares.
- Pour conclure sur ce point, **le risque de contamination bactérienne lié aux activités anthropiques est présent, même s'il reste faible. Il ne devrait pas foncièrement évoluer dans le proche avenir.**
- On notera que **les contaminations bactériennes par les oiseaux sont plus problématiques, car elles peuvent intervenir directement sur la plage.**

2. Risques de contaminations par les animaux

- Des ragondins sont présents sur la base de loisir, mais ils sont pour l'instant situés au nord et à l'ouest du plan d'eau, donc pas dans l'environnement immédiat de la plage. De fait le risque de contamination reste limité. Il conviendra de garder une surveillance car cette situation peut évoluer, notamment parce que le plan d'eau est peu étendu.
- Les chiens sont présents, mais le risque de contamination est limité par l'interdiction de leur présence sur la plage. Il conviendra de veiller au respect de cette règle.
- **Par contre les oiseaux posent problème.** On constate notamment la présence d'oies bernaches, de canards et de cygnes à proximité de la baignade. Outre les **pollutions bactériennes au droit de la plage**, il en découle un autre risque, puisque ces oiseaux sont également potentiellement porteurs des **cercaires**. La configuration du plan d'eau conduit à considérer ce risque comme potentiel même s'il n'a pas été confirmé par des mesures in situ, car il suffit que des oiseaux contaminés s'installent sur le plan d'eau pour que la dermatite cercarienne se développe (tous les ingrédients existent pour cela). Il conviendra donc de vérifier ce risque par des suivis réguliers.

- Il y a des chenilles processionnaires. Compte tenu de l'environnement immédiat de la base de loisir, ce risque devrait perdurer.
- On note l'apparition récente (2013) de proliférations ponctuelles de méduses d'eau douce (sans doute s'agit-il de *Craspedacusta sowerbii* qui mesure au plus 25mm).
- **Il y a donc un risque de contamination par les animaux (risque de dermatite cercarienne associé aux oiseaux aquatiques, risque lié aux chenilles processionnaires, aux méduses d'eau douce). Ce risque est potentiel pour la dermatite et avéré pour la chenille processionnaire et les méduses. Ils devraient perdurer dans le proche avenir (au moins pour la chenille processionnaire, car il est difficile de prévoir la fréquence d'apparition des méduses).**

3. Risque de prolifération des cyanobactéries

- Le plan d'eau est à tendance méso-eutrophe. Il se caractérise par une compétition entre macrophytes et phytoplancton. Les quelques mesures réalisées en août 2011 laissent à penser qu'il y a des épisodes de développement de phytoplancton en quantité notable.
- L'azote peut devenir limitant, alors que le phosphore ne le serait généralement pas (du fait de sa présence dans les sédiments peu profonds). Cela favorise le développement de cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique. On note la présence d'une espèce potentiellement toxique (genre *Oscillatoria* retrouvée dans les échantillons d'août 2011), et même si la densité algale était faible lors du prélèvement, c'est un facteur de risque.
- On peut donc conclure **qu'il y a effectivement un risque potentiel de prolifération de cyanobactéries potentiellement toxiques, même s'il est difficile de le caractériser précisément du fait de l'insuffisance des données existantes. Ce risque devrait perdurer dans un proche avenir.**

4. Risque de contamination inter-humaine

- Le volume d'eau par baigneur est à la limite du seuil potentiellement problématique. C'est un facteur de risque.
- Par contre, la zone de baignade est plutôt ouverte sur le lac.
- On peut donc conclure **qu'il y a un risque occasionnel de contamination inter-humaine. Ce risque reste très modéré.**

5. Risque de turbidité des eaux

- La transparence de l'eau est mauvaise, et elle est généralement inférieure à très inférieure au seuil de 1m considéré comme nécessaire pour assurer la sécurité des baigneurs.
- Cette transparence est avant tout la conséquence d'un lac peu profond, aux sédiments fins facilement remobilisables par le vent, les baigneurs et les poissons fouisseurs. Mais elle est aussi impactée par la biomasse phytoplanctonique.
- Cette faible transparence est stable dans le temps sur les 10 dernières années et devrait perdurer dans l'avenir. On peut donc considérer **ce risque comme avéré et rémanent.**

2

Plan d'actions

Le plan d'actions intègre les opérations existantes et déjà entreprises par le gestionnaire de la baignade et la région Ile de France et propose des solutions d'amélioration de la qualité des eaux.

On distingue généralement plusieurs types d'actions destinées à :

- réduire la quantité de pollution rejetée dans le milieu ;
- améliorer le fonctionnement au droit de la zone de baignade pour y limiter les risques ;
- renforcer la connaissance des mécanismes de pollution, au moyen par exemple d'analyses d'eaux de baignade plus fréquentes.

Dans cette partie, on distinguera les actions à conduire pour limiter les cinq risques suivants :

- Risque de pollution bactériologique (d'origine anthropique) ;
- Risque de contamination par les animaux ;
- Risque de prolifération des cyanobactéries ;
- Risque de contamination inter-humaine
- Risque de turbidité des eaux.

2.1 Hiérarchisation des sources de pollution

Afin d'établir un plan d'action, il apparaît au préalable utile de hiérarchiser les risques et d'identifier les actions qui peuvent leur être associés. Le tableau suivant synthétise les risques. Les niveaux de priorité mentionnés sont :

- Hors priorité : le risque n'existe pas, ou est tellement limité qu'il ne nécessite pas de mesures particulières
- Priorité 3 : le risque est faible, mais peut faire l'objet d'une mesure ou d'une surveillance spécifique

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

- **Priorité 2** : le risque est moyen, et doit faire l'objet de mesure(s) et/ou surveillance spécifique.
- **Priorité 1** : le risque est fort, et doit faire l'objet de mesure(s) et/ou de surveillance spécifique.

Tableau 1: Hierrarchisation des risques

Source de pollution	Type de pollution	Impact potentiel	Etat du risque	Fréquence d'occurrence	Criticité en cas d'occurrence	Niveau de priorité
Sédiments	Hausse du taux de MES par remobilisation (vent, baigneurs, poissons), relargage d'éléments nutritifs.	eutrophisation du lac, turbidité des eaux	faible transparence récurrente en période estivale à laquelle participent les sédiments, même s'ils n'en sont pas la seule cause	forte	forte	priorité 1
Golf	apports d'engrais, de pesticides	eutrophisation du lac, toxique dans les chairs de poissons	Un golf juste au bord du lac. Il reçoit des engrais et pesticides et constitue donc une source de pollution potentielle pour le lac	forte	moyenne à forte	priorité 2
Ruissellement eaux pluviales	apports de contaminants au lac par entrainement des eaux	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs. Contamination aux hydrocarbures. Eutrophisation (cyanobactéries)	La plupart des eaux pluviales s'infiltrent et une petite partie peu arriver par ruissellement (en cas de gros orages), notamment via le bras d'eau situé à coté de la baignade.	moyenne à faible	faible	priorité 2
Apports par les eaux souterraines	apports nutritifs	eutrophisation du lac et prolifération de cyanobactéries	lac méso-eutrophe. Une partie importante des apports nutritifs se fait par les eaux souterraines, mais cette pollution est diffuse et il y a peu de moyens d'action possible	forte	moyenne	priorité 2
Inondation du plan d'eau par la Seine en cas de crue	apports organiques, nutritifs, microbiologique, turbidité	contamination bactérienne, eutrophisation (et cyanobactéries), faible transparence	Occurrence très rare. Risque d'eutrophisation notable	très faible	forte	priorité 2
Oies bernaches, cygnes, canards	contamination fécale, risques cercaire	contamination bactérienne, dermatite cercariaire	Il y avait beaucoup d'oies bernaches aux abords de la plage. Ce risque a baissé d'intensité depuis que la régulation des peuplements a été autorisée	forte	moyenne	priorité 2
Chevaux	contamination fécale	contamination bactérienne, eutrophisation (et cyanobactéries)	Un centre équestre aux abords du lac, et des chevaux passant sur le chemin situé à l'ouest du plan d'eau	moyenne	faible	priorité 2
Baigneurs	Contamination microbiologique, turbidité	Contamination inter-humaine des baigneurs	Limité aux pics d'affluence et encore sans certitude. Pas de contamination avérée.	très faible	faible	priorité 3
Flux issus des réseaux d'eaux usées	Débordement de poste de refoulement, fuites sur conduites	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs	1 seul incident relevé (cafétaria) mais n'ayant pas entraîné de débordement et étant réglé. Aucune contamination du lac n'est recensée.	très faible	moyenne	priorité 3
Chiens	contamination fécale	contamination bactérienne	chiens non autorisés sur plage, dispersé sur le pourtour du lac	moyenne	faible	priorité 3
Rongeurs (ragondins, lapins, rats)	contamination fécale	contamination bactérienne	présence de ragondins au nord ouest du lac, donc peu éloignés de la zone de baignade, mais régulation de leur population en cours	moyenne	faible	priorité 3
Chenilles urticantes	émission poils urticants	allergies par contact avec la peau	des chenilles processionnaires du chêne identifiés. Pas de risque direct pour les baigneurs mais proximité des zones boisées avec d'autres activités de la base de loisir	moyenne	faible	priorité 3
Pêcheurs de carpes	contamination organique par les appâts	eutrophisation du lac	L'impact existe mais il reste limité compte tenu du faible nombre de pêcheurs concernés	moyenne	faible	priorité 3

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

Source de pollution	Type de pollution	Impact potentiel	Etat du risque	Fréquence d'occurrence	Criticité en cas d'occurrence	Niveau de priorité
Station d'épuration	disfonctionnement avec rejets d'eaux mal épurées percolant vers le lac de baignade	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs	Risque très faible, car la station d'épuration de Chartrette rejette ses eaux dans la Seine et en aval du lac	très faible	très faible	hors priorité
Réseaux d'eaux pluviales	apports pluviaux directs au lac	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs. Contamination aux hydrocarbures. Eutrophisation (cyanobactéries)	Les eaux sont majoritairement infiltrées (ou évacuées vers la Seine) et n'arrivent pas dans le lac. Il y a une seule conduite trouvée arrivant au lac mais elle semble abandonnée et ne plus servir	faible	faible à très faible	hors priorité
Sites industriels	fuite accidentelle, rejets d'eau usée...	contamination des baigneurs et de la chaîne trophique (poissons...)	il n'y a pas de sites industriels à proximité du lac pouvant le contaminer	très faible	très faible	hors priorité
Décharge sauvage	percolation de polluants par la nappe	contamination des baigneurs et de la chaîne trophique (poissons...)	pas de décharge pouvant contaminer le lac	très faible	très faible	hors priorité
Extraction de granulats	turbidité de l'eau et hausse du taux de MES	mauvaise transparence de l'eau nuisible à la sécurité des baigneurs	aucun car pas d'extraction en connexion avec le lac de baignade	très faible	très faible	hors priorité
Agriculture	apports d'engrais, de pesticides	eutrophisation du lac, toxique dans les chairs de poissons	pas de parcelle cultivée sur le bassin versant du plan d'eau	très faible	très faible	hors priorité
Elevage	contamination fécale	contamination bactérienne des baigneurs, eutrophisation du lac	pas d'élevage sur le bassin versant direct du lac	très faible	très faible	hors priorité
Camping	contamination fécale	contamination bactérienne des baigneurs, eutrophisation du lac	Le camping est raccordé au réseau d'assainissement collectif et est bien entretenu.	très faible	très faible	hors priorité
Mouettes	pollutions liées aux mouettes	contamination bactérienne des baigneurs, eutrophisation du lac (cyanobactéries)	peu de mouettes sur le plan d'eau	très faible	faible	hors priorité
Chien Terre neuves	contamination fécale lors des bains	contamination bactérienne	pas de chiens terre neuve sur site	très faible	très faible	hors priorité
Bateaux à moteur	pollutions aux hydrocarbures	contamination des baigneurs, des poissons et oiseaux...	seuls les bateaux assurant la sécurité sont autorisés et aucune pollution n'a été constatée	très faible	très faible	hors priorité

Dans le cas présent, on note qu'il y a un problème en priorité 1 en lien avec la faible transparence de l'eau. C'est celui des sédiments (qui englobe le sable des abords de la plage). Mais on notera que le problème de transparence ne se résume pas à cette seule cause, et découle aussi d'autres causes en lien avec les apports nutritifs. Comme ces derniers se répartissent sur plusieurs sources (golf, eaux souterraines, animaux...) il n'y a pas une cause que l'on puisse considérer comme critique et qui sorte du lot, ce qui explique qu'elles soient indiquées en priorité 2.

2.2 Opérations existantes ou en projet

Au cours de ces dernières années, le gestionnaire de la base de loisir a réalisé les actions suivantes pour diminuer les risques de pollution :

Les sanitaires du bâtiment de la cafétéria sont de type collectif avec pompe de relevage ce qui permet d'évacuer les eaux usées à l'extérieur du périmètre du bassin versant du lac ;

Il y a un poste de secours à proximité immédiate de la plage ;

De nombreuses poubelles sont présentes sur le site et sur la plage. Les maitres nageurs sauveteurs (MNS) procèdent au ramassage des déchets sur la plage quand il y en a ;

Le sable est ratisé par un tracteur une fois par semaine ;

Les chevaux n'ont pas le droit d'aller sur la plage ;

Les chiens sont interdits sur la plage, n'ont pas le droit de se baigner dans le lac, et doivent être tenus en laisse sur le reste du pourtour du lac ;

Le camping caravaning sauvage est interdit sur la base de loisir ;

La baignade est interdite en dehors des zones réservées à cet effet ;

Il est recommandé de ne pas nourrir les oies bernaches ;



Le décor d'eau est alimenté par de l'eau pompée dans le lac, puis les eaux sont redirigées vers le bassin à l'ouest de la plage du côté du pont opposé au reste du plan d'eau, afin de réduire l'impact de cette eau sur la plage, d'une part, et d'autre part de limiter les recirculations ;

Concernant les espaces verts,

- l'herbe est volontairement laissée hors tonte sur plusieurs espaces, la fauche tardive de ces espaces permet la floraison de nombreuses espèces, l'apparition d'une nouvelle flore spontanée et le développement d'insectes ;
- les traitements chimiques sont utilisés le moins possible et des solutions alternatives sont à l'étude ;
- dorénavant, pour les plantations sont choisies des espèces indigènes adaptées au sol et au climat ;
- les bordures de végétation en rive de plan d'eau sont élargies pour « piéger les nitrates » et pour constituer une zone de refuge pour la faune.

Le pompage d'eau arrosant le golf est réalisé à l'autre extrémité du plan d'eau, coté Nord (à hauteur de 6000m³/an) le reste de l'arrosage du golf étant réalisé par prélèvement dans la Seine.



Figure 4 : Schématisation du fonctionnement hydraulique du plan d'eau

2.3 Points à problèmes

Il y a malgré tout, un certain nombre de points à problèmes dans la gestion de la base de loisir. Les principaux problèmes identifiés sont les suivants :

Mis à part les suivis réglementaires réalisés par l'ARS, il n'y a que très peu de données quantifiées disponibles. Les suivis spécifiques sont du ressort du gestionnaire de la baignade. Ainsi, la connaissance de la qualité et du fonctionnement du plan d'eau est insuffisante. Il n'y a notamment que très peu de suivi physico chimique de la colonne d'eau, très peu de suivi des peuplements phytoplanctoniques, aucun inventaire des macrophytes, aucun suivi quantitatif des biomasses de poissons, très peu d'analyses des sédiments, aucun suivi parasitaire. Les seules analyses disponibles sont celles réalisées dans le cadre de la présente étude. Ceci est d'autant plus gênant que le diagnostic réalisé laisse à penser qu'il y a des sources de risques (voir paragraphe 1.3), notamment de contamination par les animaux et de prolifération des cyanobactéries, et il est très difficile de caractériser l'évolution d'un risque si on ne suit pas les paramètres et signaux qui permettraient d'anticiper sur d'éventuelles dérives, et d'alerter en cas de problème effectif ;

Les chevaux sont certes interdits de plage, mais ils peuvent circuler notamment sur les abords Ouest du plan d'eau, où des déjections ont été relevées. Or le chemin situé sur ce côté du plan d'eau est situé à faible distance de la zone de baignade sans être immédiatement à côté d'elle. Par ailleurs, la recirculation des eaux due aux pompes réalisées conduit à entraîner les apports polluants venant de l'Ouest vers la plage ;



Figure 5 : Localisation du centre équestre de la BPAL de Bois-le-Roi (en orange), du secteur bordant le lac où du crottin de cheval a été retrouvé (en rouge) et du secteur de bras morts avec des végétaux morts et ragondins (jaune)

Les chiens sont certes interdits de plage et doivent être tenus en laisse sur le reste du plan d'eau, mais de nombreux propriétaires de chiens ne respectent pas cette consigne (constat fait lors des visites) ce qui peut conduire à des contaminations directes du plan d'eau ;

Il y a des ragondins sur les abords nord et ouest du plan d'eau. Dans ce secteur il existe des bras morts avec de nombreux débris végétaux qui peuvent servir de refuge et de zone de développement de ces populations. Or ces secteurs ne sont pas si éloignés que cela de la zone de baignade ;

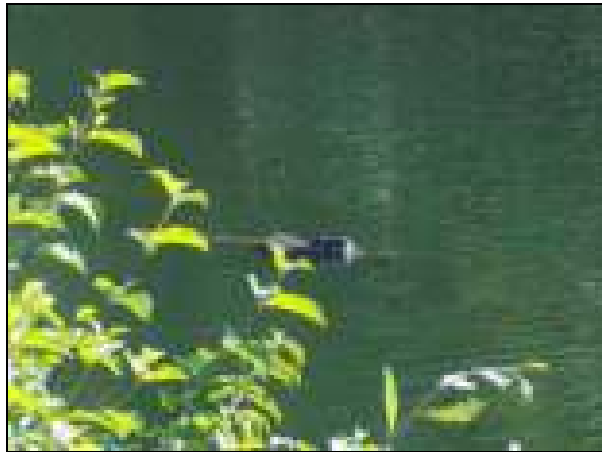


Photo 2 : Ragondin nageant sur le plan d'eau de Bois-le-Roi (SAFEGE, août 2011)

Si les espaces verts sont plutôt correctement gérés dans l'ensemble, il reste le problème du golf. Celui-ci est limitrophe du plan d'eau et reçoit à la fois des engrais et des produits phytosanitaires.

2.4 Actions visant à améliorer les connaissances

2.4.1 Évolution de la qualité des eaux lors d'une crue de la Seine

Le plan d'eau est bordé sur toute sa longueur par la Seine. Cependant, le niveau du lac ne suit pas le niveau de la Seine, ce qui accrédite l'hypothèse qu'il y a peu d'échanges entre la Seine et le plan d'eau. Tant que cette situation persistera, il n'y a pas de raison particulière de rechercher à étudier l'évolution de la qualité de l'eau du plan d'eau de Bois le Roi pendant une crue de la Seine.

2.4.2 Mieux identifier les risques provenant des alimentations du plan d'eau

Comme indiqué ci avant, le plan d'eau ne semble pas communiquer avec la Seine. Les apports proviennent donc essentiellement de son bassin versant.

Nous avons montré dans les phases précédentes de l'étude qu'il n'y a pas d'apports d'eau usée en quantité notable vers le plan d'eau. Et il ne semble pas y avoir non plus d'exutoire de réseau d'eau pluvial (les eaux pluviales de la base de loisir sont rejetées dans la Seine).

De fait, les lessivages des sols et les écoulements sub-surfaciques du bassin forestier constituent l'apport prépondérant au niveau quantitatif et qualitatif. Certes, les eaux de ruissellement ne parviennent pas directement au droit de la plage, car elles sont arrêtées par un fossé qui draine ces ruissellements vers l'est et l'ouest (dans ce dernier cas, les eaux parviennent dans le bras d'eau situé à côté du pont), mais des apports directs peuvent intervenir sur d'autres parties du bassin versant.

Nous avons affaire à un bassin essentiellement forestier, et ça impacte nécessairement l'hydrologie des apports et la qualité des eaux. Ainsi, il est probable que les apports estivaux par temps pluvieux sont fortement réduits, et essentiellement le fait des ruissellements sur les zones proches du plan d'eau.

Il est difficile d'avoir une vision précise de la qualité de ces apports, car ils sont diffus. Par contre, on peut se demander si les ruissellements qui sont concentrés dans le bras d'eau situé à coté du pont ne conduisent pas à des problèmes particuliers, à la fois par la concentration des ruissellements sur ce secteur, et par l'ajout des apports des jeux d'eau, le tout parvenant dans un bras à faible renouvellement seulement ouvert sur la zone de baignade, donc sujet à des dégradations plus ou moins fortes.

