



Octobre 2023

REVISION 1 DU PROFIL DE BAIGNADE DU LAC DES HERMINES- COMMUNE DE BESSE-ET-SAINT- ANASTAISE-



ATHOS ENVIRONNEMENT

www.athos-environnement.fr

SAS au capital de 151 700 €

112 Avenue du Brézet

63 100 CLERMONT FERRAND

tel (33) 04 73 15 09 38

fax (33) 04 73 90 14 87



MAITRE D'OUVRAGE : Mairie de Besse et Saint Anastaise

INTERLOCUTEURS PRINCIPAUX : Christine VESCHAMBRE, Bruno JUAN

TITRE : Révision 1 du profil baignade du lac des Hermines – Commune de BESSE ET SAINT ANASTAISE

MOTS-CLES : Révision de profil baignade, lac des Hermines, qualité bactériologique, *Escherichia Coli*, Entérocoques intestinaux, cyanobactéries, toxines, apports en nutriments, Directive 2006/7/CE.

DATE D'EDITION : Octobre 2023

STATUT : Document final

NOMBRE DE PAGES : 220 (+ANNEXES)

Version du document	Date	Réalisation
Profil baignade initial	2014	ATHOS Environnement SAS au capital de 151 700 € 112 Avenue du Brézet 63 100 CLERMONT FERRAND 04 73 15 09 38 contact@athos-environnement.fr
Révision 1 du profil baignade	2023	



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

		Prélèvements	Laboratoire	Rédaction	Relecture	Validation
Chef de projet	Marie Eve MAUDUIT	x		x		x
Chef de projet	Alban DUMONT				x	
Ingénieur de recherche	Benjamin LEGRAND	x		x	x	
Technicien	Gilles DERAILE	x	x			
Chargé d'étude	Pierre BASSO	x				
Technicien	Antoine JAMON	x	x			

SOMMAIRE

1	CONTEXTE GENERAL	5
2	RAPPEL REGLEMENTAIRE SUR LE PROFIL BAIGNADE.....	6
PHASE 1 : ÉTAT DES LIEUX.....		8
3	CONTEXTE DU PLAN D'EAU DES HERMINES	9
3.1	Présentation de la plage du lac des Hermines	9
3.2	Usages du plan d'eau	12
4	DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
4.1	Contexte géographique.....	14
4.2	Contexte hydrographique – Bassin versant.....	15
4.3	Contexte environnemental.....	16
4.3.1	Outils réglementaires et opérationnels sur le bassin versant	16
4.3.1	Intérêt faunistique et floristique à proximité du site d'étude	22
4.4	Délimitation des zones d'influence	24
5	CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES.....	25
5.1	Géologie	25
5.2	Topographie et sensibilité au ruissellement.....	27
6	OCCUPATION DU SOL	28
7	CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES.....	30
7.1	Alimentation du lac des Hermines.....	30
7.2	Mesures ponctuelles de débit	32
7.2.1	Méthodologie.....	32
7.2.2	Résultats	33
7.3	Aménagements spécifiques.....	34
7.4	Risque de crues / inondations	35
8	CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES.....	36
8.1	Pluviométrie	37
8.2	Vent.....	40
9	CARACTERISTIQUES DU LAC DES HERMINES	41
9.1	Description du plan d'eau	41
9.1.1	Histoire du lac des Hermines.....	41
9.1.2	Caractéristiques morphologiques du plan d'eau	45
9.1.3	Infrastructures de gestion du plan d'eau	47
9.1.4	Statut juridique du plan d'eau.....	48
9.2	Gestion actuelle du plan d'eau	48
9.2.1	Gestion hydraulique.....	48
9.2.2	Gestion piscicole / halieutique.....	50
10	CONTEXTE DEMOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE	51
10.1	Population et habitat.....	51
10.2	Capacité d'accueil	53

11	ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE	55
11.1	Suivi réglementaire de la qualité des eaux de baignade.....	55
11.1.1	Prérequis sur les méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau de baignade	55
11.1.2	Historique de la qualité bactériologique de l'eau de baignade.....	57
11.1.3	Transparence de l'eau	64
11.1.4	Episodes de prolifération phytoplanctonique.....	65
11.1.5	Episodes de prolifération de macro-algues	93
11.2	Données complémentaires sur la zone de baignade.....	94
11.2.1	Température de l'eau de baignade	94
11.2.2	Concentrations en nutriments de l'eau de baignade.....	95
11.3	Campagnes d'acquisition supplémentaire	96
11.3.1	Mesures sur le lac des Hermines	96
11.3.2	Mesures sur les affluents	112
12	INVENTAIRE DES SOURCES DE POLLUTIONS	118
12.1	Ecoulements naturels.....	119
12.2	Assainissement	120
12.2.1	Assainissement collectif.....	120
12.2.2	Assainissement non collectif (ANC)	136
12.3	Eaux pluviales	137
12.4	Activités agricoles.....	140
12.5	Contexte industriel.....	141
12.6	Sources potentielles de pollutions ponctuelles ou accidentelles	141
12.6.1	Conditions d'accès des animaux à la plage	141
12.6.2	Activités de loisirs	144
12.6.3	Risque de pollution par les huiles et hydrocarbures	148
13	SYNTHESE DES SOURCES DE POLLUTIONS POTENTIELLES SUR LA BAIGNADE DU LAC DES HERMINES	149
	PHASE 2 : DIAGNOSTIC.....	152
14	CARACTERISATION DES SOURCES DE POLLUTION BACTERIOLOGIQUES	153
14.1	Ecoulements naturels.....	153
14.2	Assainissement collectif.....	154
14.3	Eaux pluviales	154
14.4	Agriculture.....	156
14.5	Sources de pollution ponctuelles et/ou accidentelles.....	157
14.5.1	Baignade	157
14.5.2	Risque de contamination par les animaux	159
15	INTERPRETATION RETROSPECTIVE DES DONNEES HISTORIQUES	160
15.1	Notion de pollution à court terme	160
15.2	Définition d'indicateurs de contamination	161
15.2.1	Pluviométrie	161

15.2.2	Définition d'un seuil d'alerte pluviométrique	163
16	HIERARCHISATION DES SOURCES DE POLLUTION POTENTIELLES	165
17	IDENTIFICATION DES CAUSES PROBABLES DE DEVELOPPEMENT DES CYANOBACTERIES	168
17.1	Rappel sur l'eutrophisation	168
17.2	Caractérisation de la charge externe en nutriments	169
17.2.1	Flux de nutriments théoriques	169
17.2.2	Flux de nutriments calculés	171
17.3	Caractérisation de la charge interne en nutriments	174
17.4	Synthèse des causes probables de développement des cyanobactéries.....	176
18	PROPOSITION DE PLANS D'ACTION.....	178
18.1	Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau de baignade.....	178
18.2	Synthèse des plans d'action.....	197
19	MESURES DE GESTION ACTIVE	200
19.1	Risque bactériologique.....	200
19.1.1	Procédure de gestion d'une pollution à court terme anticipée.....	200
19.1.2	Procédure de gestion d'une pollution à court terme non anticipée.....	201
19.2	Risque Cyanobactéries	204
19.3	Synthèse des mesures de gestion	207
19.4	Communication, information du public.....	207
19.4.1	Affichage d'information générale sur la baignade	207
19.4.2	Affichage des comptes rendus d'analyse.....	208
20	MISE A JOUR DU PROFIL BAIGNADE DU LAC DES HERMINES	209
21	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	210
22	LISTE DES FIGURES	213
23	LISTE DES TABLEAUX.....	217
ANNEXES		219

1 CONTEXTE GENERAL

La commune de Besse-et-Saint-Anastaise est située au Sud-Ouest du département du Puy-de-Dôme, en plein cœur du Parc Régional des Volcans d'Auvergne. Avec l'emblématique lac Pavin à proximité, **la commune a très tôt développé son offre touristique**. Dès les années 65-70, la station de ski de Super Besse a été entièrement aménagée, **le lac des Hermines a été créé afin de constituer un réservoir d'eau permettant le fonctionnement des canons à neige artificielle**. Depuis, la commune n'a cessé de poursuivre son développement, dans le but de diversifier son offre et l'étendre à la saison estivale. **Toute une zone de loisirs a ainsi été créée autour du lac, offrant la possibilité de pratiquer de nombreuses activités aquatiques, dont la baignade.**

La zone de baignade implantée dans la partie Nord du plan d'eau est référencée à l'échelle de l'Union Européenne et fait l'objet d'un suivi sanitaire par l'ARS Auvergne, délégation du Puy-de-Dôme.

L'évaluation de la qualité des eaux de baignade, régie par la Directive 2006/7/CE, est basée sur l'analyse **de deux paramètres bactériologiques**, témoins de contamination fécale : *Escherichia coli* et *Entérocoques intestinaux*.

Par ailleurs, le paramètre **cyanobactéries**, également suivi par l'ARS, n'est actuellement pas pris en compte dans l'évaluation de la qualité de l'eau même si leur **développement en quantité importante**, appelé bloom, peut constituer une **véritable entrave à la baignade**. En effet, certaines espèces de cyanobactéries ont la capacité de **produire des toxines (cyanotoxines)**. Cette problématique se généralise sur l'ensemble des plans d'eau français et face à la menace sanitaire qu'elle représente, **le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) a été saisi dans le but de préciser les critères d'évaluation des situations de prolifération de cyanobactéries, ainsi que les modalités de gestion du risque engendré.**

Conformément à la Directive Européenne 2006/7/CE, un **profil de baignade a été réalisé sur le lac des Hermines, en 2014 par la société ATHOS Environnement**.

Celui-ci permet la **caractérisation des zones de baignade dans leur contexte géographique et physique afin de croiser leur vulnérabilité aux différents aléas** (pollutions bactériologiques potentielles). Les sources de pollutions ainsi identifiées ont été hiérarchisées, afin de discriminer celles dont l'impact est avéré. Le principal objectif du profil baignade est de donner les clés d'une **gestion active des baignades axée sur la prévention des risques et le renforcement de la communication envers le public**.

Depuis 2014, si la qualité bactériologique de l'eau de baignade est conforme, le lac est en revanche, régulièrement soumis à des proliférations de cyanobactéries, induisant des fermetures de baignade. **Ces dernières constituent un frein considérable aux activités en place, impactant à la fois l'économie et le tourisme de cette commune rurale.**

Aussi, l'ARS 63 a préconisé la révision du profil baignade du lac des Hermines, en mettant l'accent sur la problématique des cyanobactéries.

L'objectif est d'approfondir les connaissances sur ces organismes ainsi que sur les facteurs favorisant leur apparition sur le plan d'eau.

2 RAPPEL REGLEMENTAIRE SUR LE PROFIL Baignade

En application des dispositions de la Directive **2006/7/CE du Parlement et du Conseil Européen du 15 février 2006** concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade (abrogeant la Directive **76/160/CEE**) et de ses textes de transposition, le profil de chaque eau de baignade doit être établi et transmis au maire de la commune concernée. Selon le décret n°2010-344 du 31 mars 2010 – art 38, modifiant l'article D 1332-21 du Code de la Santé Publique, **le maire transmet au Directeur Général de l'Agence Régionale de la Santé (ARS), l'ensemble des profils de baignade de sa commune.**

Les articles L.1332-3 et D.1332-20 du Code de la Santé Publique ont confié la charge d'établir ces profils aux personnes responsables des eaux de baignade, qu'elles soient publiques ou privées.

La mairie de Besse et Saint Anastaise est gestionnaire de la baignade sur son plan d'eau.

Le profil des eaux de baignade est un véritable **outil de gestion**, dont le but est de garantir aux usagers une **meilleure qualité sanitaire** des eaux de baignade. Il doit permettre de **prévenir les risques sanitaires** et d'améliorer la qualité des eaux de baignade, afin que toutes les eaux de baignade soient classées au moins en « **qualité suffisante** » au sens de la Directive 2006/7/CE.

Trois types de profil ont été développés en fonction du niveau et de la connaissance des pollutions sur la zone de baignade :

Profil de type I : Le risque de pollution de l'eau de baignade n'est pas avéré. L'eau de baignade est de qualité « **suffisante** », « **bonne** » ou « **excellente** » au sens de la Directive 2006/7/CE et aucune prolifération de cyanobactéries n'est signalée (< 20 000 cell/ml).

Profil de type II : Le risque de contamination est avéré et **les causes sont connues**. L'eau de baignade est de qualité « **insuffisante** » au sens de la Directive 2006/7/CE, ou les abondances de **cyanobactéries** sont régulièrement > **20 000 cell/ml**. En cas de pollution bactériologique, l'identification et l'évaluation des sources de pollution sont simples ou les causes de contamination et leurs impacts sont connus.

Profil de type III : Le risque de contamination est avéré et **les causes sont insuffisamment connues**. L'eau de baignade est de qualité « **insuffisante** » au sens de la Directive 2006/7/CE.

L'identification et l'évaluation des sources de contamination sont complexes ou les causes de contamination et leurs impacts sont insuffisamment connus.

Les profils 2 et 3 intègrent des analyses statistiques et/ou une modélisation hydrodynamique permettant de cibler l'origine et le mode de transmission d'une pollution.

Quel que soit le type de profil, trois phases le composent :

- 1 **Phase I « ETAT DES LIEUX »** : Description des **caractéristiques des zones de baignade, délimitation de la zone d'influence, identification des sources de pollution** susceptibles d'avoir un impact sur la qualité des eaux de baignade et d'affecter la santé des baigneurs.
- 2 **Phase II « DIAGNOSTIC »** : **Hiérarchisation des sources de pollution** et/ou analyses statistiques et modélisations pour caractériser les pollutions (seulement pour les profils de type II et III).
- 3 **Phase III « MESURES DE GESTION »** : **Définition des mesures de gestion** à mettre en œuvre pour assurer la protection sanitaire des baigneurs et des **actions visant à supprimer ces sources de pollution**.



Comment lire ce document ?

Le profil de baignade réalisé en 2014 par ATHOS Environnement est de type 2. Le présent document constitue une révision de ce profil baignade, orienté tout particulièrement sur les cyanobactéries. À ce titre, dans ce rapport, certaines parties déjà développées dans le profil initial et pour lesquelles aucune modification n'est à apporter, ont été reprises tel quel.

Afin de permettre une lecture plus fluide et synthétique, les parties modifiées et mises à jour sont présentées dans le document avec un fond de page bleu ciel.

La référence du profil baignade initial de la plage du lac des Hermines est la suivante :
Profil de baignade du lac des Hermines – Commune de Besse et Saint Anastaise – ATHOS Environnement (Marie-Eve MAUDUIT, Romain GUIHENEUF), Février 2014. 124 pages + annexes.

Phase 1 : État des lieux

La phase d'état des lieux consiste à diagnostiquer la vulnérabilité de la zone de baignade et inventorier l'ensemble des aléas pouvant affecter la qualité sanitaire de l'eau.

3 CONTEXTE DU PLAN D'EAU DES HERMINES

3.1 Présentation de la plage du lac des Hermines

La zone de baignade, implantée dans la partie Nord du plan d'eau, est délimitée par deux lignes d'eau flottantes, marquant la zone de baignade générale et une zone plus restreinte à faible profondeur, pour les enfants. **Le substrat est sableux.**



Figure 1 : Localisation de la zone de baignade sur le lac des Hermines (Source : Géoportail, ATHOS Environnement 2022)

La baignade est surveillée en période estivale par un BNSSA tous les jours de 13h30 à 18h30 (horaire pour la saison 2022, susceptible de varier d'année en année).

Un mât de signalisation sur lequel sont hissés les drapeaux de signalisation des conditions de baignade est implanté à l'entrée de la zone de baignade. Lorsque la baignade est assurée, le drapeau est vert. Il est remplacé par un drapeau rouge vif lorsque la baignade est interdite. Les modalités de surveillance sont définies annuellement dans un arrêté municipal (pour 2022, arrêté 95-06-2022).

Les informations relatives aux conditions de baignade, et notamment les comptes rendus du suivi sanitaire mis en oeuvre par l'ARS, sont affichés au niveau du poste de secours. Dans ce chalet, sanitaires et douches sont également mis à disposition.

En ce qui concerne la collecte des déchets, des poubelles sont réparties autour de la zone de loisirs et sont collectées quatre fois par semaine en saison estivale.

La fréquentation de la zone de baignade n'est actuellement pas comptabilisée. Elle est bien évidemment très fluctuante en fonction de la météo. La diversification des activités proposées en saison estivale par la station a conduit à une forte augmentation de l'attractivité du site en été.

Les animaux domestiques sont interdits sur la zone de baignade (plage comprise), mais autorisés sur le pourtour du plan d'eau, tenus en laisse.

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des informations concernant la baignade.

Région : AUVERGNE
Département : PUY-DE-DÔME (63)
Commune : BESSE ET SAINT-ANASTAISE (code INSEE : 63038)
Nom de la zone de baignade : LAC DES HERMINES
Code UE / PSV : 272403014D063040
Gestionnaire : Maire de Besse et Saint-Anastaise

Type : Eau douce
Nature : Sable
Longueur : 45 m
Largeur : 20 m
Hauteur d'eau maximale : 1,5m
Berge : Pelouse et sable



Dates de la saison balnéaire :	1 ^{er} Juillet – 31 Août	
Localisation du point ARS (L93) :	X= 688 694	Y= 6 489 977
Surveillance :	Oui	
Nombre de Maître-Nageur Sauveteur (MNS) :	1 BNSSA + 1 MNS à la piscine	
Equipements :		
Poste de secours :	Oui	
Eau potable :	Oui	
Douche :	Oui	
Toilette :	Oui	
Poubelles :	Oui	
Accessibilité personnes à mobilité réduite :	Oui	
Autres activités sur le plan d'eau :	Pédalos, bulles flottantes, jeux gonflables...	
Fréquentation moyenne / maximale par jour :	Non estimée	
Accessibilité aux animaux :	Interdits sur la plage	



3.2 Usages du plan d'eau

Les activités présentes aux alentours de la zone de baignade vont régir les risques potentiels de pollution liés à leurs pratiques. L'inventaire des différents usages du plan d'eau permet d'appréhender la pression exercée sur l'eau de baignade.

La station de Super-Besse a été entièrement conçue pour offrir une multitude de loisirs. D'abord centrée sur les sports d'hiver avec les pistes de ski de descente, elle a su se diversifier et propose aujourd'hui d'autres activités en saison estivale, concentrées autour du plan d'eau et ses versants. Le lac des Hermines offre la possibilité de se baigner dans la zone délimitée dans sa partie Nord, mais aussi de faire du pédalo, du paddle ou encore du kayak. Un parc de jeux gonflables flottant a également été aménagé proposant un parcours ludique avec des balançoires, des toboggans, des murs d'escalade...



Figure 2: Photographies du parc de jeux gonflables (Source : Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. Environnement)

Des terrains de jeux pour enfants sont aménagés dans la partie Est du lac. Il est également possible de réaliser des promenades à dos d'ânes, sur le pourtour du lac.



Figure 3 : Photographies des jeux pour enfants (Source : Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. Environnement)

Des terrains multisports offrent la possibilité de pratiquer le tennis, le foot ou encore le beach volley. Les amateurs de VVT ne sont pas en reste avec 7 pistes de descente aménagées et un bike park. Des pistes de tubing (bouées géantes) et de luge d'été sont également présentes.

La station, de par son cadre naturel est bien évidemment propice à de nombreuses randonnées, accessibles depuis le bas de la station ou directement *via* les téléphériques. Par ailleurs, un parcours Xtrem Aventure de la Biche invite les usagers à un parcours sportif type *via ferrata* alternant tyrolienne, pont de singe et luge souterraine. Pour les plus téméraires, la tyrolienne fantastique propose le plein de sensations avec une descente de 1600 m dont 240 m de dénivelé, surplombant le lac des Hermines.



Figure 4 : Photographies du parcours X-Trem à gauche et de la tyrolienne fantastique à droite (Source : www.sancy.com)

Le centre ludo-sportif, implanté sur l'aire de loisirs au Nord du lac, intègre un espace aquatique couvert (espace balnéo et bassin sportif) ainsi qu'un parc aventure indoor (labyrinthe, espace acrobatique, bowling...).

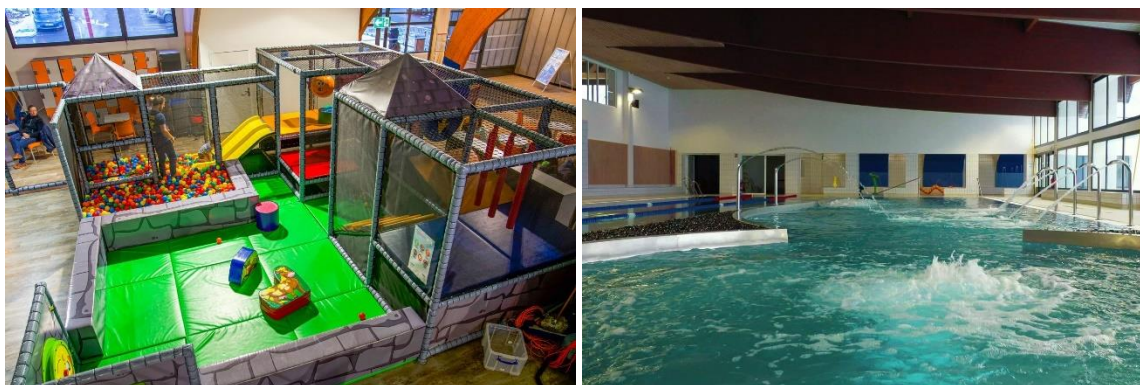


Figure 5 : Photographies des activités indoor au centre ludo-sportif (Source : www.sancy.com)

La pêche est également pratiquée sur le lac. La réglementation spécifique est détaillée dans le paragraphe 9.2.2.

Les activités proposées à Super-Besse sont très nombreuses et attirent un grand nombre de personnes, que cela soit en hiver ou en été. La figure suivante résume les activités sur la station.



Figure 6 : Plan de la station de Super-Besse et activités proposées (Source : www.sancy.com)

4 DELIMITATION DE LA ZONE D'ETUDE

La délimitation de la zone d'influence constitue la base de l'élaboration du profil baignade. Le profil s'attachera à définir l'ensemble des caractéristiques physiques de la zone d'étude, et identifier toutes les sources de pollutions pouvant impacter la baignade.

4.1 Contexte géographique

Le lac des Hermines est implanté à Super-Besse, sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise. Celle-ci se situe au Sud-Ouest du département du Puy-de-Dôme, à une trentaine de kilomètres de Clermont-Ferrand, au cœur du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Elle fait partie de l'arrondissement d'Issoire et du canton de Besse-et-Saint-Anastaise (chef-lieu). Avec dix autres communes (La Bourboule, Le Chambon-sur-Lac, Chastreix, Picherande, Egliseneuve-d'Entraigues, Le Mont-Dore, Murat-le-Quaire, Murol, Saint-Diéry, Saint-Nectaire), Besse-et-Saint-Anastaise fait partie de la Communauté de Communes du Massif de Sancy.

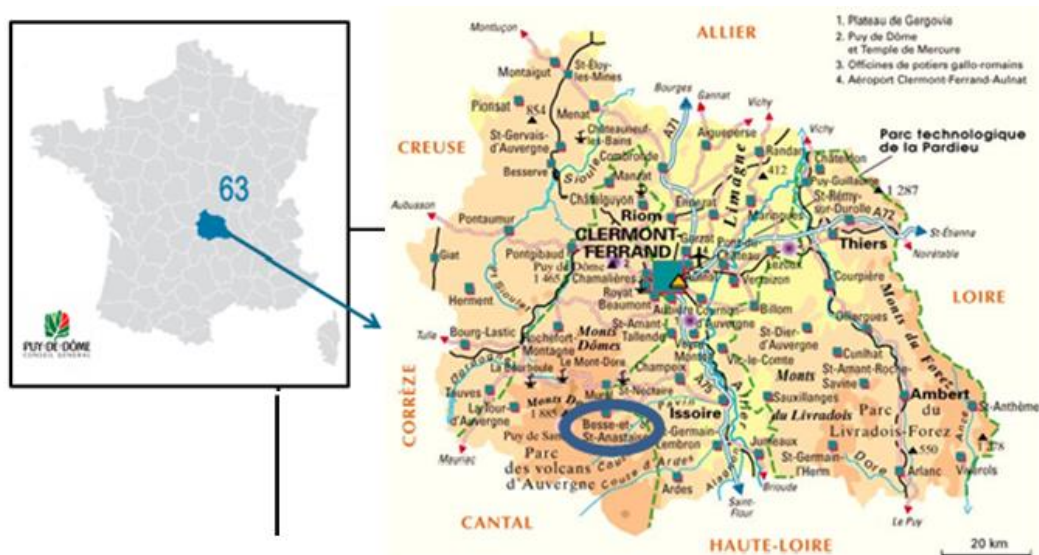


Figure 7 : Localisation de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : <http://www.1france.fr>)

4.2 Contexte hydrographique – Bassin versant

Le bassin versant représente l'ensemble d'un territoire drainé par un cours d'eau et ses affluents. Son contour est délimité par des frontières naturelles, les crêtes des sommets ou « ligne de partage des eaux », qui déterminent la direction de l'écoulement des eaux de pluie vers un cours d'eau.

La commune de Besse-et-Saint-Anastaise se situe sur le bassin de la Loire (Agence de l'eau Loire-Bretagne).

Le bassin versant du lac des Hermines est très restreint (Figure 8). Il occupe une superficie de 373 hectares, englobant la station de Super-Besse ainsi que les pistes de ski en versant du Puy de la Perdrix, du Puy Ferrand et du Puy de Sancy.

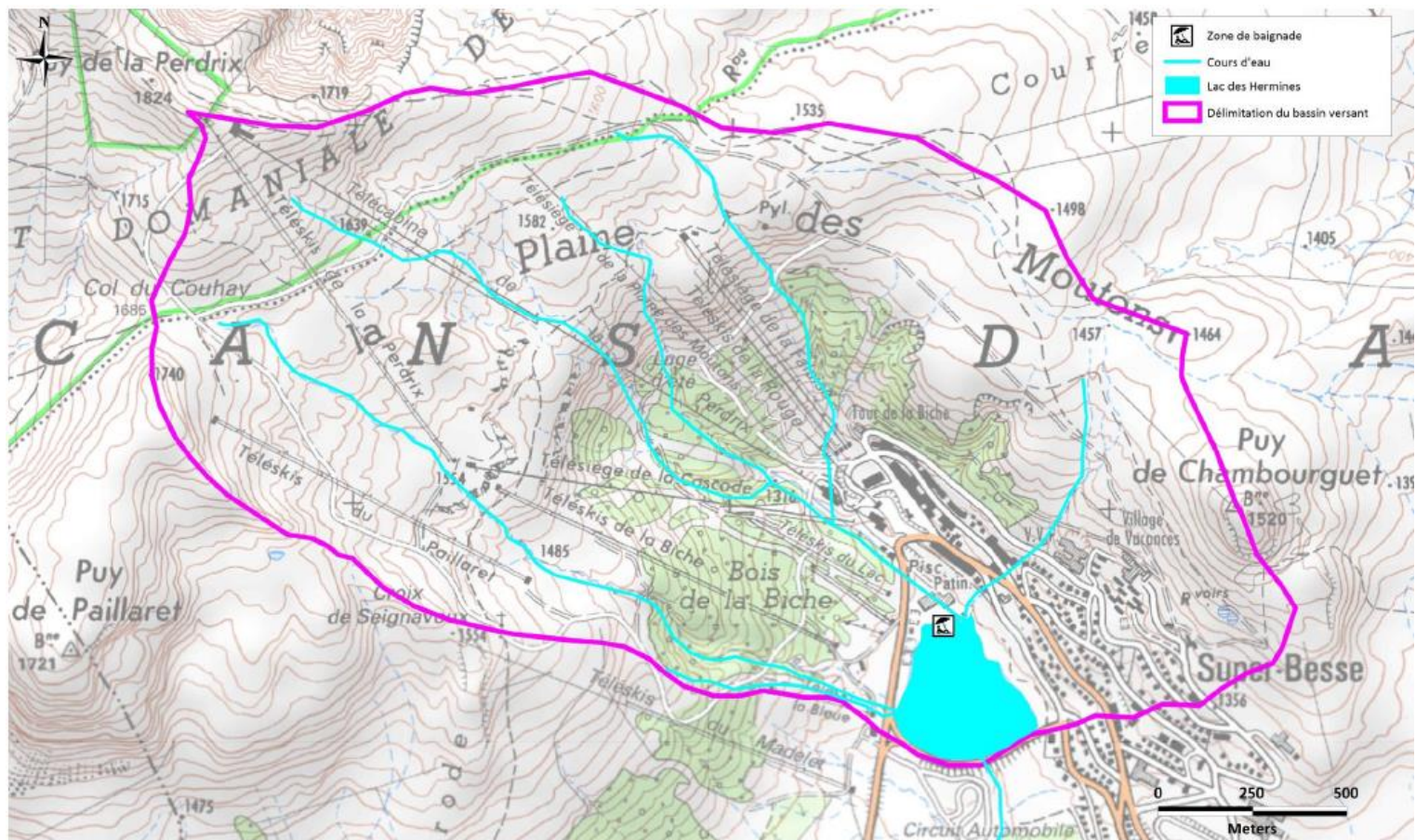


Figure 8 : Délimitation du bassin versant du lac des Hermines (Source : IGN-CRAIG, BD_Carthage)

4.3 Contexte environnemental

La commune de Besse-et-Saint-Anastaise et son plan d'eau sont concernés par plusieurs outils réglementaires et zonages d'inventaires ou de protection.

4.3.1 Outils réglementaires et opérationnels sur le bassin versant

4.3.1.1 SDAGE Loire-Bretagne

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux est le document qui planifie les priorités de la politique de l'eau dans le bassin Loire-Bretagne. C'est le principal outil de mise en œuvre de la politique européenne dans le domaine de l'eau à l'échelle du bassin. Cet outil réglementaire mis en place à l'échelle de chaque grand bassin hydrographique permet de fixer des orientations fondamentales pour favoriser une gestion équilibrée de la ressource en eau entre tous les usagers.

Le SDAGE est un document de planification qui définit pour une période de 6 ans :

- Les grandes orientations pour garantir une gestion visant à assurer la préservation des milieux aquatiques et la satisfaction des différents usagers de l'eau.
- Les objectifs de qualité à atteindre pour chaque cours d'eau, plans d'eau...
- Les dispositions nécessaires pour prévenir toute détérioration et assurer l'amélioration de l'état des eaux et des milieux aquatiques.

Le 22 octobre 2020, le comité de bassin Loire-Bretagne adopte le projet de SDAGE 2022-2027, ses documents d'accompagnement et son programme de mesures qu'il met à disposition du public et des assemblées à partir du 1er mars 2021.

À l'issue de cette consultation, le comité de bassin prend en compte les contributions reçues pour modifier au besoin ce plan de gestion pour la période 2022-2027.



Figure 9 : Planning du SDAGE Loire-Bretagne (Source : SDAGE LB)

4.3.1.2 SAGE Allier Aval

Les **Schémas d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SAGE)** sont quant à eux une déclinaison locale des SDAGE au niveau des bassins versants. Ils visent à concilier la satisfaction et le développement des différents usages (eau potable, industrie, agriculture, loisirs, ...) avec la protection des milieux aquatiques, en tenant compte des spécificités d'un territoire. Ils reposent sur une démarche volontaire de concertation avec les acteurs locaux.

Le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) Allier aval, approuvé en novembre 2015, est porté par l'Etablissement Public Loire (EPL). Le SAGE Allier aval délimite un territoire de 6 344 km² correspondant au bassin versant de l'Allier, de Vieille Brioude (confluence avec la Senouire) jusqu' à sa confluence avec la Loire. Ainsi, le SAGE Allier aval concerne 463 communes dont celle de Besse et Saint-Anastaise pour une population totale d'environ 715 000 habitants.

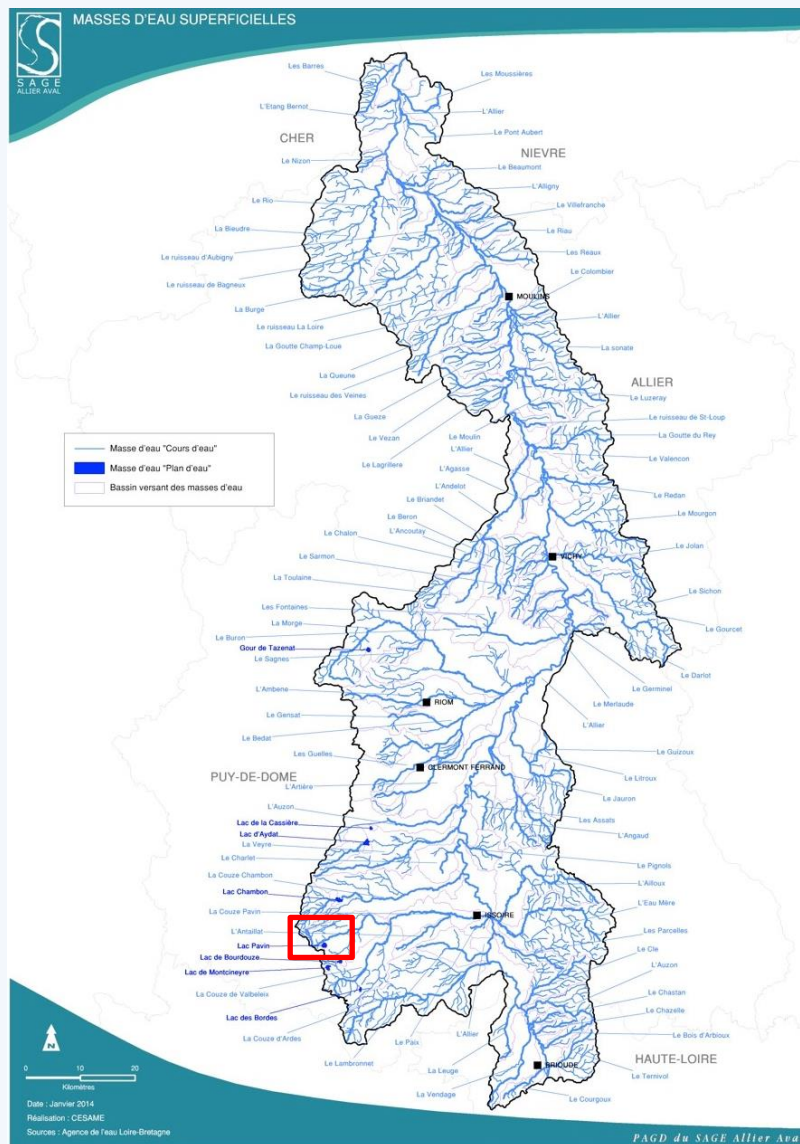


Figure 10 : Territoire d'application du SAGE Allier aval (Source : Agence de l'eau Loire Bretagne)

La rédaction du SAGE Allier aval a permis d'identifier 8 principaux enjeux sur le bassin versant :

1. Mettre en place une gouvernance et une animation adaptées aux ambitions du SAGE et à son périmètre,
2. Gérer les besoins et les milieux dans un objectif de satisfaction et d'équilibre à long terme,
3. Vivre avec / à côté de la rivière en cas de crues,
4. Restaurer et préserver la qualité de la nappe alluviale de l'Allier afin de distribuer une eau potable à l'ensemble des usagers du bassin versant,
5. Restaurer les masses d'eau dégradées afin d'atteindre le bon état écologique et chimique demandée par la Directive Cadre sur l'Eau,
6. Empêcher la dégradation, préserver voire restaurer les têtes de bassin versant,
7. Maintenir les biotopes et la biodiversité,
8. Préserver et restaurer la dynamique fluviale de la rivière Allier en mettant en œuvre une gestion différenciée suivant les secteurs.

4.3.1.3 Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne

La commune de Besse-et-Saint-Anastaise fait partie du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Créé en 1977 au cœur de l'Auvergne, à cheval sur les départements du Cantal et du Puy de Dôme, le Parc s'étend sur 120 km du nord au sud. D'une surface de près de 400 000 hectares, le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne est le plus grand parc naturel régional de France métropolitaine. Ce territoire est formé par 147 communes qui adhèrent au Syndicat mixte (Figure 11). Depuis 2013, 13 communautés de communes et communautés d'agglomération y adhèrent également.

Le Parc des Volcans d'Auvergne a pour vocation la préservation et la valorisation des patrimoines naturels, culturels et paysager en favorisant des actions de protection et un développement économique et social du territoire misant sur ces ressources locales. Ces missions sont les suivantes :

- La protection et la gestion du patrimoine naturel, paysager et culturel
- La contribution à l'aménagement, ainsi qu'au développement économique et social du territoire
- À l'accueil, l'éducation et l'information
- L'expérimentation et l'innovation



Figure 11 : Carte des communes adhérentes au Syndicat mixte du Parc (Source : parcdesvolcans.fr)

4.3.1.4 **Contrat territorial des Couzes au Livradois**

Un contrat territorial est un outil multithématique, qui a pour objectifs la préservation et l'amélioration de la qualité de l'eau et du fonctionnement des cours d'eau et des milieux aquatiques associés. Il permet de mobiliser des financements et des partenariats techniques pour la mise en œuvre d'actions en faveur des milieux aquatiques.

Il repose sur la mise en place d'un programme d'actions à l'échelle des bassins versants, visant à réduire les différentes sources de pollution ou de dégradation physique des milieux aquatiques. Le contrat vise ainsi à contribuer à l'atteinte du bon état des eaux fixé par la Directive Cadre sur l'Eau. **Il s'agit d'un programme d'actions pluriannuel volontaire et concerté avec engagement financier contractuel** (identification des maîtres d'ouvrage, du mode de financement, des échéances des travaux, ...).

Un contrat se déroule en deux temps :

- Une phase d'élaboration durant laquelle on effectue l'état des lieux, les études complémentaires, la définition des enjeux et la rédaction du programme d'actions,
- Une phase de mise en œuvre des actions du contrat.

Le Contrat Territorial des Couzes au Livradois porte sur un territoire de près de 1 180 km², aux caractéristiques naturelles et humaines hétérogènes. Les bassins versants concernés par ce projet sont des affluents situés de part et d'autre de l'Allier :

- En rive droite : l'Eau-Mère, le ruisseau des Parcelles et le Cé,
- En rive gauche : la Couze Chambon, la Couze Pavin, le ruisseau du Peix, le Lembronnet et la Couze d'Ardes.

Au sein de ces bassins versants, on note la présence de 5 lacs naturels, de 1 270 km de cours d'eau et de nombreuses zones humides (Figure 12).

À compter du 1er janvier 2018, l'Agglo Pays d'Issoire est devenue compétente en matière de GEMAPI (GEstion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations). Depuis 2020, l'Agglo Pays d'Issoire, les communautés de communes Massif du Sancy, Ambert Livradois Forez, Billom Communauté et Auzon Communauté et le Syndicat Mixte des Vallées de la Veyre et de l'Auzon (SMVVA) travaillent **dans une logique d'élaboration d'un contrat territorial unique dénommé le contrat territorial des Couzes aux Livradois**. Le 3 novembre 2020, le territoire a été reconnu territoire d'élaboration d'une démarche de contrat territorial par l'Agence de l'Eau, élaboration réalisée sur la période 2021-2023.

À noter qu'avant le projet de contrat territorial unique, certains territoires inclus dans le périmètre étaient déjà porteurs de contractualisations spécifiques avec l'Agence de l'Eau, le Conseil départemental du Puy-de-Dôme et la Région Auvergne Rhône-Alpes. 5 contrats territoriaux sont désormais clos dont 2 concernent le secteur du lac des Hermines :

- Contrat Territorial de la Couze Pavin, de la Couze Valbelex et de leurs affluents 2015-2019, porté par le SIAV Couze Pavin.

- Contrat Territorial des lacs de la tête de bassin de la Couze Pavin 2012-2017, porté par le Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.

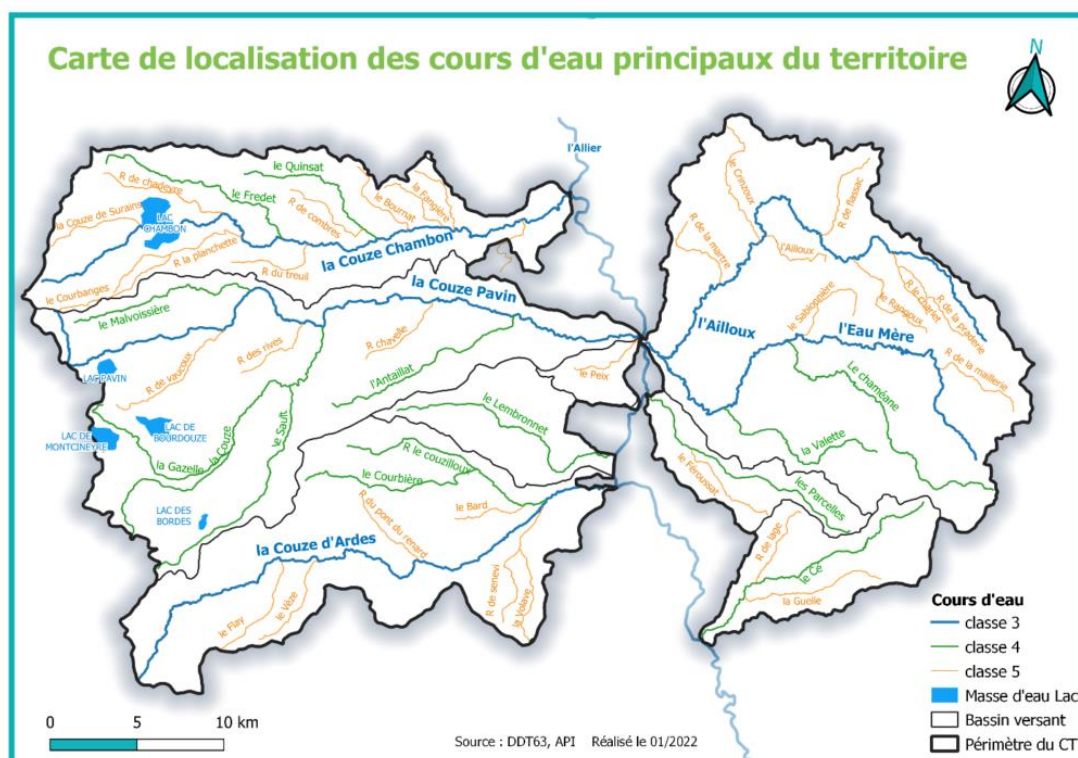
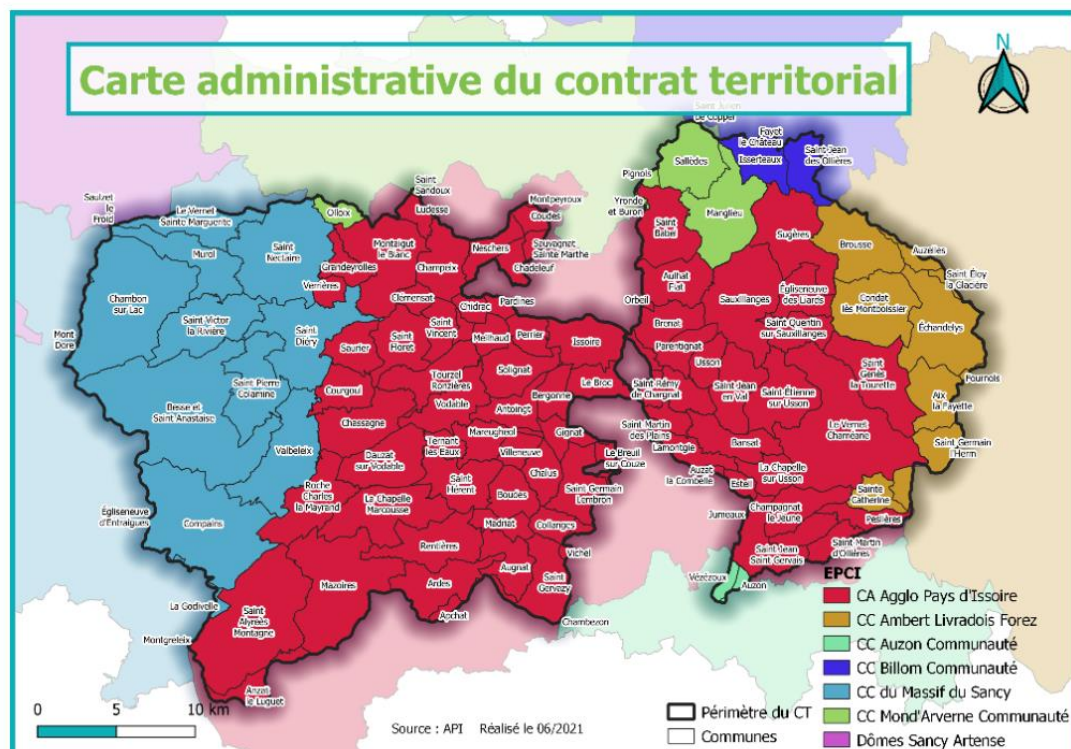


Figure 12 : Territoire concerné par la mise en place du contrat territorial des Couzes au Livradois (Source : www.capissoire.fr)

4.3.1 Intérêt faunistique et floristique à proximité du site d'étude

4.3.1.1 Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF)

À l'échelle nationale, un programme d'inventaire de Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) a été lancé en 1982 dans le but de définir, d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologique et/ou un bon état de conservation.

En 1996, une opération de modernisation est lancée (mise à jour du réseau, harmonisation des méthodes et pratiques) afin d'améliorer et affiner l'état des connaissances, d'homogénéiser les critères de détermination d'une ZNIEFF et de faciliter la diffusion de leur contenu.

Ainsi, cet inventaire national est aujourd'hui devenu un des éléments majeurs de la politique envers la protection de la nature et doit être consulté dans le cadre de projets d'aménagement du territoire (document d'urbanisme, création d'espaces protégés...).

L'inventaire ZNIEFF est un outil de connaissance du patrimoine national français. Il ne constitue pas une mesure de protection juridique directe, mais une aide à la décision dans le cadre d'un développement de projets.

Il existe 2 types de ZNIEFF :

- ZNIEFF de type I : qui représente des secteurs de grand intérêt biologique ou écologique.
- ZNIEFF de type II : qui représente des grands ensembles naturels riches et peu modifiés, offrant des potentialités biologiques importantes.

Le lac des Hermines est intégré à la ZNIEFF de type II : « Mont Dore » (ZNIEFF 830007457) d'une superficie de 26 469 hectares.

Cette ZNIEFF de type II a été créée en raison de la présence d'habitats et d'espèces déterminantes d'un point de vue de la protection de la nature, avec notamment côté flore, des landes à haute diversité et côté faune, la présence entre autres de la loutre, du muscardin et du putois.

La ZNIEFF de type I « Puy de Paillaret – 830005678 » entoure le secteur de Super-Besse sans le concerner.

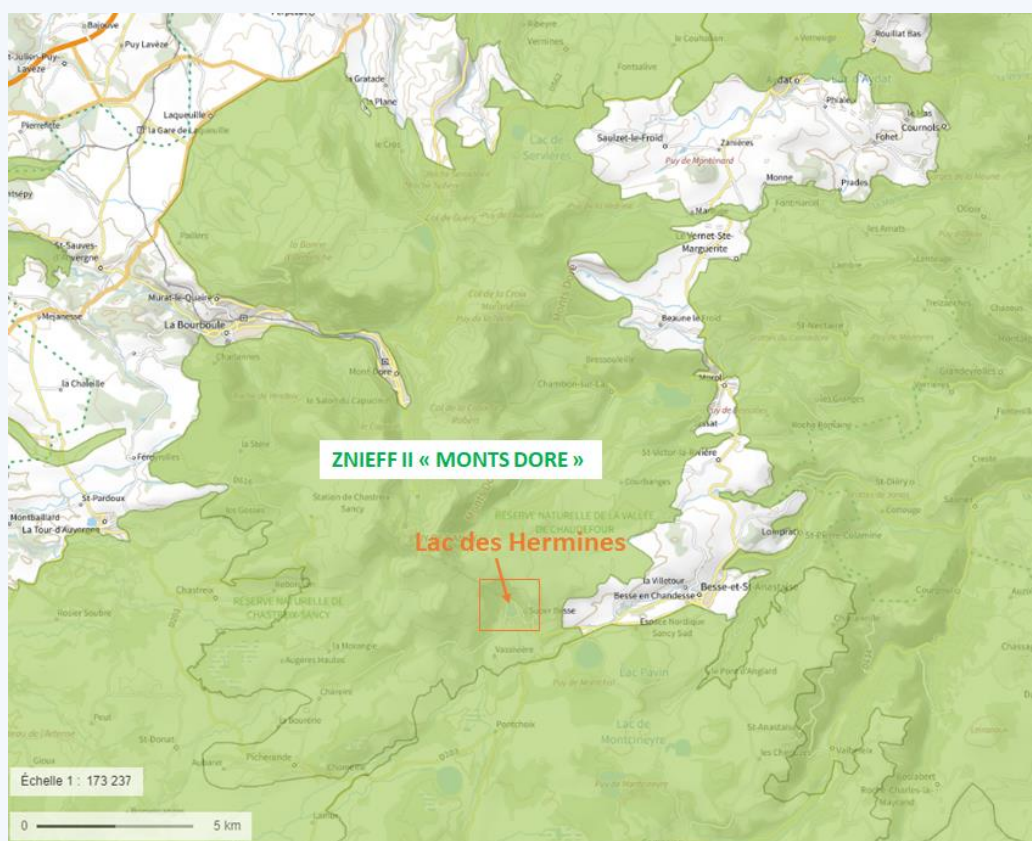


Figure 13 : Carte de la Zone d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type II de Monts Dore (Source : Géoportail)

4.3.1.2 *Loi n° 2016-1888 du 28/12/2016 de modernisation, de développement et de protection des territoires de montagne*

La loi du 28 décembre 2016 de modernisation, de développement et de protection des territoires de montagne, réforme et complète la loi du 9 janvier 1985 relative au développement et à la protection de la montagne.

La commune de Besse-et-Saint-Anastaise est soumise à la protection de la loi montagne de 2016 pour la totalité du territoire communal. Cette loi identifie la montagne comme un ensemble de territoires dont le développement équitable et durable constitue un objectif d'intérêt national. Ainsi, la loi vise à répondre aux défis du changement climatique, en développant les activités économiques autour de la montagne tout en permettant la reconquête de la biodiversité et la préservation de la nature et des paysages.

4.4 Délimitation des zones d'influence

*Le guide national pour l'élaboration des profils baignade, préconise la définition d'un périmètre d'étude basé sur le temps de survie des bactéries dans le milieu. De manière générale, seuls seront pris en compte les rejets dont **le temps de transfert jusqu'à la zone de baignade est inférieur à 10 h** (circulaire DGS, 2009) – ANNEXE 1.*

Concernant les pollutions bactériologiques, la distance à la zone de baignade influe sur le devenir des bactéries dans le milieu naturel, et donc sur l'impact de celles-ci sur la qualité des eaux de baignade. Plus le temps de transfert à la baignade sera long, plus l'abattement bactérien sera favorisé. L'objectif de ce zonage est d'élaborer une codification des sources de pollution et permettre ainsi la priorisation des actions.