Ainsi, on recommandera de faire un suivi spécifique de la qualité de ce bras d'eau en situation d'épisode pluvieux et en période de forte affluence d'enfants dans l'eau et au droit des jeux d'eau et de comparer sa qualité avec celle du plan d'eau principal.

L'autre incertitude vient des apports polluants potentiels provenant du golf par temps de pluie. Celui-ci est traité avec un engrais liquide (WSF Sott appliqués tous les 15 jours à raison de 15g/m²), et des traitements phytosanitaires 4 à 5 fois par an (Chipcogreen 5litres/ha, Inbinia 1kg/ha, et Cabestrone 1litres/ha).

Sur cette base, on recommande donc de tenir compte de ces apports potentiels dans le cadre de la campagne de suivi de la qualité des eaux qui sera à réaliser. Le but sera de vérifier s'il y a des apports polluants notables depuis ces deux secteurs (golf au nord, et bras d'eau du pont à l'ouest). Cette préconisation est reprise plus avant dans le cadre de la proposition de campagne de suivi complémentaire (voir paragraphe suivant).

2.4.3 Campagnes de mesures complémentaires pour compléter le diagnostic

Il s'agit ici de compléments dans le but de caractériser plus finement le diagnostic de fonctionnement du plan d'eau. Nous avons vu qu'il y a peu de données disponibles et qu'il manque des éléments importants. Nous recommandons donc de prévoir les quelques compléments suivants :

Procéder à un inventaire de la biomasse de poissons. Il s'agit notamment de vérifier si les peuplements sont équilibrés et s'il n'y a pas trop de poissons fousseurs (rappelons que ces derniers impactent la transparence de l'eau). Cet inventaire gagnera à être réalisé en dehors de la saison froide ;

Organiser un suivi mensuel de la qualité des eaux du lac entre avril et octobre d'une saison complète. Ce suivi comportera à chaque fois, au point le plus profond du lac :

- Un profil vertical de température et d'oxygène dissous (un point tous les 50cm) ;

- La mesure in situ du pH sur échantillon prélevé en sub-surface ;
- La transparence au disque de Secchi ;
- L'analyse des nutriments (PO_4 , P_{total} , NO_3 , NO_2 , NH_4 , SiO_2) sur un échantillon prélevé 20cm sous la surface et sur un échantillon prélevé 20cm au dessus du fond. Les seuils analytiques requis à minima sont $15\mu\text{g P/l}$ pour le phosphore (et mieux si possible), $100\mu\text{g N/l}$, et $100\mu\text{g SiO}_2/l$;
- L'analyse du COT, le taux de MES, la concentration en chlorophylle a et en phéopigments sur un échantillon prélevé 20cm sous la surface et sur un échantillon prélevé 20cm au dessus du fond ;
- Un dénombrement phytoplanctonique (sur un échantillon prélevé 20cm sous la surface et sur un échantillon prélevé 20cm au dessus du fond). Ce dénombrement sera réalisé à minima au niveau du genre pour les cyanobactéries, et de la famille pour les autres espèces, mais il gagnerait à comporter une identification au niveau du genre pour toutes les espèces, voire au niveau de l'espèce.

Procéder à deux suivis spécifiques visant à caractériser les éventuelles pollutions provenant par temps de pluie. Des échantillonnages seront à réaliser lors d'épisodes pluvieux (le premier au printemps lorsqu'une pluie interviendra peu de temps après les traitements pratiqués sur le golf, le second pendant la saison estivale en période d'affluence importante du plan d'eau). Les échantillonnages et mesures suivantes seront réalisés à ces occasions :

- Échantillonnage d'eau à proximité du golf dans la partie Est du plan d'eau limitrophe aux zones de traitement ;
- Échantillonnage d'eau dans le bras d'eau situé entre l'île au nord de la plage et le golf ;
- Échantillonnage d'eau au point le plus profond du lac ;
- Échantillonnage dans le bras d'eau du pont en aval du rejet des jeux d'eau et de l'apport de la rigole.
- Sur chacun de ces différents points, on mesurera in situ la température, l'oxygène dissous, le pH, et on analysera les nutriments (PO_4 , P_{total} , NO_3 , NO_2 , NH_4), le COT, le taux de MES, la turbidité, les dénombrements bactériologiques (E Coli, Entérocoques intestinaux).

Procéder à un inventaire de la couverture macrophytique en fond du plan d'eau. Celle ci comportera les espèces et leur taux de recouvrement spatial. Cet inventaire devra être réalisé entre la fin de printemps et la fin août.

2.5 Actions préconisées

Rappelons que le risque critique est celui de la faible transparence de l'eau. A cela s'ajoute des risques modérés de prolifération des cyanobactéries et de contamination par les animaux, et un risque faible à très faible de contamination inter-humaine.

Les actions considérées en lien avec ces problèmes sont présentées ci après.

2.5.1 Actions visant à limiter le risque de contamination bactérienne d'origine anthropique

D'après les résultats des phases 1 et 2 le risque de contamination anthropique semble relativement limité. Il est en grande partie lié aux eaux pluviales. Sur la base des éléments collectés dans le cadre de l'étude, on propose de mettre en œuvre les actions suivantes :

Maintenir une grande attention à l'entretien et à la maintenance du poste de relevage des eaux usées de la cafétéria. Celui ci est situé à proximité immédiate de la plage et un débordement de ce poste de pompage conduirait à une contamination directe de la baignade ;

Comme cela a été indiqué au paragraphe 2.4.2, la plupart des contaminations par ruissellement parviennent dans le bras d'eau située à l'ouest du lac. Il reçoit donc des contaminants (notamment des matières organiques et nutritives, mais aussi des pollutions bactériennes issues du lessivage des sols). Or ce bras d'eau est limitrophe de la zone de baignade est fait donc peser un risque sur l'activité de baignade. Il reçoit également les eaux des jeux d'eau. Ces derniers apports permettent dans une certaine mesure de faire circuler l'eau de ce bras assez isolé pendant les périodes sans pluie, mais ils peuvent également apporter des contaminations émises par les enfants. On peut donc craindre que ce bras d'eau ait une qualité se dégradant lors des phases estivales ensoleillées avec forte activités halieutiques. Il conviendra de regarder plus précisément la qualité des eaux de ce bras d'eau lors d'épisodes pluvieux estivaux et en saison estivale sèche (voir paragraphe 2.4.3), de sorte à pouvoir en faire un diagnostic plus précis et s'assurer du niveau de risque réel. Une fois ce diagnostic réalisé et si le besoin s'en fait sentir, on pourra envisager des aménagements sur les apports d'eaux pluviales (zone tampon d'infiltration pour abattre les germes pathogènes...) et/ou ajuster les débits de circulation (jeux d'eau...) de sorte à améliorer la circulation des eaux si celle ci est insuffisante.

2.5.2 Actions visant à réduire le risque de contamination par les animaux

Le problème de contamination fécale par les animaux concerne les essentiellement les ragondins, les chevaux, les oiseaux. A cela s'ajoute le problème sanitaire lié aux chenilles processionnaires.

2.5.2.1 Contaminations apportées par les chiens

Les chiens n'ont pas accès à la plage et doivent être tenus en laisse sur le reste de la base de loisir. Autant le premier point est probablement respecté, autant le second ne l'est pas forcément. Il serait utile de lancer une **campagne de sensibilisation auprès des propriétaires de chiens** de sorte à leur faire comprendre les enjeux afférents.

2.5.2.2 Contaminations apportées par les ragondins

Comme cela a été annoncé, les contaminations véhiculées par les ragondins restent limitées quantitativement et spatialement. Il conviendra quand même à la fois de surveiller l'évolution du peuplement de ragondins, et d'éviter leur installation au sud du plan d'eau. Il est particulièrement crucial d'empêcher qu'ils ne s'implantent aux abords de la plage. La zone la plus à risque est la zone bordant le bras d'eau à l'ouest du plan d'eau (du fait de sa proximité avec la plage, et car il sera plus facilement habité par les ragondins que la plage elle-même qui ne constitue pas un environnement favorable). L'autre secteur à surveiller est les abords de la pompe des jeux d'eau, afin d'éviter l'entraînement de pollutions bactériennes vers les jeux d'eau.

A titre d'anticipation, on propose également de procéder à une **régulation des populations de ragondins** par piégeage dans la partie nord ouest du lac où ils sont implantés.

D'après le gestionnaire de la base de loisir, le problème des ragondins est désormais sous contrôle. Il conviendra de poursuivre la surveillance, car la base de loisir est ouverte à des repeuplements venant de l'extérieur.

2.5.2.3 Contaminations apportées par les chevaux

Les phases 1 et 2 ont montré que l'on pouvait avoir du crottin de cheval se déposant sur le chemin bordant le plan d'eau sur sa rive ouest. Certes ce chemin est en aval du plan d'eau (si on considère le sens d'écoulement de la Seine), mais les ruissellements peuvent néanmoins contaminer le lac.

Ainsi, nous recommandons donc de limiter autant que possible le passage des chevaux sur ce secteur propice à contaminer les eaux aux abords de la zone de

baignade. Il est également recommandé de ramasser régulièrement le crottin qui tendrait à s'y déposer de sorte à enlever les sources de germes pathogènes correspondantes.

2.5.2.4 Contaminations fécales apportées par les colonies d'oiseaux aquatiques

Cette contamination est assurément la plus pénalisante. Elle intervient pour partie directement au droit de la baignade, avec notamment une population importante d'oies bernaches. Les germes pathogènes pénètrent alors dans le sable, ce qui accentue le risque pour les enfants qui y jouent.

Afin de réduire ce risque, on propose d'entreprendre les actions suivantes :

Il est déjà **interdit de nourrir les oiseaux** sur la base de loisir. Il est important de maintenir cette règle ;

Il est également important que les débris et déchets alimentaires soient mis dans les poubelles prévues à cet effet. De nombreuses poubelles sont installées aux abords de la plage et c'est une bonne chose. Afin de diminuer le nombre d'oiseaux sur la plage, nous recommandons de **ramasser les déchets** laissés par les baigneurs sur la plage ou aux abords des poubelles le plus tôt possible après la fermeture des baignades, plutôt que d'attendre le petit matin pour faire ce type de maintenance. Cette mesure (si elle n'était pas encore appliquée) permettrait de réduire l'attractivité de la plage aux oiseaux.

Il convient également de **nettoyer correctement la surface du sable** quand il y a des déjections en ramassant ces déjections. En saison estivale, le sable étant sec, ce ramassage peut être fait par ratissage et tamisage du sable, mais en hiver et au printemps, le ratissage tend à mélanger les déjections des oiseaux avec le sable et donc à maintenir les germes bactériens correspondant dans le sable où jouent les enfants. Ainsi, un ramassage manuel des déjections des gros oiseaux aquatiques (oies, cygnes) gagnerait à être envisagé au printemps ;

Une autre mesure à envisager consistera à **réaliser une gestion des populations**, notamment par stérilisation des œufs, ou **par abattage sélectif** (les oies bernaches ne sont plus parmi les espèces protégées et c'est ce qui explique sans doute que leur population ait régressé dans de nombreux plans d'eau dont celui de Bois le Roi). Ce type de mesure est désormais employée, mais la proximité avec un plan d'eau qui sert de réserve ornithologique nuit à son efficacité et nécessite de poursuivre la vigilance dans le temps ;

Si aucune réduction significative de population d'oiseaux aquatiques n'était relevée avec les mesures évoquées ci-avant, une mesure d'effarouchement devrait alors être envisagée. L'effarouchement des oiseaux peut être réalisé

par l'utilisation de pétard ou de laser destinés à rendre la plage inhospitalière. Ce type de mesure offre l'avantage de fonctionner en dehors des tranches horaires d'ouverture des plages à la baignade. Compte tenu de l'environnement forestier avoisinant et de la taille limitée du plan d'eau, il serait sans doute préférable d'opter pour un laser. Il s'agit donc d'une mesure en dernier ressort, en cas de population d'oiseaux aquatiques trop importante aux abords de la plage.

On retiendra quand même que la combinaison d'une limitation des facteurs d'attractivité joint à des facteurs de réduction de peuplement devrait conduire à limiter les populations d'oiseaux aquatiques. C'est ce qui est arrivé en 2013, et **le problème est actuellement en voie de résolution.**

2.5.2.5 Dermatite cercarienne

Ce problème inclut les oiseaux aquatiques mais aussi les mollusques porteurs intermédiaires, et le contexte environnemental au sens général.

Le cycle des cercaires passe par un hôte intermédiaire qui est un mollusque (*radix...*). Les cercaires sont émis par intermittence depuis ces hôtes intermédiaires. Les fucocercaires émis passent dans l'eau à la recherche de l'hôte définitif (dans le cas présent, principalement les canards et cygnes et probablement aussi les oies bernaches). C'est à ce stade qu'ils peuvent contaminer les humains en pénétrant à travers la peau.

Les mesures visant à réduire le risque portent sur l'ensemble des éléments de la chaîne :

Réduction des facteurs permettant le développement des mollusques aux abords de la baignade. Il s'agit donc ici de **limiter le développement des macrophytes**. Il est primordial de les éliminer de la zone de baignade, du bras d'eau situé à l'ouest du plan d'eau, et des abords du pompage des jeux d'eau ;

Éviter la présence des oiseaux aquatiques dans la zone de baignade et aux abords de la prise d'eau. En limitant cette présence on réduit la contamination des mollusques présents ;

Ramassage des mollusques. En limitant le nombre de mollusques, on réduit le nombre de cercaires émis dans l'eau. Ce ramassage ne peut être réalisé que dans la zone de baignade, là où l'on a pied, mais c'est la zone la plus proche des baigneurs et donc la plus impactante. Ce ramassage n'est à réaliser dans un premier temps que lors des campagnes occasionnelles de recherche de cercaires (voir paragraphe 3.1.2), ou si d'aventure le plan d'eau devenait contaminé par cercaires. C'est donc une mesure de surveillance dans un premier temps et de régulation du risque de dermatite cercarienne en cas de risque avéré (dans un second temps).

En accompagnement, on pourrait aussi envisager d'effectuer un désenvasement des quelques zones de dépôt de sédiments dans la partie ouest du plan d'eau. Cela pourrait limiter la croissance des macrophytes aux abords de la plage et réduire en conséquence le risque de prolifération de la dermatite cercarienne dans ce secteur du plan d'eau. Cela étant, il n'y a pas beaucoup de dépôt de sédiments fins et cette mesure, si cette mesure était mise en œuvre, elle aurait sans doute un effet relativement limité. On gardera en tête cette éventualité, si d'aventure le gestionnaire était amené à remplacer le sable de la plage et de la zone de baignade (voir paragraphe 2.5.4), mais cette mesure n'est pas une priorité.

Comme on le voit, les oiseaux aquatiques sont à la fois nuisibles par les contaminations bactériologiques qu'ils apportent et par les cercaires qu'ils véhiculent. Il y a donc un double intérêt à les éloigner des plages.

Toutes les mesures évoquées ci avant visent à réduire autant que possible le risque de dermatite cercarienne chez les baigneurs, mais ce risque ne pourra être supprimé complètement car il continuera à exister sur le reste du plan d'eau. Ces mesures sont donc à maintenir sur le long terme.

Ce risque est rappelons le potentiel, du fait des facteurs de risque existant, mais il n'est pas avéré.

2.5.2.6 Problème de la processionnaire du chêne

La processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*) est apparue récemment. Cette apparition n'est pas de nature à gêner directement l'activité de baignade, car les abords de la plage ne sont pas arborés. Par contre, certaines des autres activités peuvent indirectement être concernées car la base de loisir est dans un environnement forestier.

Compte tenu de ce contexte forestier environnant, et la tendance régionale au développement de la chenille processionnaire, il est probable voire certain, que ce risque perdure même si on éradiquait la présence des chenilles dans l'enceinte de la base de loisir (il y aurait réinfestation depuis des sites limitrophes). Les mesures de lutte prises n'ont donc que pour vocation de limiter leur présence sur la base de loisir, et elles devront être répétées tous les ans.



Les pièges à phéromone sont probablement peu efficaces dans le contexte forestier de la base de loisir.

Les principaux modes de lutte sont dès lors :

- la destruction des nids (brulage, aspiration, grattage) mais attention à être correctement équipé (opération à réaliser en mai et Juin).

- les traitements biologiques (bactéries, parasites, prédateurs), à réaliser entre avril et mai.

- les traitements chimiques. Les traitements sont à réaliser entre mai et juin.

2.5.2.7 Problème des méduses

Ce problème n'est pas mentionné dans les rapports de phases 1 et 2, car il n'était pas identifié à cette époque, et est apparu à partir de l'été 2013. Aucune donnée précise n'a été collectée, c'est le gestionnaire de baignade qui a fait état de l'apparition de ce phénomène de prolifération ponctuel de méduses.

Ce type de phénomène n'est pas unique en France et s'est déjà produit dans un certain nombre de plans d'eau (par exemple du sud ouest ou de l'arc alpin). Les méduses dont il s'agit sont à priori des *Craspedacusta sowerbii* qui mesurent au plus 25mm. Ces développements interviennent classiquement en fin d'été, ce qui a du être le cas à Bois le Roi.

Peu de certitudes existent sur les causes de ces proliférations. Même si on les trouve souvent dans des étendues d'eau peu profondes et plutôt stagnantes, il y en a également ponctuellement dans des plans d'eau nettement plus profonds. Leur propagation est communément associée aux déplacements des oiseaux aquatiques ainsi qu'à l'introduction de plantes aquatiques. Les mécanismes déclencheurs des pics de proliférations pourraient être liés à des températures dépassant les 25°C, mais aucune conclusion définitive n'apparaît clairement dans la littérature scientifique, ce point restant encore un sujet de recherche. Par ailleurs, le fait qu'il y ai eu une prolifération une année ne veut pas forcément dire qu'il y aura à nouveau prolifération les années qui suivent. Certains plans d'eau ont eu des périodes très longues sans méduses entre deux pics de développement.

Dans un tel contexte, il apparaît très difficile de faire une prédiction concernant le plan d'eau de Bois le Roi. Il faudra attendre deux ou trois ans, pour voir s'il y a répétition de ces proliférations et dans quels contextes elles interviennent avant de pouvoir statuer. De fait il est difficile d'envisager des mécanismes de lutte contre ces proliférations à ce stade.

2.5.3 Actions visant à limiter le risque lié aux cyanobactéries

Comme indiqué dans le rapport de phase 2, les apports proviennent en grande partie du bassin versant forestier limitrophe du plan d'eau. A cela s'ajoute les pollutions locales (chevaux, chiens, oiseaux, rongeurs...).

Le rapport de phase 2 conduit à penser que le lac est probablement méso-eutrophe (il persiste une imprécision due au manque de données et c'est pour lever cette incertitude qu'une campagne de mesure sur un cycle annuel est requis au paragraphe 2.4.3). Le lac étant peu stratifié et sous l'emprise du vent, dans un environnement turbide, il n'est pas anormal que l'on rencontre des *oscillatoria*. Dans un environnement où l'azote soit potentiellement limitant, il y a également un risque que l'on puisse avoir des biomasses plus ou moins importantes de cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique. Les espèces correspondantes sont potentiellement toxiques.

Le phosphore est l'élément contrôlant le niveau de risque de prolifération des cyanobactéries. Sachant que le lac a un temps de séjour très long (environ 2 ans) et qu'il est peu profond, le phosphore des sédiments est potentiellement partiellement disponible et peut entretenir le niveau trophique du plan d'eau (les sédiments sont plutôt riches en phosphore). Cela étant il n'y a pas une grande quantité de sédiments dans l'eau. On ne peut donc pas facilement réduire le niveau trophique en procédant à un dragage des sédiments riches en nutriments.

Par ailleurs, comme la transparence est faible, c'est un facteur de domination de la biomasse phytoplanctonique au détriment des macrophytes.

En d'autres termes, le risque de prolifération des cyanobactéries est contrôlé par les apports nutritifs au plan d'eau, par le temps de séjour des eaux, par la persistance d'une faible transparence et par le mélange des eaux et du fond. Si on reprend point par point ces éléments :

Concernant les apports en éléments nutritifs, on peut dresser un état des différentes sources :

- On ne peut facilement agir sur la source de nutriments que constituent les matières organiques provenant du bassin forestier ;
- On peut agir sur les **apports ponctuels d'origine animale** et ce point a déjà été abordé ci avant. Parmi ces apports, la principale source de nutriments est probablement liée aux oiseaux aquatiques. Leur réduction ne peut qu'être favorable au fonctionnement du plan d'eau ;
- **Se pose la question des intrants sur le golf.** Le suivi recommandé au paragraphe 2.4.3 devrait permettre d'y voir plus clair sur le niveau de contamination provenant du golf. Il y a ici probablement une source de pollution nutritive sur laquelle on peut avoir facilement prise (mais la décision de réduire les intrants risque d'être freinée par les intérêts économiques en jeu). Avant de conclure il faut déjà faire un suivi qui démontre l'impact effectif du golf sur la contamination du plan d'eau ;
- Les appâts provenant des pêcheurs constitue une source potentielle de contamination nutritive du lac. Cela étant, tant que le nombre de pêcheurs restera relativement limité comme le confirme le gestionnaire de la base de loisir, il est peu probable que la pêche soit une source notable de nutriments dans le plan d'eau ;
- L'envasement est faible ce qui n'exclue pas que les sédiments puissent jouer un rôle important dans le mécanisme d'eutrophisation car le plan d'eau est peu profond et les sédiments sont très fins. Par contre cela exclut que l'on puisse facilement agir dessus, sauf à les immobiliser en favorisant le développement des macrophytes.

Le temps de séjour des eaux n'est pas une variable d'ajustement. La seule façon de le réduire serait de disposer des échanges entre le plan d'eau et la Seine, ce qui serait catastrophique. En effet, cela accroîtrait le niveau d'eutrophisation au lieu de le réduire. Cela amènerait en outre des contaminations bactériennes et parasitaires qui interdiraient certainement la baignade.

Il reste donc à chercher des leviers d'action sur la transparence et sur les sédiments.

Étant donné le peu d'échange avec la nappe alluviale de la Seine, et étant donné la limitation des activités de voile vue la faible taille du plan d'eau, il serait préférable **d'accroître la biomasse macrophytique** de sorte à ce que les nutriments ne soient plus dans l'eau mais dans les macrophytes. Cela permettrait en outre d'améliorer notablement la transparence de l'eau, par réduction de la biomasse phytoplanctonique et par la fixation des sédiments fins.

Mais il y a un quadruple problème :

Le premier c'est que nous ne connaissons pas l'état actuel de la biomasse macrophytique, et son évolution dans le temps (au cours des années). Il est difficile de travailler sur un sujet dont on ne connaît pas le point de départ. D'où la prescription de faire un inventaire de la biomasse macrophytique évoquée au paragraphe 2.4.3 ;

Le second problème c'est que nous ne connaissons pas l'état actuel de la biomasse de poissons. Or cette biomasse peut consommer les macrophytes et nuire à son développement. Il est là aussi nécessaire, en préalable à toute opération de réhabilitation du plan d'eau, de procéder à un inventaire de la biomasse de poisson. D'où la prescription évoquée au paragraphe 2.4.3 ;

Le troisième problème tient à la difficulté pour les macrophytes de se développer dans un environnement turbide. Or la transparence est faible tout au long de l'année, ce qui constitue un frein à cette éventuelle solution. Il convient donc de rechercher une solution au problème de turbidité en parallèle ou même en amont de la perspective de réduire le risque de prolifération des cyanobactéries ;

Le quatrième problème tient aux conséquences potentielles de la prolifération des macrophytes. Il faut comprendre que celle-ci réduirait les activités de voile, même si elle serait favorable à la sécurité des baigneurs (meilleure transparence, et moindre risque cyanobactérien). Par ailleurs, on accroîtrait le risque de dermatite cercarienne, et il conviendrait d'autant plus de créer un îlot sans macrophytes aux abords de la baignade. Cette gestion aurait enfin un coût d'entretien et d'arrachage des plantes aquatiques.

Sachant que s'il y a un risque de prolifération de cyanobactéries, la probabilité d'occurrence de concentrations importantes de toxines est probablement limitée, et étant donné le manque de données, on recommande de procéder par étape, en réalisant d'abord les compléments d'étude requis au paragraphe 2.4.3, puis en statuant à partir de cette base sur le niveau réel du risque cyanobactérien et sur la meilleure alternative pour abattre durablement ce risque.

2.5.4 Actions visant à limiter le risque de turbidité

Comme indiqué à plusieurs reprises, la transparence des eaux est faible. Elle varie de 0,1 à 1,2m sur la dernière décennie, avec des valeurs couramment entre 0,2 et 1m. Une transparence de 0,5m est un frein à la production primaire en fond de plan d'eau, même à des profondeurs de 1,5m à 2m. Le fait que la transparence soit mauvaise à l'année est encore plus contraignant, mais est également porteur d'éléments d'explication.

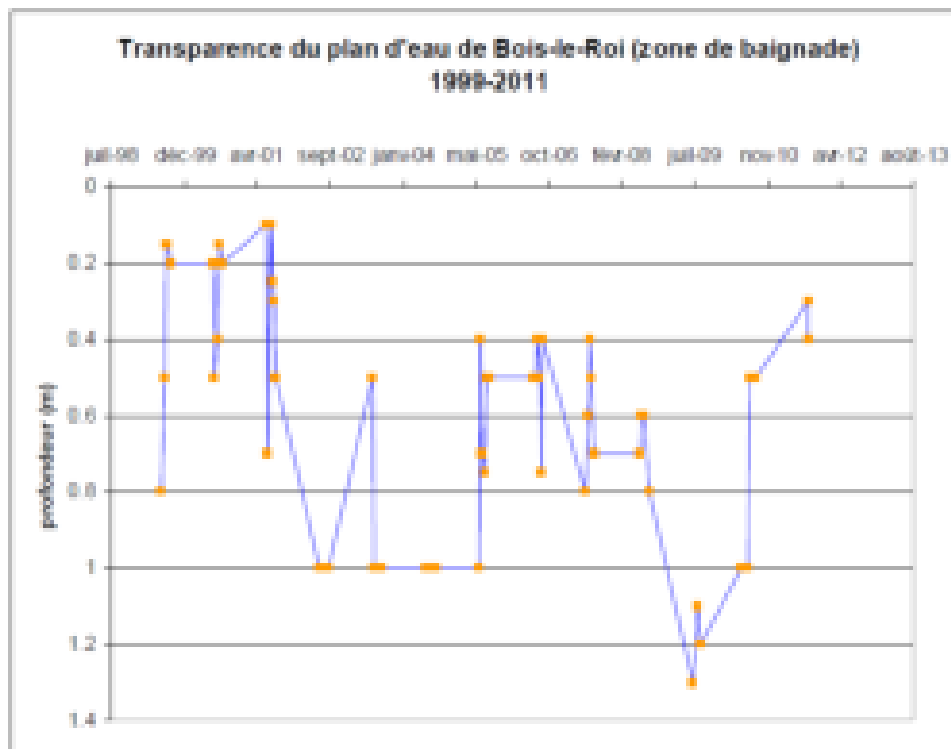


Figure 6: Transparence mesurée au disque de Secchi sur le plan d'eau de Bois le Roi

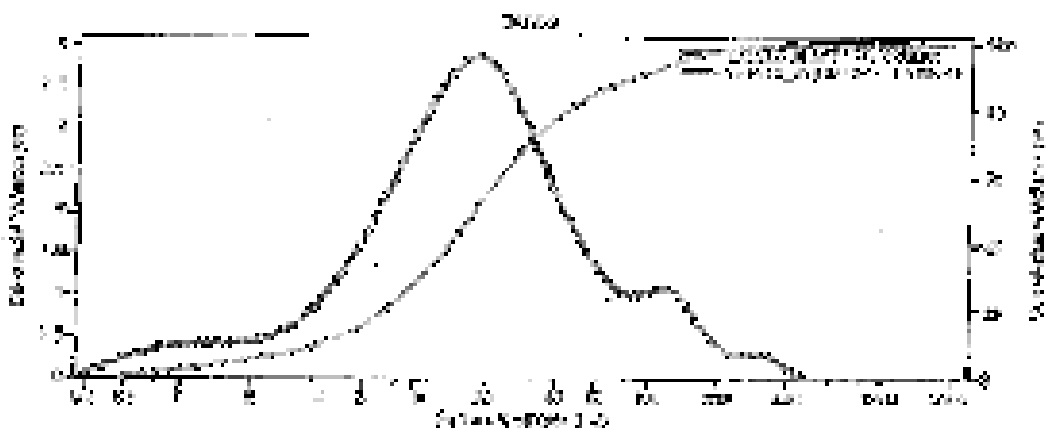


Figure 7 : Granulométrie des sédiments du plan d'eau de Bois le roi (échantillon prélevé le 24 Août 2011)

Cette mauvaise transparence a plusieurs causes :

Les apports en acides humiques de la forêt tendent à accroître la turbidité lors des pluies ;

Les sédiments sont très fins comme le confirme l'analyse granulométrique réalisée en phase 1 de la présente étude. Or le plan d'eau est peu profond (3m de profondeur maximale et généralement plutôt 1,5m à 2m). De fait ces sédiments peuvent être facilement remobilisés et comme ils décantent lentement, cela induit facilement de la turbidité. Parmi les sources de remises en suspension, il y en a trois principales : le vent, les poissons fouisseurs, et les baigneurs (aux abords de la plage). Concernant les poissons, on en revient à la question de l'inventaire piscicole requis au paragraphe 2.4.3. On ne peut donc être affirmatif, mais il est probable qu'ils ont un impact non négligeable d'après les données disponibles. Pour les baigneurs, c'est la zone de baignade qui est en jeu.

La biomasse phytoplanctonique accroît la turbidité entre le printemps et le début de l'automne.

Toutes ces causes se superposent et justifient le résultat obtenu. Le gestionnaire de baignade mentionne la mauvaise qualité actuelle du géotextile et du sable, et il envisage de les changer à court terme. Cela peut induire une amélioration partielle de la transparence dans le secteur de la baignade, mais cette mesure ne résoudra pas à elle seule le problème posé, car les éléments structurels (profondeur de l'eau, nature des sédiments, environnement forestier) participent de la faible transparence. Cela étant dit, la réfection de la plage ayant aussi un intérêt par son effet sur l'attractivité du site pour les baigneurs, sa justification n'est pas uniquement liée à son impact sur la transparence de l'eau et peut se justifier par ailleurs.

Si le sable n'était pas changé tout de suite, il serait pertinent de chercher à établir un lien entre la transparence et la fréquentation. Certes il n'est pas envisageable de compter les baigneurs tous les jours et de faire des mesures de transparence au disque de Secchi en parallèle. On peut cependant disposer d'indicateurs plus rustiques mais aussi utiles. Nous suggérons de procéder comme suit :

Réaliser deux fois par semaine sur les mois de juillet et août une mesure de transparence au disque de Secchi dans la zone de baignade ;

Mesurer dans la foulée la transparence au droit de la partie Centre-Est du plan d'eau, donc dans un périmètre éloigné de la plage ;

Noter en parallèle la fréquentation de la baignade (faible, moyenne, forte) ;

Ajouter s'il y a du vent et sa direction, et l'état d'ensoleillement.

Cette démarche permettra de tirer des conclusions quant à l'impact de la baignade sur la transparence de l'eau.

Par ailleurs, comme indiqué dans le présent chapitre, cette mauvaise transparence a aussi pour effet induit d'aggraver le risque de prolifération des cyanobactéries et nuit au développement des macrophytes.

Ainsi, elle est facteur de risque pour la sécurité de la baignade.

Afin d'améliorer la transparence, il faut s'attaquer aux causes de la turbidité. Les pistes éventuelles sont abordées ci après. On commence par les options qui ne sont pas possibles, ou ne seront pas efficaces :

On ne peut pas avoir d'effet sur les acides humiques provenant de la forêt ;

On ne peut pas avoir non plus d'effet sur le vent qui remobilise les sédiments ;

Il n'est pas envisageable d'approfondir le plan d'eau car il y a peu de dépôts de sédiments meubles sur le fond, et leur enlèvement ne conduirait donc pas un effet notable sur la profondeur du lac ;

On évacuera le recouvrement du fond du lac par une géomembrane, car celle ci conduirait alors à rendre le plan d'eau totalement étanche, et à réduire les apports d'eau, au risque de remettre en cause sa pérennité ;

On pourrait envisager de recouvrir le fond de gravier, mais il est probable que les sédiments fins repasseraient rapidement au dessus des graviers et on retournerait à la situation actuelle.

Il reste donc cinq leviers d'action :

La première option porte sur le phytoplancton, et ce point a été abordé au paragraphe 2.5.3 ;

La seconde consiste à **réduire la biomasse de poissons fouisseurs** afin de limiter leur impact sur la remobilisation des sédiments. On en revient avant tout à la nécessité de connaître cette biomasse avant de savoir si une quelconque action est envisageable et si elle peut avoir un effet notable ;

La troisième option consiste à augmenter la granulométrie du sable de la plage, et à faire en sorte qu'il recouvre toute la zone de piétinement située sous l'eau. Nous ne connaissons pas la typologie du sable actuellement en place ni son aire d'extension dans la partie immergée du lac. Il conviendra de regarder plus précisément ces éléments et d'envisager le **remplacement de ce sable** s'il est de qualité insuffisante, et de l'étendre spatialement si son aire d'extension s'avère insuffisante. Mais nous recommandons aussi d'évaluer l'impact effectif de la fréquentation de la plage avant d'envisager le changement de ce sable (tel qu'indiqué en page précédente), sauf si le

sable est changé pour des raisons d'attractivité de la baignade qui relève d'un autre contexte.

La quatrième consiste à enlever les dépôts de sédiments fins. Cette mesure est d'effet incertain, car il y a une faible épaisseur de sédiments, ce qui rend son enlèvement délicat. Par ailleurs, il est probable que ces particules fines proviennent du bassin versant du lac. Si la turbidité est liée à la remobilisation de ces sédiments (ce qui est sans doute le cas au moins pour partie), et dans la mesure où l'épaisseur de sédiment est faible, on peut craindre qu'il y ait un retour progressif de cette source de turbidité avec le temps. On propose donc de ne pas envisager un dragage sélectif des quelques zones de dépôts de sédiments du lac que si on envisage de remplacer le sable de la plage et de la zone de baignade. Cela permettra de grouper les deux actions et d'optimiser ainsi le coût.

Il y a une autre façon plus efficace d'empêcher la mobilisation des sédiments fins, et qui consiste à ce que ceux-ci soient recouverts de macrophytes. Les macrophytes sont des pièges à particules, et lorsqu'ils sont majoritaires dans les gravières peu profondes, ils induisent généralement une amélioration sensible de la transparence de l'eau. En outre ils ont aussi un effet majeur sur les teneurs en nutriments dans l'eau ce qui abaisse indirectement la biomasse de phytoplancton qui est également source de turbidité des eaux. Ainsi, **un développement contrôlé des macrophytes** pourrait induire une amélioration de la transparence de l'eau. Encore faut-il que la transparence soit suffisante pour qu'ils se développent. On peut aussi les favoriser en réduisant les peuplements de poissons brouteurs. Au global, ce ne peut être qu'une évolution de longue haleine qui prendra plusieurs années à porter ses fruits. Avant toute démarche en ce sens, il convient de prévoir un état des lieux en faisant un relevé des taux de recouvrement et des espèces présentes (voir paragraphe 2.4.3).

On voit donc ici se dessiner les trois axes potentiels d'amélioration que sont : **favoriser le développement des macrophytes, gérer la biomasse des poissons fouisseurs et des brouteurs de macrophytes, et remplacer le sable de la plage**. Ces actions nécessitent un état des lieux qu'il convient de faire au préalable (voir paragraphe 2.4.3 et la campagne liée à la fréquentation de la plage présentée dans le présent paragraphe 2.5.4).

2.5.5 Actions visant à réduire le risque de contamination interhumaine

Le risque de contamination interhumaine n'apparaît pas critique car l'affluence est généralement plutôt faible. Mais il peut y avoir des pics de fréquentation qui soient susceptibles de poser problème. Les valeurs maximales d'affluence constatées par le gestionnaire de la base de loisir sont de 400 baigneurs simultanément. À ce chiffre nous sommes au seuil considéré classiquement comme acceptable. Mais

comme il y a des facteurs de risque (proximité de la zone de baignade avec des sources potentielles de contamination bactérienne animale, recirculation des eaux des jeux d'eau dans le bras d'eau situé juste à côté de la baignade) on ne peut totalement exclure que lors des pics extrêmes d'affluence, il y ait une contamination interhumaine effective.

On peut donc qualifier le risque de contamination inter-humaine de très faible, mais il est cependant utile de prévoir la possibilité de déclencher des suivis bactériologiques ponctuels des eaux de baignade en cas d'affluence importante de baigneurs sur la plage. Cela permettra ainsi de vérifier s'il y a ou pas un risque, et à quel niveau d'affluence et dans quel contexte il intervient sur la plage.

Si un risque avéré était identifié, ce qui n'est pas certain si l'affluence n'augmente pas par rapport à la situation décrite par le gestionnaire de baignade (rappelons que la qualité bactériologique des eaux est généralement bonne), il conviendrait d'abord d'en regarder l'occurrence et l'intensité. Si la situation à risque est rare et que la contamination reste limitée, ce qui est probable, aucune action ne sera à engager. En cas contraire (cette situation reste peu probable au vu des données actuelles), on pourra rechercher un moyen d'améliorer les choses. Plusieurs options seront alors envisageables.

Restreindre la présence sur la zone de baignade à un nombre maximal de personnes (ce nombre étant identifié sur la base des suivis bactériologiques pratiqués). Une telle restriction nécessite de clôturer l'accès à la plage et de contrôler les entrées, mais offre l'avantage de ne pas engager de frais d'exploitation ;

Modifier les circulations d'eau aux abords de la baignade. Cela pourrait passer une redéfinition du débit des jeux d'eau, et/ou à une modification du point de rejet, ou encore ajouter un pompage spécifiquement dédié à faire circuler l'eau de la zone de baignade vers le reste du lac.

Avant de prendre une quelconque initiative, il convient de faire les suivis spécifiques et qualifier le risque de contamination inter-humaine (voir paragraphe 3.1.4), et si une initiative est à envisager, celle-ci devra alors être adaptée à l'échelle du problème (donc à la criticité et la fréquence des contaminations qui auront été constatées).

2.5.6 Synthèse des actions préconisées

Le tableau suivant récapitule les risques identifiés avec la ou les préconisations d'action proposées. Ces actions sont avant tout des suivis préconisés pour identifier les sources de pollution, et des actions d'exploitation, et pour la plupart d'entre elles, il s'agit de poursuivre la gestion existante et les ajouts en cours de mise en œuvre qui répondent aux besoins. Comme il n'y a pas de travaux d'aménagement lourd à prévoir d'office, cela explique qu'il n'y ait pas de montants d'investissement correspondant (colonne de droite du tableau). Le remplacement du sable de la plage

et du géotextile relève d'une problématique plus globale liée à l'attractivité de la plage pour les baigneurs et n'est donc pas directement intégré dans le tableau. Il est possible que ce changement de sable induise une amélioration de la transparence de l'eau aux abords de la plage, mais le sable en place ne peut pas être considéré comme la cause première de turbidité des eaux. Afin de statuer il est préalablement nécessaire d'établir un lien entre la transparence et la fréquentation (d'où la mesure proposée). Or en l'état actuel, la transparence semble mauvaise même en l'absence de baigneurs, ce qui accrédié des causes multiples à cette turbidité des eaux.

Un des risques n'a pas été abordé dans le présent chapitre, car il est avant tout lié à la gestion active. Il s'agit du risque de débordement de la Seine et à ce qu'il conviendra au gestionnaire de baignade de mettre en œuvre après un tel événement. Ce point est traité dans le chapitre suivant.

Au global, à part le problème de la transparence des eaux, la majeure partie des risques identifiés restent modérés. Il existe quelques points d'ajustement, identifiés dans le présent rapport.

Le poids principal doit dès lors être donné à l'amélioration des connaissances en lien avec la cible d'améliorer la transparence des eaux, ce qui veut dire disposer d'un état des lieux des biomasses de macrophytes et de poissons, d'étudier la relation éventuelle entre transparence et fréquentation de la plage, de caractériser l'eutrophisation des eaux, et le rôle du golf dans les apports nutritifs au plan d'eau.