En l'absence de mesures, le temps de concentration sur le bassin versant du lac des Hermines a été **estimé** selon des méthodes empiriques, basées sur les caractéristiques physiques du secteur (pente, couverture du sol, longueur du cours d'eau, ...). La méthode retenue est la formule de **VENTURA**, adaptée aux bassins versants ruraux. Le bassin versant du lac des Hermines recouvre une superficie de 373 hectares, avec une pente moyenne de 0,209 m/m. Le temps de concentration estimé est de **32 minutes, ce qui est très largement inférieur au temps de transfert moyen des bactéries retenue par le guide national (10 h).**

En conséquence, l'ensemble du bassin versant sera pris en considération pour l'étude des pollutions bactériologiques et sera défini comme zone immédiate.

5 CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES

*La géologie et la pédologie influencent le régime hydrographique de la région, donc le drainage des polluants, leur rejet via les cours d'eau ainsi que leur présence dans les eaux souterraines. La perméabilité d'un sol est fonction de sa nature géologique et donc du type de roche. Les sols perméables permettront l'infiltration d'eau dans le sol créant une nappe. Les sols **imperméables** favoriseront le **ruissellement** des eaux de précipitations vers les talwegs et les cours d'eau, augmentant leur débit et favorisant la survie des bactéries par un temps de transfert à la baignade rapide.*

5.1 Géologie

Les sols du bassin versant du lac des Hermines sont essentiellement constitués de roches témoignant de l'activité volcanique passée du secteur. Les coulées de doréites issues du Puy de Sancy, s'épanchent sur les versants Sud et Sud-Ouest de Super-Besse, les benmoréites, quant à elles forment un dôme dans le cirque de Super-Besse. Des nappes de ponce sont également présentes sur le bassin versant. Une fracture NW-SE affecte les formations du cycle supérieur du cirque de la biche.

Les roches présentes sur le bassin versant du lac des Hermines sont issues du volcanisme du Mont-Dore. Hormis la nappe de ponce, les terrains rencontrés sont majoritairement imperméables et vont donc favoriser le ruissellement. **Des circulations d'eau souterraines ne sont pas à exclure en raison des fractures présentes sur le secteur.**

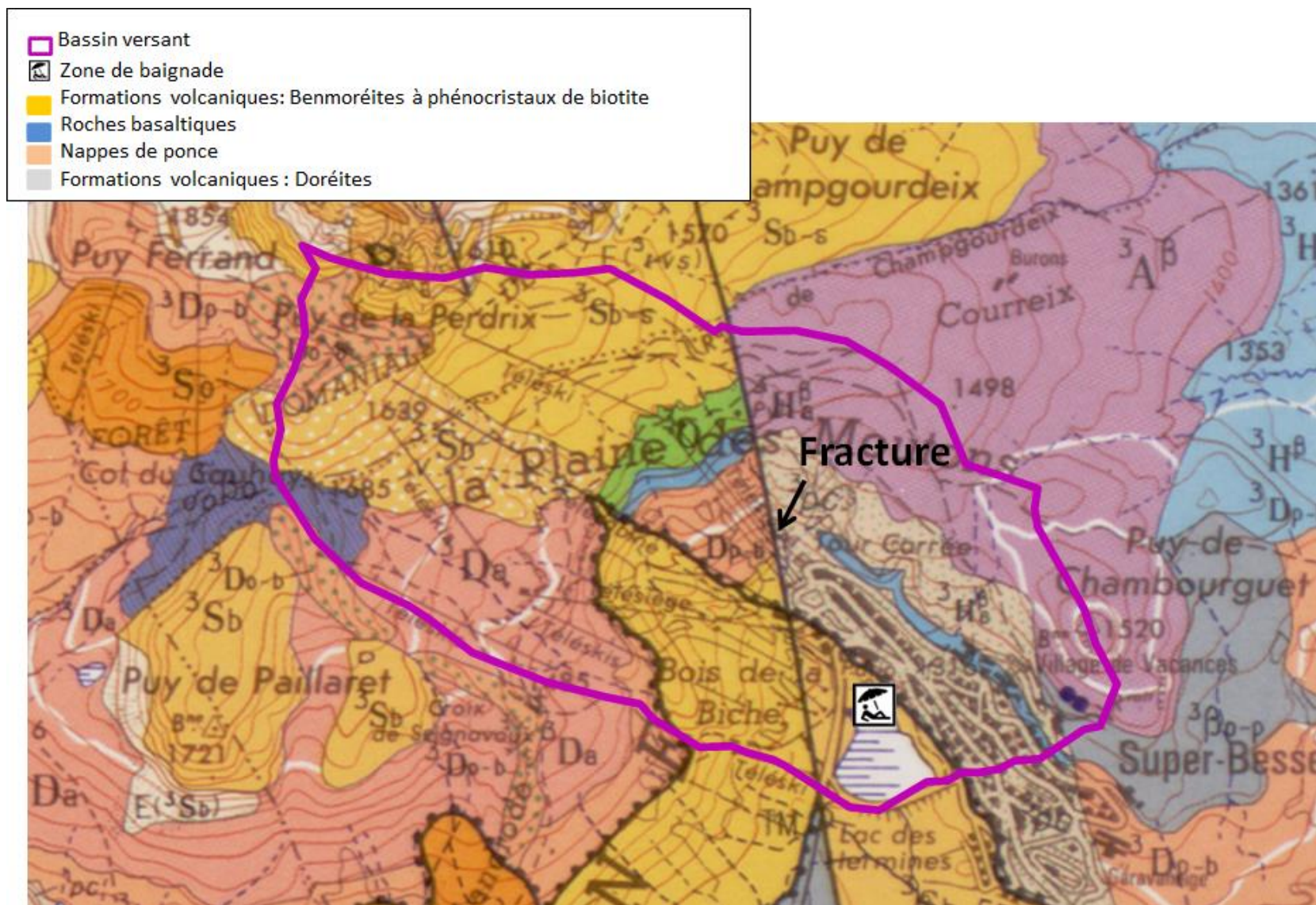


Figure 14 : Carte géologique du bassin versant du lac des Hermines (Source : BRGM, ATHOS Environnement 2012)

5.2 Topographie et sensibilité au ruissellement

L'évaluation du relief permet d'apprécier la part du ruissellement dans les phénomènes de transfert de surface. Ainsi, un relief important combiné à un sol imperméable, favorisera le ruissellement et un transfert rapide de la pollution vers le réseau hydrographique, au détriment de l'abattement de la charge polluante.

Le lac des Hermines se situe en contre-bas du Puy de la Perdrix. Ce dernier marque le point culminant du bassin versant avec une altitude de 1 790m. Le lac étant implanté à une altitude de 1 283m, le relief est très marqué sur la zone d'étude. La pente est de l'ordre de 20% sur l'axe Perdrix-Lac et de l'ordre de 15% dans la partie Est sur l'axe Chambourguet-Lac. La topographie générale et les profils altimétriques sont présentés dans la Figure 15.

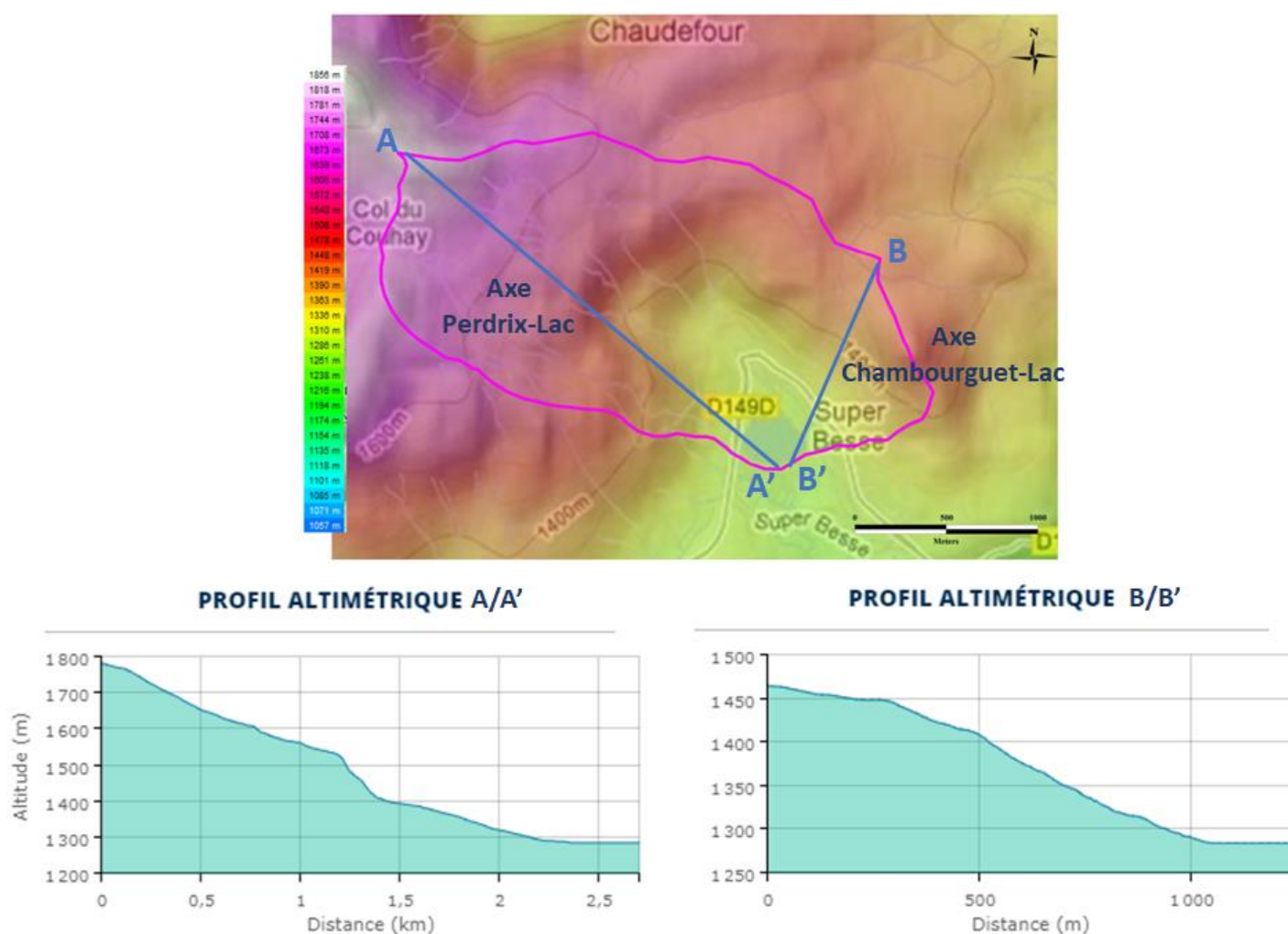


Figure 15: Topographie du bassin versant du lac des Hermines (Source : <http://www.cartes-topographiques.fr>, Géoportail)

Les fortes pentes présentes sur le bassin versant, couplées au socle imperméable, vont favoriser le ruissellement et donc le drainage des éléments présents sur les terrains vers le plan d'eau.

6 OCCUPATION DU SOL

L'occupation des sols est très importante, elle conditionne les éventuelles sources de pollution acheminées par le lessivage/ruissellement ou l'infiltration d'eau... lors de précipitations.

Le bassin versant du lac des Hermines peut se découper en 3 parties avec :

- sur les hauteurs, des milieux ouverts et continus, qui sont pour la plupart des prairies pâturées uniquement en saison estivale de manière extensive. Cela représente 55% de la superficie totale du bassin versant.
- En partie médiane, on retrouve un couvert forestier, dégagé par endroit pour permettre l'ouverture des pistes de ski.
- En partie basse de la station, le tissu urbain, concentré essentiellement à l'Est du lac des Hermines. Il représente 7% de la surface du bassin versant. Le réseau routier s'articule également essentiellement dans cette zone. Les surfaces imperméabilisées, qui vont être lessivées lors des épisodes pluvieux ne sont donc pas négligeables.

Après comparaison avec les orthophotographies aériennes récentes, il s'avère que l'occupation des sols a peu évolué depuis la réalisation du profil baignade initial (2014). L'évolution des surfaces pastorales *via* leur transition en végétation arbustive est contenue par les activités anthropiques en place dans la partie moyenne du bassin versant.

La présence de prairies, dominantes sur le bassin versant, corrélée aux fortes pentes observées, contribue à favoriser le ruissellement des eaux de pluie. Celles-ci vont drainer les parcelles et entraîner rapidement les contaminants présents vers le lac en contre-bas.

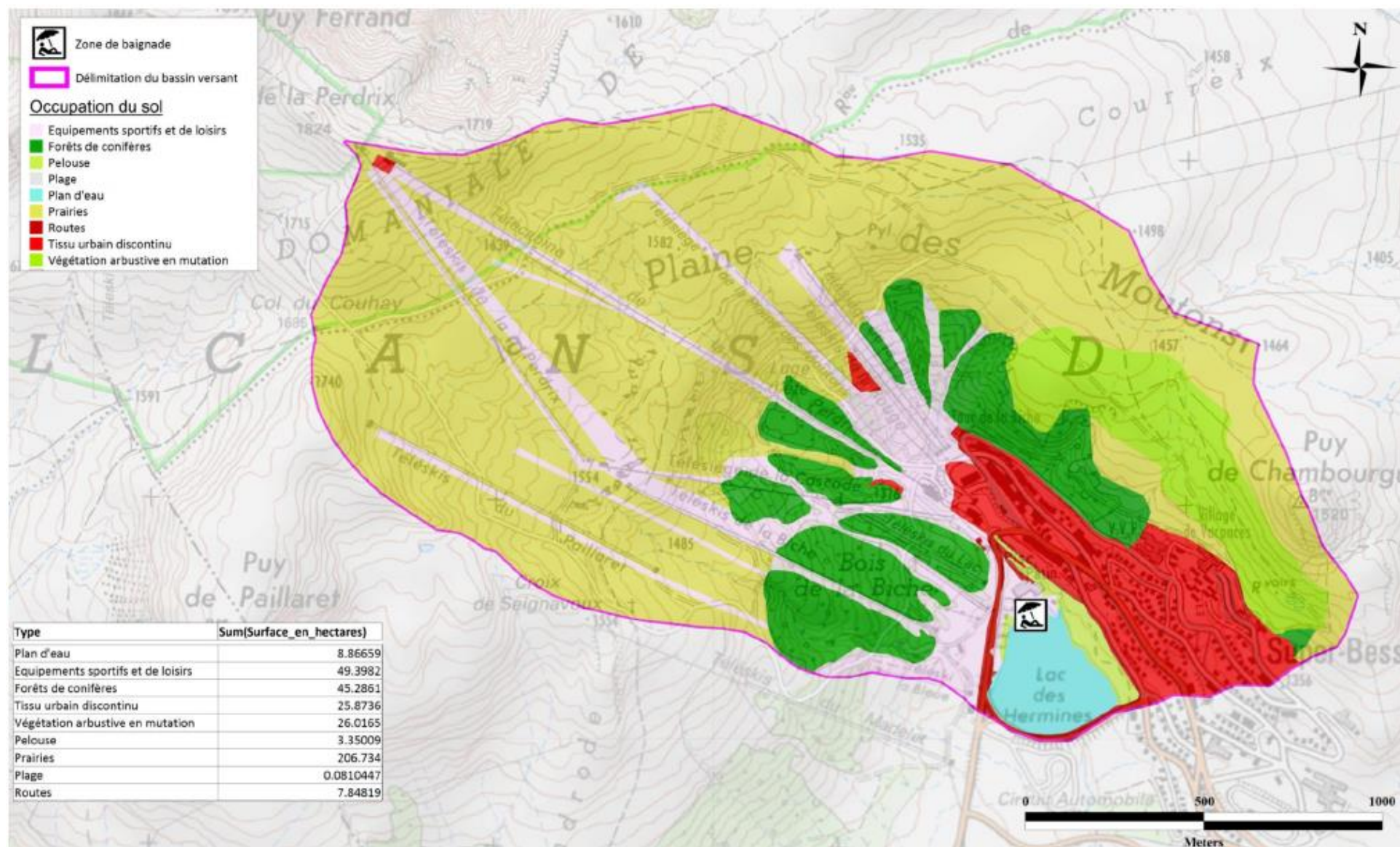


Figure 16 : Occupation des sols sur le bassin versant du lac des Hermines (Source : IGN-CRAIG, CLC_2006)

7 CARACTERISTIQUES HYDROGRAPHIQUES

7.1 Alimentation du lac des Hermines

Le lac des Hermines est alimenté par 4 principaux ruisseaux (Figure 17) :

- **Le ruisseau de la Plaine des moutons**, qui débouche dans la partie Nord du lac, dans une baie à proximité de la baignade.
- **Le ruisseau de la Falaise et le ruisseau de la Biche**, qui se connectent avant d'arriver dans cette même baie dans la partie Nord.
- **Le ruisseau de la Biche Paillaret**, qui arrive dans la partie Ouest du lac.
- **Le ruisseau Maladet**, qui débouche également dans la partie Ouest du lac.

Il est à noter que l'ensemble des affluents avant d'arriver au lac s'écoulent en souterrain et leur confluence est busée. Le tracé des écoulements souterrains est donné à titre indicatif sur la Figure 17. Plus de détails sont disponibles dans le paragraphe 12.3, les écoulements superficiels étant captés et reliés aux réseaux d'eaux pluviales.

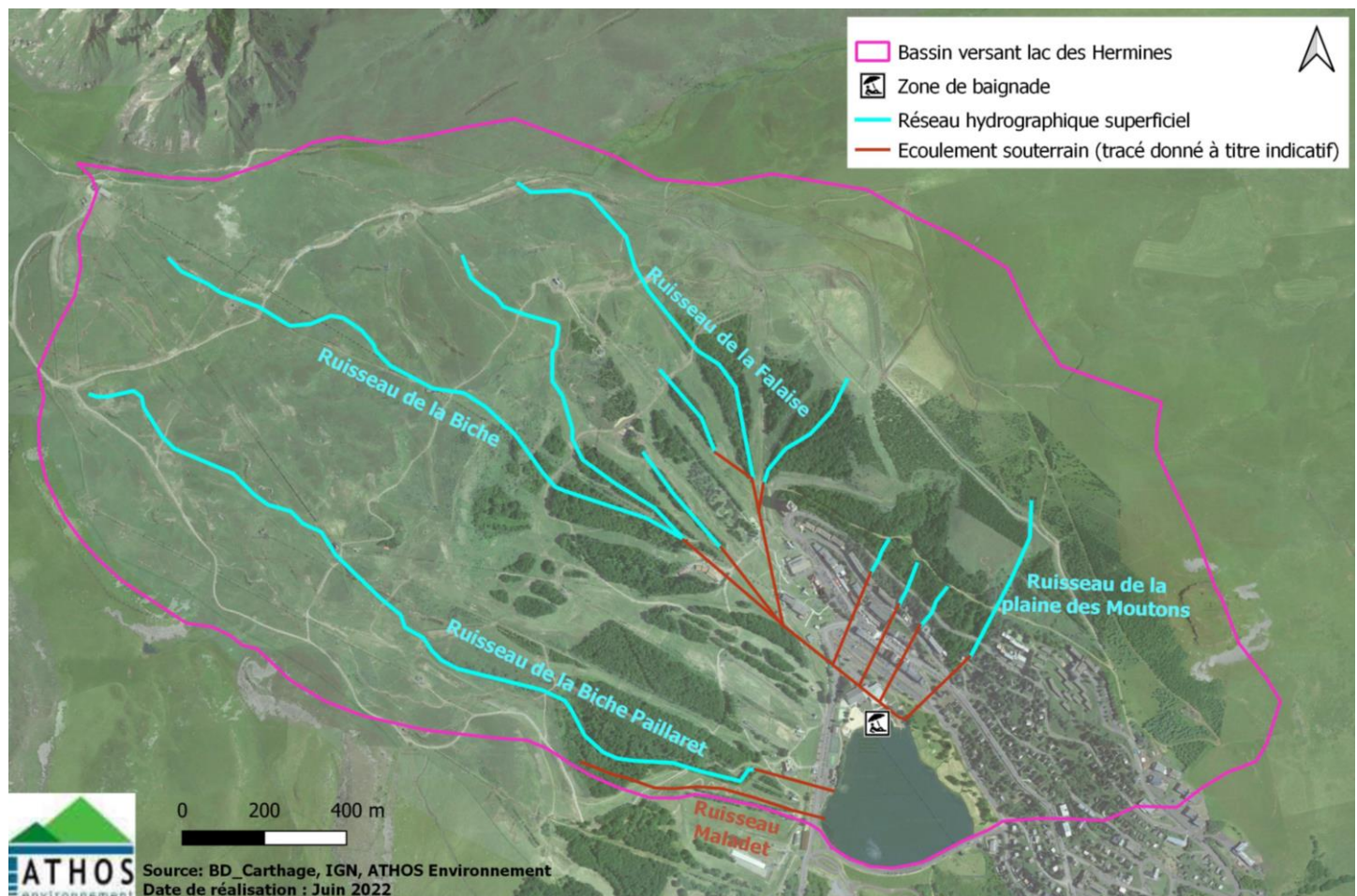


Figure 17 : Localisation des affluents du lac des Hermines (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise)

Le lac des Hermines est également alimenté par différents drains et exutoires pluviaux (détails au paragraphe 12.3). Dans la partie Nord-Ouest, 5 drains en provenance des pistes de ski sont recensés. Dans la partie Est du lac, 5 drains en provenance des chalets et de la route du lac ont été identifiés. Un drain pluvial en provenance du fossé longeant la piscine est également recensé et s'écoule dans la partie Nord du lac, dans le quai des pédalos.

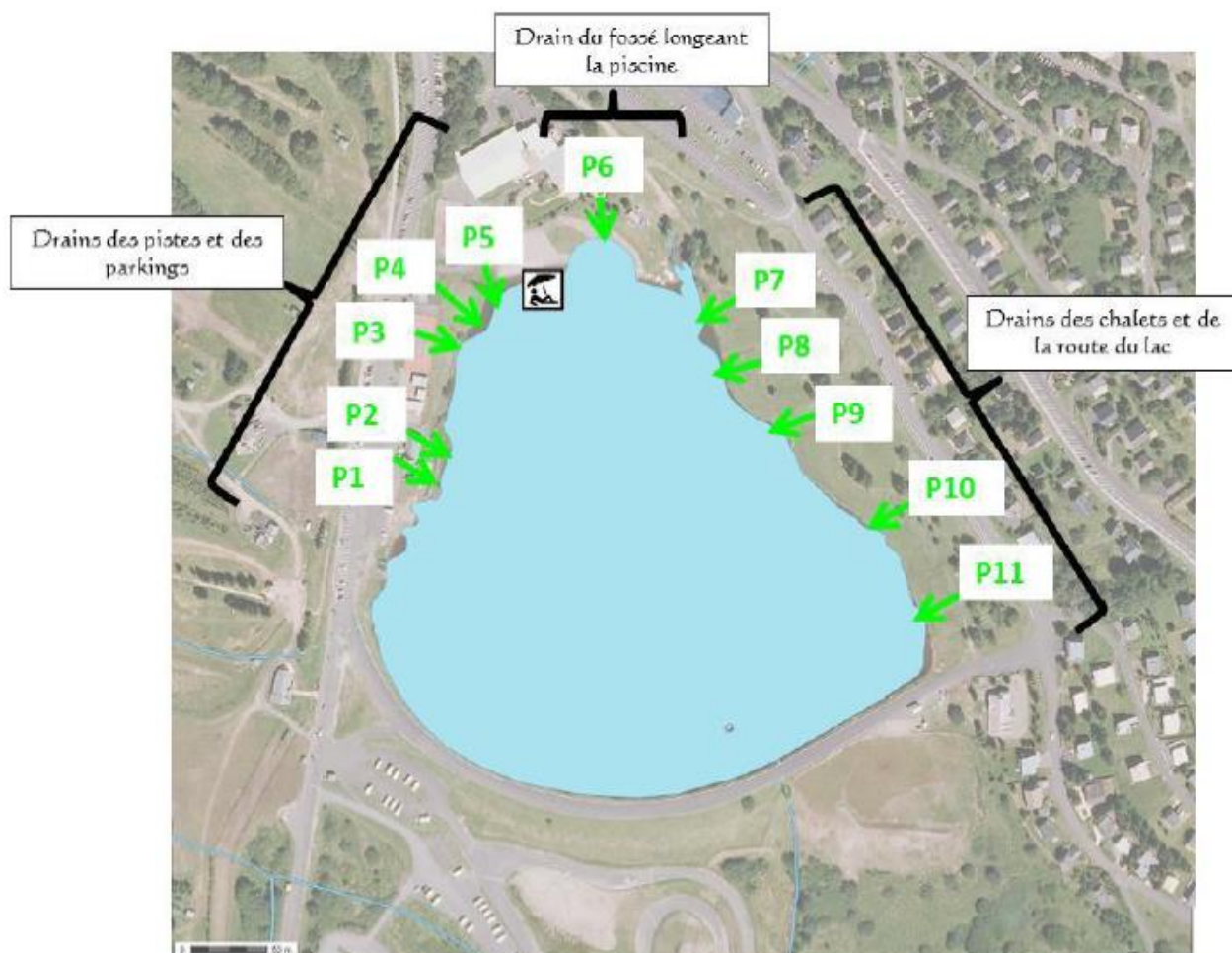


Figure 18 : Localisation des différents drains alimentant le lac des Hermines (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)

L'ensemble des écoulements entrant dans le lac constituent la zone de source de la Couze Pavin, qui prend ensuite son nom à l'aval immédiat du lac. Après un parcours de 47 km environ, la Couze Pavin conflue avec l'Allier, en rive gauche dans le secteur d'Issoire.