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

Tableau 2: Synthèse des actions préconisées

Source de pollution	Type de pollution	Impact potentiel	Etat du risque	Niveau de priorité	Mesures proposées	Ordre de prix des frais d'investissement (en k€ hors frais d'exploitation)
Sédiments	Hausse du taux de MES par remobilisation (vent, baigneurs, poissons), relargage d'éléments nutritifs.	eutrophisation du lac, turbidité des eaux	faible transparence récurrente en période estivale à laquelle participent les sédiments, même s'ils n'en sont pas la seule cause	priorité 1	Campagne de mesure pour caractériser l'état des peuplements macrophytiques et des poissons. Faire un suivi de la transparence de l'eau en lien avec la fréquentation avant d'envisager éventuellement un remplacement du sable de la plage pour améliorer la transparence.	-
Golf	apports d'engrais, de pesticides	eutrophisation du lac, toxique dans les chairs de poissons	Un golf juste au bord du lac. Il reçoit des engrais et pesticides et constitue donc une source de pollution potentielle pour le lac	priorité 2	Campagne de mesures pour évaluer l'impact du golf sur le niveau d'eutrophisation du plan d'eau	-
Ruissellement eaux pluviales	apports de contaminants au lac par entrainement des eaux	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs. Contamination aux hydrocarbures. Eutrophisation (cyanobactéries)	La plupart des eaux pluviales s'infiltrent et une petite partie peut arriver par ruissellement (en cas de gros orages), notamment via le bras d'eau situé à côté de la baignade.	priorité 2	S'assurer que la conduite abandonnée aboutissant dans le lac soit bien fermée et étanche	-
Apports par les eaux souterraines	apports nutritifs	eutrophisation du lac et prolifération de cyanobactéries	lac méso-eutrophe. Une partie importante des apports nutritifs se fait par les eaux souterraines, mais cette pollution est diffuse et il y a peu de moyens d'action possible	priorité 2	pas de mesure particulière envisageable	-
Inondation du plan d'eau par la Seine en cas de crue	apports organiques, nutritifs, microbiologique, turbidité	contamination bactérienne, eutrophisation (et cyanobactéries), faible transparence	Occurrence très rare. Risque d'eutrophisation notable	priorité 2	Ne pas ouvrir la baignade dans le mois suivant un débordement de la Seine dans le lac. Suivre les paramètres bactériologiques et physico-chimiques du lac dans les mois suivants le débordement	-
Oies bernaches, cygnes, canards	contamination fécale, risques cercaire	contamination bactérienne, dermatite cercarienne	Il y avait beaucoup d'oies bernaches aux abords de la plage. Ce risque a baissé d'intensité depuis que la régulation des peuplements a été autorisée	priorité 2	Interdire de nourrir les oiseaux, ramasser les déchets sur plage, nettoyer les déjections sur plage, faucher les macrophytes aux abords de la zone de baignade, régulation population d'oies bernaches	-
Chevaux	contamination fécale	contamination bactérienne, eutrophisation (et cyanobactéries)	Un centre équestre aux abords du lac, et des chevaux passant sur le chemin situé à l'ouest du plan d'eau	priorité 2	Interdire accès sur chemin bordant le plan d'eau par l'ouest, ramasser les crottins sur ce chemin	-
Baigneurs	Contamination microbiologique, turbidité	Contamination inter-humaine des baigneurs	Limité aux pics d'affluence et encore sans certitude. Pas de contamination avérée.	priorité 3	Assurer la surveillance sanitaire lors des pics d'affluence	-
Flux issus des réseaux d'eaux usées	Débordement de poste de refoulement, fuites sur conduites	Contamination fécale des eaux du lac et donc des baigneurs	1 seul incident relevé (caféteria) mais n'ayant pas entraîné de débordement et étant réglé. Aucune contamination du lac n'est recensée.	priorité 3	Poursuivre l'entretien et la surveillance des postes de refoulement et réseaux d'assainissement	-
Chiens	contamination fécale	contamination bactérienne	chiens non autorisés sur plage, dispersés sur le pourtour du lac	priorité 3	Maintenir l'interdiction des chiens à proximité de la plage avec signalétique appropriée	-
Rongeurs (ragondins, lapins, rats)	contamination fécale	contamination bactérienne	présence de ragondins au nord ouest du lac, donc peu éloignés de la zone de baignade, mais régulation de leur population en cours	priorité 3	Surveiller le peuplement de ragondins et réguler leur population par des piègages sélectifs	-
Chenilles urticantes	émission poils urticants	allergies par contact avec la peau	des chenilles processionnaires du chêne identifiés. Pas de risque direct pour les baigneurs mais proximité des zones boisées avec d'autres activités de la base de loisir	priorité 3	Poursuivre les traitements pratiqués actuellement	-
Pêcheurs de carpes	contamination organique par les appâts	eutrophisation du lac	L'impact existe mais il reste limité compte tenu du faible nombre de pêcheurs concernés	priorité 3	Faire une campagne d'information auprès des pêcheurs pour qu'ils limitent les appâts	-

3

Mesures de gestion active

La gestion active de la plage consiste à **prévenir l'exposition des baigneurs à des pollutions des eaux de baignade.**

L'objet de ce volet repose tout d'abord sur la proposition d'une méthode d'évaluation du risque d'atteinte à la santé des baigneurs.

En cas de confirmation de ce risque, il doit être envisagé de mettre en place un système de gestion active pour permettre aux personnes responsables de la baignade d'identifier rapidement et précisément une situation à risque et le retour à une situation sans risque.

Les paragraphes suivants présentent d'abord les campagnes de suivis pour caractériser dans la durée les facteurs de risque.

Est ensuite abordé le cas particulier du risque de débordement de la Seine et de la gestion qui peut en être faite.

Sont enfin présentés les différents systèmes et protocoles de gestion active en cas de contamination effective ainsi que leur fondement réglementaire (avec en point de mire le risque cyanobactérien, et le risque de contamination bactérien).

Une synthèse générale à visée opérationnelle est disposée en fin de chapitre et regroupe les points les plus importants.

3.1 Campagnes de suivis pour caractériser les facteurs de risque

Il s'agit ici de définir les campagnes de mesures à réaliser de façon régulière pour évaluer l'évolution du niveau des risques identifiés. Il ne s'agit donc pas ici d'une gestion de crise mais d'une gestion de long terme.

Parmi les problèmes potentiels à étudier, ont été identifiés les points suivants :

- Risque de contamination bactérienne par les animaux (ragondins, oiseaux...).
- Risque de dermatite cercarienne ;
- Risque de prolifération de cyanobactéries ;
- Risque de contamination inter-humaine ;
- Risque de turbidité.

Pour faire face à ces différents risques, certains suivis spécifiques gagneront à être réalisés.

D'une façon générale (sauf dans le cas des cercaires), les coûts indiqués ci après sont des coûts d'analyse (ils seront à ajuster en fonction du laboratoire effectivement missionné pour réaliser les analyses), et ne comportent ni l'échantillonnage, ni le flaconnage, ni le transport jusqu'au laboratoire d'analyse, ni les coûts d'interprétation et de diagnostic. Par ailleurs, il y a souvent des frais de prise en charge qui varient d'un laboratoire à l'autre et ne dépendent pas forcément du nombre d'analyses pratiquées, mais uniquement du nombre d'échantillons. Par contre, dans la plupart des cas le laboratoire peut fournir le flaconnage et venir chercher les échantillons pour analyse. Cela nécessite cependant une bonne anticipation de l'organisation des prélèvements, car les échantillonnages sont souvent liés à des conditions spécifiques (notamment météorologiques), et il convient également de tenir compte des contraintes du laboratoire d'analyses. Au global, les coûts dépendent donc beaucoup de l'organisation et des regroupements de prélèvements et d'analyses réalisés.

3.1.1 Risque de contamination bactérienne par les animaux

Ce risque est globalement suivi par les ARS en ce qui concerne les Escherichia Coli et les entérocoques intestinaux, qui permettent aussi de caractériser d'éventuelles contaminations animales (chevaux, oiseaux, chiens...). Par contre il conviendra de suivre l'occurrence éventuelle d'une contamination par les leptospires véhiculée potentiellement par les ragondins. Un suivi ponctuel gagnera à être réalisé de temps en temps sur la rive nord ouest du lac, là où se trouve l'essentiel des peuplements de ragondins. La fréquence sera à ajuster en fonction du développement de la population de ragondins, et notamment si elle se rapproche de la zone de baignade. Dans un premier temps, on peut partir sur **un échantillon prélevé tous les 2 ans (en cas d'absence de Leptospires) et une fois par an (dans le cas contraire), et ce**, par temps sec, de préférence au printemps de sorte à disposer de l'information en amont de l'ouverture de la saison estivale. Si la présence de leptospires était avérée dans ce secteur du plan d'eau, il conviendrait alors de refaire un échantillonnage, cette fois ci en début d'été au droit de la plage de sorte à vérifier si cette contamination s'étend jusqu'à la zone de baignade ou pas, et pour vérifier si les ragondins ont fui la zone fréquentée par les baigneurs pendant

l'ouverture de la baignade ou pas. Dans tous les cas de détection de Leptospires une campagne de piégeage des ragondins serait à mettre en place.

Le coût d'une analyse pour recherche de leptospires est d'environ 470 euros HT. On suppose que le gestionnaire de baignade pourra réaliser le prélèvement lui même.

3.1.2 Risque de dermatite cercarienne

Le suivi réalisé en Juin 2012 n'a pas été concluant, mais ça ne veut pas dire qu'il n'y a pas de risque. Comme indiqué dans le rapport de phase 2, le risque existe, car il y a les oiseaux potentiellement porteurs (ceux ci viennent sur la plage), on retrouve les hôtes intermédiaires que sont notamment les *radix*, le plan d'eau est peut profond avec de la végétation aquatique, et la zone de baignade est certes ouverte sur le lac mais est plutôt dans une zone confinée à l'ouest.

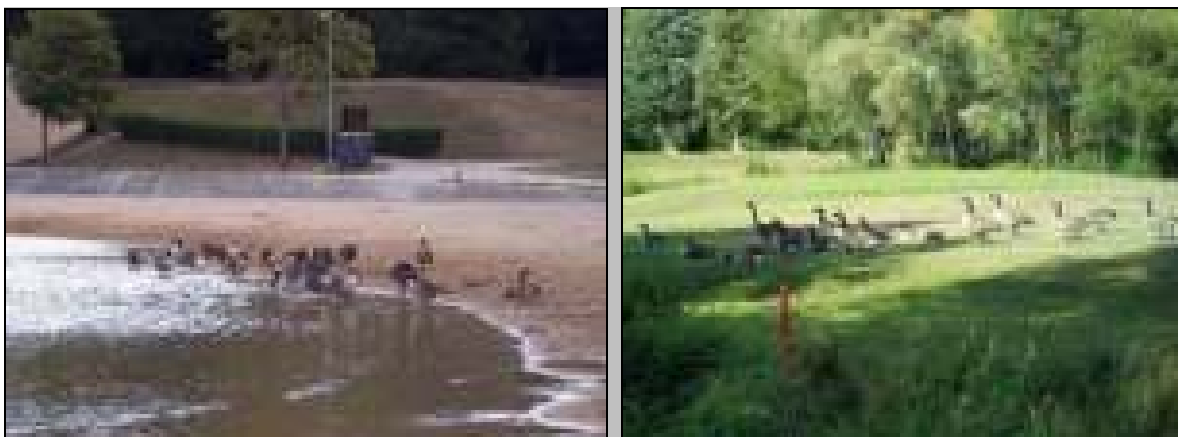


Photo 3 : Présence d'oies bernaches sur la plage (juillet et août 2011)

Une campagne de recherche de fucocercaires sera à prévoir dans les situations suivantes :

Avant tout s'il y a apparition de cas de dermatite cercarienne (qui se manifeste notamment par la présence de boutons cutanés après la baignade) ;

S'il y a explosion du peuplement d'oiseaux potentiellement porteurs dans la zone de baignade (canards, cygnes, oies bernache) ;

S'il y a explosion de macrophytes dans la partie ouest du plan d'eau et notamment au droit de la baignade.

La fréquence de suivi est **d'une fois tous les deux ans en l'absence de détection des cercariaires**, mais un suivi au moins annuel est à prévoir en cas de détection. Une telle campagne de recherche se fait **en été (par temps chaud)**, par prélèvement des mollusques sur la végétation aquatique, puis par un test d'émission. Nous recommandons de contacter le professeur Hubert Ferté de l'université de Reims qui peut venir avec son équipe faire les échantillonnages et les tests en laboratoire. Afin

de faire des économies, il est recommandé qu'il forme le personnel de la base de loisir à l'échantillonnage, ce qui permettra lors de ses interventions ultérieures, qu'il se focalise sur les tests en laboratoire.

Les coûts associés sont les suivants :

Une campagne réalisée par l'équipe du professeur Ferté : environ 1500 € HT

Tests d'émission en laboratoire par l'équipe du professeur Ferté (dans le cas d'un échantillonnage réalisé par le gestionnaire de la base de loisir, hors conditionnement et transport des échantillons) : environ 600 € HT.

3.1.3 Risque de prolifération des cyanobactéries

En toute logique, il existe une certaine relation entre la teneur en chlorophylle a et le niveau de risque de développement d'une biomasse de cyanobactéries, et on peut généralement lier une forte teneur en chlorophylle a avec une dégradation de la transparence.

Dans de nombreux plans d'eau, la transparence est donc un bon indicateur de l'état de développement du phytoplancton. Malheureusement ce n'est pas le cas pour Bois le Roi. En effet, pour que la transparence de l'eau puisse servir à détecter un développement important de biomasse phytoplanctonique, encore faut-il que cette transparence soit notablement différente lors de ces développements phytoplanctoniques de ce qu'elle est en dehors de ces périodes. Or, les eaux apparaissent turbides, y compris en dehors des périodes de développement algues. Nous avons ainsi montré que cette turbidité avait plusieurs origines possibles, et il est dès lors très délicat d'utiliser cette transparence pour caractériser un risque de développement phytoplanctonique. Ce point est d'autant plus délicat que nous ne disposons pas d'un historique de suivi multi-paramètres qui permettrait d'identifier un lien entre un certain niveau de transparence de l'eau et un seuil à risque vis à vis du développement du phytoplancton.

Deux autres indicateurs existent qui permettraient en toute logique de caractériser le développement phytoplanctonique. Il s'agit du pH et du taux de saturation en oxygène dissous. Or encore une fois, ces paramètres posent problèmes dans le cas spécifique de Bois le Roi. Le pH apparaît assez stable dans le temps, et ne présente donc pas les pics que l'on pourrait attendre en lien avec les pics de production primaire. Cela est sans doute la conséquence d'une eau naturellement assez tamponnée et basique. Dans le cas du taux de saturation en oxygène dissous, le problème est différent. Une sursaturation en oxygène dissous peut à la fois caractériser les pics de développement du phytoplancton mais aussi ceux des macrophytes. Or le plan d'eau étant peu profond, la production primaire est liée à ces deux sources potentielles. Pour dissocier leurs impacts respectifs et être à même de lier un pic de sursaturation en oxygène dissous au seul phytoplancton, il faut faire une analyse transversale d'autres éléments, et cette analyse n'est pas facilement faisable par le personnel de la base de loisir, car elle réclame l'intervention d'un spécialiste en limnologie.

Il existe également des capteurs permettant de caractériser in situ le niveau de chlorophylle a, mais ces capteurs coutent chers, et nécessitent un entretien car ils tendent notamment à se colmater.

On en revient donc au point de départ. La vraie difficulté est donc de disposer de suivis récurrents permettant de lier la transparence avec la teneur en chlorophylle a, et ces données manquent.

Il faut donc mettre en place un suivi régulier permettant de disposer d'ici un à deux ans des données reliant la transparence de l'eau au niveau de teneur en chlorophylle a, et ensuite de lier ce niveau au risque de prolifération des cyanobactéries.

On recommande donc de faire en routine en milieu du plan d'eau en un point éloigné de la plage (donc hors d'influence de la turbidité liée aux baigneurs), une mesure de transparence au disque de Secchi, de prélever un échantillon 20 à 50cm sous la surface, et de rechercher la chlorophylle a sur cet échantillon. Une fréquence d'échantillonnage hebdomadaire est justifiée, mais on doit tenir compte des contraintes de couts et d'organisation. De fait, on recommande de prévoir la première année un suivi hebdomadaire, et à partir de la seconde année de ne faire qu'environ 2 échantillons par mois sur l'été (entre début juillet et la mi septembre). On notera dans chaque cas, l'état visuel de l'eau et sa couleur, et les paramètres météorologiques (vent, pluie).

La première année de suivis (soit une douzaine de mesures) servira à rechercher un lien éventuel entre la teneur en chlorophylle a et la transparence de l'eau et la seconde année à valider ce lien (5 à 6 mesures). Si un tel lien est trouvé, on définira alors un seuil de transparence déclenchant une mesure de chlorophylle a dans l'eau.

Tant qu'aucun lien n'aura pu être trouvé, il est recommandé de procéder à un suivi conjoint de la transparence et de la teneur en chlorophylle a comme indiqué ci avant. Si par contre un lien est trouvé, on ne suivra plus en routine la chlorophylle a dans ce cadre spécifique.

Ces échantillonnages gagneront à être groupés avec ceux réalisés par ailleurs (suivis mensuels décrits au paragraphe 2.4).

L'interprétation des résultats (transparence et teneur en chlorophylle a sera repris plus avant dans la gestion active du risque cyanobactérien (voir paragraphe 3.3).

Le dépouillement des résultats globaux en fin de campagne estivale permettra d'affiner le diagnostic liant le taux de chlorophylle a et la transparence de l'eau, à des moments pour lesquels la météorologie ne devrait pas provoquer de turbidité des eaux (un lac est un milieu évolutif et il convient de confirmer dans le temps le maintien de la concordance entre la transparence et la teneur en chlorophylle a).

L'ordre de grandeur de coût d'une analyse de chlorophylle a et phéopigments est d'environ 40 euros HT, et pour un dénombrement phytoplanctonique il varie de 150 à 300 euros HT suivant les laboratoires et la précision requise.

3.1.4 Risque de contamination inter-humaine

Le rapport de phase 2 a établi que le volume d'eau par baigneur peut devenir limite en cas de forte affluence, puisqu'il peut baisser jusqu'à 20m³ par baigneur. Certes, il y a des facteurs de mélange car la baignade est ouverte sur le plan d'eau, mais le pompage de recirculation dans le bras d'eau situé à coté de la plage constitue un facteur de risque. Cela étant, ce risque nécessite une forte affluence, sinon il aurait été caractérisé par les suivis ARS, mais on ne peut l'exclure.

Ce point sera repris dans la suite du présent chapitre (voir paragraphe 3.4.2), car il ne correspond pas uniquement à une opération de suivi de long terme, mais également à une opération de gestion d'événements à risques potentiels. Nous renvoyons donc à ce paragraphe pour les détails de suivi de ce risque de contamination.

3.1.5 Risque de turbidité

Ce risque est directement caractérisé par la mesure de la transparence au disque de Secchi qui est une mesure de routine.

3.2 Gestion d'une crue de la Seine conduisant à un débordement dans le plan d'eau de Bois le Roi

Ce type d'événement est rappelons le très rare car le gestionnaire de la base de loisir n'a pas souvenance d'un tel événement. On peut donc considérer que sa fréquence de retour devrait être d'environ une fois tous les 20 ans à une fois tous les 100 ans (une crue type 1910 recouvrirait le plan d'eau). Malgré sa faible fréquence, les enjeux sont tels qu'il convient de proposer une gestion appropriée.

Une crue de la Seine s'accompagnant d'un débordement dans le plan d'eau de Bois le Roi conduira aux problèmes suivants :

- Des apports de contaminants microbiologiques (bactéries, virus, parasites...) qui dégraderont la qualité des eaux du plan d'eau ;

- Des apports de matières organiques ;

- Des apports nutritifs (azote, phosphore) susceptibles d'accroître temporairement le niveau trophique des eaux ;

- De la turbidité (dans une certaine mesure, car le plan d'eau est déjà turbide) ;

- Une rehausse du niveau d'eau.

Les principales implications potentielles sont les suivantes :

Mauvaise qualité temporaire des eaux vis à vis des paramètres microbiologiques interdisant potentiellement l'activité de baignade pendant les semaines qui suivent le débordement ;

Dégradation de la matière organique dans la partie profonde du plan d'eau ;

Enrichissement de la colonne d'eau en nutriments conduisant à une hausse du niveau trophique du lac. Il devrait y avoir un début de prolifération phytoplanctonique liée aux nutriments apportés, qui peut nuire durablement à la biomasse de macrophytes et maintenir une prééminence du phytoplancton au moins jusqu'à l'hiver suivant ;

Par ailleurs les macrophytes seront également gênés par la rehausse temporaire du niveau d'eau dans le lac (puisque ce niveau ne baissera que lentement du fait d'une faible infiltration vers la Seine, il faudra attendre des mois un retour au niveau d'avant la crue) ;

Au global, l'ampleur de la hausse de la biomasse phytoplanctonique dépendra énormément des flux de débordement en jeu, et de la période de l'année à laquelle ces débordements interviendront. Mais on peut craindre que les nutriments soient ensuite fixés dans les sédiments, donc potentiellement partiellement remobilisables.

Dans ce contexte, on recommande les actions suivantes :

Pendant la crue, interdire toutes les activités en lien avec l'eau. Il s'agit autant d'un problème de sécurité que de santé publique, car on ne maîtrisera pas la qualité des eaux pendant cette période ;

Après la fin de la crue, attendre que le niveau redescende naturellement jusqu'à un niveau acceptable ;

Une fois la crue terminée, il faudra suivre la qualité des eaux du plan d'eau. Les paramètres suivis seront :

- la transparence au disque de Secchi au droit de la plage (au pas de temps journalier) ;
- La température, le taux de saturation en oxygène dissous, le pH, les teneurs en nitrates, en ammonium, en orthophosphates et phosphore total, ainsi que la chlorophylle a. Ces mesures sont des mesures de routines pour identifier l'impact effectif du débordement vis à vis du risque de prolifération des cyanobactéries, et le retour à la normale du plan d'eau. Ces mesures seront à faire sur échantillon prélevé au centre du plan d'eau au droit de la zone profonde, en sub-surface, sur la base d'un échantillon tous les 3 mois jusqu'à l'automne suivant (le premier prélèvement devra avoir lieu juste après la fin de la vidange). Un échantillon d'eau sera prélevé en même temps que chacun des échantillons mentionnés ci avant et au même endroit. Il sera conditionné pour conserver les algues

phytoplanctoniques, et ne sera analysé qu'en cas de dépassement du seuil de 15µg Chla/l. Dans ce cas de figure, un dénombrement spécifique du phytoplancton sera réalisé au niveau du genre ;

- Procéder à un échantillonnage hebdomadaire sur la plage comme pour un contrôle bactérien habituel et faire analyser les *Escherichia Coli* et les entérocoques intestinaux. Tant que les valeurs ne seront pas redescendues à leur seuil habituel, nous préconisons de ne pas rouvrir la baignade. Enfin, par sécurité, nous recommandons que la réouverture de la baignade n'intervienne pas avant 4 semaines après la crue.

Une fois la crue passée, les MES auront rapidement décantées au fond du lac. Les teneurs en germes pathogènes vont également naturellement tendre vers leur état initial d'avant la crue. La seule chose à faire est de suivre l'évolution de cette teneur et ne rouvrir la baignade que lorsque le seuil sera redevenu normal. Enfin, concernant l'eutrophisation, tout dépendra de la saison à laquelle interviendra le débordement et de son amplitude. On devrait avoir un impact perceptible jusqu'à l'hiver suivant, voire au delà, avec une hausse temporaire du niveau trophique et donc un risque accru de prolifération des cyanobactéries. La suite dépendra fortement de la météorologie.

3.3 Gestion active et prédictive du risque lié aux cyanobactéries

3.3.1 Rappel des caractéristiques des cyanobactéries

Les cyanobactéries sont des organismes procaryotes dotées de pigments photosynthétiques.

La plupart des proliférations de cyanobactéries sont liées à l'eutrophisation des eaux, et le phosphore est le paramètre le plus important à prendre en compte pour évaluer le risque d'apparition de ces forts développements cyanobactériens. Les conditions d'ensoleillement et de température impactent également notablement la biomasse phytoplanctonique et donc celle des cyanobactéries. Parmi les éléments aggravant on trouve l'implantation d'une stratification thermique et chimique verticale dans le lac.

La prolifération des cyanobactéries peut aboutir à la formation d'écume en surface de l'eau. Il s'agit d'agrégats de cellules de cyanobactéries généralement en phase de sénescence et qui peuvent alors relarguer leurs toxines dans l'eau (lorsqu'elles en ont).

Les cyanobactéries ne sont pas nécessairement toxiques, mais le fait qu'une population de cyanobactéries ne soit pas toxique à un moment donné, ne signifie pas qu'elle ne peut pas le devenir par la suite. Les facteurs déclenchant de la formation de ces toxines ne sont pas connus avec certitude, et il est donc difficile d'anticiper leur apparition. Il existe plusieurs types de toxines et notamment des neurotoxines et des hépatotoxines. Celles-ci sont dépendantes des espèces considérées.

3.3.2 Mesures de gestion du risque lié aux cyanobactéries

3.3.2.1 Évaluation du risque

La **circulaire DGS/SD 7 A n° 2003-270 du 4 juin 2003** relative aux modalités d'évaluation et de gestion des risques sanitaires face à des situations de prolifération de micro-algues (cyanobactéries) dans des eaux de zones de baignade et de loisirs nautiques, propose un schéma décisionnel que l'on détaille ci-après.

Le texte de cette circulaire est reproduit en annexe.

Celui-ci est inspiré des avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPPF, séance du 06/05/2003 et du 07/07/2004) qui fournissent des « recommandations pour la gestion des situations de contamination d'eau de baignade et de zones de loisirs nautiques par prolifération de cyanobactéries ».

A- Protocole de surveillance et de caractérisation du risque

L'évaluation de ce risque nécessite de distinguer :

les troubles imputables aux cyanobactéries présentes dans les eaux de baignade ;

les symptômes (essentiellement des irritations) causés par des substances cyanobactériennes ;

les conséquences plus graves qui peuvent résulter de l'exposition à de fortes concentrations de cyanotoxines, et en particulier aux microcystines.

Nous préconisons la mise en place, par les gestionnaires des plages de la base de loisirs, en liaison avec les services de l'ARS, **d'une surveillance renforcée. Celle-ci sera basée sur l'observation visuelle, et sur l'observation au disque de Secchi mesuré dans la partie centrale du plan d'eau suffisamment loin de la baignade et de ses perturbations éventuelles.**

Une fiche de suivi sera quotidiennement remplie par le gestionnaire pendant la période d'ouverture de la zone de baignade (soit en fin de matinée soit en milieu

d'après midi). Un exemple de document permettant de consigner les renseignements utiles à la surveillance est présenté en annexe.

Ce suivi sera complété par la mesure de la concentration en chlorophylle a au pas de temps hebdomadaire à bimensuel (tant qu'aucun lien n'aura pu être trouvé entre les teneurs en chlorophylle a et la transparence).

Deux cas de figure sont à considérer.

Cas 1 : c'est le cas présent pour lequel il n'y a pas un historique suffisant de données reliant la chlorophylle a à la transparence de l'eau, et qui empêche donc de définir un seuil de transparence à risque vis à vis des proliférations des cyanobactéries. On peut s'attendre à avoir une transparence généralement inférieure à 1m pendant l'été. Si c'est le cas et que l'on constate une baisse notable et progressive de la transparence sur plusieurs jours qui ne puisse pas être imputée à la météorologie (pas de vent et pas de pluie), on peut suspecter une prolifération phytoplanctonique (par exemple une transparence qui était de 90cm et qui passe en 3 à 4 jours à 50cm avec une météorologie calme et ensoleillée). Celle ci devrait se caractériser par une coloration de l'eau plutôt en vert. Si c'est le cas, on considérera qu'il y a un risque de prolifération phytoplanctonique et il conviendra de réaliser un prélèvement d'eau 20cm sous la surface au milieu du lac au droit de la zone profonde du plan d'eau et d'y analyser le taux de chlorophylle a.

Cas 2 : Un lien a pu être établi entre la transparence et la teneur en chlorophylle a (par exemple qu'une teneur excessive en chlorophylle a n'intervient que si la transparence est inférieure à 80cm en l'absence de vent et pluie). En cas de décroissance de la transparence sous le seuil correspondant, par temps ensoleillé sans épisode de pluie associé ni grand coup de vent, nous recommandons de réaliser un prélèvement d'eau 20cm sous la surface au milieu du lac au droit de la zone profonde du plan d'eau et d'y analyser le taux de chlorophylle a.

La suite est identique indépendamment du cas de figure évoqué ci avant.

En cas de dépassement d'un seuil à ajuster en fonction de l'historique du milieu, mais qui sera compris entre 10 et 20 $\mu\text{g Chla/l}$, nous recommandons de faire un prélèvement complémentaire dans les mêmes conditions pour **rechercher les cyanobactéries**. Par défaut, **nous recommandons de considérer un seuil intermédiaire de 15 $\mu\text{g Chla/l}$** , et de n'adapter ce seuil à la hausse (ne pas dépasser 20 $\mu\text{g Chla/l}$) que si les cyanobactéries sont minoritaires dans les échantillons prélevés (donc à ajuster en fonction des résultats des suivis pratiqués).

Ces seuils de transparence et de chlorophylle a gagneront à être ajustés avec l'évolution à venir du plan d'eau de Bois le Roi. Ainsi, après 3 ou 4 ans, il sera

souhaitable de les réviser sur la base du diagnostic du fonctionnement de l'écosystème lacustre qui sera alors fait.

Lors de la surveillance, le gestionnaire doit être attentif à tout changement des caractéristiques du milieu (modification de la couleur, diminution marquée de la profondeur de disparition du disque de Secchi en dessous de 1m, apparition d'efflorescences, d'écumes, etc.).

D'une façon générale, si les changements découverts lors de la surveillance sont rapides, s'il y a une présomption d'efflorescence à cyanobactéries, ou surtout s'il y a présence d'écume suspecte non identifiées, on ne peut pas attendre le suivi de la chlorophylle a pour rechercher d'éventuelles cyanobactéries. Ainsi, si les changements observés ne peuvent être expliqués par des causes locales simples ne présentant pas de caractère dangereux (un coup de vent peut remettre en suspension les sédiments, il peut y avoir augmentation de la turbidité suite à une pluie abondante...), ils doivent conduire le gestionnaire et les services sanitaires à suivre la démarche suivante :

Réaliser un prélèvement d'eau dans la zone de baignade. Ce prélèvement sera acheminé dans les meilleurs délais vers un laboratoire spécialisé pour la réalisation d'une observation microscopique.

Réaliser en parallèle un second prélèvement pour analyse de la teneur en chlorophylle a, ce qui permettra de relier la teneur en chlorophylle a au niveau de population en cyanobactéries dans l'eau.

Ces analyses permettront de rechercher la présence de cyanobactéries. Rappelons que la chlorophylle a ne constitue pas un indicateur spécifique des cyanobactéries et n'est donc qu'un paramètre explicatif additionnel, même s'il peut traduire une augmentation du risque cyanobactérien. Ainsi, en cas de présomption d'efflorescence cyanobactérienne, il vaut mieux directement rechercher la présence des cyanobactéries plutôt que de passer d'abord par une étape intermédiaire consistant à analyser la teneur en chlorophylle a.

Nota : En règle générale, il est important de considérer le fait que les efflorescences sont des phénomènes évolutifs et dynamiques parfois très rapides et qu'il importe d'adapter les fréquences d'échantillonnage en fonction de leurs évolutions (apparition des efflorescences, apparition des éventuelles toxines, disparition des efflorescences, disparition des toxines, déplacement selon les vents...).

Si les cyanobactéries sont absentes ou minoritaires, la surveillance renforcée est reconduite. Une observation microscopique de contrôle est réalisée après un délai d'une semaine.

Si les cyanobactéries sont présentes et majoritaires, le dispositif de suivi de niveau I est déclenché : réalisation d'un comptage cellulaire et d'une identification des espèces de cyanobactéries.

Les différents cas de figure identifiés suite au dénombrement de cyanobactéries majoritaires dans les eaux de baignade sont recensés dans le tableau suivant.

Tableau 3: Seuils et mesures de gestion et de surveillance pour un dispositif de suivi de niveau I

Comptage cellulaire (cellules/ml)	Chlorophylle a (µg/l)	Actions et recommandations pour la gestion et la surveillance
<20000 à ± 20 % (cyanobactéries en population majoritaire)	<10	<p><u>gestion</u> :</p> <p>->maintien d'une activité normale sur le site</p> <p>->information du public et des usagers du site par la pose de panneaux exclusivement au niveau des zones de dépôts d'efflorescence ou d'écume (à adapter en fonction des variabilités géographiques liées aux vents) ;</p> <p><u>surveillance</u> :</p> <p>-> poursuite de la surveillance renforcée quotidienne du site</p> <p>-> réalisation d'un comptage cellulaire et d'une identification des espèces de cyanobactéries à un pas de temps hebdomadaire.</p>
Compris entre 20 000 et 100 000 à ± 20 % (cyanobactéries en population majoritaire)	Compris entre 10 et 50	<p><u>gestion</u> :</p> <p>->pas de restrictions d'utilisation du site</p> <p>->information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ;</p> <p><u>surveillance</u> :</p> <p>->poursuite de la surveillance renforcée quotidienne du site</p> <p>->fréquence d'échantillonnage au moins hebdomadaire (observation microscopique, dénombrement et identification).</p>

Si le comptage révèle des valeurs supérieures à 100 000 cellules/ml de cyanobactéries, alors le gestionnaire doit **déclencher le dispositif de suivi de niveau II** : réalisation d'une recherche et d'une quantification de toxines.

Tableau 4: Seuils et mesures de gestion et de surveillance pour un dispositif de suivi de niveau II

Comptage cellulaire (cellules/ml)	Chlorophylle a (µg/l)	Taux de microcystine (µg/l en équivalent microcystine-LR)	Actions et recommandations pour la gestion et la surveillance
>100 000 à ± 10 % (cyanobactéries en population majoritaire)	>50	<25	<u>gestion :</u> -> limitation de la baignade selon la localisation journalière des zones de plus forte présence de cyanobactéries et des résultats analytiques des zones d'eau échantillonnées ; -> information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ; <u>surveillance :</u> -> poursuite du suivi avec une fréquence au moins hebdomadaire (dénombrement cellulaire, si ce dernier est supérieur à 100 000 cellules/ml, nouvelle mesure de concentration de toxines).
		>25	<u>gestion :</u> -> interdiction de la baignade et limitation d'usages pour les loisirs nautiques -> information Idem <u>surveillance : Idem</u>

Lors de la surveillance, la mise en évidence de la formation de mousse ou d'écume sur une des baignades doit immédiatement conduire au déclenchement du dispositif de suivi de niveau III :

Gestion : **interdiction de la baignade et de toutes les autres activités de loisirs nautiques dans les zones concernées.** Prévenir tout contact de personnes ou d'animaux avec les écumes. Information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ;

Surveillance : **suivi de l'évolution des mousses ou écumes et de leur localisation, poursuite du suivi du site avec une fréquence hebdomadaire (dénombrement cellulaire et identification).** Suivi des concentrations en

toxines au moins bimensuel (voire hebdomadaire suivant le nombre de cellules de cyanobactéries par ml).

Dans une eau de baignade, la présence d'écume d'origine cyanobactérienne est le témoin d'un risque potentiel pour la santé des baigneurs.

Étant donné qu'il est difficile d'exercer une bonne surveillance et qu'il existe peu de mesures dont les effets soient immédiats (hormis celles visant à interdire ou à dissuader d'utiliser les eaux de baignade ou encore l'annulation des compétitions de sports nautiques), l'essentiel que l'on puisse faire à court terme est de bien informer les usagers.

Le schéma décisionnel décrit ci-avant est repris dans la figure suivante.

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

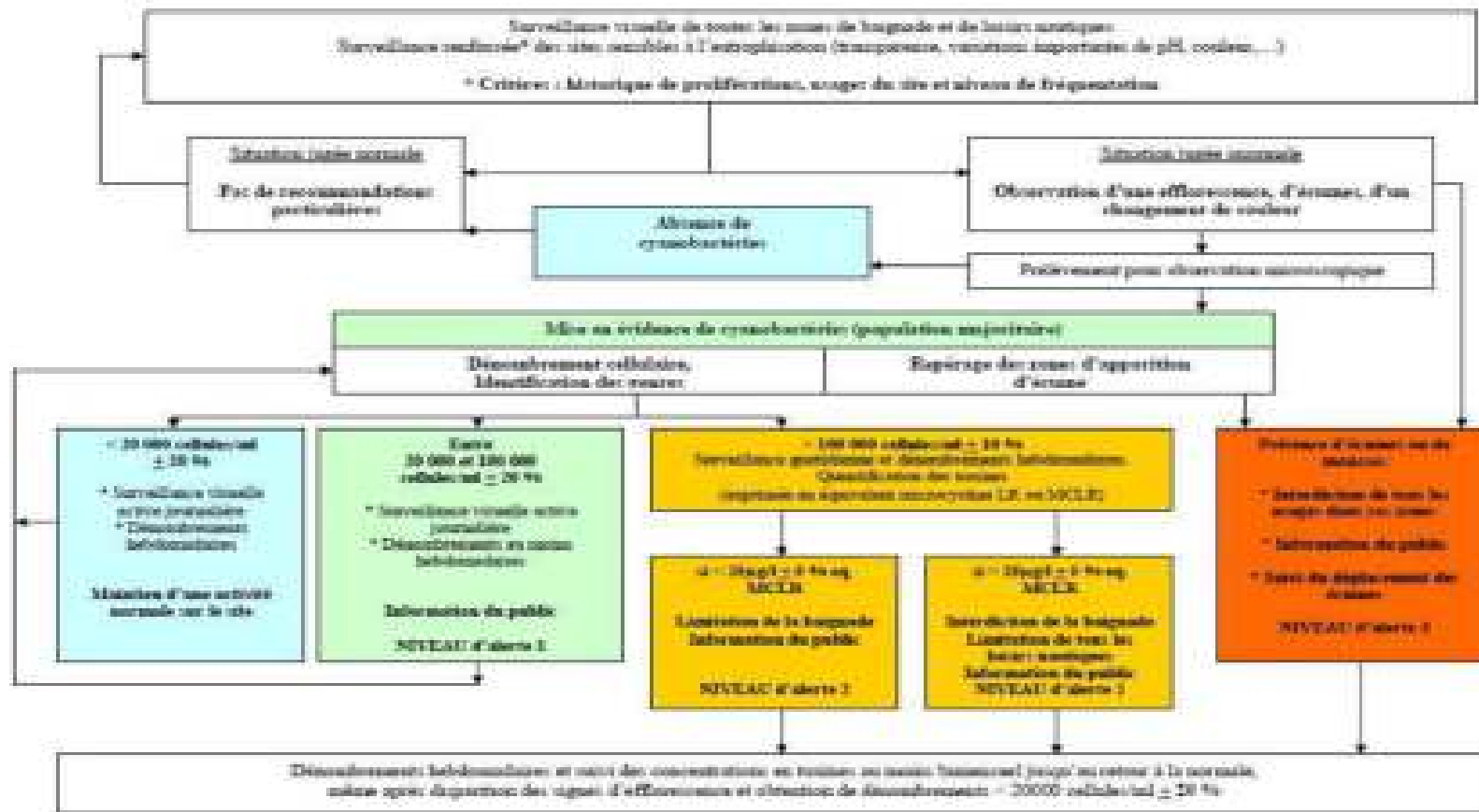


Figure 8: Schéma décisionnel proposé par le CSHPF et cité dans la circulaire DGS/SD 7 A n° 2003-270 du 4 juin 2003

3.3.2.2 Sensibilisation du public et des usagers

Nous proposons la mise en place d'une affiche d'information en cas de prolifération. Cette fiche sera placée à côté de l'affichage des résultats du contrôle sanitaire réalisé en parallèle.

Cette fiche d'information indiquera le niveau de prolifération éventuel de cyanobactéries détectée : 1, 2, ou 3 et les procédures qui en découlent : allant de la présentation de la présence de cyanobactéries à la fermeture de la baignade. Elle sera installée dans les plus brefs délais suivant l'obtention de résultats d'analyses.

Nous ne proposons pas la mise en place d'un panneau permanent de sensibilisation des usagers à l'observation de «situations anormales ». En effet, nous n'avons pas la certitude que la plage du plan d'eau ai subit des proliférations critiques de cyanobactéries par le passé. De tels panneaux pourraient faire penser aux usagers que le risque est plus fort que la réalité.

Par ailleurs, les baigneurs n'ont pas forcément l'expérience leur permettant d'identifier des signes caractéristiques de la présence de cyanobactéries. Il est préférable de s'appuyer sur le personnel de la base de loisir à cette fin.

Selon le résultat du dénombrement de cyanobactéries effectuées sur les sites, des précautions et des interdictions éventuelles devront être prises. La communication au public pourra insister sur les points décrits dans le tableau suivant.