Une station de mesure hydrométrique est présente sur la Couze Pavin à Saint-Floret (code K265401001), à environ 25 km à l'aval du lac des Hermines. Sur ce secteur, pour un bassin versant de 216 km², le débit moyen (module) de la rivière est de 4,48 m³/s (soit un débit spécifique de 22,5 l/s/km²). Les plus hauts débits moyens mensuels sont observés en février, avec 7,29 m³/s et les plus bas, en août, avec une valeur divisée par 5 (Figure 19).

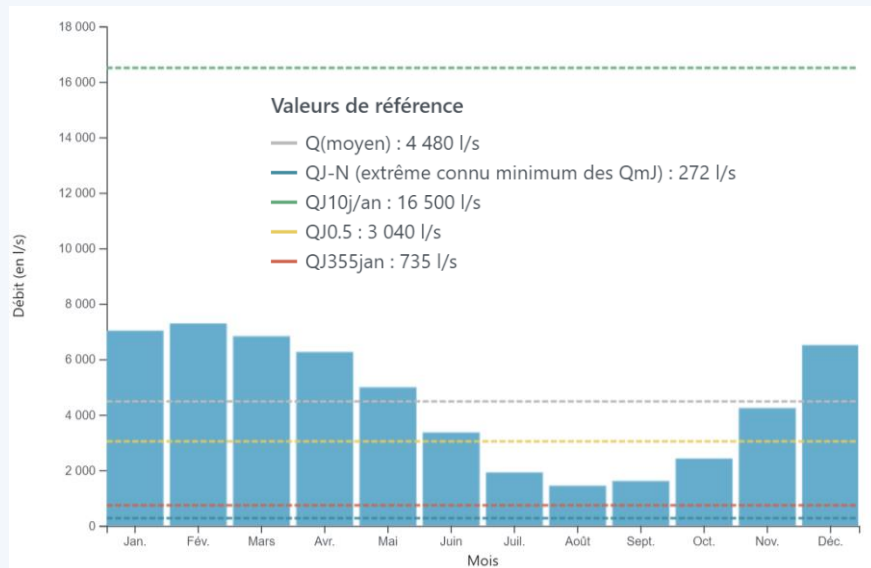


Figure 19 : Débits mensuels moyens de la Couze Pavin à Saint-Floret – Période de référence : 1946 à 2022
(Source : Hydroportail)

Avec un débit spécifique de 22,5 l/s/km², le débit estimé au droit du bassin versant du lac des Hermines (pour une surface de 3,73 km²) serait d'environ 80 l/s.

En l'absence de suivi hydrologique sur ce secteur, et pour confirmer ces estimations, des campagnes de mesures ont été réalisées sur les affluents et exutoires pluviaux alimentant le lac, sous différentes conditions météorologiques. Les mesures effectuées dans le cadre du profil baignade initial en 2012 ont été complétées par 2 campagnes de mesure en 2022.

7.2 Mesures ponctuelles de débit

7.2.1 Méthodologie

Lors de chacune des campagnes de prélèvements, une mesure ponctuelle de débit a été réalisée au niveau de chaque affluent. La méthode de mesure utilisée est celle de « l'exploration des champs de vitesse », mise en place à l'aide d'un vélocimètre à micromoulinet. Plusieurs transects sont effectués sur la largeur du cours d'eau. La hauteur d'eau est mesurée au niveau de la ligne médiane de chaque transect. Si la hauteur d'eau est supérieure à 20 cm, trois mesures sont faites, une à 0,2, 0,4, et 0,8 fois la hauteur d'eau. Si la hauteur d'eau est entre 10 et 20 cm, 2 mesures sont réalisées à 0,2, et 0,8 fois la hauteur d'eau. Si la hauteur d'eau est inférieure à 10 cm, une seule mesure suffit à 0,4 fois la hauteur d'eau. La vitesse moyenne (V_{moy}) de chaque transect est ensuite calculée selon la formule (1) ci-dessous :

$$V_{moy} = \frac{V_{0,2H} + V_{0,8H} + 2 \times V_{0,4H}}{4} \quad (1)$$

Le débit est calculé sur chaque transect en multipliant la vitesse moyenne par la distance d et par la hauteur H . La somme de ces débits correspond au débit total du cours d'eau.

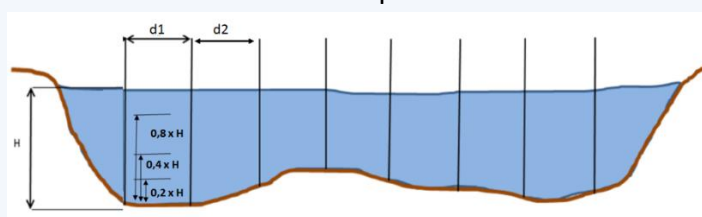


Figure 20 : Schéma de réalisation du jaugeage (Source : ATHOS Environnement)

Pour les affluents dont la configuration n'a pas permis l'application de cette méthode, les mesures de débit ont été réalisées au « seau » (chronométrage du temps de remplissage d'un contenant d'un volume connu).

7.2.2 Résultats

La localisation des points de mesure est précédemment présentée dans la Figure 17 et la Figure 18. Le tableau suivant détaille les débits mesurés en 2012 et en 2022 sur les différents tributaires.

Tableau 1 : Débits mesurés sur les tributaires du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)

	Débit en l/s			
	25/07/2012 	28/08/2012 	11/07/2022 	17/08/2022 
Ru de la plaine des Moutons		0,1	1	0,8
Ru de la Biche	52	57	30	20
Ru de la Biche Paillaret	8	20	NM	NM
Ru Maladet	NM	NM	NM	NM
P1				
P2				
P3				
P4				
P5			1	0,1
P6				
P7		0,5	1	1
P8		0,6	0,6	0,7
P9			NM	0,2
P10		0,3	0,6	1
P11	13	15	6	1,4
TOTAL	73	93,5	40,2	25,2

Il est à noter qu'en raison du niveau d'eau du lac, le débit de certains affluents ne peut être mesuré (par exemple pour le ruisseau de la Biche Paillaret dont la buse d'entrée se situe pour moitié sous le niveau d'eau du lac). Dans ces cas-là, l'annotation NM (non mesurable) est indiquée dans le tableau. Pour les cases grisées, cela correspond à une absence d'écoulement.

En 2012, le débit moyen entrant au lac des Hermines était de 84 l/s, ce qui correspond à l'estimation précédemment évoquée de 80 l/s, basée sur le calcul du débit spécifique.

La plus grande majorité du débit est apporté par le ruisseau de la Biche.

En 2022, les débits entrants au lac lors de chacune des 2 campagnes étaient bien plus faibles, mais **l'absence de mesure sur certains points tend à les sous-estimer notamment dans le cas du ruisseau de la Biche Paillaret** dont l'écoulement ne semble pas négligeable. Sur la base des observations visuelles lors des campagnes, le débit de cet affluent pourrait avoisiner les 20 l/s. **Ceci porte à un débit moyen entrant au lac en 2022 à environ 50 l/s.** Avec un volume d'eau estimé à 330 000 m³ (cf paragraphe 9.1.2), **le temps de renouvellement de l'eau est estimé à 76 jours.**

7.3 Aménagements spécifiques

Situés en tête de bassin versant, sur un secteur à forte pente, **les ruisseaux alimentant le lac présentent des écoulements torrentiels. Ils sont très réactifs face aux précipitations et se gonflent rapidement. Ils disposent ainsi d'un fort pouvoir érosif.** Par ce fait, le lac subit un comblement progressif avec des apports sédimentaires conséquents. Des zones de dépôts sont d'ailleurs visibles en photographies aériennes dans la partie Ouest du lac (Figure 21).



Figure 21 : Dépôts sédimentaires sur la partie Ouest du lac (Source : Géoportail)

Pour éviter les apports de matières (particules du sol érodées dont du sable) jusqu'au lac, **des bassins de décantation ont été réalisés en amont.** Depuis les années 90, 3 bassins sont en place dans le secteur Ouest, sur le ruisseau de la Biche Paillaret. Plus récemment, un

quatrième a été mis en place dans la partie Nord, au niveau du ruisseau de la Biche (Figure 22). Ces bassins sont gérés par la commune, qui organise leur curage tous les 3 mois. Les matières extraites sont stockées sur un parking puis ré-utilisées en tant que remblais routiers. **Cette gestion permet de limiter les apports au lac et ainsi son comblement progressif.**

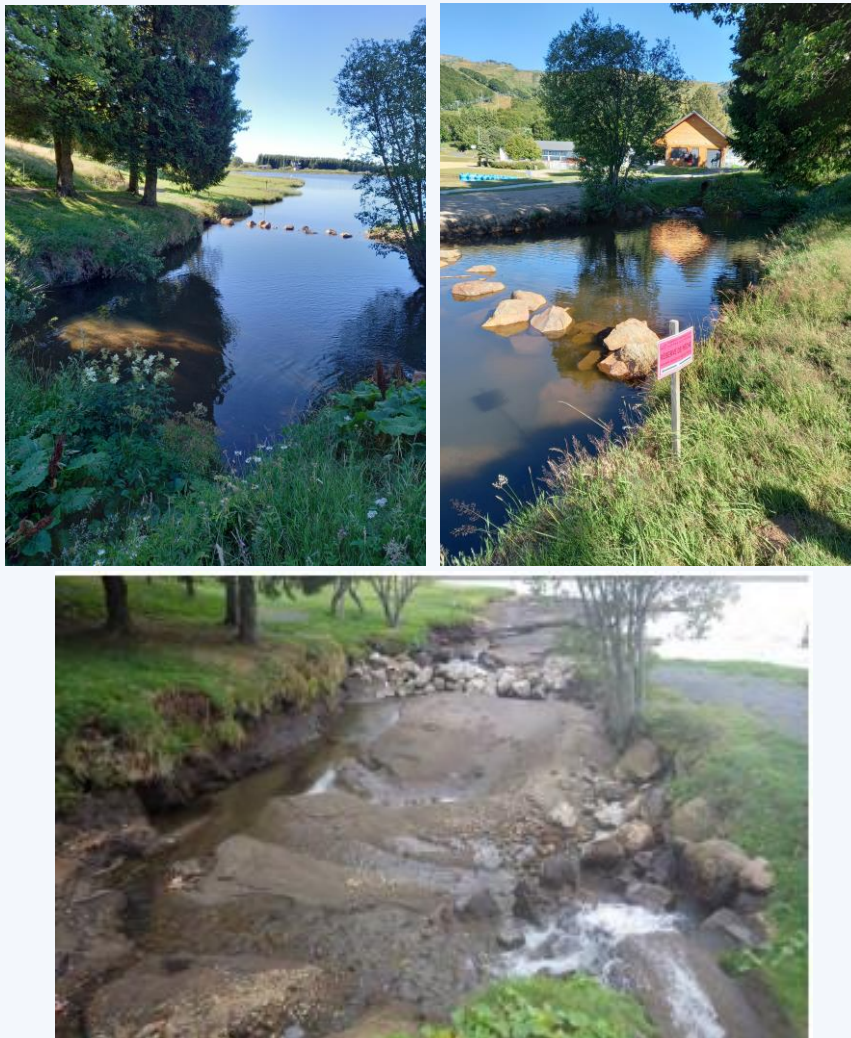


Figure 22 : Bassin de décantation mis en place au niveau de la confluence du ruisseau de la Biche avec le plan d'eau, en eau en haut, comblé en bas (Source : SIAV Couze Pavin, ATHOS Environnement, 2022)

7.4 Risque de crues / inondations

Outre les dommages matériels et humains qu'elles provoquent, les crues peuvent représenter un risque de contamination de l'eau de baignade durant la saison estivale par l'apport d'eaux usées (débordement des ouvrages d'assainissement en amont) et le lessivage des surfaces.

Aucun plan de prévention des risques d'inondation n'a été rédigé sur le secteur d'étude, ce risque étant jugé comme très faible.

8 CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES

Les conditions météorologiques conditionnent fréquemment l'occurrence et l'intensité des pollutions des milieux aquatiques, exutoires finaux des eaux de ruissellement et de lessivage des sols. L'intensité de la pluie pourra conditionner l'apparition de pollution, le vent, l'ensoleillement et la température influenceront sur le devenir de cette pollution, en favorisant ou non la persistance et la propagation des bactéries ou des polluants dans le milieu (dispersion, durée de l'épisode, ...).

La station de Super-Besse est soumise à un climat de type montagnard, froid et humide. Les précipitations sont abondantes en lien avec l'effet du relief local.

Afin de garantir une cohérence maximale entre les données et la situation géographique du plan d'eau, **les chroniques de pluviométrie proviennent de la station climatologique de Météo France de Super-Besse**, située à proximité immédiate du lac. Cette station était située jusqu'en 2010 au nord du lac, puis suite à un changement de statut, elle a été déplacée en 2016 au sud-est du lac. Les caractéristiques actuelles de la station sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques de la station météorologique de Super-Besse (Source : MétéoFrance)

Nom de la station	Super-Besse
Code de la station	63038002
Localisation	45°30'06''Nord 2°51'57''Est 
Altitude	1 287 m
Type	1 = Station synoptique avec personnel non Météo-France, temps réel en diffusion et expertise

Il est à noter une absence de données sur cette station entre 2010 et 2015. Les données auraient pu être collectées auprès de la station de Chastreix, située à une dizaine de kilomètre du lac des Hermines, toutefois, en raison de la topographie marquée entre les 2 sites (présence du Puy Paillaret), les écarts en terme de météorologie locale peuvent être conséquents. Aussi, il n'a pas été jugé pertinent d'utiliser les données de Chastreix pour pallier l'absence de données à Super-Besse entre 2010 et 2015.

8.1 Pluviométrie

La pluie est un vecteur important de polluants, elle peut se charger en bactéries, mais aussi en métaux lourds, hydrocarbures... pouvant affecter la qualité des eaux de baignade. Les précipitations agissent sur le débit des cours d'eau du bassin versant, elles drainent une grande quantité de matières accumulées dans les rivières à laquelle s'ajoute les eaux de ruissellement. Elles remettent en suspension des matières accumulées dans des zones de stagnation. Les pollutions sont différentes en fonction des précipitations. De faibles pluies induiront principalement des rejets d'eaux usées et pluviales urbaines (sols des zones urbaines imperméables), les fortes pluies provoqueront des pollutions diffuses : lessivage des parcelles moins imperméabilisées.

Le tableau suivant présente les cumuls mensuels des précipitations ainsi que le total annuel sur les 7 dernières années.

Tableau 3 : Cumul des précipitations observés sur la station de Super-Besse – exprimés en mm (Source : MétéoFrance – station 63038002)

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	MOYENNE
Janvier	282	67	327	60	90	233	36	156
Février	213	99	87	46	138	147	104	119
Mars	109	135	152	117	97	77	29	102
Avril	179	54	75	80	131	50	122	99
Mai	211	159	157	97	182	242	46	156
Juin	123	268	146	74	151	181	227	167
Juillet	24	75	102	10	10	101	15	48
Août	20	73	54	39	67	59	48	52
Septembre	44	121	55	89	91	189	151	106
Octobre	80	31	51	194	229	80	114	111
Novembre	165	120	81	319	41	133	192	150
Décembre	24	230	259	261	148	220	158	186
TOTAL	1474	1431	1547	1385	1375	1711	1243	1452

Les précipitations moyennes annuelles sur le secteur de Super-Besse sur la période 2016-2022 sont de 1 452 mm. Cette moyenne est en baisse par rapport aux précipitations moyennes observées sur la période 2001-2010, qui était de 1 924 mm (Source : Rapport Géonat – Etude du mode opératoire de la vidange du lac des Hermines, 2017).

Sur la période 2016-2022, l'année la plus arrosée a été 2021, avec 1 711 mm. **À l'inverse, l'année 2022 se caractérise comme la plus sèche. Le déficit par rapport à la moyenne sur la période est de 200 mm environ.**

Les cumuls mensuels les plus restreints sont observés habituellement durant les mois de juillet et août, avec respectivement 3% et 3,5 % de la pluviométrie totale annuelle moyennée. Il est à noter que le mois de juin reste bien arrosé avec 167 mm en moyenne soit presque 12% du total annuel.

La figure suivante présente le nombre moyen de jour de pluie par mois (période 2016-2022). **En juillet et août, il pleut en moyenne 12 jours par mois soit environ 1 jour sur 2. Au mois de juin, le nombre de jours de pluie est plus conséquent avec une moyenne de 17 jours par mois.**

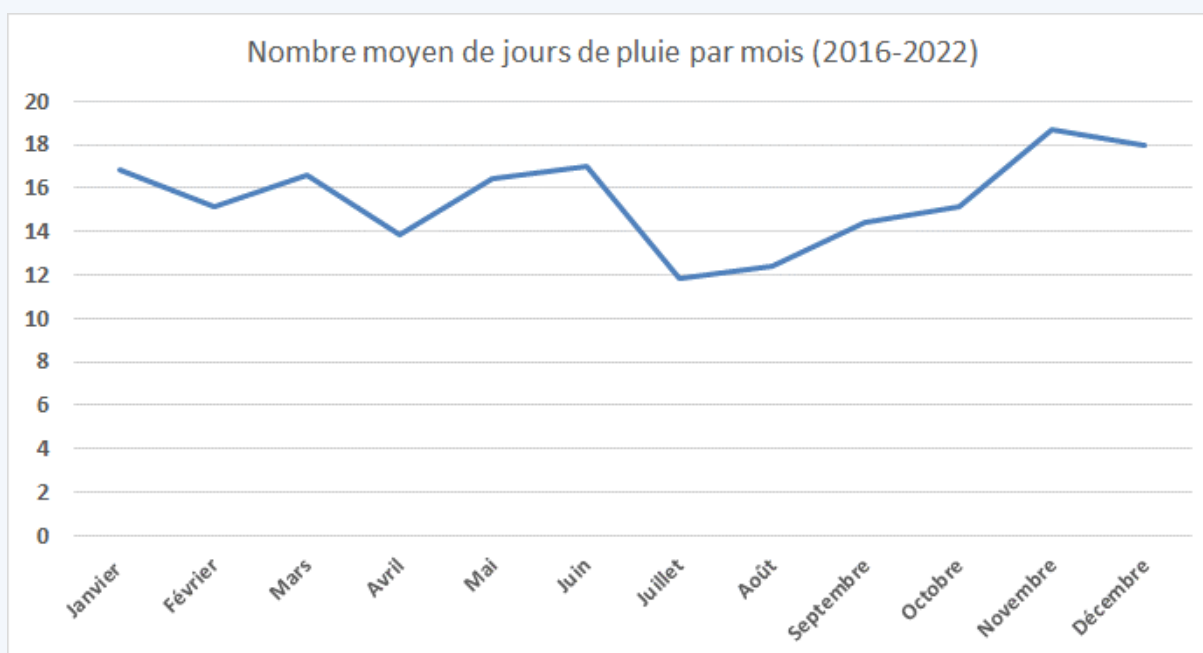


Figure 23 : Nombre moyen mensuel de jours pluvieux durant la période 2016-2022
(Source : MétéoFrance – station 63038002)

La Figure 24 présente **l'intensité moyenne cumulée par jours pluvieux**. Une intensité élevée signifie que la pluie est abondante sur une courte période de temps. **Le mois de juin présente une intensité moyenne presque maximale de 10 mm/jour de pluie.**

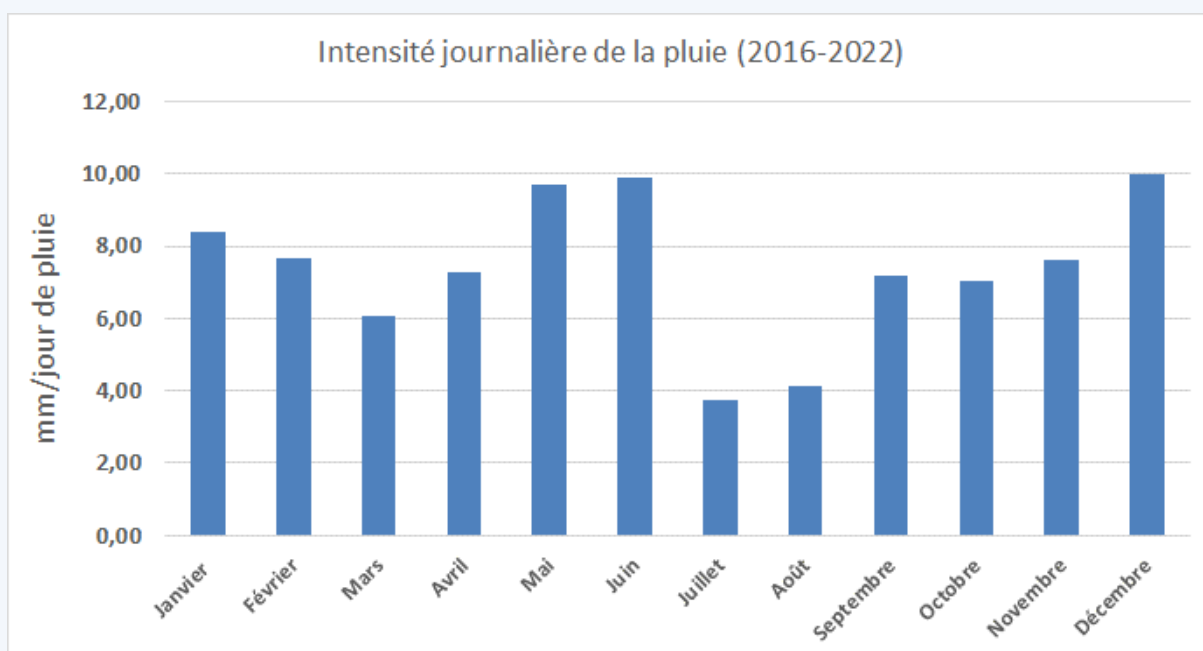


Figure 24 : Intensité moyenne cumulée par jour pluvieux durant la période 2016-2022
(Source : MétéoFrance – station 63038002)

La répartition par classe de pluie, présentée dans la Figure 25, nous indique que les événements pluvieux de faible intensité quotidienne prédominent (< 5 mm/jour). Les intensités journalières supérieures à 20 mm/jour représentent tout de même 5%.

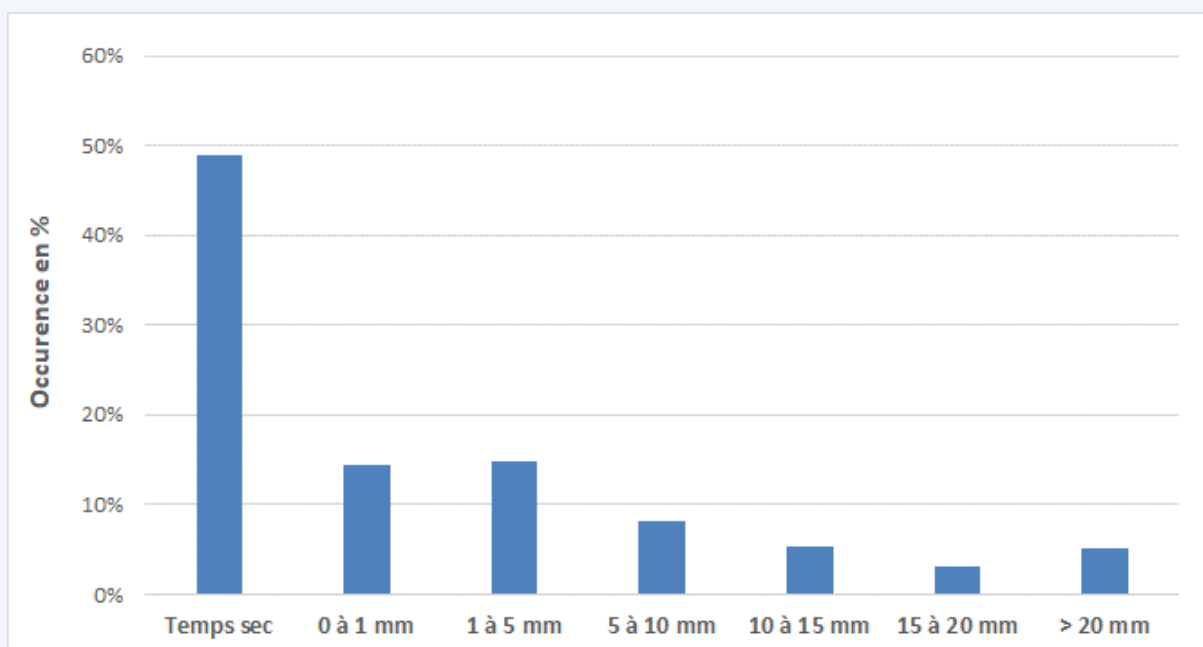


Figure 25 : Répartition des classes de pluie journalière (en mm) durant la période 2016-2022
(Source : MétéoFrance – station 63038002)

En regardant le détail par mois (Tableau 4), on remarquera **qu'en juin, les intensités de pluies supérieures à 20 mm sont maximales avec 9%.** Ceci traduit des épisodes pluvieux, à caractère orageux pouvant être intenses sur cette période.