Tableau 5: Mesures de précaution et d'interdictions en fonction des résultats de surveillance
(Source CSHPF, mai 2003)

Comptage (cellules/ml)	Niveau de risque et conséquences sanitaires	Précautions et interdictions à mettre en œuvre
<20 000 à ± 20 % (cyanobactéries en population majoritaire)	seuil de mise en éveil <u>à court terme</u> : symptômes gastro-intestinaux, allergiques et irritatifs	éviter de se trouver en contact avec des zones de dépôts abondants et d'irisations de couleur verte et de mousses.
Compris entre 20 000 et 100 000 à ± 20 % (cyanobactéries en population majoritaire)	seuil de recommandations <u>à court terme</u> : Idem seuil de mise en éveil <u>à long terme</u> : développement de maladies hépatiques ou neurologiques	éviter d'ingérer et de respirer des aérosols de l'eau ; prendre une douche soignée après la baignade ou après l'activité nautique ; nettoyer le matériel et les équipements de loisirs nautiques ; consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.
>100 000 à ± 10 % (cyanobactéries en population majoritaire)	seuil d'alerte Idem seuil de recommandation Possible empoisonnement aigu, voire mortalité.	la baignade est soit limitée, soit interdite en fonction des dosages de toxines ; la pratique des activités de loisirs nautiques est limitée ; éviter d'ingérer et de respirer des aérosols de l'eau ; éviter tout contact prolongé avec l'eau ; en cas d'immersion accidentelle, se rincer abondamment sous une douche ; en cas d'apparition de troubles de santé, consulter un médecin en lui précisant la pratique d'activités nautiques sur plan d'eau affecté par des proliférations de cyanobactéries.

Le délai d'obtention des résultats est toutefois trop long pour adopter une démarche réactive face au risque de prolifération. Une interdiction pourra donc être prononcée avant la recherche des cyanotoxines lorsque le dénombrement indique une quantité supérieure à 100 000 cellules/ml.

3.3.2.3 Gestion des activités

Il y a diverses activités sur le plan d'eau de baignade de Boi le Roi. Chaque activité n'est pas impactée de la même façon. Nous pouvons de ce point de vu classer les activités en trois catégories :

- Les activités de baignade proprement dites. Elles sont les plus à risque car les personnes sont immergées dans l'eau et notamment en contact avec la surface de l'eau où tendent à s'accumuler les cyanobactéries en cas d'efflorescence. Il y a donc à la fois contact avec la peau et les muqueuses, et risque d'ingestion. On ajoutera dans cette catégorie les activités en lien avec les jeux d'eau. En effet, ceux ci conduisent à une brumisation partielle de l'eau ce qui induit automatiquement un risque d'absorption des toxines éventuellement émises par les cyanobactéries.
- Les activités nautiques partiellement en contact avec l'eau. C'est le cas par exemple des activités de voiles, de planche à voile, de canoë, de barque et pédalo mais aussi de pêche. Ces activités sont pratiquées en pleine eau, et la personne est hors d'eau plus ou moins durablement, mais elle est sujette à un contact partiel ou total avec l'eau. Il y a donc la aussi risque même s'il est moindre ;
- Les activités disposées sur les bords du lac et qui ne sont pas en contact avec l'eau du plan d'eau. Là le risque est plus limité.

Le tableau suivant synthétise nos recommandations pour les activités sur plan d'eau de Bois le Roi.

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

Tableau 6: Préconisation de mesures de gestion des activités

Activités	Niveau de risque		
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
	< 100 000 cellules Cyano/100ml	> 100 000 cellules Cyano/100ml et toxines cyano (microcystine LR) < 25µg/l	> 100 000 cellules Cyano/100ml et toxines cyano (microcystine LR) > 25µg/l
Baignade	maintien d'une activité normale sur le site mais information du public. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Prendre une douche soignée après la baignade ou l'activité nautique, nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	baignade et activités nautiques limitées hors zones de plus fortes présence de cyanobactéries. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Eviter tout contact prolongé avec l'eau. En cas d'immersion accidentelle se rincer abondamment sous une douche. Nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	Interdiction baignade
Voiles; planche à voile			la pratique de la voile est possible mais sont interdites la découverte et l'initiation à la voile sur dériveur, et toute activité sur dériveur à partir d'un vent de force 4. Par ailleurs, il est interdit d'entrer en contact avec l'eau. Toute pratique nécessitant un tel contact est interdite
Planche à voile			la pratique est interdite
Canotage, pedalo			interdiction toutes activités dans zone concernée
Canoe, kayak			interdiction toutes activités dans zone concernée
Autres activités (en bord de plan d'eau)			Interdiction contact avec eau ou écumes (pour les hommes et les animaux)
Jeux d'eau	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac
Pêche	recommandation de ne pas consommer les poissons, bien se rincer après contact avec l'eau et nettoyer le matériel de pêche	Pêche limitée hors zone de plus fortes présence de cyanobactéries. Recommandation de ne pas consommer les poissons, bien se rincer après contact avec l'eau et nettoyer le matériel de pêche	Interdiction de la pêche
Aviron*	maintien d'une activité normale sur le site mais information du public. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Prendre une douche soignée après la baignade ou l'activité nautique, nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	baignade et activités nautiques limitées hors zones de plus fortes présence de cyanobactéries. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Eviter tout contact prolongé avec l'eau. En cas d'immersion accidentelle se rincer abondamment sous une douche. Nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	La pratique de l'aviron est possible mais la découverte et l'initiation est interdite. Toute pratique nécessitant un contact avec l'eau est interdite
Ski nautique*			interdiction toutes activités dans zone concernée
nage en palme, plongée*			interdiction toutes activités dans zone concernée

* : Ces activités sont peu ou pas pratiquées sur le plan d'eau de Bois le Roi Mais si elles devaient être pratiquées dans un avenir proche, elles seraient couvertes par les présentes préconisations

En cas de contact avec de l'eau au cours d'une activité nautique tolérée, une douche soignée doit être prise. Une consultation médicale est nécessaire en cas d'ingestion d'eau conduisant à des troubles (cutanéomuqueux, gastro-intestinaux, nausées, vomissements, tremblements...).

3.3.2.4 Jeux d'eau

Il est utile ici de faire un point spécifique relativement aux jeux d'eau. Ceux ci sont particulièrement à risque compte tenu du fait qu'il s'agit d'enfants d'une part, et qu'il y a non seulement contact avec l'eau, mais en plus brumisation. De fait, **il est**

impératif que les jeux d'eau soient arrêtés dès qu'il y a présomption de risque, même si ce risque n'est pas qualifié, et ensuite que l'on soit en catégorie 1, 2 ou 3.

Par ailleurs, dans le contexte spécifique de Bois le Roi pour lequel il y a risque de prolifération des cyanobactéries sans que l'on puisse disposer à court terme d'un indicateur simple d'alerte vis à vis de ce risque (voir ce qui est mis sur la transparence de l'eau), nous recommandons que les jeux d'eau soient munis d'une alimentation en eau depuis le réseau de distribution d'eau potable, qui évitera tout risque pour les enfants en cas de doute.

Nous recommandons aussi, conformément à l'avis du 29 Juin 2011 du Haut Conseil de la Santé Publique, que si des brumisateurs sont utilisés, il soit mis en place un carnet sanitaire, un suivi de la qualité bactériologique de l'eau considérée (notamment vis à vis du risque légionnelle) et qu'une grande vigilance soit apportée à l'exploitation et la maintenance des installations correspondantes.

3.3.3 Synthèse des dispositions pour le suivi des cyanobactéries

3.3.3.1 Description de la surveillance

Le dispositif de surveillance qui pourra être mis en place repose principalement sur une observation visuelle grâce à une fiche de suivi (présence d'écume, coloration anormale de l'eau...) et sur la mesure de la turbidité (disque de Secchi).

L'observation quotidienne des conditions météorologiques (température de l'air, ensoleillement, pluviométrie, direction du vent...) est utile dans le cadre de cette surveillance.

Cette surveillance active devra être réalisée aux abords de la zone de baignade.

Elle devra être opérée quotidiennement par le gestionnaire de la baignade ou un employé (attention à réaliser ce suivi plutôt en fin de matinée ou en milieu d'après midi).

Ce dispositif sera complété temporairement et à une fréquence moindre par une analyse de chlorophylle a. D'autre part, des suivis spécifiques peuvent être ponctuellement réalisés (incluant des mesures de concentrations en azote et en phosphore et des teneurs en chlorophylle a, mais pas uniquement voir paragraphes 2.4.3 et dans une moindre mesure 3.1.3) pour permettre de mieux caractériser les facteurs conditionnant les pics de biomasse de cyanobactéries dans le plan d'eau de Bois le Roi et suivre leur évolution dans le temps, mais leur interprétation requière l'intervention d'un spécialiste en limnologie.

3.3.3.2 Plan de gestion de crise

Il est nécessaire de définir une procédure de gestion de crise adaptée. Ce « plan d'alerte » doit présenter la marche à suivre en cas de constat d'une pollution. Il reprend les différentes étapes décrites dans le chapitre précédent.

Nous résumons la démarche par le circuit décisionnel suivant :

Les services techniques vérifient que la plage n'est pas dans une situation à risque par la surveillance quotidienne à l'aide de la fiche d'observation (présence d'écumes, couleur, transparence,...) ;

Si l'observation est de nature à révéler un risque, on réalise un prélèvement pour analyse en laboratoire ;

Si les résultats des analyses dépassent 100 000 cellules par millilitre, le responsable de la plage peut prendre la décision d'interdire la baignade (celui ci peut également prendre cette mesure préventivement dans le cas d'une apparition d'écume) ;

L'interdiction de baignade (ou un dénombre de cyanobactéries compris entre 20000 et 100000 cell/ml) implique l'affichage d'une information à destination du public ;

Des mesures sont réalisées pendant l'interdiction de baignade pour réenclencher l'autorisation de baignade quand la quantité de cyanobactéries retrouve une valeur inférieure à 100 000 cellules/ml et surtout que la teneur en microcystine n'excède pas 25 µg/l.

3.4 Gestion active et prédictive du risque bactériologique

3.4.1 Mesures de gestion pour la qualité bactériologique

La gestion active est utile pour les pollutions à court terme. Ces pollutions sont définies à l'article D.1332-15 du Code de la Santé Publique (CSP). Il s'agit d'épisodes de dégradation de la qualité microbiologique dont l'effet n'excède pas 72 h dans la durée.

Les procédures de gestion dont il est question concernent d'une part, les mesures pour prévenir l'exposition des baigneurs à une pollution (avertissement ou interdiction de baignade), et d'autre part, les mesures visant à réduire les sources de pollution.

Dans le cas d'une pollution à court terme, un prélèvement (a priori non prévu initialement dans le cadre du contrôle sanitaire) doit être réalisé afin de confirmer la fin de la pollution. Les analyses sont réalisées selon les méthodes réglementaires et **ce prélèvement n'est pas pris en compte dans le classement dressé par l'ARS.**

Les seuils proposés par l'AFSSET dans son rapport de septembre 2007 intitulé « Valeurs seuils échantillon unique pour les eaux de baignade : étude de faisabilité méthodologique » **permettent d'établir la présence d'une pollution à court terme.** On se référera également à l'instruction DGS/EA4 n°2013-247 du 18 juin 2013.

Ces valeurs doivent servir de référence pour la mise en place des procédures de gestion préventive (des pollutions à court terme) par la personne responsable de l'eau de baignade (circulaire N°DGS/EA4/2009/389 du 30 décembre 2009 relative à l'élaboration des profils des eaux de baignade au sens de la directive 2006/7/CE).

Les dépassements de ces seuils rencontrés en cours de saison seront signalés par l'ARS à la personne responsable de l'eau de baignade afin que ces épisodes, et leur origine si elle est identifiée, soient pris en compte dans le cadre de la future actualisation du profil de l'eau de baignade.

Tableau 7: Seuils des mesures de gestion préventives en eau douce proposés par l'AFSSET (2007)

Seuils proposés par l'AFSSET (en eau douce)	<i>E. coli</i> (UFC/100mL)	Entérocoques intestinaux (UFC/100mL)
		1800

La réglementation insiste sur le fait que peuvent permettre de détecter une pollution :

les résultats d'analyses approchant ou dépassant les seuils réglementaires ou les seuils proposés par l'AFSSET ;

un écart significatif par rapport aux résultats habituellement rencontrés, (même s'ils ne présentent pas nécessairement un risque sanitaire immédiat).

S'il s'avère que la présence d'une pollution conduisant à un risque pour la santé des baigneurs est confirmée, les mesures d'interdiction qui s'imposent doivent être prises par la personne responsable de l'eau de baignade. **Les conditions de levée de l'interdiction sont à définir localement et à préciser dans l'arrêté d'interdiction.**

3.4.2 Dispositions pour le suivi de la qualité bactériologique

Nous soupçonnons des contaminations inter-humaines à partir de 400 baigneurs simultanément dans l'eau. Ainsi, il serait utile de suivre en gestion active les paramètres pathogènes.

3.4.2.1 Paramètres à analyser

Afin de caractériser le risque de contamination humaine, il est recommandé de suivre les paramètres *Pseudomonas aeruginosa* et *Staphylococcus aureus*, mais aussi les paramètres classiques (E Coli et entérocoques intestinaux).

Les méthodes normalisées seront employées lors des analyses.

Tableau 8: Normes d'analyses pour les paramètres bactériologiques suivis

Espèce	Normes d'analyse
<i>Escherichia coli</i>	NF EN ISO 9308-1 (sur microplaques)
Entérocoques intestinaux	NF EN ISO 7899-2 (sur microplaques)
Staphylocoques pathogènes	XPT 90 412
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	NF EN ISO 16266

Il n'existe pas de méthodes simples permettant d'obtenir des résultats en quelques heures. Mais vu la qualité excellente des eaux, une gestion active rapide n'est pas nécessaire. Cette campagne de suivi servira plutôt à apporter des données statistiques plus nombreuses afin d'affiner le seuil critique de 400 baigneurs simultanés.

3.4.2.2 Localisation des prélèvements

Les prélèvements doivent être localisés au niveau des points suivis par l'ARS dans les petit et grand bains de la zone de baignade du plan d'eau.

3.4.2.3 Fréquence des prélèvements

Nous ne pouvons pas donner de fréquence prédéterminée puisque l'important est de réaliser les prélèvements aux pics de fréquentation.

Une fréquentation importante peut apparaître suite à plusieurs jours de temps ensoleillés et/ou des températures importantes. Le suivi de la météo pourrait permettre d'anticiper le jour de la campagne d'analyses. Toutefois, il ne sert à rien de réaliser l'échantillon lorsque la fréquentation est très faible.

Il est préconisé de réaliser les prélèvements pendant un jour de grande affluence bien sûr, mais si possible par temps calme et chaud et en milieu de journée. L'idéal est de réaliser le prélèvement au pic d'affluence dans l'eau de la journée.

Nous recommandons de déclencher ces suivis spécifiques lors des pics d'affluence de baigneurs (ceux ci étant identifiés par les gestionnaires de baignade sur la base de leur expérience). Il s'agit ici de prévoir l'échantillonnage des 2 ou 3 pics les plus importants de l'été.

Ce ne sera pas toujours possible, mais si plusieurs jours de soleil et de chaleur sont prévus à la météo, et qu'ils s'accompagnent d'une forte affluence de baigneurs, cela permettra d'organiser l'opération avec le laboratoire en anticipant sur les prélèvements.

Par ailleurs, il ne s'agit pas ici d'imposer la réalisation de mesures à chaque fois qu'il y aura un pic d'affluence, mais de saisir des opportunités de faire ces tests au cours de la saison estivale.

3.4.2.4 Protocole de prélèvement

Les prélèvements seront manuels. Dans chaque cas, 4 à 5 échantillons d'eau seront prélevés en différents points, ces échantillons étant alors homogénéisés pour disposer d'un échantillon moyen. Cet échantillonnage sera réalisé en fin de matinée, d'une part, et en milieu d'après midi (entre 15 et 16h), d'autre part. Ces échantillons seront alors envoyés rapidement à un laboratoire d'analyse. Le conditionnement et la conservation seront à voir avec le laboratoire qui aura été contacté au préalable de sorte à définir les protocoles opératoires, à fournir le flaconnage, mais on recherchera à ce que les échantillons prélevés soient apportés au laboratoire (ou mieux que celui ci vienne les chercher) dans un délai de moins de 6 heures. En attendant, ils devront être conservés dans une glacière ou au réfrigérateur et à l'abri de la lumière.

La prise de photographie des zones de baignade permettra à posteriori de compter le nombre de baigneurs et d'associer ce nombre aux résultats des analyses. Il est donc important de prendre des photographies panoramiques des zones de baignade lors des prélèvements.

3.4.2.5 Coût estimatif de la campagne

Si nous considérons que des prélèvements seront effectués sur deux points (grand bain et petit bain), le coût estimatif des analyses de chaque campagne de mesures devrait être d'environ 250 € HT. Ce coût n'inclut pas le diagnostic des résultats et des éventuelles préconisations afférentes.

3.4.2.6 Contractualisation avec un laboratoire

Dans la mesure où cette initiative dépend totalement de la fréquentation de la plage, elle ne peut être anticipée qu'au mieux de un ou deux jours. Cela peut poser un problème potentiel pour le gestionnaire de baignade, et est conditionné par :

- La contractualisation préalable d'un laboratoire, fournissant les flaconnages stériles, et venant collecter les échantillons sur site juste après les

prélèvements (car il est peu probable que le gestionnaire de baignade pourra les porter lui même au laboratoire) ;

- L'ouverture du laboratoire le jour d'échantillonnage (il ne faut donc pas que ce jour tombe un week end ou un jour férié).

Si ce schéma ne pouvait être mis en œuvre dans ces conditions, nous recommandons d'envisager de faire ces prélèvements en concomitance avec les prélèvements effectués par l'ARS lorsque ceux ci interviendront un jour de forte affluence de baigneurs.

3.4.2.7 Analyse des résultats

Les seuils au delà desquels on considérera une contamination inter-humaine comme possible sont normalement de :

E Coli 1800 ufc/100ml

Entérocoques intestinaux 660 ufc/100ml

Staphylococcus aureus 20 ufc/100 ml

Pseudomonas aeruginosa 10 ufc/100ml.

Concernant les seuils pour E Coli et les entérocoques intestinaux, nous suggérons de rapprocher ceux ci des seuils de bonne qualité sortant de la grille réglementaire appliquée (500 E coli/100ml et 200 EI/100ml). Cette grille ne s'utilise que dans une série statistique, alors que les seuils indiqués ci avant sont des seuils pour des analyses prises isolément, ce qui explique les écarts obtenus. Ainsi, l'usage des deux grilles permettra de positionner l'impact de la contamination humaine dans son contexte spécifique. Il conviendra d'en faire une analyse croisée avec les autres paramètres, et notamment le nombre de baigneurs, et les conditions météorologiques (notamment du vent) et hydrologiques (pluie éventuelle les jours d'avant) de sorte à affiner le diagnostic qui en sera fait.

3.4.3 Plan de gestion de crise

A l'aide des informations recueillies dans ce profil de baignade, le responsable des eaux de baignade doit définir par écrit et mettre en œuvre une procédure de gestion de crise adaptée en cas de pollution ponctuelle (pollution accidentelle ou dépassement des seuils AFSET lors d'un contrôle sanitaire). Ce « plan d'alerte » doit présenter la marche à suivre en cas de constat d'une pollution.

Ce plan d'alerte a deux composantes, une composante « contamination bactériologique anthropique externe » et une composante « contamination interhumaine ».

Ces deux « plans d'alerte » peuvent suivre les circuits décisionnels suivants :

1. Contamination interhumaine

Les services techniques auront au préalable définis le seuil éventuel conduisant à un risque de contamination inter-humaine. Cela nécessite que plusieurs campagnes de mesures aient été réalisées pour caractériser ce risque conformément au protocole défini au paragraphe 3.4.2.4). Mais on ne peut également exclure (et c'est même probable dans le cas de Bois le Roi) que ces campagnes concluent à l'absence de risque (en tel cas, il n'y aura pas de seuil). Ce qui suit est indexé sur la situation pour laquelle un seuil de risque avéré aurait été identifié.

Les services techniques vérifient l'ordre de grandeur du nombre de personnes se baignant. Si celui-ci excède le seuil à risque pressenti, la plage est dans une situation à risque et il faut réaliser un prélèvement pour analyse bactériologique (E. coli, entérocoques, staphylococcus aureus et pseudomonas aeruginosa).

Si les résultats des analyses dépassent les seuils admissibles on doit en toute logique fermer la plage jusqu'à vérification que la contamination est passée. Mais comme cette contamination est liée à l'affluence qui est hautement variable d'un jour sur l'autre, cela doit avant tout induire le gestionnaire de baignade à rechercher une solution permettant de réduire cette contamination à un niveau acceptable. La gestion de ce type d'événement sert donc avant tout à définir l'amplitude de la contamination et dans quel contexte et fréquence elle intervient. Cela permettra au gestionnaire de baignade de décider de la stratégie à mettre en place.

2. Contamination bactériologique anthropique externe

Les services techniques vérifient que la plage n'est pas dans une situation à risque au moyen d'indicateurs ciblés :

- pluviométrie >10mm cumulés sur les deux jours précédents,
- OU population importante d'oiseaux sur la plage dans les 24h qui ont précédé.

Compte tenu du faible nombre de données statistiques, ces seuils indicateurs ne peuvent pas être précis et pourront être affinés au fur et à mesure des futures analyses.

Si un de ces indicateurs est positif, on déclenche une mesure bactériologique en analyse rapide ;

Si les résultats des analyses dépassent un des seuils de l'AFSSET (660 pour Entérocoques ou 1800 pour E. coli), le responsable de la plage peut prendre la décision d'interdire la baignade ;

L'interdiction de baignade implique l'affichage d'une information à destination du public ;

Des mesures sont réalisées pendant l'interdiction de baignade pour réenclencher l'autorisation de baignade quand les deux seuils ne sont plus atteints.

Le circuit décisionnel est repris de manière schématisée ci-après.

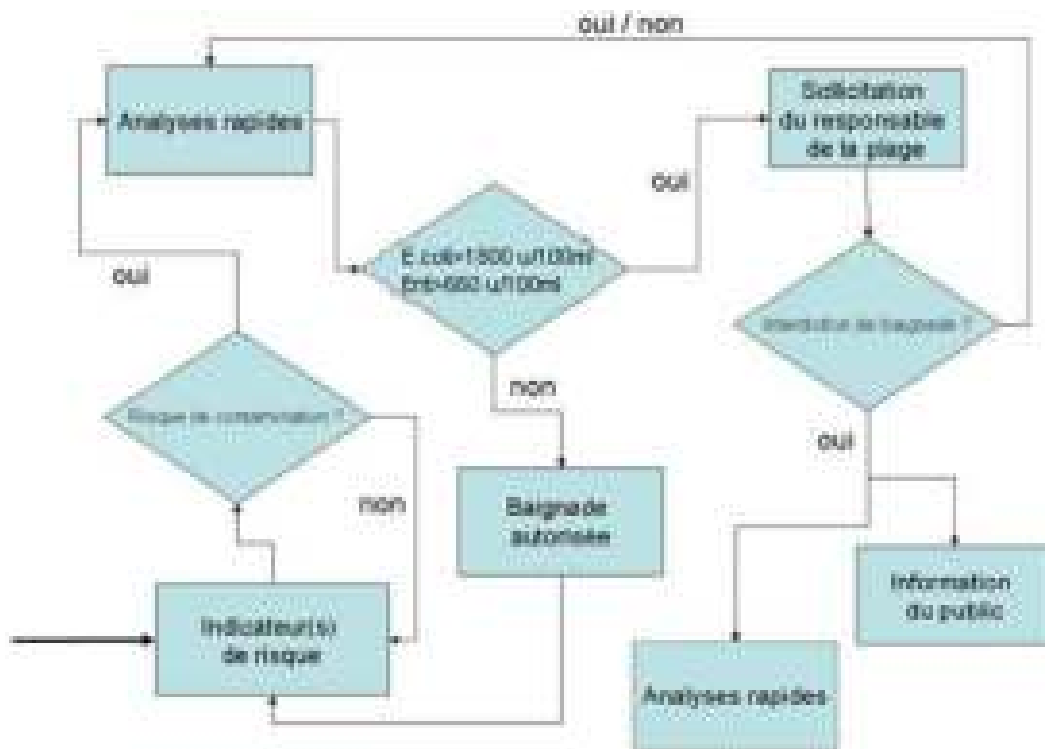


Figure 9: Proposition de circuit décisionnel

3.5 Synthèse opérationnelle

3.5.1 Campagnes de suivi des risques liés aux animaux dans le plan d'eau de Bois le Roi

Risque de contamination bactérienne par les ragondins dans le lac : Il convient de prélever un échantillon d'eau sur la rive Nord Ouest du lac. Ce prélèvement sera à réaliser une fois au printemps (tous les deux ans en cas d'absence de risque et une fois par an si le risque est avéré). Sur cet échantillon sera analysée la teneur en Leptospires. Si cette présence est constatée il conviendra de refaire l'opération au droit de la baignade. Cette

détection induira la mise en œuvre d'une campagne de piégeages des ragondins sur le lac, notamment à l'Ouest et au nord du lac ;

Risque de dermatite cercarienne dans le lac : Une recherche de cercaire sera à réaliser tous les deux ans. Elle sera mise en œuvre en période estivale, par temps chaud dans la végétation macrophytique située à proximité de la zone de baignade. En cas de risque avéré, il conviendrait de supprimer les macrophytes aux abords de la zone de baignade, de ramasser les mollusques qui s'y trouveraient, et d'intensifier l'éloignement des oiseaux aquatiques (canards, cygnes et oies bernaches qui sont les principaux vecteurs de ce parasite). Concernant les oies bernaches, elles ne sont plus protégées et sont donc chassées, ce qui a permis d'en réduire la population.

3.5.2 Gestion d'une crue de la Seine induisant un débordement dans le lac.

Il faut Interdire les activités pendant la durée du débordement dans le lac ;

Après la fin de la crue, le niveau baissera très lentement, jusqu'à retrouver sa valeur d'avant la crue ;

Suivre au pas de temps hebdomadaire la qualité microbiologique de l'eau (échantillonnage hebdomadaire sur la plage comme pour un contrôle bactérien habituel et faire analyser les Escherichia Coli et les entérocoques intestinaux), et suivre journalièrement la transparence de l'eau, et ce jusqu'au retour à la normale des paramètres bactériens et de transparence. Ne réouvrir les activités nautiques et de baignade qu'à l'issue de ce retour à la normale (et préférentiellement 4 semaines après la crue en ce qui concerne l'activité de baignade).

Suivre les paramètres caractéristiques de l'eutrophisation pour caractériser le risque de développement éventuel des cyanobactéries en faisant une campagne de mesure trimestrielle jusqu'à l'hiver avec mesure in situ (au droit de la partie profonde au centre du lac) de la transparence au disque de Secchi, de la température, du taux de saturation en oxygène dissous, et du pH et prélèvement d'un échantillon d'eau (en sub surface) et analyse des paramètres suivants : NO_3 , NH_4 , PO_4 Ptotal, et Chlorophylle a. Si la teneur en chlorophylle a dépasse $15\mu\text{g/l}$, il faudra procéder à un dénombrement phytoplanctonique au niveau du genre.

3.5.3 Gestion du risque cyanobactérien dans le plan d'eau de Bois le Roi

Mettre en place une surveillance basée sur l'observation visuelle et sur la mesure de la transparence au disque de Secchi. Celle ci est à réaliser au

milieu du lac (dans la zone profonde en dehors de la zone d'influence de la baignade). La mesure est à faire à heure fixe, tous les jours, soit en fin de matinée, soit en milieu d'après midi ;

Faire un prélèvement au pas de temps hebdomadaire (première année) et bimensuelle (seconde année et suivantes tant qu'aucune relation liant la transparence et la teneur en chlorophylle a n'aura été identifiée) de début juillet à mi septembre au droit de la zone profonde du lac, et y faire analyser la teneur en chlorophylle a ;

En cas de suspicion de présence d'une efflorescence de cyanobactéries, il faut effectuer un prélèvement et rechercher directement la présence de cyanobactéries dans l'échantillon ;

En cas contraire, si la transparence devient inférieure au seuil à risque de prolifération de cyanobactéries (pour autant qu'un seuil ait pu être défini) et qu'elle ne peut être inféodée à un coup de vent ou à un épisode de pluie, on procède à un échantillonnage d'eau 20 cm sous la surface de l'eau pour analyse de la chlorophylle a (fréquence hebdomadaire à bimensuelle) ;

Si la teneur en chlorophylle a est supérieure à un seuil compris entre 10 et 20 µg/l (à ajuster en fonction des résultats obtenus au cours du temps, en commençant par un seuil de départ de 15µg/l) on procède à un échantillon d'eau en sub surface pour dénombrement des cyanobactéries ;

Si les cyanobactéries sont présentes et majoritaires. On regarde quel est leur nombre par unité de volume et on ajuste la gestion des usages et les mesures prises. Les trois seuils sont de 0 à 20 000 cellules/ml, de 20 000 à 100 000 cellules/ml, et au delà de 100 000 cellules/ml. Au delà de 100 000 cellules/ml il faut déclencher une recherche de microcystine LR. Le seuil critique est de 25µg/l. A partir de ces éléments on définit 3 niveaux, correspondant à différents impératifs de gestion. Le tableau de gestion des activités présenté dans le rapport est rappelé ci après.

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

Activités	Niveau de risque		
	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
	< 100 000 cellules Cyano/100ml	> 100 000 cellules Cyano/100ml et toxines cyano (microcystine LR) < 25µg/l	> 100 000 cellules Cyano/100ml et toxines cyano (microcystine LR) > 25µg/l
Baignade	maintien d'une activité normale sur le site mais information du public. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Prendre une douche soignée après la baignade ou l'activité nautique, nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	baignade et activités nautiques limitées hors zones de plus fortes présence de cyanobactéries. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Eviter tout contact prolongé avec l'eau. En cas d'immersion accidentelle se rincer abondamment sous une douche. Nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	Interdiction baignade
Voiles; planche à voile			la pratique de la voile est possible mais sont interdites la découverte et l'initiation à la voile sur dériveur, et toute activité sur dériveur à partir d'un vent de force 4. Par ailleurs, il est interdit d'entrer en contact avec l'eau. Toute pratique nécessitant un tel contact est interdite
Planche à voile			la pratique est interdite
Canotage, pedalo			interdiction toutes activités dans zone concernée
Canoe, kayak			interdiction toutes activités dans zone concernée
Autres activités (en bord de plan d'eau)			Interdiction contact avec eau ou écumes (pour les hommes et les animaux)
Jeux d'eau	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac	arrêt des jeux d'eau liés à des prélèvements dans le lac
Pêche	recommandation de ne pas consommer les poissons, bien se rincer après contact avec l'eau et nettoyer le matériel de pêche	Pêche limitée hors zone de plus fortes présence de cyanobactéries. Recommandation de ne pas consommer les poissons, bien se rincer après contact avec l'eau et nettoyer le matériel de pêche	Interdiction de la pêche

Aviron*	maintien d'une activité normale sur le site mais information du public. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Prendre une douche soignée après la baignade ou l'activité nautique, nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	baignade et activités nautiques limitées hors zones de plus fortes présence de cyanobactéries. Eviter d'ingérer et respirer les aérosols de l'eau. Eviter tout contact prolongé avec l'eau. En cas d'immersion accidentelle se rincer abondamment sous une douche. Nettoyer le matériel et les équipements de loisir nautiques, consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.	La pratique de l'aviron est possible mais la découverte et l'initiation est interdite. Toute pratique nécessitant un contact avec l'eau est interdite
Ski nautique*			interdiction toutes activités dans zone concernée
nage en palme, plongée*			interdiction toutes activités dans zone concernée

* : Ces activités sont peu ou pas pratiquées sur le plan d'eau de Bois le Roi Mais si elles devaient être pratiquées dans un avenir proche, elles seraient couvertes par les présentes préconisations

D'une façon générale, toute fermeture de baignade ou restriction d'activité doit faire l'objet de l'affichage d'une information à destination du public.

3.5.4 Gestion d'une contamination bactérienne sur le plan d'eau de Bois le Roi

Risque de contamination inter-humaine : en cas de pic d'affluence sur la plage et surtout dans l'eau, on effectue des prélèvements indépendamment dans le petit bain et dans le grand bain en fin de matinée et en milieu d'après midi. Dans chaque cas (chaque bain, et chaque période d'échantillonnage), on fait 4 à 5 échantillons d'eau à différents endroits pour faire un échantillon moyen. De même, dans chaque cas on fait des photographies panoramiques des zones de baignade. Les échantillons sont

envoyés à un laboratoire pour analyse (E Coli, Entérocoque intestinaux, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*). Les seuils acceptables sont respectivement de 1800 ufc/100ml, 660 ufc/100ml, 20 ufc/100ml et 10 ufc/100ml. S'il y a dépassement, cela confirme la contamination. Il faut alors identifier le nombre de baigneurs correspondant (à partir des photos), puis décider des actions à mettre en œuvre pour réduire le risque (ces actions sont forcément des actions d'anticipation et ne relèvent pas de la gestion active).

Contamination bactériologique anthropique externe : Si la plage est dans une situation à risque (pluviométrie > 10mm cumulés sur les 2 jours précédents, ou population importante d'oiseaux sur la plage dans les 24h précédentes), on fait un prélèvement pour analyse bactériologique (E Coli et Entérocoques intestinaux). Si l'un des seuils (respectivement 1800 ufc/100ml et 660 ufc/100ml) est dépassé, on ferme la baignade jusqu'à retour en deçà des seuils.

D'une façon générale, toute fermeture de baignade ou restriction d'activité doit faire l'objet de l'affichage d'une information à destination du public.

4

Information du public

L'information du public est une étape importante du profil de baignade car les baigneurs ou usagers de la base de loisirs sont les premiers touchés en cas de pollution.

Afin de les informer de la vulnérabilité de la plage, une affiche résumant le profil sera préparée à l'issue de la phase 3, et installée à proximité de la zone de baignade : à côté des résultats du contrôle sanitaire, sur le panneau « Qualité des eaux de baignades ».

Enfin, une note de synthèse sous format électronique a été réalisée pour les phases 1 et 2, et sera complétée pour la phase 3.

ANNEXE 1 :
CIRCULAIRE DGS/SD 7 A N° 2003-270
(04/06/2003)

**Circulaire DGS/SD 7 A n° 2003-270 du 4 juin 2003 relative aux modalités
d'évaluation et de gestion des risques sanitaires face à des situations de
prolifération de micro-algues (cyanobactéries) dans des eaux de zones de
baignade et de loisirs nautiques**

NOR : SANP0330251C

(Texte non paru au *Journal officiel*)

Date d'application : immédiate.

Textes modifiés : circulaire DGS/SD 7 A n° 2002-335 du 7 juin 2002 relative à la campagne 2002 de contrôle sanitaire de la qualité des eaux de baignade (chapitre II-3 : conduite à tenir en présence de micro-algues [cyanobactéries]).

Le directeur général de la santé à Mesdames et Messieurs les préfets de région (directions régionales des affaires sanitaires et sociales [pour information]) ; Mesdames et Messieurs les préfets de département (directions départementales des affaires sanitaires et sociales [pour attribution]) Le développement de cyanobactéries dans les eaux de baignade et de loisirs nautiques constitue un problème sanitaire émergent. En effet les cyanobactéries (algues bleues) sont, dans certaines conditions et selon leurs types, susceptibles de produire différentes toxines (dermatotoxines, hépatotoxines, neurotoxines) et d'être à l'origine de troubles somatiques de nature et d'intensité variables tels que des démangeaisons, des gastro-entérites aiguës, voire des atteintes neurologiques. Ces troubles surviennent à la suite d'une ingestion ou éventuellement de l'inhalation d'eau contaminée. Les baigneurs et les personnes pratiquant des activités nautiques constituent les populations les plus exposées aux risques sanitaires liées aux cyanobactéries.

En l'absence de normes sanitaires françaises ou européennes pour les eaux de baignade spécifiques aux cyanobactéries, hormis les critères visuels réglementaires de qualité des eaux, j'ai saisi le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF), afin de préciser les critères d'évaluation des situations de prolifération de cyanobactéries et les modalités de gestion des risques sanitaires liés aux usages des zones de loisirs.

Vous trouverez ci-joint, l'avis du 6 mai 2003 du CSHPF, relatif aux mesures de gestion des risques sanitaires à mettre en œuvre en fonction de l'importance des proliférations et des activités pratiquées (baignades, loisirs nautiques). Je vous demande de transmettre cet avis aux maires et aux gestionnaires des zones de

baignade et de loisirs nautiques concernés de votre département. Vous vous assurerez de la mise en œuvre homogène à l'échelle du département, des dispositions de cet avis qui concernent notamment :

- la surveillance des caractéristiques physico-chimiques des zones de baignade et d'activités de loisir ;
- la démarche de gestion des risques qui devra être suivie en cas de modification des caractéristiques du milieu, selon le schéma décisionnel mentionné en annexe ;
- les messages sanitaires à diffuser au public.

Toute situation de prolifération devra vous être signalée immédiatement par le gestionnaire du site ou le maire concerné. Les coûts engendrés par les analyses réalisées par les collectivités sont à la charge de ces dernières. Vous veillerez également à ce que des panneaux d'information à destination du public soient apposés sur le site et dans tout lieu approprié (mairie, office du tourisme,...) selon les modalités définies dans l'avis. Il vous appartiendra (DDASS) de demander à la mairie de compléter le panneau d'informations par tous éléments qui mériteraient d'être portés à la connaissance du public.

Je vous demande de présenter l'avis du CSHPF aux membres du conseil départemental d'hygiène. Vous le diffuserez également auprès des instances locales concernées (élus, conseils départementaux de l'ordre des médecins, des pharmaciens, structures sanitaires, structures d'urgence, etc.).

Vous voudrez bien me faire parvenir sous le présent timbre vos observations éventuelles ou les difficultés que vous rencontrerez dans l'application des présentes instructions, ainsi qu'un bilan chiffré des épisodes de prolifération de micro-algues survenus dans votre département pour le 30 septembre 2003.

Le chef de service,
Y. Cocquin

CONSEIL SUPÉRIEUR D'HYGIÈNE PUBLIQUE DE FRANCE
Section des eaux
Séance du 6 mai 2003

RECOMMANDATIONS POUR LA GESTION DES SITUATIONS DE
CONTAMINATION D'EAUX DE BAINADE ET DE ZONES DE LOISIRS
NAUTIQUES PAR PROLIFÉRATION DE CYANOBACTÉRIES

Avis

Considérant :

- les signalements de prolifération de cyanobactéries dans des eaux de baignade et de zones de loisirs nautiques, recensés par les directions départementales des affaires sanitaires et sociales dans le cadre du contrôle sanitaire des baignades aménagées et du suivi de zones de loisirs nautiques ;
- les dernières recommandations sur la gestion du risque pour la santé publique lié à la présence de cyanobactéries dans les eaux de baignade et de zones de loisirs nautiques publiées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en 1999, les niveaux de danger à considérer et les actions à mettre en œuvre (cf. annexe) ;
- l'absence de certitudes scientifiques sur l'écologie générale, les paramètres conditionnant l'apparition des efflorescences et la production de métabolites et en particulier de toxines par les cyanobactéries, et la faiblesse des données épidémiologiques sur l'impact sanitaire des proliférations en France ;
- le manque de méthodes analytiques normalisées pour les dénombrements des cyanobactéries et la détection ou le dosage de certaines de leurs toxines ;
- les risques sanitaires potentiels pour les baigneurs ou les pratiquants d'activités nautiques, induits par les différentes toxines (dermatotoxines, hépatotoxines, neurotoxines) qui peuvent être associées aux proliférations de cyanobactéries et être à l'origine de pathologies telles que des démangeaisons, des gastro-entérites, voire des atteintes hépatiques ou neurologiques ;
- le projet de directive de la Commission européenne relative à la qualité des eaux de baignade qui introduit le paramètre « prolifération de micro-algues » en tant que paramètre à surveiller dans le cadre du contrôle sanitaire des eaux de baignade.

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France, à la suite des travaux réalisés par son groupe de travail et après discussion,

1. Demande :

- que soit validé un protocole permettant de définir et d'évaluer sur le terrain une « prolifération algale » pouvant déclencher la recherche de cyanobactéries et de leurs toxines ;
- que soient validées et normalisées les stratégies et les méthodes de prélèvements et d'analyses relatives à la détermination d'une contamination des eaux de baignades et de zones de loisirs nautiques par des cyanobactéries et leurs toxines pour lesquelles des méthodes existent (dénombrement cellulaire, identification, quantification de toxines) ;
- que soit réalisée une étude sur les contaminations des eaux de loisirs nautiques par les cyanobactéries et leurs toxines dans le but d'estimer les expositions à prendre en compte pour évaluer l'impact sanitaire sur les pratiquants de la baignade et des activités de loisirs nautiques ;
- qu'une veille épidémiologique soit organisée pour identifier des cas de pathologies associées à des proliférations de cyanobactéries.