Tableau 4 : Répartition des classes de pluie journalière (en mm) durant la période 2016-2022 – détail mensuel
(Source : MétéoFrance – station 63038002)

	Temps sec	0 à 1 mm	1 à 5 mm	5 à 10 mm	10 à 15 mm	15 à 20 mm	> 20 mm
Janvier	46%	12%	17%	7%	7%	4%	7%
Février	46%	12%	15%	10%	8%	5%	4%
Mars	47%	14%	20%	11%	3%	3%	4%
Avril	54%	10%	15%	10%	4%	2%	5%
Mai	47%	12%	14%	9%	8%	3%	6%
Juin	43%	18%	10%	10%	8%	3%	9%
Juillet	62%	19%	10%	5%	2%	0%	2%
Août	60%	18%	11%	7%	1%	1%	2%
Septembre	52%	13%	17%	6%	4%	5%	4%
Octobre	51%	15%	13%	8%	6%	2%	5%
Novembre	38%	14%	20%	10%	6%	5%	7%
Décembre	42%	13%	17%	8%	7%	4%	9%

8.2 Vent

Le vent, en agissant sur le déplacement des masses d'eau, a un rôle sur le devenir de la pollution : il peut participer au placage des contaminants vers la zone de baignade.

Dans un système fermé, comme sur le lac des Hermines, outre les courants hydriques générés par les affluents, le vent est l'un des principaux facteurs pouvant influencer le déplacement d'une pollution sur le lac. Aucune donnée concernant le vent n'est disponible sur la station de Super-Besse. Toutefois, les observations de terrain ont mis en évidence une vulnérabilité de la zone de baignade.

La pluie est fréquente sur le lac des Hermines, entre 12 et 17 jours par mois entre juin et août. Les épisodes orageux, à forte intensité sont fréquents notamment sur le mois de juin, traduisant une vulnérabilité de la baignade face aux contaminations bactériologiques.

9 CARACTERISTIQUES DU LAC DES HERMINES

La description des caractéristiques physiques du plan d'eau permet de définir le contexte physique et réglementaire dans lequel s'inscrit la baignade. Il est ensuite possible de définir la vulnérabilité de la baignade face :

- aux exigences réglementaires (gestion différente selon que le plan d'eau est en pisciculture ou eau libre),*
- à l'hydrodynamisme local (afin d'évaluer la dispersion des pollutions, et l'implantation de la baignade face aux mouvements de la masse d'eau).*

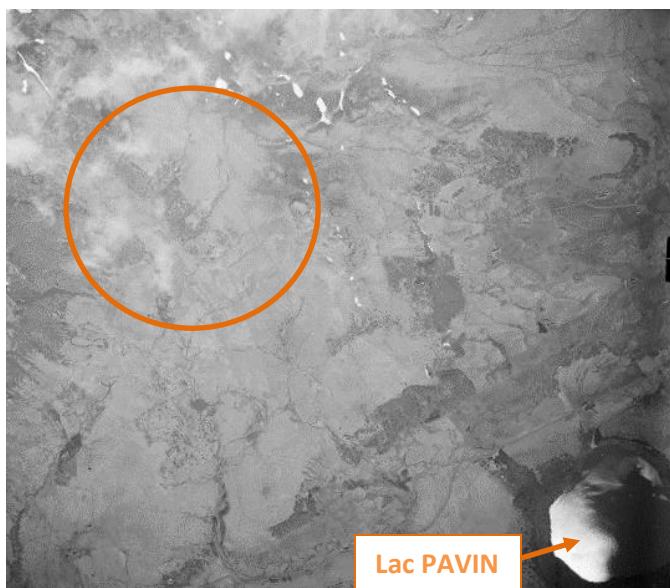
9.1 Description du plan d'eau

9.1.1 *Historique du lac des Hermines*

La station de Super-Besse voit le jour dans les années 60, sous l'impulsion d'un champion Auvergnat de ski de fond. Le domaine s'oriente rapidement sur le développement des sports d'hiver et s'équipe d'infrastructures modernes de l'époque (télésiège, télécabines, ...). **Le lac artificiel des Hermines a été mis en eau en 1968**, suite à l'arrêté préfectoral, pris en 1966, autorisant sa construction. La vocation du plan d'eau est exclusivement orientée sur la pratique des loisirs. **Dans les années 90, il devient également un réservoir d'eau pour l'alimentation des canons à neige. À l'époque, la vie touristique de la station était centrée sur la saison hivernale. Depuis quelques années, en lien avec le changement climatique, et afin de développer son attractivité, la station n'a cessé d'étoffer le panel d'activités proposées pour l'étendre à la saison estivale.**

La figure suivante présente l'analyse diachronique de la station *via* les images aériennes disponibles sur le secteur.

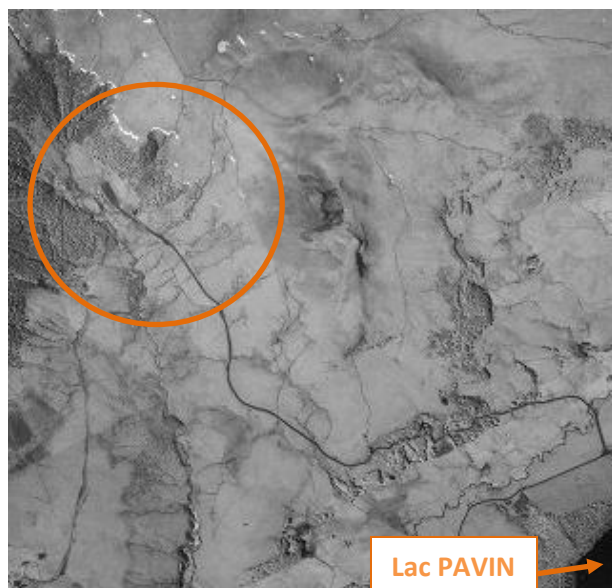
1955



Date de prise de vue : 23/04/1955

Absence d'urbanisation, présence de landes.

1962



Date de prise de vue : 06/06/1962

Développement du réseau routier pour permettre l'accès à la station de Super-Besse.

1965



Date de prise de vue : 16/09/1965

**Accroissement de la station avec la mise en place des premiers hébergements, dont le village vacances, à l'Est de la station.
Ouverture des pistes de ski à travers les versants boisés, dans la partie Ouest.**

1967



Date de prise de vue : 22/06/1967

Poursuite des travaux d'aménagement, notamment dans la partie Sud-Est.

1968



Date de prise de vue : 01/01/1968

Mise en eau du lac des Hermines, point central de la station.

1972



Date de prise de vue : 15/07/1972

Poursuite du développement de l'offre d'hébergement.

1986



Date de prise de vue : 22/07/1986

Amélioration des aménagements routiers et autres parkings.

1995



Date de prise de vue : 20/07/1995

Développements des infrastructures de loisirs, notamment dans le secteur Nord du lac des Hermines.

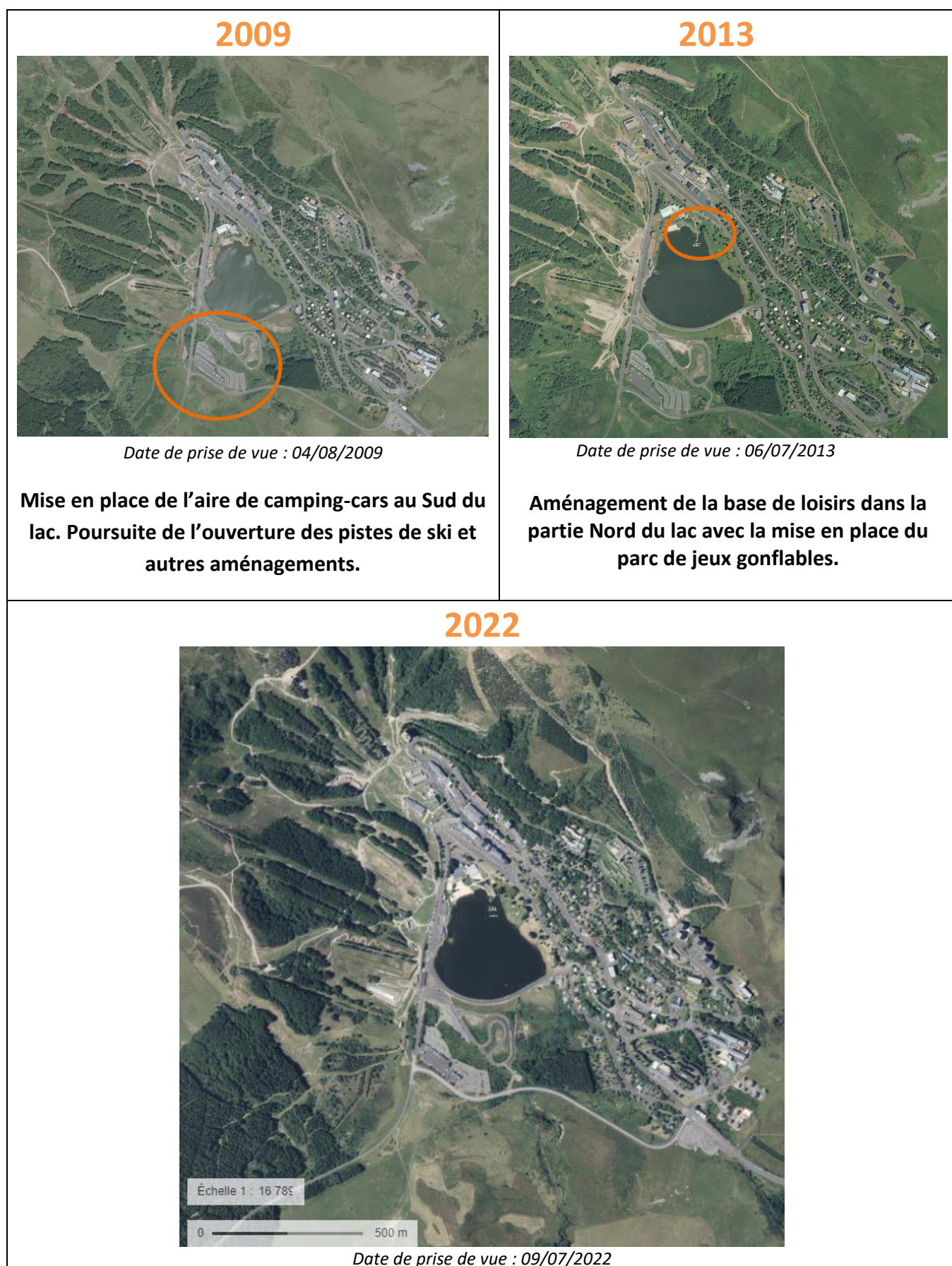


Figure 26 : Analyse diachronique de la station de Super-Besse de 1955 à 2022 (Source : Géoportail)

9.1.2 Caractéristiques morphologiques du plan d'eau

Le lac des Hermines occupe une surface de 8,9 hectares, à la côte RN 1 283,5 m NGF.

Plusieurs bathymétries ont été réalisées sur le plan d'eau, la plus récente datant de 2017 (Véodis 3D). Cette dernière est présentée dans la Figure 27. **La profondeur maximale est d'environ 9 m au niveau de l'exutoire.** Le fond du lac a une forme de cuvette. La pente moyenne est plutôt douce dans l'axe Nord-Sud avec environ 3%. En revanche, à proximité de la digue, les berges sont abruptes. **Le volume d'eau à la RN est de 330 000 m³. La profondeur moyenne est de 3,7 m.**

La digue est un barrage en terre d'une longueur totale de 495 m et d'une hauteur de 12,5m (cote de la chaussée 1 285 m – cote du radier de la tulipe 1 272,50 m NGF) et d'une largeur en crête de 4,50 m de chaussée et de 2 m d'accotement.

L'arrêté préfectoral n°2010/PREF63/ du 14 décembre 2010 complémentaire à l'arrêté du 31 décembre 1966 précise que **le barrage relève de la classe « C »**. Les obligations réglementaires en découlant sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Synthèse des obligations réglementaires et des fréquences associées (Source : DREAL Auvergne-Rhône-Alpes)

Obligations du propriétaire	Classe du barrage		
	A	B	C
L'entretien et la surveillance du barrage	OUI continue	OUI continue	OUI continue
Vérification du fonctionnement des organes de sécurité	OUI continue	OUI continue	OUI continue
Dossier technique de l'ouvrage	OUI	OUI	OUI
Registre de l'ouvrage	OUI	OUI	OUI
Visite Technique Approfondie (VTA) NB : Une VTA doit être réalisée après tout événement important pour la sécurité (EISH) susceptible d'endommager l'ouvrage	OUI au moins tous les ans	OUI au moins tous les 3 ans entre 2 rapports de surveillance	OUI au moins tous les 5 ans entre 2 rapports de surveillance
Rapport de surveillance (ou d'exploitation)	OUI au moins tous les ans	OUI au moins tous les 3 ans	OUI au moins tous les 5 ans
Mise en place d'un dispositif d'auscultation	OUI	OUI	OUI
Rapport d'auscultation	OUI au moins tous les 2 ans	OUI au moins tous les 5 ans	OUI au moins tous les 5 ans
Document décrivant l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation de l'ouvrage, son entretien et sa surveillance en toutes circonstances (consignes écrites).	OUI	OUI	OUI
Étude de dangers et diagnostic exhaustif	OUI mise à jour au moins tous les 10 ans	OUI mise à jour au moins tous les 15 ans	NON
Recours à un maître d'œuvre agréé pour les constructions ou les travaux hors travaux entretien et de réparation courante	OUI	OUI	OUI
Première mise en eau réglementée	OUI	OUI	OUI
Déclaration des Événements Importants pour la Sûreté Hydraulique (EISH)	OUI	OUI	OUI
Déclaration des événements ou évolutions Précurseurs pour la Sûreté Hydraulique (PSH)	OUI	OUI	NON
Diagnostics sur les garanties de sûreté des ouvrages hydrauliques sur prescription	OUI	OUI	OUI
Inspection du service de contrôle de l'État	OUI	OUI	OUI

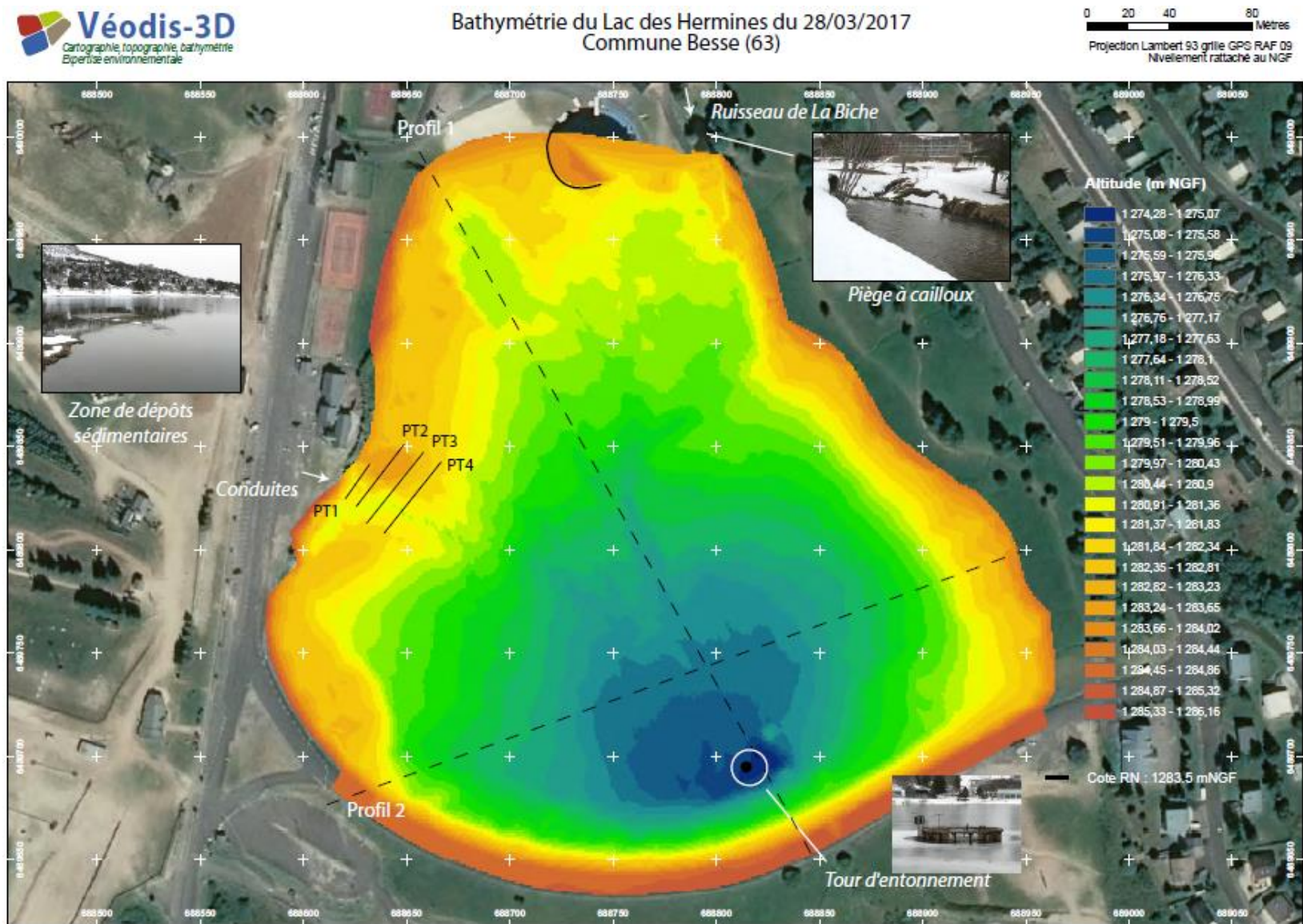


Figure 27 : Bathymétrie du lac des Hermines réalisée en mars 2017 (Source : Véodis 3D)

9.1.3 Infrastructures de gestion du plan d'eau

L'inventaire des équipements présents sur le plan d'eau permet d'évaluer la qualité de la gestion actuelle (adaptabilité du plan d'eau pour la réalisation de vidange).

Le plan d'eau est équipé d'un évacuateur de crue, situé dans sa partie sud ainsi que d'un système de vidange, permettant l'évacuation des eaux par le fond, *via* 3 vannes verticales. L'évacuateur de crue est composé d'une tour d'entonnement raccordée à une galerie d'évacuation sous la digue d'une longueur de 85 m. Elle débouche de manière canalisée jusqu'à la pêcherie puis vers la Couze Pavin.



Figure 28: Évacuateur de crue du plan d'eau (Source : ATHOS Environnement, 2012)

La première vanne (vanne n°1) est située à $-4,5$ m en dessous du radier d'exploitation de la tulipe (1 283,50 m NGF). Elle a un diamètre de 400 mm et permet aujourd'hui la restitution du débit réservé (10 l/s) en toutes circonstances. En fonction de la cote d'exploitation du plan d'eau, son ouverture est ajustée pour correspondre au calibre installé dans la pêcherie. La seconde vanne (vanne n°2) est située à $-9,65$ m par rapport à la cote d'exploitation du lac. Elle a un diamètre de 300 mm et permet d'abaisser la cote du plan d'eau jusqu'à 1273,85 m NGF (vanne de fond). Actuellement, cette vanne serait enfouie dans le sédiment (20 cm environ). Une troisième vanne se situant à la cote 1272,8 m NGF devait permettre une prise en charge pour la production électrique. Cette dernière se situerait actuellement sous 1,2 m de sédiment.



Figure 29 : Localisation des vannes verticales N°1 à gauche et N°2 à droite (Source : Fédération de pêche 63)

9.1.4 Statut juridique du plan d'eau

Le statut juridique du plan d'eau régit ses usages et sa gestion hydraulique. Sa définition permet de cibler les aspects réglementaires qui vont diriger les activités contiguës à la baignade, ainsi que les contraintes de gestion qui en découlent.

Références réglementaires

Articles L.431-1 à L.431-5 et R431-7 du code de l'environnement et la directive du 29 janvier 2008 permettent de définir le statut juridique d'une eau close :

-L'article R.431-7 précise : « *Constitue une eau close au sens de l'article L.431-4 le fossé, canal, étang, réservoir ou autre plan d'eau dont la configuration, qu'elle résulte de la disposition des lieux ou d'un aménagement permanent de ceux-ci, fait obstacle au passage naturel du poisson, hors événement hydrologique exceptionnel. Un dispositif d'interception du poisson ne peut, à lui seul, être regardé comme un élément de la configuration des lieux au sens de l'alinéa précédent.* »

Le lac des Hermines est implanté directement sur le cours des sources de la Couze Pavin. **Il dispose d'un statut d'eau libre.**

L'arrêté préfectoral du 14 décembre 2010 précise la valeur du débit réservé à maintenir dans la Couze Pavin, immédiatement l'aval du barrage, soit 10 l/s. Un dossier loi sur l'eau est actuellement en cours afin de redéfinir le débit réservé, par modification de l'arrêté préfectoral.

9.2 Gestion actuelle du plan d'eau

Le lac de Hermines est la propriété de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise. Elle assure la gestion de l'ensemble des activités de loisirs sur le site.

9.2.1 Gestion hydraulique

9.2.1.1 Pompage pour les canons à neige

Sources : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, Géonat (Etude du mode opératoire de la vidange du lac des Hermines – SIAV Couze Pavin, Phase 1 – 2017)

Dans les années 90, une station de pompage a été mise en place au niveau du lac pour permettre l'approvisionnement en eau pour la production de la neige de culture. En 2007, la capacité de pompage a été augmentée par la réalisation d'un puit de 5 m de profondeur, alimenté par une canalisation immergée.

Les opérations de pompage sont réalisées par l'intermédiaire de deux tuyaux PEHD de diamètre 800 mm. Les plans transmis par la municipalité dans sa « demande complémentaire de travaux au lac des Hermines », en date du 02 août 2007 indique que le premier est installé à la cote 1 281,80 m NGF, soit à – 1,50 m de profondeur. Les informations contenues dans les plans indiquent que la nourrice du second tuyau serait installée à la cote d'environ 1 276,20 m NGF. Cette seconde prise d'eau se situerait donc au même niveau que la vanne 2. Ce second tuyau a été mis en place en 2007, lors de la vidange, afin d'élargir le réseau d'enneigement artificiel.

Ce sont ainsi, en moyenne, 400 000 m³ d'eau qui sont prélevés par saison hivernale (octobre à fin février). La SAEM Pavin-Sancy précise que ce volume est prélevé sur trois périodes pour un total d'environ 800 heures de pompage, ce qui correspond à une moyenne de 500 m³/h. L'arrêté préfectoral n°2010/PREF63/ du 14 décembre 2010 complémentaire à l'arrêté du 31 décembre 1966 a fixé un niveau d'eau minimal afin d'assurer la préservation du milieu aquatique à l'aval.

Ce niveau minimal de la retenue, consécutif à un pompage, correspond à la cote 1 280,50 m NGF, soit – 3 m par rapport au niveau de la cote d'exploitation du lac. L'arrêté préfectoral prévoit également qu'une échelle limnimétrique soit installée au niveau du parement amont afin de pouvoir mesurer à tout instant le niveau d'eau dans la retenue.

9.2.1.2 *Gestion des vidanges*

Le lac des Hermines a été vidangé à une seule reprise de manière totale, en 2007, afin de permettre des travaux suite à un problème mécanique sur une vanne.

Plusieurs vidanges partielles ont été réalisées (abaissement du niveau de l'eau de 3-4 m) en 1994, 1996, 1998, 2004, 2012, 2015 et 2016. Ces abaissements ont permis la réalisation de curage de sédiment, d'un volume cumulé de 1 500 m³.

En 2022 et en 2023, des abaissements partiels ont également été réalisés (de -1,5 à -3 m) pour permettre des travaux d'aménagements de la plage.

Les infrastructures de vidange à l'aval du lac ne permettant pas la réalisation d'une vidange dans de bonnes conditions pour le milieu récepteur, un dossier « Loi sur l'eau » a été rédigé par Géonat en 2018 afin de présenter un projet de mise en place de bassins de décantation, d'une pêcherie et de bassin de stockage de fin de vidange. Suite à la réalisation des travaux, **un projet de vidange totale du lac, associé à un curage sédimentaire est actuellement en cours d'étude.**

9.2.2 Gestion piscicole / halieutique

La pêche et le peuplement piscicole peuvent avoir des répercussions indirectes sur l'activité baignade, en favorisant le développement de cyanobactéries suite à un brassage des sédiments par les poissons fouisseurs et/ou des apports excessifs d'appâts.

Le lac des Hermines est classé comme eau libre de première catégorie piscicole.

L'activité pêche est gérée par l'AAPPMA de Besse. Un règlement spécifique au plan d'eau a été établi et est consultable sur le site internet de la Fédération de Pêche du 63 et directement sur le site *via* des panneaux d'affichage.

La période d'ouverture de la pêche correspond aux rivières de 1^{ère} catégorie piscicole, avec des prolongements sur la période septembre-octobre, sauf pour la truite fario dont la fermeture est effective mi-septembre. Le nombre de captures autorisé par pêcheur et par jour est de 4 salmonidés et la maille est fixée à 23 cm. La pêche est autorisée uniquement du bord, la pêche depuis les embarcations est prohibée. Il est à noter que la zone de loisirs au Nord du lac (plage et jeux aquatiques) est interdite à la pêche (Figure 30). De plus, durant la période de prolongation d'ouverture, la pêche se réalise uniquement en « no kill ».

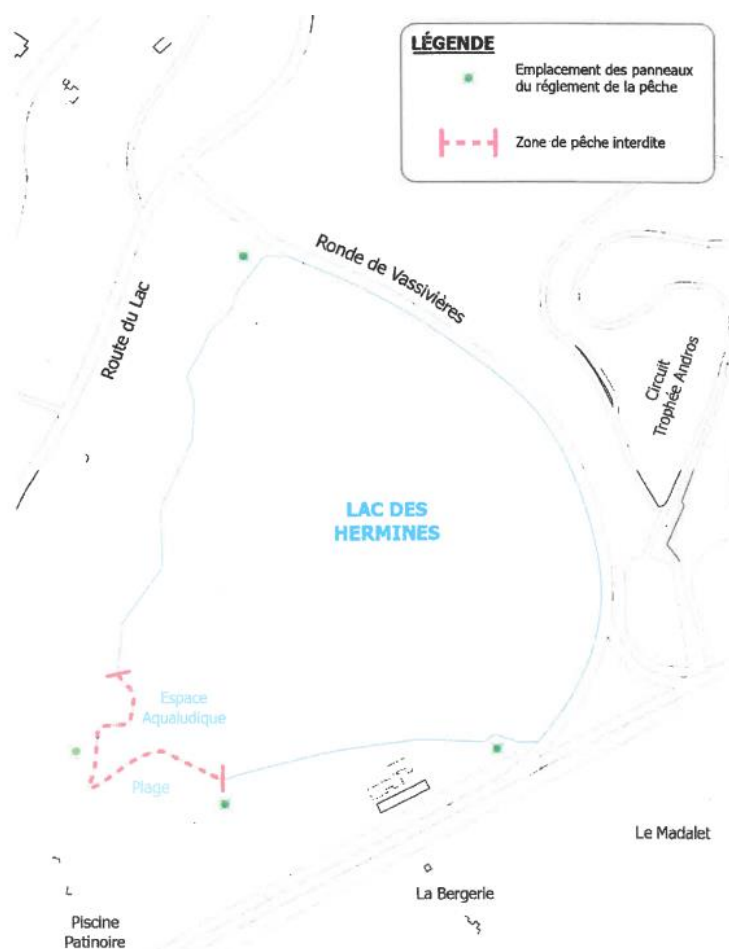


Figure 30 : Cartographie des zones interdites à la pêche sur le lac des Hermines (Source : Arrêté N°32-03-2022)

La pêche à l'asticot et aux larves de diptères est autorisée, en revanche, **la pêche aux œufs de poisson et l'amorçage sont interdits**.

La gendarmerie de Besse-et-Saint-Anastaise est en charge de faire respecter ce règlement. Parmi les espèces présentes, on retrouve des truites arc-en-ciel de la souche « Bouillouse » (deux packs de 400 kg de truites mélangées par an en avant saison (mars avril) et en cours (été), des vairons et des goujons. Lors de la pêche de récupération dans le cadre de la vidange en 2007, ont également été observés des rotengles, des perches, des brochets et des sandres (Source : Géonat). À noter, les ré-empoissonnements de truites n'ont pas été réalisés en 2021 et 2022.

10 CONTEXTE DEMOGRAPHIQUE ET ECONOMIQUE

L'étude de la population à l'échelle de la zone d'influence a pour but d'évaluer la pression induite sur la qualité des eaux de baignade notamment de manière indirecte via les rejets d'eaux usées, et de manière directe, via la fréquentation de la zone de baignade.

Deux communes sont présentes sur le bassin versant, dont Besse-et-Saint-Anastaise qui occupe la majorité du territoire. La surface occupée par la commune du Chambon-sur-Lac se cantonne à quelques parcelles non urbanisées sur les hauteurs du bassin versant.

Tableau 6 : Répartition surfacique communale sur le bassin versant du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement 2012)

	Surface (hectares) sur le bassin versant	Surface (%) sur le bassin versant
Besse et Saint-Anastaise	333.8	89.49
Chambon-sur-Lac	39.2	10.51

10.1 Population et habitat

➔ Echelle communale

Le nombre d'habitants sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise est de 1 497 en 2019 (recensement INSEE). Pour une superficie de presque 73 km², la densité moyenne est de 20,7 hab/km². Cette densité est largement inférieure à la densité moyenne du département du Puy-de-Dôme qui est de 83 hab/km² en 2020.

Tableau 7 : Caractéristiques démographiques de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)

Besse et Saint Anastaise	2019
Population	1497
Densité moyenne (hab/km ²)	20,7
Superficie (km ²)	72,38

La figure suivante présente l'évolution de la population de Besse-et-Saint-Anastaise de 1968 à 2019 selon les recensements de l'INSEE.

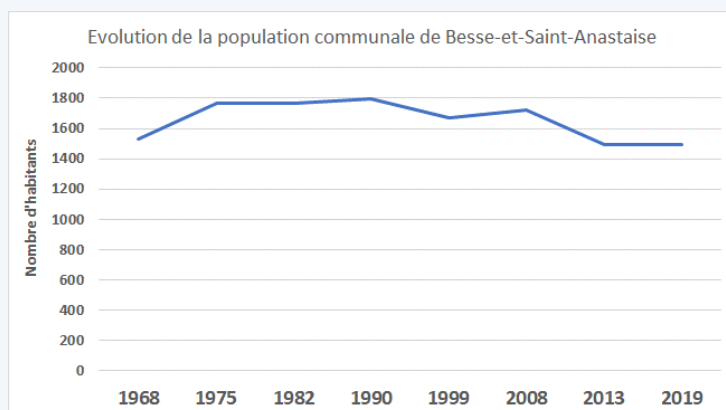


Figure 31 : Evolution de la population de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise depuis 1968 (Source : INSEE)

Globalement, on peut distinguer 2 périodes : la période de 1968 à 1990, où la population est en constante augmentation, puis la période 1990-2019, où le nombre d'habitants tend à diminuer de manière générale. **La tendance à la diminution du nombre d'habitants se confirme également sur les autres communes du secteur** (Tableau 8).

Tableau 8 : Statistiques démographiques sur les communes autour de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)

Communes	Nombre d'habitants permanents	
	1990	2019
Besse-et-Saint-Anastaise	1799	1497
La Bourboule	2113	1768
Le Chambon-sur-Lac	372	423
Chastreix	359	223
Picherande	491	318
Egliseneuve d'Entraigues	694	341
Le Mont-Dore	1975	1279
Murat-le-Quaire	435	483
Murol	606	580
Saint-Diéry	354	525
Saint-Nectaire	664	762
Saint-Victor-la-Rivière	199	252
TOTAL	10061	8451

10.2 Capacité d'accueil

Durant la saison estivale, la population peut se voir fortement augmentée suite à une fréquentation des campings, résidences secondaires, gîtes, ... Il en résulte une augmentation du risque potentiel de pollution de la zone de baignade, notamment en cas de mauvaise gestion des effluents domestiques.

→ Echelle communale

La Figure 32 représente la proportion des résidences principales, secondaires et des logements vacants en 2019 sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise. La Figure 33 en détaille l'évolution depuis 1968.

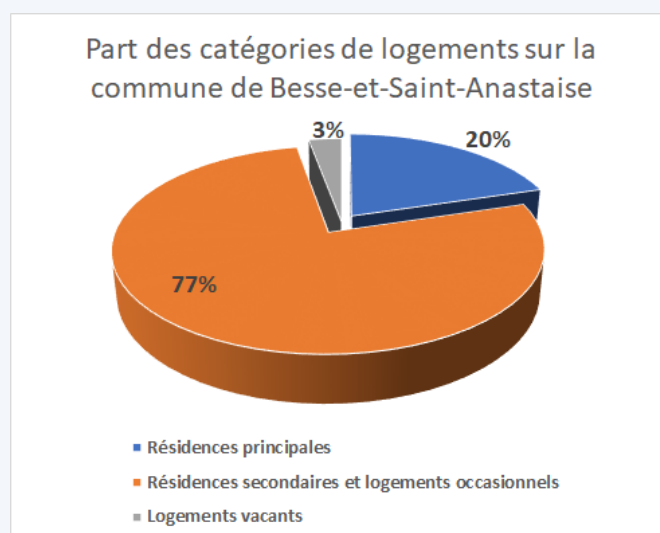


Figure 32: Répartition des logements sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)

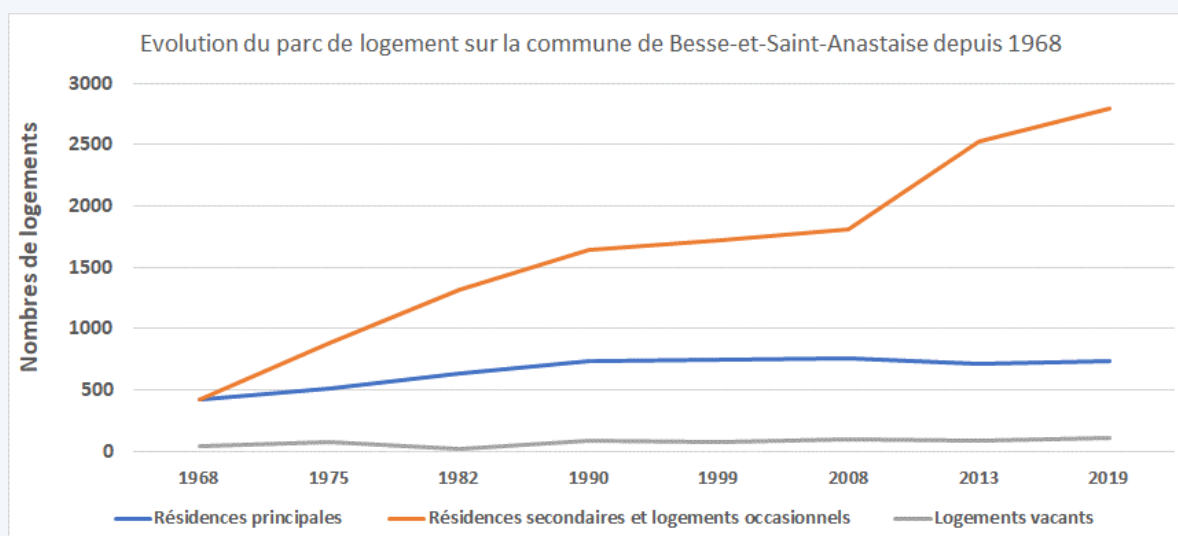


Figure 33 : Évolution du parc des logements de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise depuis 1968 (Source : INSEE)

Si la population permanente et les logements associés ont tendance à être stables ces dernières années, les logements secondaires voient leur nombre exploser depuis 2008. Aujourd'hui, les résidences secondaires constituent près de 80% du parc de logement communal.

➔ Echelle des zones d'influence

Entièrement dédié aux loisirs, le hameau de Super-Besse est situé en quasi-totalité sur la zone d'étude et constitue un village à lui tout seul. La capacité d'hébergement, sur la commune elle-même mais aussi sur les communes voisines est très importante. De nombreux hôtels, villages vacances et gîtes sont implantés. Si, à l'origine, la fréquentation touristique se concentrait essentiellement en période hivernale, la diversification des activités a entraîné une augmentation de l'attractivité du site en été.

Au total, la capacité d'accueil du secteur s'élève à 14 850 personnes (Tableau 9), dont les 2 tiers sont concentrés sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise.

Tableau 9 : Capacité d'accueil par commune sur le secteur (Source : www.sancy.com, www.camping-besse.com, INSEE)

	Meublés et gîtes		Camping & Village vacances		Hôtel		Chambre d'hôte		Résidences secondaires	
	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité	Nombre	Capacité
Besse-et-Saint-Anastaise	90	533	4	1319	11	708	6	52	2801	5602
Chastreix	20	133	0	0	0	0	1	28	205	410
Saint Victor la Rivière	16	117	0	0	1	12	0	0	118	236
Picherande	15	101	0	0	1	35	0	0	347	694
Egliseneuve d'Entraigues	2	14	0	0	1	50	1	10	221	442
Saint Nectaire	15	78	3	918	1	160	2	11	281	562
Murol	42	226	6	1401	3	94	1	3	290	580
Saint Diéry	20	126	0	0	0	0	0	0	97	194
Capacité d'accueil totale	14849									

La capacité d'accueil des estivants semble importante au regard de la population permanente. À cela s'ajoutant la population locale, la plage est donc susceptible d'être très fréquentée en été. Cette fréquentation constitue une source de pollution potentielle puisque l'Homme est un vecteur de contaminants fécaux. Les risques de contamination associés seront réévalués dans la phase 2 du présent profil.

11 ETUDE DE LA QUALITE DU MILIEU AQUATIQUE

11.1 Suivi réglementaire de la qualité des eaux de baignade

11.1.1 *Prérequis sur les méthodes d'évaluation de la qualité de l'eau de baignade*

Actuellement, la gestion des eaux de baignade est réglementée par la **Directive Européenne 2006/7/CE** du 15 février 2006, transposée en droit Français en septembre 2008. Celle-ci modifie et remplace la **Directive 76/160/CEE**. Son entrée en vigueur s'est faite de manière progressive de 2008 à 2015, en raison des évolutions du mode de calcul de la qualité de l'eau. **Depuis la saison 2013, l'évaluation de la qualité de l'eau de baignade se fait sur la base des analyses bactériologiques d'*Escherichia coli* et Entérocoques intestinaux¹.**

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

Tableau 10 : Evaluation de la qualité microbiologique d'un prélèvement instantané selon la note d'information DGS/EA/2014/166 du 23 mai 2014

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

La fréquence des analyses est fixée par l'élaboration d'un **calendrier de surveillance** sur une base de 4 prélèvements au minimum par saison, dont la **planification reste à la charge des Agences Régionales de Santé**. L'évaluation de la qualité de l'eau de baignade repose sur une **analyse statistique** de l'ensemble des résultats collectés sur une baignade, non seulement pour l'année en cours mais également sur les trois dernières saisons balnéaires (**soit 4 années consécutives de données bactériologiques**). La moyenne, mais aussi l'écart type de l'ensemble des dénombrements sont pris en considération.

De fortes amplitudes dans les dénombrements peuvent être lissées (si elles sont exceptionnelles), ou alors déclasser l'eau de baignade si elles sont fréquentes

¹ Les *Escherichia coli* et les Entérocoques Intestinaux sont des germes témoins de contamination fécale, habituellement absent dans le milieu naturel. Ils constituent ainsi des indicateurs du niveau de pollution par des eaux usées, ou des effluents d'élevage, et traduisent la probabilité de présence de germes pathogènes. Plus ces germes sont présents en quantité importante, plus le risque sanitaire augmente.

(augmentation de l'écart type). Cette méthode d'évaluation aboutit à l'obtention de 4 classes de qualité (Figure 34).

Comme le montre le tableau, pour les classes de **qualité « bonne » et « excellente »**, le calcul se fait par une évaluation au **95^{ème} percentile** de la fonction normale de densité de probabilité log10 des données microbiologiques. L'hypothèse est faite que les résultats obtenus au cours des quatre années suivent une loi statistique appelée loi "log normale". Le 95^{ème} percentile est la valeur à laquelle 95% des données (résultats d'analyses microbiologiques) sont inférieures.

Figure 34 : Classe de qualité des eaux de baignades intérieures selon la directive 2006/7/CE (Source : www.baignade.sante.gouv.fr)

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

L'ensemble des zones de baignade doivent présenter une qualité de l'eau *a minima* « suffisante » pour permettre la pérennisation de l'activité.

La Directive 76/160/CEE a été abrogée le 31 décembre 2014, elle ne sera pas détaillée dans le présent rapport. L'évaluation de la qualité des eaux de baignade est actuellement cadrée par la Directive 2006/7/CE. Le premier classement officiel a été établi en 2013.

Il est important de noter que la méthode de calcul intègre, non seulement la moyenne des résultats, mais aussi leur écart type, c'est-à-dire la dispersion des résultats par rapport à la moyenne. Ainsi, un seul événement important de pollution peut entraîner un déclassement, *via* le calcul de l'écart type, non seulement l'année en cours, mais également les trois années suivantes.

11.1.2 Historique de la qualité bactériologique de l'eau de baignade

Les données d'analyse de surveillance sont fournies par l'ARS Auvergne, délégation du Puy de Dôme concernant la qualité microbiologique de l'eau de baignade sur le plan d'eau. Elles sont répertoriées depuis 1995.

Depuis cette date, **138 analyses ont été réalisées sur la zone de baignade**, à raison de 5 à 7 analyses par saison, dont une en juin, en amont de l'ouverture de la saison balnéaire. Il est à noter que la baignade a été fermée de la saison 2002 à 2006 incluse, pour des raisons de sécurité, la mairie considérant comme dangereux les débits d'eau importants arrivant à proximité de la zone de baignade (arrêté municipal du 1^{er} juillet 2002). Les chroniques bactériologiques complètes sur la baignade, soit entre 1995 et 2022, sont présentées en ANNEXE 3. **Dans la suite de ce paragraphe, seules seront évoquées les analyses réalisées depuis 2010.** Les données de la saison estivale 2023 ont été ajoutées *a posteriori* dans l'ANNEXE 4.

11.1.2.1 Chroniques bactériologiques brutes

Les résultats des analyses bactériologiques sur la baignade du lac des Hermines sont présentés dans la Figure 35 et la Figure 36.

Les contaminations bactériologiques sur le lac des Hermines ne sont pas rares, d'autant plus concernant le paramètre *E. coli* pour lequel une vingtaine de dépassement du seuil de « bonne qualité » a été observée ces 12 dernières années. Un pic de 3 400 UFC/100 ml a même été enregistré en juillet 2014. À noter que cette valeur n'a pas été associée à un pic simultané d'*Entérocoques Intestinaux* (concentration = 61 UFC/100 ml).

Bien que ces contaminations restent ponctuelles, elles laissent supposer une certaine vulnérabilité de la plage. Les mesures de gestion présentées en phase 3 définissent des indicateurs de pollution permettant d'anticiper ces pollutions éventuelles.

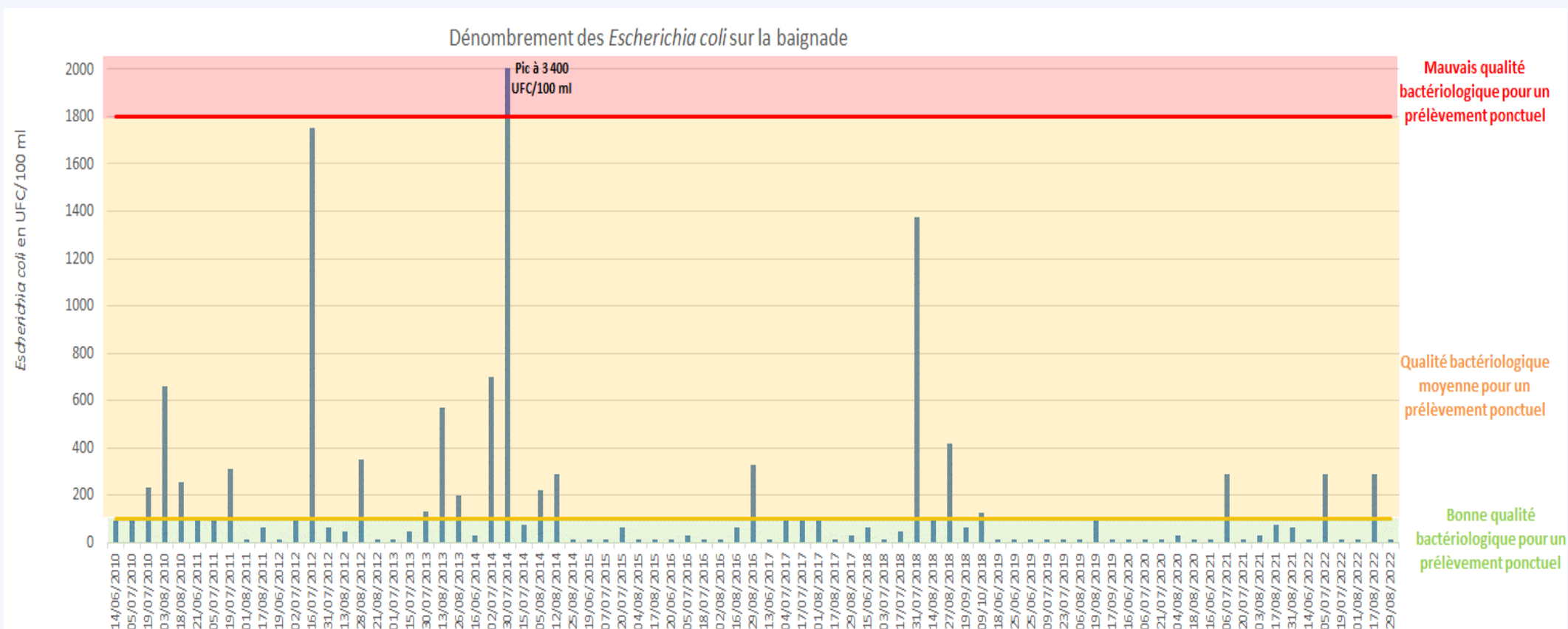


Figure 35 : Résultats des analyses d'*Escherichia coli* sur la baignade entre 2010 et 2022 (Source : ARS 63)

Dénombrement des Entérocoques Intestinaux sur la baignade

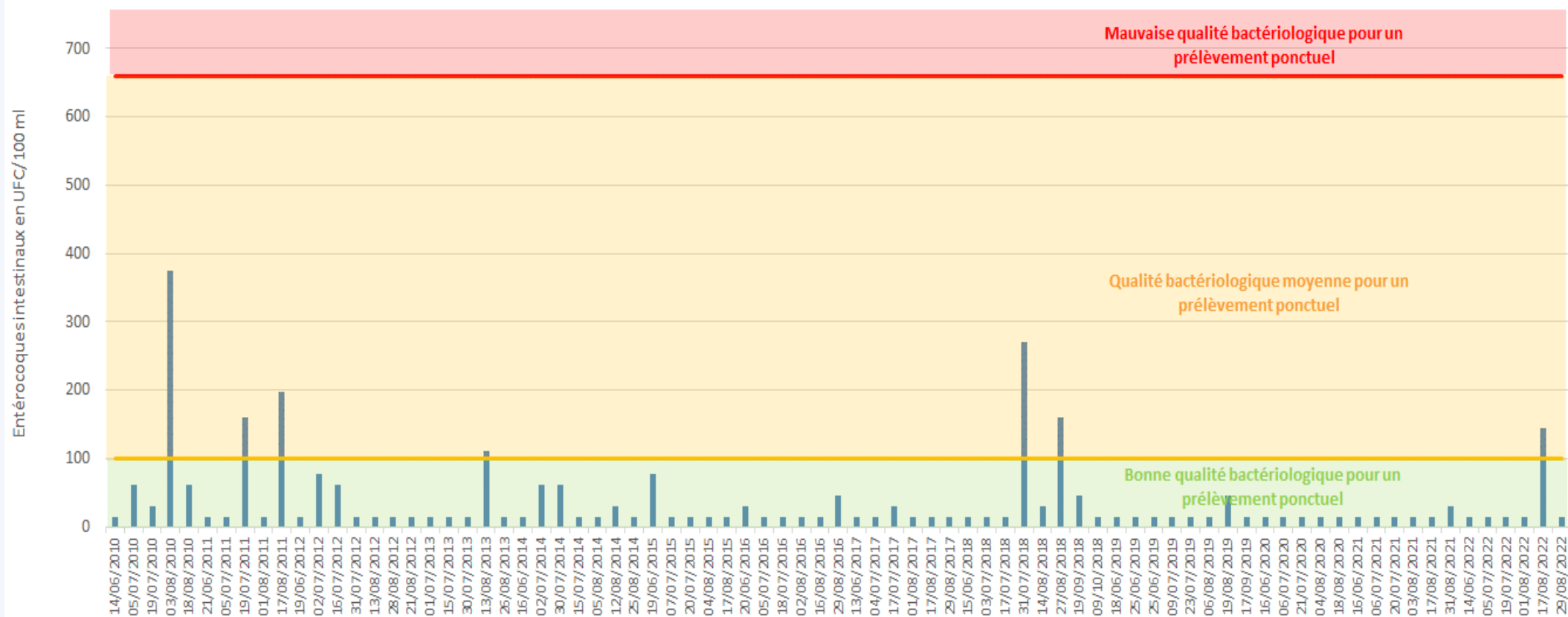


Figure 36 : Résultats des analyses d'Entérocoques intestinaux sur la baignade entre 2010 et 2022 (Source : ARS 63)

11.1.2.2 Interprétation et classement annuel de la qualité de l'eau de baignade

Le classement de la qualité de l'eau de baignade selon la Directive 2006/7/CE est présenté dans le tableau suivant. Le calcul des percentiles ayant conduit à ce classement est présenté dans la figure suivante.

Figure 37 : Classement de la qualité de l'eau de baignade sur le lac des Hermines (Source : ARS 63)



La qualité de l'eau de baignade sur le lac des Hermines est fluctuante. Des contaminations bactériologiques conséquentes en 2012 puis en 2014 sont responsables d'un déclassement de la qualité en « catégorie suffisante ». Cependant, depuis 2018 une nette amélioration est visible. Aussi, la baignade est classée en « excellente qualité » depuis 5 années consécutives.

La Figure 38 présente l'évolution des **95^{ème} percentiles pour le paramètre *E. coli* et Entérocoques intestinaux (E.I)**. Ces valeurs sont **une intégration des dénombrements de quatre saisons balnéaires consécutives**. De ce fait, ce classement permet de mieux interpréter l'évolution de la qualité de l'eau au cours du temps.

Les pics bactériologiques observés en 2012 et 2014 sont responsables d'une augmentation importante des percentiles 95 pour le paramètre *E. coli* ces 2 années-là, dépassant la limite supérieure de bonne qualité. Depuis les percentiles ont fortement diminué puis se sont stabilisés autour de 300, en dessous de la limite supérieure de « qualité excellente ».

Les percentiles 95 pour le paramètre Entérocoques suivent la même dynamique même si les valeurs maximales sont moins conséquentes que pour *E. coli*.