2. Recommande :

- que soit mis en œuvre un programme de surveillance des zones de baignade et de loisirs nautiques, selon un arbre décisionnel décrit en annexe, afin de détecter toute prolifération algale et que celui-ci soit renforcé dans le cas des zones de baignade et de loisirs nautiques sensibles à l'eutrophisation ;
- qu'à la suite de ce programme, un bilan et un recueil de données soit établi à la fin de l'année 2003 pour permettre l'élaboration d'un nouvel avis pour la saison 2004 ;
- que l'emploi de toute substance chimique ou procédé physique à effet ou caractère algicide dans les zones de baignades soit proscrit en présence d'une prolifération de cyanobactéries afin d'éviter les risques de libération des toxines, une éventuelle sélection de souches résistantes et une dégradation de l'environnement ;
- qu'en l'absence de protocole validé garantissant l'absence de sélection de souches résistantes et de contamination de l'environnement, l'emploi en mode préventif de toute substance chimique à effet ou caractère algicide dans les zones de baignades soit soumis à autorisation ;
- que la gestion des situations de contamination par des cyanobactéries et/ou leurs toxines et l'information du public soient assurées selon les modalités définies en annexe.

3. Estime que malgré l'absence de méthodes validées et normalisées de dénombrement et/ou de détection des cyanobactéries ou de leurs toxines, la mise en œuvre d'une surveillance renforcée des sites de baignade, suivie d'une conduite à tenir détaillée comportant notamment l'information du public (cf. annexe), en cas de

prolifération de cyanobactéries, constitue actuellement le moyen le plus approprié pour assurer la sécurité des utilisateurs des baignades aménagées et des zones de loisirs nautiques.

4. Précise que l'arbre décisionnel devra être réexaminé à la lumière des expériences et des données acquises au cours de l'année 2003.

Le sous-directeur de la gestion
des risques des milieux,
T. Michelin

ANNEXE

ÉVALUATION ET GESTION DES SITUATIONS DE CONTAMINATION D'EAUX DE BAINADES AMÉNAGÉES OU DE ZONES DE LOISIRS NAUTIQUES PAR PROLIFÉRATION DE CYANOBACTÉRIES

1. Schéma décisionnel

Mise en place, par les gestionnaires des sites, en liaison avec les services en charge du contrôle sanitaire réglementaire des baignades aménagées :

- d'une surveillance renforcée, basée sur l'observation visuelle et sur la mesure de la turbidité ou l'observation au disque de Secchi ou la mesure du pH, des sites connus comme sensibles à l'eutrophisation, ayant déjà présenté des épisodes de proliférations de cyanobactéries ou dont le niveau de fréquentation est particulièrement élevé. Des dosages de chlorophylle a peuvent être réalisés mais ne peuvent être considérés comme des indicateurs spécifiques de cyanobactéries. Ce dosage peut être considéré comme une aide pour le suivi d'un même site avec un niveau d'alerte entre 10 et 50 µg/l et un niveau préoccupant supérieur à 50µg/l à condition que des observations microscopiques soient réalisées pour confirmer la présence de cyanobactéries majoritaires ;
- d'une surveillance visuelle des autres sites de baignade et de loisirs nautiques.

Lors de cette surveillance, tout changement des caractéristiques du milieu (modification de la couleur, variations importante de pH entre le jour et la nuit, diminution de l'indice de Secchi, apparition d'efflorescences, d'écumes, etc.), ne pouvant être expliqué par des causes locales simples qui ne présentent pas de caractère dangereux (augmentation de la turbidité suite à une pluie abondante...) doit conduire le gestionnaire du site, privé ou public et les services des DDASS, à suivre la démarche suivante :

Un (ou plusieurs) prélèvement(s) d'eau pour observation microscopique sont réalisés en des points représentatifs du plan d'eau où sont pratiquées des activités (baignade et loisirs nautiques). Ces prélèvements sont acheminés dans les meilleurs délais vers un laboratoire spécialisé pour la réalisation d'une observation microscopique, dans le but de rechercher la présence de cyanobactéries. Des dosages de chlorophylle a peuvent être réalisés mais ne peuvent être considérés comme des indicateurs spécifiques de cyanobactéries. En règle générale, il est important de considérer le fait que les efflorescences sont des phénomènes évolutifs et dynamiques parfois très rapides et qu'il importe d'adapter les fréquences d'échantillonnage en fonction de leurs évolutions (apparition des efflorescences, apparition des éventuelles toxines, disparition des efflorescences, disparition des toxines, déplacement selon les vents...).

Si les cyanobactéries sont absentes ou présentes mais minoritaires, la surveillance renforcée est reconduite. Une observation microscopique de contrôle est réalisée après un délai d'une semaine.

Si les cyanobactéries sont présentes et majoritaires, le dispositif de suivi de niveau I est déclenché :

Niveau I : réalisation d'un comptage cellulaire et d'une identification des espèces de cyanobactéries.

Si le comptage est inférieur à 20 000 cellules/ml 20 % (cyanobactéries en population majoritaire) :

- gestion : maintien d'une activité normale sur le site mais information du public et des usagers du site par la pose de panneaux exclusivement au niveau des zones de dépôts d'efflorescence ou d'écume (à adapter en fonction des variabilités géographiques liées aux vents) ;
- surveillance : poursuite de la surveillance renforcée de manière journalière. Réalisation d'un comptage cellulaire et d'une identification des espèces de cyanobactéries au moins bi-mensuelle.

Si le comptage est compris entre 20 000 et 100 000 cellules/ml 20 % (cyanobactéries en population majoritaire) :

- gestion : pas de restrictions d'utilisation du site mais information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ;
- surveillance : poursuite de la surveillance renforcée quotidienne du site, en assurant une fréquence d'échantillonnage hebdomadaire (observation microscopique, dénombrement et identification).

Si le comptage est supérieur à 100 000 cellules/ml 10 % (cyanobactéries en population majoritaire), alors déclenchement du dispositif de suivi de niveau II.

Niveau II : réalisation d'une recherche et d'une quantification de toxines.

Pour ce faire, et en attente de méthodes normalisées, il est recommandé de procéder à une analyse selon la méthode d'inhibition de l'activité enzymatique de la PP2A exprimée en équivalent microcystine LR. Si le laboratoire ne dispose pas de cette méthode, et bien que ne donnant pas une réponse de même nature, il est également possible, de réaliser des dosages de microcystines par test immunologique (résultat exprimé en microcystine LR) ou avec les méthodes, plus précises mais plus onéreuses, par couplage chromatographie en phase liquide-spectrométrie de masse.

Si le taux de microcystines est inférieur à 25 µg/l en équivalent microcystine-LR :

- gestion : limitation de la baignade selon la localisation journalière des zones de plus forte présence de cyanobactéries et des résultats analytiques des zones d'eau échantillonnées ; information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ;
- surveillance : poursuite du suivi avec une fréquence hebdomadaire (dénombrement cellulaire, si ce dernier est supérieur à 100 000 cellules/ml, nouvelle mesure de concentration de toxines).

Si le taux de microcystines est supérieur à 25 µg/l en équivalent microcystine LR :

- gestion : interdiction de la baignade et limitation d'usages pour les loisirs nautiques individuels ou collectifs selon les modalités définies au point 2 ci-après.

Information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages :

- surveillance : poursuite du suivi avec une fréquence hebdomadaire (dénombrement cellulaire, si ce dernier est supérieur à 100 000 cellules/ml, nouvelle mesure de concentration de toxines). Lors de la surveillance, la mise en évidence de la formation de mousse ou d'écume sur une aire de la zone doit immédiatement conduire au déclenchement du dispositif de suivi de niveau III ;

- gestion : interdiction de la baignade et de toutes les autres activités de loisirs nautiques dans les zones concernées. Prévenir tout contact de personnes ou d'animaux avec les écumes. Information du public et des usagers du site par la pose de panneaux, notamment au niveau des zones de plus forte présence d'algues (variable en fonction du vent) et des zones d'usages ;

- surveillance : suivi de l'évolution des mousses ou écumes et de leur localisation, poursuite du suivi du site avec une fréquence hebdomadaire (dénombrement cellulaire et identification). Suivi des concentrations en toxines au moins bimensuel.

2. Exemple de limitation des usages (1) exercée au sein des structures d'activités de loisirs nautiques

Étude de profil de baignade et activités aquatiques de la base de Bois-le-Roi

Aviron	La pratique de l'aviron est possible mais la découverte et l'initiation en skiff sont interdites
Voile	La pratique de la voile est possible mais sont interdites : - la découverte et l'initiation à la voile sur dériveur instable (Laser, Moth, Topper) ; - toute activité sur dériveur (sauf bateaux collectifs stables de type Seil) à partir d'un vent de force 4 (*)
Planche	La pratique de la planche est interdite (à l'exception de l'entraînement des athlètes figurant sur les listes de haut niveau, les espoirs et les équipes de ligues, par vent inférieur à force 4 (*)
Canoë	La pratique du canoë-kayak est possible mais sont interdites : - toute activité de canoë-kayak à partir d'un vent de force 4 (*) ; - toute pratique de découverte et d'initiation au canoë-kayak sur embarcation instable ; - la pratique du freestyle ; - la pratique du kayak-polo et du slalom sauf prise en compte par les clubs du niveau de pratique et d'aménagement de l'activité ; - l'utilisation d'embarcations de course en ligne à l'exception de l'entraînement en bateau monoplace des athlètes figurant sur les listes de haut niveau, les espoirs et équipes de ligues
Autres embarcations	L'utilisation d'embarcations instables (barques, pédalo) ou entraînant un contact avec l'eau est interdite
Autres dispositions	- la baignade est interdite. Les pratiquants ne doivent pas se mettre dans l'eau pour embarquer ou débarquer, ni s'asperger ou se rafraîchir avec l'eau de la zone d'activité ; - le matériel et les équipements doivent être rincés après usage ; - en cas de contact avec l'eau au cours d'une activité nautique tolérée, une douche soignée doit être prise. Une consultation médicale sera nécessaire en cas d'ingestion d'eau et de survenue de troubles de santé de type : gastro-entérites, démangeaisons, conjonctivite...
(*) Vent mesuré sur le plan d'eau.	

En cas de doute sur les résultats du suivi analytique et en fonction des conditions environnementales, des mesures plus contraignantes concernant la restriction de pratique des activités nautiques peuvent être prises par les autorités locales ou les responsables et éducateurs sportifs qui travaillent sur les zones d'activités nautiques.

3. Exemple d'information du public

Le CSHPF propose le message d'information type suivant à destination du public et des usagers dans le souci d'afficher une cohérence et une homogénéité des messages officiels.

Les cyanobactéries sont des organismes microscopiques qui peuvent se développer dans les eaux douces et les eaux de mer et former des dépôts abondants et des mousses appelées « efflorescences algales ». Certaines espèces peuvent produire et libérer des toxines qui peuvent être à l'origine de risques sanitaires pour les baigneurs ou les pratiquants d'activités nautiques. Les effets actuellement connus sont les suivants :

- lors de contact avec l'eau : irritations et rougeurs de la peau, du nez, de la gorge, des yeux, des muqueuses ;
- lors de l'ingestion de l'eau : maux de ventre, diarrhées, nausées, vomissements.

Les risques sanitaires liés aux situations de proliférations algales sont gérés sur la base des recommandations du Conseil supérieur d'hygiène publique de France. Les analyses effectuées sur ce site indiquent la présence de cyanobactéries à un nombre* Ce site fait l'objet d'une surveillance de la part des gestionnaires et des services de la direction départementale des affaires sanitaires et sociales. Cependant certaines précautions doivent être prises et les interdictions éventuelles respectées :

Éviter de se trouver en contact avec des zones de dépôts abondants et d'irisations de couleur verte et de mousses si * inférieur à 20 000 cellules/ml.

Si * compris entre 20 000 et 100 000 cellules/ml, il est conseillé :

- d'éviter d'ingérer et de respirer des aérosols de l'eau ;
- de prendre une douche soignée après la baignade ou après l'activité nautique ;
- de nettoyer le matériel et les équipements de loisirs nautiques ;
- de consulter un médecin en cas d'apparition de troubles de santé.

Si * supérieur à 100 000 cellules/ml :

1. la baignade est soit limitée, soit interdite en fonction des dosages de toxines ;
2. la pratique des activités de loisirs nautiques est limitée ;
3. éviter d'ingérer et de respirer des aérosols de l'eau ;
4. éviter tout contact prolongé avec l'eau ;
5. en cas d'immersion accidentelle, se rincer abondamment sous une douche ;

6. en cas d'apparition de troubles de santé, consulter un médecin en lui précisant la pratique d'activités nautiques sur plan d'eau affecté par des proliférations de cyanobactéries.

(1) Source : direction départementale de la jeunesse et des sports avec la collaboration de la direction départementale des affaires sanitaires et sociales de la Loire-Atlantique.

ANNEXE 2 :
FICHE D'OBSERVATION
QUOTIDIENNE



Fiche d'observation visuelle de site											
Description du contexte des observations											
Date :	Heure :			Nom de l'observateur :							
Force du vent :		m/s									
Temps :		humide		pluvieux		orageux		annulé			
Météo des jours précédents :											
Compte rendu des observations sur site											
Présence d'une couche d'écume				OUI			NON				
Définition : Couche mince/moyenne d'écume persistante ou complètement éparse d'un mètre 1 m ²											
Si OUI :	A l'intérieur de la zone de baignade :			OUI			NON				
	A l'extérieur de la zone de baignade :			OUI			NON				
	Épaisseur de la couche d'écume :						cm				
	Surface de l'écume						m ²				
	Couleur de l'écume			verte		orange		Autre :			
Caractéristiques de la couche d'écume			continue		éparse		Autre :				
Dominance de cyanobactéries				OUI			NON				
Définition : Dominance visible dans la colonne d'eau sous forme d'eau ou de floes (verts ou oranges)											
Si OUI :		Caractéristiques de la dominance			floes		lesules		Autre :		
Présence d'animaux				OUI			NON				
Définition : Présence d'animaux domestiques ou sauvages sur les plages, les zones de baignades ou leurs abords immédiats											
Si OUI :	Espèce		type		état		vie		regardin		
	État		mort	vivant	mort	vivant	mort	vivant	mort	vivant	
	Nombre										
	Espèce		poisson			chien					
	État		mort	vivant	mort	vivant	mort	vivant	mort	vivant	
Nombre											
Présence de déchets				OUI			NON				
Définition : Présence de déchets de tout type : alimentaires, gros volumes, verts (algues ou macrophytes mortes) sur les plages, les zones de baignades ou leurs abords immédiats											
Si OUI : (Nombre et type)	Sur le sol										
	Flottants sur l'eau										
	Sur les berges										
	Ailleurs										
Mesures de terrain											
Température de l'eau				°C		Température de l'air				°C	
Évaporation			Petit bain			Grand bain					
Photographies		N°		N°							
Transparence (Secchi)				m							
Autres éléments à noter											



Croquis du plan d'eau de Bois le Roi pour localiser les anomalies



Légende :

	Couche d'écume
	Cyanobactéries
X	Animaux
O	Déchets

PROTECTION DE LA QUALITE DES EAUX DE BAINNADE

(articles L1332-3 et D 1332-20 du code de la santé publique)



PROFIL DE VULNÉRABILITÉ

PLAGE DE LA BPAL DE BOIS-LE-ROI



Le profil de vulnérabilité des eaux de baignade a pour but de recenser les sources de pollution qui peuvent affecter la qualité des eaux et de définir les mesures à mettre en œuvre pour les réduire.



CARACTÉRISTIQUES

Commune : Bois-le-Roi

Département : Seine-et-Marne (77)

Personne responsable de l'eau de baignade : Directeur de la base

Téléphone : 01 64 81 33 00

Période de surveillance : le mercredi et les week-ends ensoleillés en mai – juin, et tous les jours des mois de juillet et août

Nature : Sable

Activités autres que baignade : Canoë-kayak ; Voile, planche à voile, optimiste (activité encadrée par l'UCPA) ; Pêche.

EQUIPEMENTS



QUALITE DES EAUX DE BAINNADE

2009	2010	2011	2012	2013
A	B	B	A	Excellente

Ancienne méthode = selon la Directive 76/160/CEE, valable jusqu'en 2012
La qualité est évaluée en prenant en compte 1 année d'analyses d'E. coli et entérocoques intestinaux*
Typologie :

A : eau de bonne qualité	B : eau de qualité moyenne
C : eau pouvant être momentanément polluée	D : eau de mauvaise qualité

Nouvelle méthode = selon la Directive 2006/7/CE, en rigueur à partir de 2013
La qualité est évaluée en prenant en compte 4 années d'analyses d'E. coli et entérocoques intestinaux
Typologie :

Excellente	Bonne
Suffisante	Insuffisante

*Escherichia coli (E. Coli) et les entérocoques intestinaux sont des bactéries normales de la flore digestive des mammifères. Leur présence n'est pas dangereuse en elle-même mais témoigne d'une pollution microbiologique de l'eau avec présence possible de bactéries, virus et parasites pathogènes.
Principaux risques : gastro-entérites et infection des yeux, des oreilles, ou respiratoires

MESURES DE GESTION ACTIVE

La gestion active consiste en une veille du risque de contamination des eaux de baignade et à la mise en place de mesures en cas de contamination avérée. Le profil de baignade donne des outils de gestion et d'évaluation du risque au gestionnaire de la baignade.

Les mesures de gestion actives peuvent être :

- la réalisation d'analyses complémentaires pour vérifier s'il y a contamination lors des situations à risque
- la fermeture de la baignade et/ou la restriction de tout ou partie des activités pendant la durée de la contamination pour préserver la santé des personnes en contact avec l'eau.

CARTOGRAPHIE DES PRINCIPALES SOURCES DE POLLUTION



EP : Eaux pluviales

INVENTAIRE DES SOURCES DE POLLUTION, RISQUE ASSOCIÉ ET PLAN D'ACTION

Source de pollution	Impact potentié	Risque de contamination	Risque de pollution	Principales actions
Urbanisme	Contamination de la surface des eaux	forte	forte	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables, en cas de précipitation. Nettoyage régulier des surfaces drainantes. Mise en place de dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).
Voies	Contamination de la surface des eaux par les véhicules	forte	importante à forte	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables.
Urbanisme et zones périurbaines	Contamination des eaux souterraines par les nappes phréatiques	forte à très forte	forte	Surveiller la qualité des eaux souterraines par des points de mesure et des analyses régulières.
Voies et zones périurbaines	Contamination de la surface des eaux par les véhicules	forte	importante	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables.
Urbanisme et zones périurbaines	Contamination des eaux souterraines par les nappes phréatiques	forte à très forte	forte	Surveiller la qualité des eaux souterraines par des points de mesure et des analyses régulières. Mettre en place des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).
Voies et zones périurbaines	Contamination de la surface des eaux par les véhicules	forte	importante	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables. Mettre en place des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).
Urbanisme et zones périurbaines	Contamination des eaux souterraines par les nappes phréatiques	forte à très forte	forte	Surveiller la qualité des eaux souterraines par des points de mesure et des analyses régulières. Mettre en place des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).
Voies et zones périurbaines	Contamination de la surface des eaux par les véhicules	forte	importante	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables.
Urbanisme et zones périurbaines	Contamination des eaux souterraines par les nappes phréatiques	forte à très forte	forte	Surveiller la qualité des eaux souterraines par des points de mesure et des analyses régulières. Mettre en place des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).
Voies et zones périurbaines	Contamination de la surface des eaux par les véhicules	forte	importante	Équipement des voiries par des surfaces drainantes, végétalisées, perméables.
Urbanisme et zones périurbaines	Contamination des eaux souterraines par les nappes phréatiques	forte à très forte	forte	Surveiller la qualité des eaux souterraines par des points de mesure et des analyses régulières. Mettre en place des dispositifs de traitement des eaux de ruissellement (bassins de rétention, bassins de décantation, etc.).

Réalisation :



Juin 2014

RÉVISION DU PROFIL

Le dernier classement des eaux de baignade, selon la nouvelle Directive 2006/7/CE, est de qualité excellente. Réglementairement, les éléments du profil devront être réexaminés, et le cas échéant mis à jour, si un déclassement survient. Mais à cause du risque de turbidité il est recommandé de réviser le profil tous les 4 ans au moins.

POUR PLUS D'INFORMATIONS :

www.boisleroi.ucpa.com

www.ars.iledefrance.sante.fr

Info

Financier :