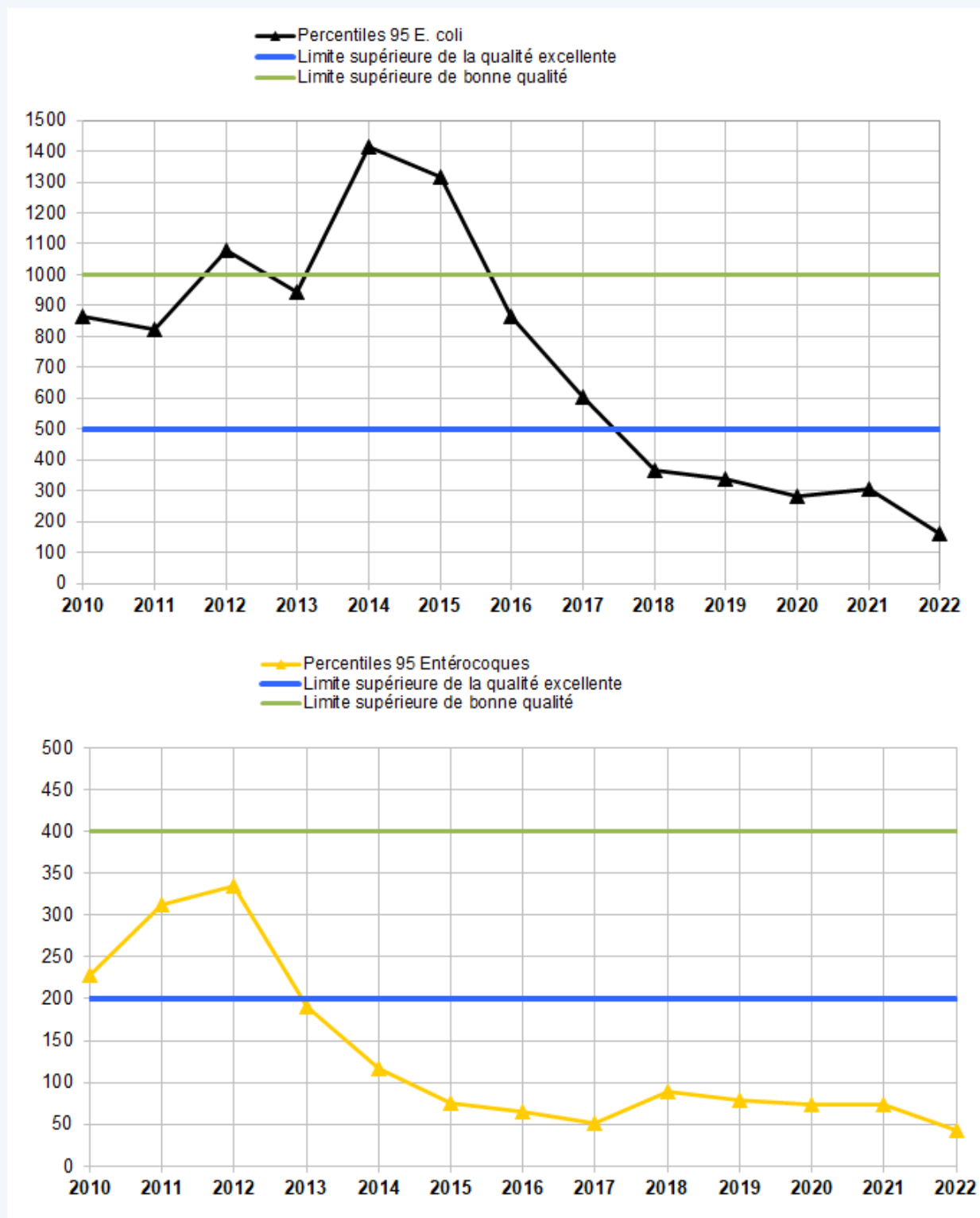


Figure 38 : Evolution des 95ème percentiles pour les paramètres *Escherichia coli* et *Entérocoques intestinaux*
(Source : ARS 63)

Pour les années pour lesquelles les valeurs des 95èmes percentiles dépassent la limite supérieure de bonne qualité, le classement de la qualité d'eau de baignade est défini en fonction des percentiles 90, qui sont présentés dans la figure suivante pour le paramètre *E. coli* uniquement.

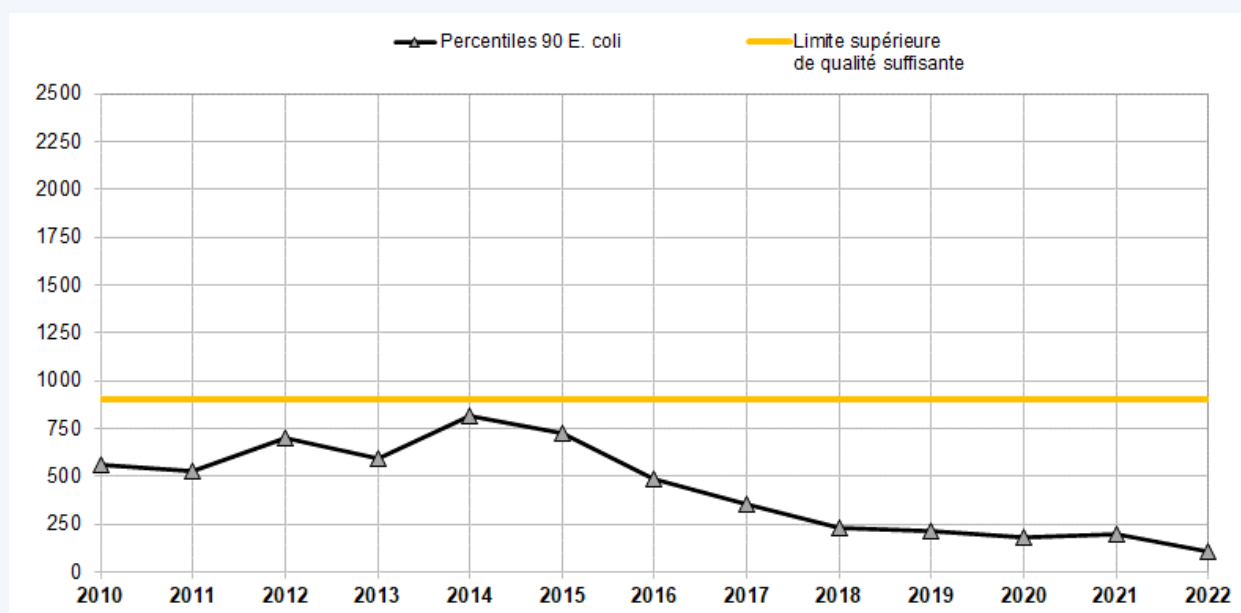


Figure 39 : Evolution des 90ème percentiles pour le paramètre Escherichia coli (Source : ARS 63)

Le percentile 90 n'a jamais dépassé la limite supérieure de qualité suffisante. La baignade n'a donc pas été déclassée en qualité insuffisante malgré les contaminations bactériologiques, notamment celle de 2014 qui a été la plus conséquente.

11.1.2.3 *Tendance et évolution de la qualité de l'eau de baignade*

Dans le cadre du profil baignade initial, des prévisions de classement de la qualité d'eau selon différentes hypothèses (optimistes, pessimistes et maintien) avaient été réalisées. Ces prévisions sont rappelées dans le Tableau 11.

Finalement, le scénario de maintien s'est révélé être le plus réaliste, avec un classement de la baignade en 2014 et 2015, en qualité « suffisante ».

Tableau 11 : Scénarios émis en 2013 pour les classements et tendances de qualité d'eau sur la plage (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Scénarios	Données	2014	2015
Optimiste	2014 et 2015 = 1998	BON	EXC
Pessimiste	2014 et 2015 = 2000	INS	INS
Maintien	2014 et 2015 = 2012	SUF	SUF

Malgré des épisodes ponctuels de contamination en 2012 et 2014, la qualité semble nettement s'améliorer ces dernières années. Toutefois, les analyses mettent en évidence en 2022, un certain « bruit de fond » bactériologique avec des dépassements des seuils de « bonne qualité » ponctuels. Bien que ces concentrations bactériologiques restent contenues, il convient de voir dans quelle mesure, elles sont susceptibles d'impacter le classement de la

qualité bactériologique dans les années à venir. Des nouvelles simulations de classements de la qualité de l'eau ont donc été réalisées (Tableau 12).

Tableau 12: Scénarios pour les futurs classements de la baignade pour les 4 prochaines années (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Scénarios	Année de référence	2023	2024	2025	2026
Optimiste	2021				
Pessimiste	2018				
Maintien	2022				



Qualité « Excellente »



Qualité « Bonne »

Les différents scénarios testés ont été les suivants :

- **Scénario pessimiste** = répétition des chroniques bactériologiques de 2018 pour les 4 prochaines années, incluant chaque année un pic similaire à celui du 31 juillet 2018 (1 372 *E. coli*/100 ml). **Ce scénario aboutit à un déclassement de la qualité d'eau de baignade en catégorie « bonne » à partir de 2024.**
- **Scénario optimiste** = répétition des chroniques bactériologiques de 2021 (année avec les concentrations bactériologiques les plus faibles) pour les 4 prochaines années. **Ce scénario prévoit un maintien de la qualité d'eau en catégorie « excellente ».**
- **Scénario de maintien** = répétition des chroniques bactériologiques de 2022 pour les 4 prochaines années. **Dans ce cas, la qualité de l'eau de baignade restera « excellente ».**

Le pic bactériologique important observé en juillet 2018 peut entraîner une dégradation du classement de la qualité d'eau, s'il se répète au cours des 4 prochaines années. Toutefois, la qualité resterait « bonne » et donc conforme pour un usage baignade.

11.1.3 Transparence de l'eau

La transparence de l'eau a été un critère d'évaluation de la qualité d'eau selon la Directive 76/160/CEE. Même si à ce jour, elle n'est plus intégrée dans le classement de la qualité de l'eau selon la Directive 2006/7/CE, elle reste tout de même un facteur important à évaluer. Elle peut traduire une quantité de matière en suspension importante dans l'eau ou témoigner de proliférations algales. Une faible transparence de l'eau peut engendrer des risques pour les baigneurs (mauvaise visibilité). La transparence est mesurée sur la zone de baignade à l'aide d'un disque de Secchi.

La figure suivante présente la répartition des mesures de transparence sur la baignade depuis 1997. Sur 153 mesures effectuées, 57 % ont révélé une transparence supérieure à 1 m. Seules 5 % des mesures ont été inférieures à 0,5 m.

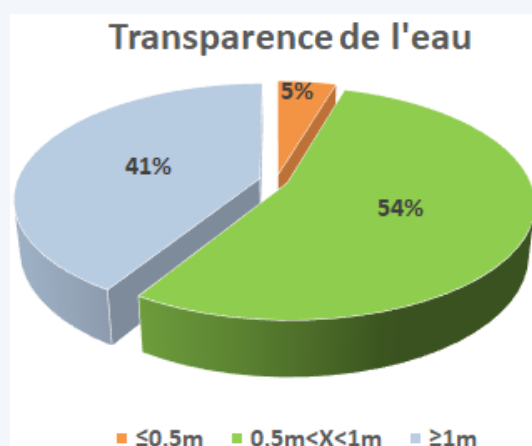


Figure 40 : Répartition des mesures de transparence de l'eau réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire sur la plage sur la période 1997-2022 (Source : ARS 63)

En comparaison avec les données du profil baignade initial, les pourcentages par catégorie de transparence ont été calculés pour 2 périodes différentes : 1997 à 2013 (données disponibles dans le profil baignade initial) et 2014-2022. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Evolution de la transparence sur le lac des Hermines (Source : ARS 63)

Catégorie de transparence	% pour la période 1997_2013	% pour la période 2014-2022
≤ 0,5 m	1	7
0,5 m < X < 1 m	29	52
≥ 1 m	70	41
Nombre de mesure	70	83

La transparence de l'eau ne pose pas de problème particulier sur le lac des Hermines. Toutefois, il est observé une tendance à la baisse de transparence ces dernières années, certainement à mettre en lien avec les épisodes de proliférations de cyanobactéries.

11.1.4 Episodes de prolifération phytoplanctonique

L'article 8 de la Directive 2006/7/CE aborde la notion de risques liés aux cyanobactéries et indique que :

- ✓ « Lorsque le profil des eaux de baignade indique un risque potentiel de prolifération de cyanobactéries, une surveillance appropriée est effectuée pour permettre d'identifier en temps utile les risques sanitaires.
- ✓ En cas de prolifération de cyanobactéries et lorsqu'un risque sanitaire a été identifié ou est présumé, des mesures de gestion adéquates sont prises immédiatement afin de prévenir l'exposition, y compris des mesures pour informer le public ».

En ce qui concerne le phytoplancton et les macro-algues, l'article 9.1 conseille :

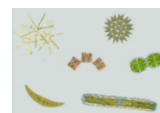
« Lorsque le profil des eaux de baignade indique une tendance à la prolifération de macro-algues et/ou de phytoplancton, des enquêtes sont menées pour déterminer si leur présence est acceptable et pour identifier les risques sanitaires ; des mesures de gestion adéquates sont prises, y compris des mesures pour informer le public ».

Dans le cadre de la Directive 2006/7/CE du 15 février 2006 concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade européenne, les problématiques liées aux producteurs primaires présents dans la zone d'étude seront abordées dans les paragraphes suivants.

Les organismes photosynthétiques regroupent l'ensemble des espèces capables de réaliser la photosynthèse (production de matière organique à partir de matières minérales grâce à la lumière). Il s'agit du **phytoplancton**, présent dans l'ensemble des eaux superficielles de la planète, et à la base des réseaux trophiques (chaînes alimentaires), des **végétaux aquatiques (macro-algues)**, mais aussi de bactéries dotées de matériel cellulaire leur permettant de réaliser la photosynthèse : **les cyanobactéries**. La diversité, la spécificité et l'abondance des communautés phytoplanctoniques dans un milieu aquatique sont dépendantes du niveau trophique. Un plan d'eau riche en nutriments (eutrophe), favorisera le développement de phytoplancton. L'eutrophisation est un phénomène naturel qui conduit inexorablement, mais à l'échelle des temps géologiques (des milliers d'années), à la disparition des lacs. Cette évolution peut-être considérablement accélérée par les activités humaines.

Le développement de ces organismes est donc à surveiller car ils peuvent être la source de **nuisances pour les activités de loisirs** :

- Le phytoplancton, lorsqu'il se développe de façon importante, **colore l'eau et diminue sa transparence**, la rendant peu attractive, et dangereuse pour la baignade (mauvaise visibilité).
- Les cyanobactéries constituent un **risque sanitaire avéré**, en raison de leurs facultés à **produire des toxines**.
- Les macro-algues **perturbent les activités de façon physique** (fréquentation de la plage difficile, mauvaise visibilité, glissade, ...).



Le suivi actuel de l'ARS Auvergne-Rhône-Alpes, délégation du Puy-de-Dôme est exclusivement basé sur l'identification des cyanobactéries pélagiques. Les autres espèces phytoplanctoniques ne sont pas dénombrées.

La présence de phytoplancton dans le milieu aquatique est naturelle, le risque sanitaire apparaît lors de la prolifération d'organismes capables de produire des toxines, comme les cyanobactéries.

11.1.4.1 *Pré-requis sur les cyanobactéries*

11.1.4.1.1 Qu'est-ce qu'une cyanobactérie ?

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

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

La structure cellulaire est similaire à celle des bactéries et caractérisée en particulier par l'absence de noyau et d'organites intracellulaires.

Comme les algues, la plupart des cyanobactéries des eaux continentales possèdent de la chlorophylle *a*. Elles renferment généralement, comme autres pigments photosynthétiques, des phycobiliprotéines et réalisent une photosynthèse productrice d'oxygène en utilisant l'eau comme donneur d'électrons.

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

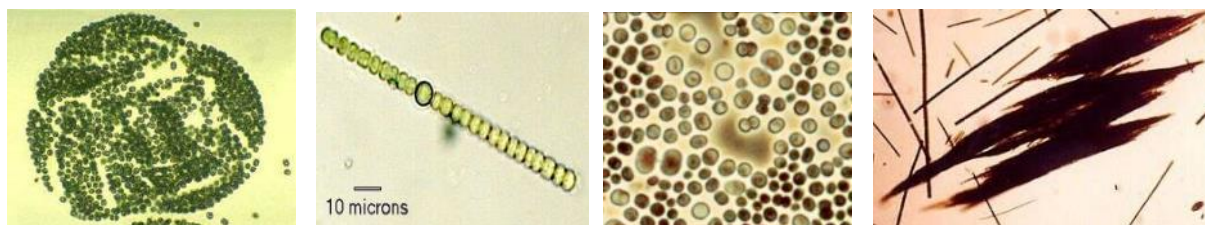


Figure 41 : Photographies de cyanobactéries, au microscope inversé – de gauche à droite : Microcystis sp ; Anabaena sp. (x400) ; Microcystis aeruginosa (x 1000) ; Aphanizomenon flos-aquae(x100) (Source : www-cyanosite.bio.purdue.edu/)



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



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



Développements de cyanobactéries sur la retenue de Villereest (42)

Figure 42 : Photographies de blooms de cyanobactéries (Source : BRL 42, ATHOS Environnement)

11.1.4.1.2 Pourquoi peuvent-elles se développer si abondamment ?

Les organismes photosynthétiques produisent de la matière organique grâce à la photosynthèse. L'équation générale de ce processus indique que globalement, cinq éléments principaux sont indispensables à la constitution de matériel cellulaire : le carbone (C), l'azote (N), l'hydrogène (H), le phosphore (P) et l'oxygène (O). Carbone, oxygène et hydrogène sont toujours disponibles en quantité largement suffisante dans les milieux aquatiques, pour ne pas induire une limitation de l'activité métabolique du phytoplancton. Il n'en va pas de même pour **l'azote et le phosphore**.

En l'absence de toute activité humaine, les apports sont, dans la majorité des cas, proportionnellement plus riches en N qu'en P, en raison de la faible abondance de cet élément dans le milieu. **Le phosphore (P) constitue donc le facteur limitant majoritaire au développement phytoplanctonique.**

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

Lorsque l'azote devient limitant pour la majorité des espèces phytoplanctoniques, certaines cyanobactéries peuvent utiliser l'azote atmosphérique dissous dans l'eau grâce à des cellules spécialisées.

Il s'agit d'une des nombreuses particularités d'adaptations qui caractérisent les cyanobactéries. Ces adaptations leur permettent :

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

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

11.1.4.1.3 Cycle de vie des cyanobactéries pélagiques

Les cyanobactéries possèdent un cycle de développement annuel : à la fin de la période estivale quand les conditions environnementales deviennent plus contraignantes, elles ont la capacité à entrer en dormance dans le sédiment.

Cette persistance est rendue possible par 2 types de stratégie :

- Soit par l'intermédiaire de colonies (ordre des *Chroococcales* (cyanobactéries coloniales)),
- Soit par l'intermédiaire de cellules de résistance ou akinètes (ordre de *Nostocales* (cyanobactéries filamenteuses)).

Ces cellules sont ensuite capables au printemps d'inoculer la masse d'eau et initier une nouvelle prolifération estivale de cyanobactéries.

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

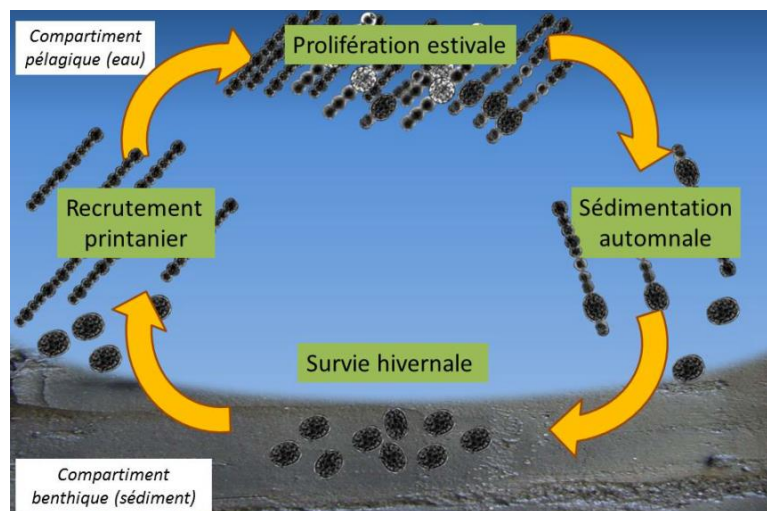


Figure 43 : Cycle de vie de certaines cyanobactéries entre masse d'eau et sédiments (Source : ATHOS Environnement, Thèse Benjamin LEGRAND)

11.1.4.1.4 Production de cyanotoxines

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

- **Les neurotoxines** (anatoxines, saxitoxines, méthylamino-L-alanine) agissent sur le système nerveux et musculaire. Elles agissent sur les muscles respiratoires, créent une fatigue excessive, des crampes. Dans les cas les plus graves, elles peuvent provoquer des paralysies et des mortalités.
- **Les dermatoxines** (aplysiatoxines, debromoaplysiatoxines, lyngbyatoxine-a) provoquent l'irritation des tissus de la peau et des yeux. Elles ont été identifiées dans

les eaux marines. Les voies principales de contamination sont le contact et l'ingestion lors de baignades et de sports aquatiques. Ces toxines sont à l'origine des « démangeaisons du baigneur ».

- **Les hépatotoxines** (microcystines, nodularines, cylindrospermopsines) agissent sur le foie et autres organes de digestion. Elles sont à l'origine de maux d'estomac, de troubles intestinaux et hépatiques.
- **Les lipopolysaccharides** (LPS) constitutifs de la paroi cellulaire sont présents dans toutes les espèces de cyanobactéries. Ils pourraient également être responsables d'effets gastro-intestinaux en cas d'ingestion ainsi que d'irritation et d'inflammation des voies aériennes supérieures, (Blais 2002).

Modalités d'exposition lors de la baignade :

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

Les toxines sont principalement produites à la mort des cellules (suite au vieillissement naturel ou à un traitement physique ou chimique). Certaines cyanotoxines peuvent persister plusieurs jours dans l'eau. Ainsi, la baignade et autres activités aquatiques peuvent conduire à l'ingestion involontaire d'eau contaminée. Il est à noter que les toxines peuvent être produites par des cyanobactéries pélagiques comme benthiques.

11.1.4.2 **Réglementation en lien avec les cyanobactéries**

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

11.1.4.2.1 Circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003

*Un avis a été émis par le CSHPF le 6 mai 2003 concernant les mesures de gestion à mettre en œuvre dans le cadre de la problématique cyanobactérie. **La circulaire DGS/SD 7 A n°2003-270 du 4 juin 2003 relative aux modalités d'évaluation et de gestion des risques sanitaires face à des situations de prolifération de micro-algues (cyanobactéries) dans des eaux de zones de baignade et de loisirs nautiques**, demande aux préfets de région et de département (par l'intermédiaire des ARS) de s'assurer de la mise en œuvre homogène à l'échelle départementale, des dispositions émises dans l'avis du CSHPF.*

Jusqu'au 31 août 2013, la surveillance sanitaire effectuée par l'ARS Auvergne-Rhône-Alpes, délégation du Puy-de-Dôme était basée sur les recommandations de cette circulaire.

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

Les comptages sont réalisés selon la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton (méthode Uthermöhl). À l'issue d'une analyse, une fiche « alerte » correspondant au seuil retenu, est fournie par l'ARS et transmise au gestionnaire dans le but d'informer le public sur la zone de baignade. Ces fiches résument le risque associé et les recommandations sanitaires en découlant.

L'ARS réalise un prélèvement au début de la saison balnéaire (début juillet). Si ce prélèvement révèle une concentration en cyanobactérie :

- ➔ inférieure à 20 000 cell.ml⁻¹, un dénombrement est réalisé 15 jours après.
- ➔ supérieure à 20 000 cell.ml⁻¹ (mais inférieure à 100 000 cell.ml⁻¹), les dénombrements sont réalisés toutes les semaines.
- ➔ supérieure à 100 000 cell.ml⁻¹, les prélèvements sont reconduits toutes les semaines.

Des dosages de toxine peuvent être déclenchés selon les recommandations du laboratoire en charge des dénombrements.

La figure suivante résume les différents **seuils** déterminés par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), **correspondants aux niveaux d'alerte** à déclencher en cas de présence de cyanobactéries. Les mesures de gestion mises en œuvre par l'ARS Auvergne-Rhône-Alpes, délégation du Puy-de-Dôme, dépendantes du nombre de cellules cyanobactériennes et/ou de la concentration en toxine y sont présentées.

Figure 44 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003
(Source : ATHOS Environnement, ARS Auvergne)

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

11.1.4.2.2 Circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014

Cette circulaire, mise en place à partir de **la saison estivale 2014** modifie les modalités de contrôle des cyanobactéries et notamment les seuils d'alerte, qui sont non plus basés sur **l'abondance totale en cyanobactéries** mais sur **l'abondance en cellules toxigènes**. En effet, **seuls certains genres de cyanobactéries sont considérés comme producteurs de toxines** (Tableau 14).

Tableau 14 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques (Source : AFSSET, juillet 2006)

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

Dans le département du Puy-de-Dôme, de l'année 2014 à 2016, le seuil de fermeture de la baignade était basé sur 50 000 cellules toxigènes/ml. À partir de 2016, ce seuil a été augmenté à 100 000 cellules toxigènes/ml.

Les seuils appliqués, en fonction des années, en cas de présence de cyanobactéries toxigènes sont présentés dans les tableaux suivants.

Figure 45 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014 et DGS/EA4/2015/181 du 2 juin 2015 – Version appliquée de 2014 à 2016 (Source : ARS Auvergne Rhône-Alpes)

Niveau	Cellules toxigènes / ml	Gestion	Dénombrement des cyanobactéries
Ia	20 000	Activité normale	Bimensuel
Ib			Hebdomadaire + recherche de toxines hebdomadaire
IIa [toxines] < 13 µg/l	50 000	Interdiction de la baignade	Hebdomadaire + recherche de toxines hebdomadaire
IIb [toxines] > 13 µg/l		Interdiction de la baignade et de tout autre loisir nautique – prévenir tout contact de personnes et animaux avec l'eau	Hebdomadaire + recherche de toxines au moins bi-mensuelle
III Formation d'écumes de cyanobactéries			

Figure 46 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014 et DGS/EA4/2015/181 du 2 juin 2015 – Version appliquée de 2017 à 2021 (Source : ARS Auvergne Rhône-Alpes)

NIVEAU	CYANOBACTERIES TOXINOGENES (Cellules / ml)	MICRO- CYSTINES (µg/l)	GESTION		SUIVI
Ia	20 000	13	Surveillance journalière (1) Information du public et de l'ARS	Activité normale	Suivi cyanos Bimensuel
Ib				Activité normale Surveillance renforcée	Suivi cyanos + microcystines Hebdomadaire
IIa	100 000 ou bloom			Interdiction de la baignade et des loisirs nautiques à risques en fonction des observations terrain Autorisation des autres loisirs nautiques (2) Interdiction de consommation des poissons	Suivi cyanos + microcystines Hebdomadaire
IIb				Interdiction de la baignade et de tous loisirs nautiques Interdiction de consommation des poissons Prévenir tout contact de personnes et animaux avec l'eau	Suivi cyanos + microcystines Hebdomadaire

(1) Surveillance : transparence, changement de coloration, irisation, signalements du public, autres paramètres.

(2) Dans le cadre d'une pratique respectant les consignes suivantes : ne pas boire l'eau, ne pas toucher l'eau, ne pas se pencher, adapter les activités en cas de vent pour éviter le chavirement (réduction de la surface des voiles...)

Loisirs nautiques à risque d'exposition à l'eau élevé, par ingestion ou par contact (non exhaustif) : paddle, planche à voile, loisirs nautiques tractés...

Loisirs nautiques à risque d'exposition à l'eau faible, dans le cadre d'une pratique respectant les consignes (non exhaustif) : canotage, catamarans, optimistes, pédalos...

Les consignes seront très clairement expliquées avant l'activité.

11.1.4.2.3 Instruction DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022

Suite à la problématique grandissante que représentent les cyanobactéries et aux nombreux biais méthodologiques liés au suivi sanitaire actuellement mis en œuvre, **l'ANSES a été saisie en 2016 pour réévaluer les risques associés à ces organismes et proposer une actualisation du suivi de leur développement sur les baignades**. La saisine 2016-SA-0165 – 2015-SA-0207 a été publiée en mai 2020 et présente les propositions du groupe de travail.

Les instructions DGS/EA4/EA3/2021/76 de 2021 et DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022 se basent ainsi sur ces propositions.

Parmi les principaux changements, sont observés :

- La réalisation d'un **dosage de chlorophylle-a** sur la baignade, en début de saison. Ce pigment universel, associé à la photosynthèse, est retrouvé chez les cyanobactéries mais également chez tous les groupes phytoplanctoniques (algues vertes, diatomées...).
- Un dénombrement des cyanobactéries, avec retranscription des résultats non plus en nombre de cellules/ml mais en **biovolume** (mm^3/L), permettant une meilleure représentativité du risque associé (**pondération du risque associé aux cellules de très petite taille**),
- Une **modification de la liste des cyanobactéries potentiellement toxiques** (avec, entre autres, retrait d'*Aphanothece*, *Synechococcus*, *Coelospharium* et *Chroococcus* ; intégration d'*Aphanocapsa*, *Merismopedia* et *Limnothrix*). **La nouvelle liste des cyanobactéries potentiellement toxigènes est présentée dans la Figure 47.**
- Une **analyse des différentes cyanotoxines**, incluant non seulement la microcystine mais également la cylindrospermopsine, l'anatoxine et la saxitoxine *via* des tests ELISA.

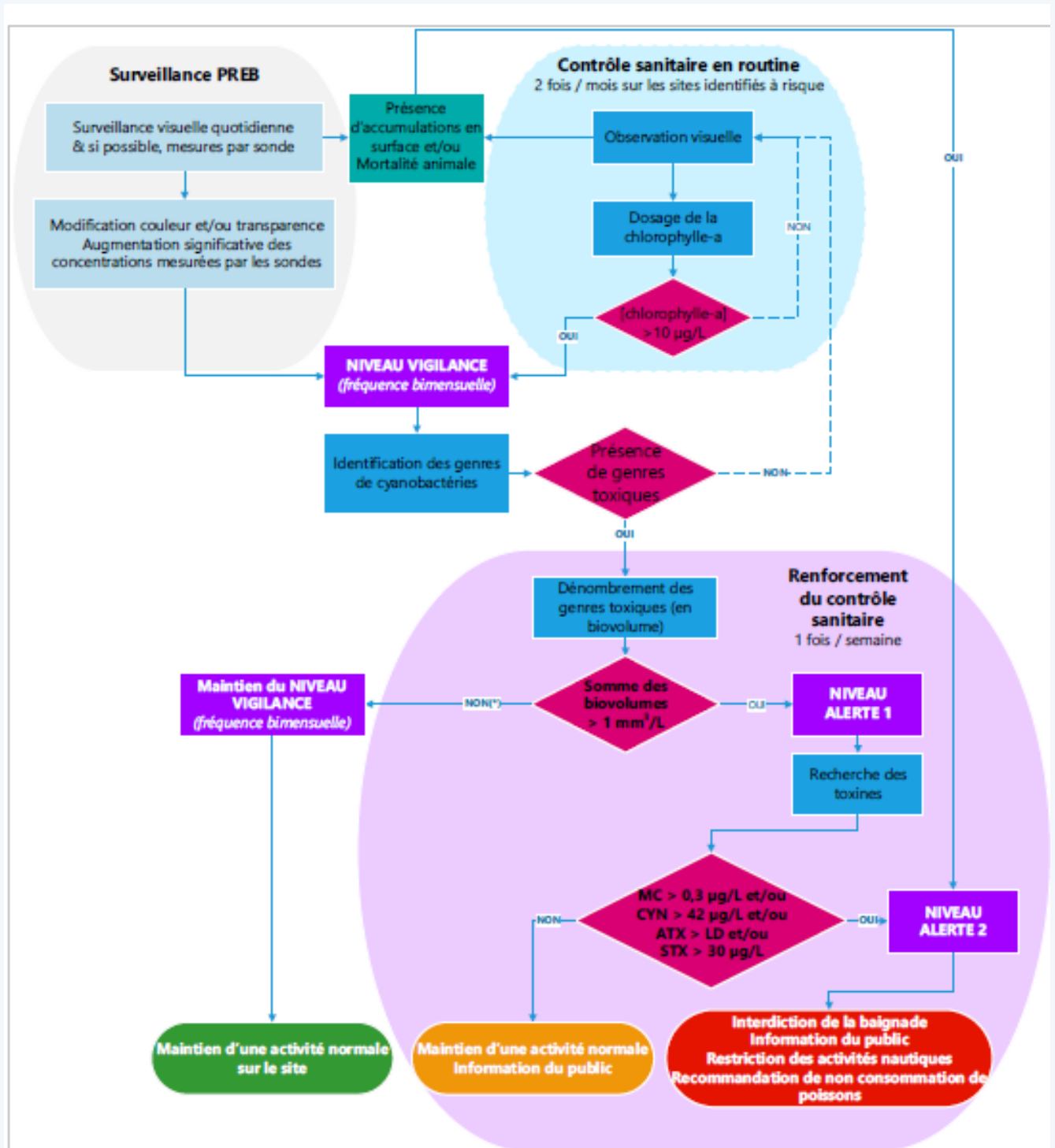
Le diagramme de gestion proposé est détaillé dans la Figure 48.

Cette nouvelle réglementation a été appliquée dès la saison estivale 2022. Il est à noter que l'année 2021 a toutefois été considérée comme une année de transition entre l'application de la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014 et les préconisations de l'ANSES. Aussi, le changement de la liste des cyanobactéries toxigènes a été réglementairement intégré dès le début de la saison 2021.

Il est à noter qu'actuellement, bien que les cyanobactéries soient intégrées dans le cadre du suivi sanitaire et peuvent être responsables de fermeture de baignade, les résultats ne sont pas intégrés au classement final de la qualité de l'eau.

Figure 47 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques remise à jour en 2020 (Source : ANSES, 2020)

Genres cyanobactériens potentiellement toxiques
<i>Anabaena</i>
<i>Anabaenopsis</i>
<i>Annamia</i>
<i>Aphanizomenon</i>
<i>Aphanocapsa</i>
<i>Calothrix</i>
<i>Chrysosporum</i>
<i>Cuspidothrix</i>
<i>Cylindrospermopsis</i>
<i>Cylindrospermum</i>
<i>Dolichospermum (Anabaena)</i>
<i>Fischerella</i>
<i>Geitlerinema</i>
<i>Hapalosiphon</i>
<i>Kamptonema</i>
<i>Leibleinia</i>
<i>Leptolyngbya</i>
<i>Limnothrix</i>
<i>Lyngbya</i>
<i>Merismopedia</i>
<i>Microcoleus</i>
<i>Microcystis</i>
<i>Moorea (Moorena)</i>
<i>Nodularia</i>
<i>Nostoc</i>
<i>Oscillatoria</i>
<i>Phormidium</i>
<i>Planktothrix</i>
<i>Plectonema</i>
<i>Pseudanabaena</i>
<i>Radiocystis</i>
<i>Raphidiopsis</i>
<i>Raphidiopsis</i>
<i>Scytonema</i>
<i>Spirulina</i>
<i>Trichodesmium</i>
<i>Trichormus</i>
<i>Tychonema</i>
<i>Umezakia</i>
<i>Woronichinia</i>



* renforcement du suivi 1 fois / semaine si BIOVOLUME est > ou égal à 0,8 mm³/L

Figure 48 : Gestion à mettre en place selon le niveau de risque sanitaire vis-à-vis des cyanobactéries planctoniques (Source : Instruction DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022)

11.1.4.2.4 Synthèse des évolutions réglementaires concernant les cyanobactéries

Afin d'avoir une vision plus concise, les principales évolutions de la réglementation, détaillées dans les paragraphes précédents, sont synthétisées dans la figure suivante.

Avant 2014
Circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003
Modalité de gestion basée sur abondance en cellules de cyanobactéries TOTALES
Limitation de la baignade si >100 000 cellules/ml
Fermeture de la baignade si microcystine > 25µg/l
De 2014 à 2016
Circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014
Modalité de gestion basée sur abondance en cellules de cyanobactéries TOXINOGENES
Liste référence de cyanobactéries toxigènes = Liste AFSSET 2006
Fermeture de la baignade si >50 000 cell TOX/ml
Fermeture de toute autre activité nautique si >50 000 cell TOX/ml et si microcystine >13µg/l
De 2017 à 2020
Circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014
Modalité de gestion basée sur abondance en cellules de cyanobactéries TOXINOGENES
Liste référence de cyanobactéries toxigènes = Liste AFSSET 2006
Fermeture de la baignade si >100 000 cell TOX/ml
Fermeture de toute autre activité nautique si >100 000 cell TOX/ml et si microcystine >13µg/l
2021
Circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014
Modalité de gestion basée sur abondance en cellules de cyanobactéries TOXINOGENES
Liste référence de cyanobactéries toxigènes = Liste ANSES 2020
Fermeture de la baignade si >100 000 cell TOX/ml
Fermeture de toute autre activité nautique si >100 000 cell TOX/ml et/ou si microcystine >13µg/l
2022
Instruction DGS/EA4/EA3/2021/76 du 6 avril 2021 - Instruction DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022
Modalité de gestion basée sur BIOVOLUME de cellules de cyanobactéries TOXINOGENES
Liste référence de cyanobactéries toxigènes = Liste ANSES 2020
Fermeture de la baignade si biovolume > 1mm ³ /L et si seuil de cyanotoxines dépassés (microcystine > 0,3 µg/l et/ou cylindrospermopsine > 42µg/l et/ou anatoxine > limite détection et/ou saxitoxine > 30 µg/l)

Figure 49 : Synthèse des évolutions réglementaires au cours des dernières années concernant les cyanobactéries (Source : DGS, adaptation ARS 63)

Les proliférations de cyanobactéries restent des phénomènes évolutifs et ponctuels, l'accent devra être mis sur la surveillance visuelle de la plage, par le gestionnaire, en parallèle de la surveillance de routine de l'ARS (phase 3 du présent profil).

11.1.4.3 *Analyse des données du suivi sanitaire*

Le développement des cyanobactéries est surveillé sur le lac des Hermines depuis 2007. Depuis cette année-là, 138 dénombrements ont été réalisés. Les résultats sont présentés dans la Figure 50.

Il est à noter que le dénombrement des cyanobactéries toxigènes n'a été effectif qu'à partir de 2012, d'où leur absence sur la figure avant cette date.

Plusieurs périodes peuvent se distinguer sur la figure :

- **De 2007 à 2017, les abondances en cyanobactéries sont restées plutôt contenues**, malgré quelques pics importants qui sont restés très ponctuels.
- **L'année 2018 se caractérise** par un bloom important de cyanobactéries en tout début de saison estivale (870 408 cellules/ml le 15 juin). Cette efflorescence est constituée uniquement de cyanobactéries non toxigènes. Les concentrations restent, par la suite, relativement faibles en juillet mais **la fin de la saison, en août, est marquée par une recrudescence des cyanobactéries. Les genres présents diffèrent de ceux du début de saison et sont pour la plupart potentiellement toxigènes.**
- **Les années suivantes (2019 à 2022) restent dans cette continuité avec des efflorescences de cyanobactéries importantes, dont une part non négligeable de cyanobactéries potentiellement toxigènes. En 2022, leur concentration flirte avec le seuil de 100 000 cellules/ml.**

L'interprétation réglementaire de ces données, et le détail des peuplements de cyanobactéries sont présentés dans les paragraphes suivants.

Concentrations en cyanobactéries sur la plage du lac des Hermines en cellules par ml

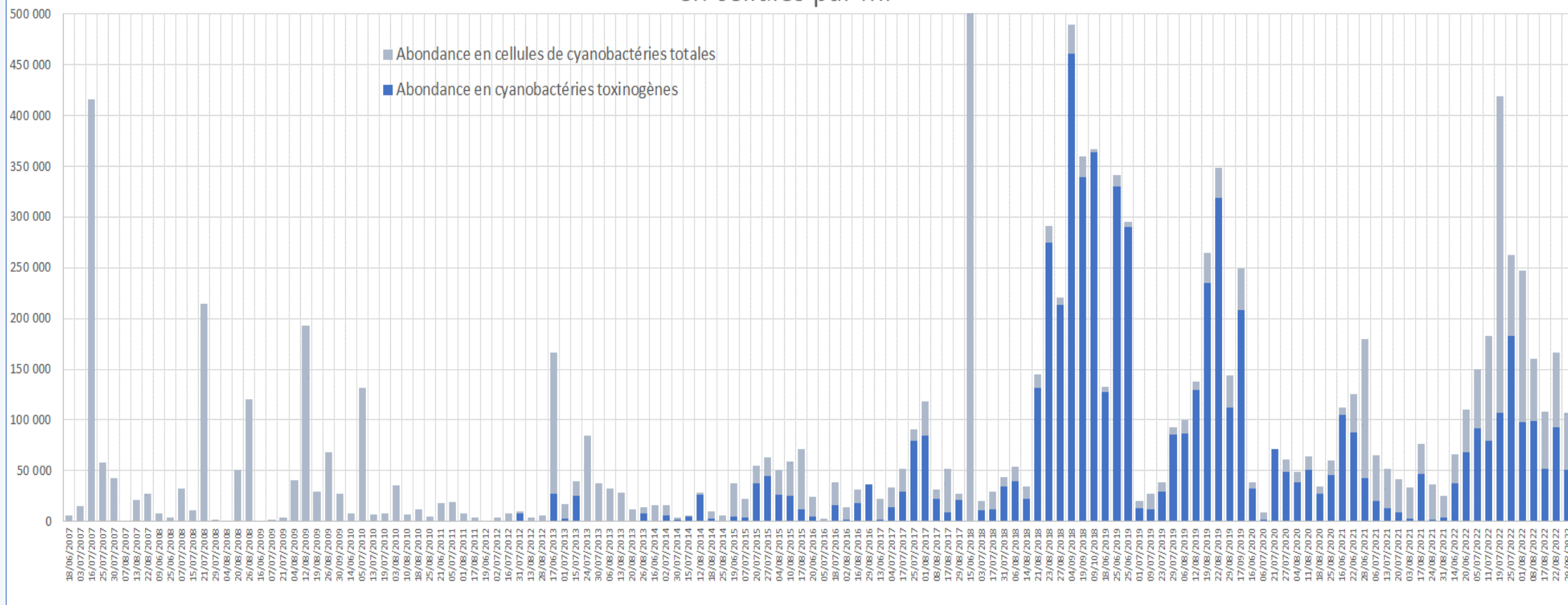


Figure 50 : Dénombrement en cyanobactéries sur la plage du lac des Hermines de 2007 à 2022 (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

11.1.4.3.1 Interprétation des dénombrements selon la circulaire DGS/EA4/2014/166 du 23 mai 2014

11.1.4.3.1.1 Abondance en cyanobactéries

Les abondances relatives de cyanobactéries par genre ont été calculées uniquement depuis l'année 2014. Ainsi, l'analyse rétrospective des données selon la circulaire du 23 mai 2014 ne peut être réalisée que depuis cette année-là.

Les abondances en cellules de cyanobactéries toxigènes (avec le détail par genre) durant les 9 dernières années sont présentées dans la Figure 51 et la Figure 52.

Il est à noter que 2 graphiques ont été réalisés : le premier présente les données en se basant sur la liste des cellules toxigènes de l'AFSSET en 2006 (réglementation appliquée de 2014 à 2020) et le second sur celle de l'ANSES 2020 (réglementation 2021). Les données interprétées selon cette circulaire pour 2022 sont uniquement données à titre indicatif, la réglementation applicable se basant dorénavant sur les biovolumes (Instructions DGS/EA4/EA3/2021/76 et DGS/EA4/2022/168– cf paragraphe 11.1.4.3.2).

La baignade du lac des Hermines a été fermée à plusieurs reprises en 2018, 2019 et 2021. En 2022, la baignade a également été fermée en raison de la présence de cyanotoxines (en application des instructions DGS/EA4/EA3/2021/76 - DGS/EA4/2022/168– cf paragraphe ci-après).

La différence marquante entre les 2 graphiques présentés concerne la cyanobactérie *Aphanothece*. Cette dernière, se caractérisant par sa petite taille et sa forme coloniale, a été considérée comme potentiellement toxigène jusqu'en 2020 et est à l'origine de la fermeture de la baignade en août 2018. Avec la nouvelle liste ANSES de 2020, cette cyanobactérie se classe désormais comme non toxigène.

Concentrations en cyanobactéries toxinogènes sur le lac des Hermines (en référence à la liste AFSSET, 2006)

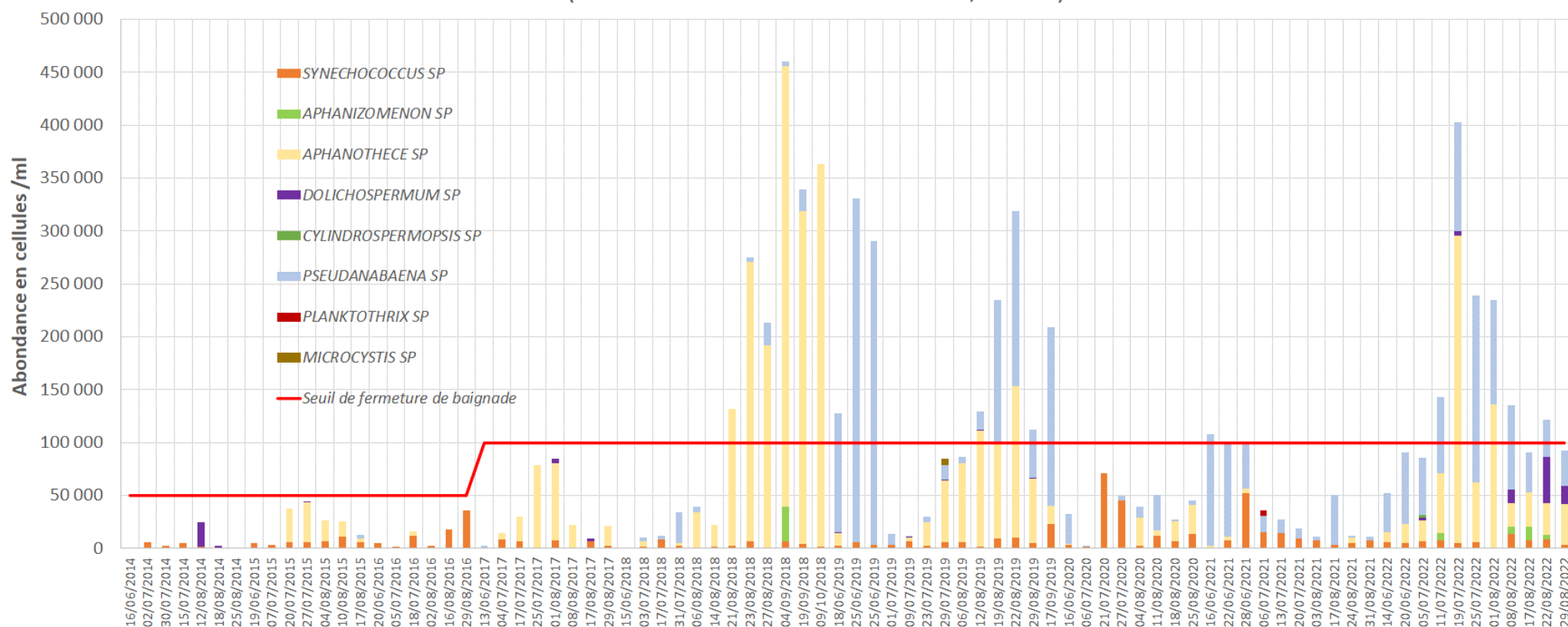


Figure 51 : Dénombrement des cyanobactéries toxinogènes (liste AFSSET, 2006) sur le lac des Hermines depuis 2014 – Détail par genre (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Concentrations en cyanobactéries toxinogènes sur le lac des Hermines (en référence à la liste ANSES, 2020)

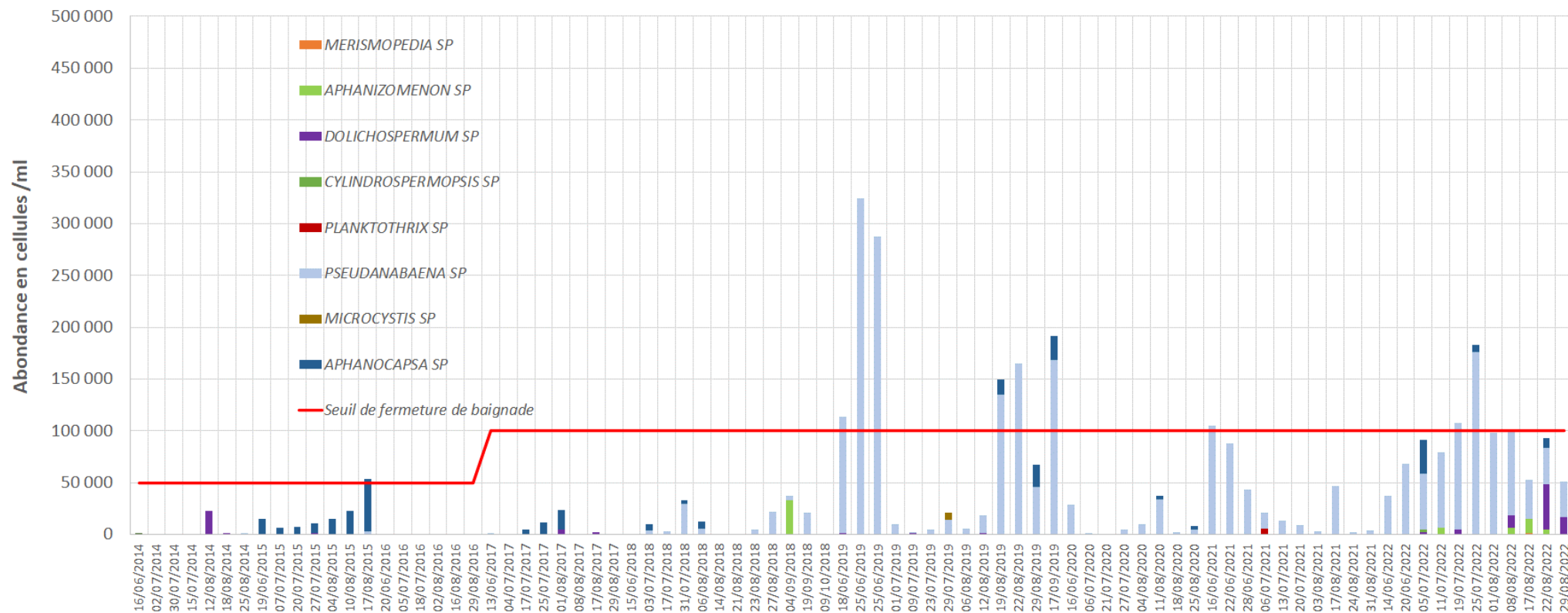
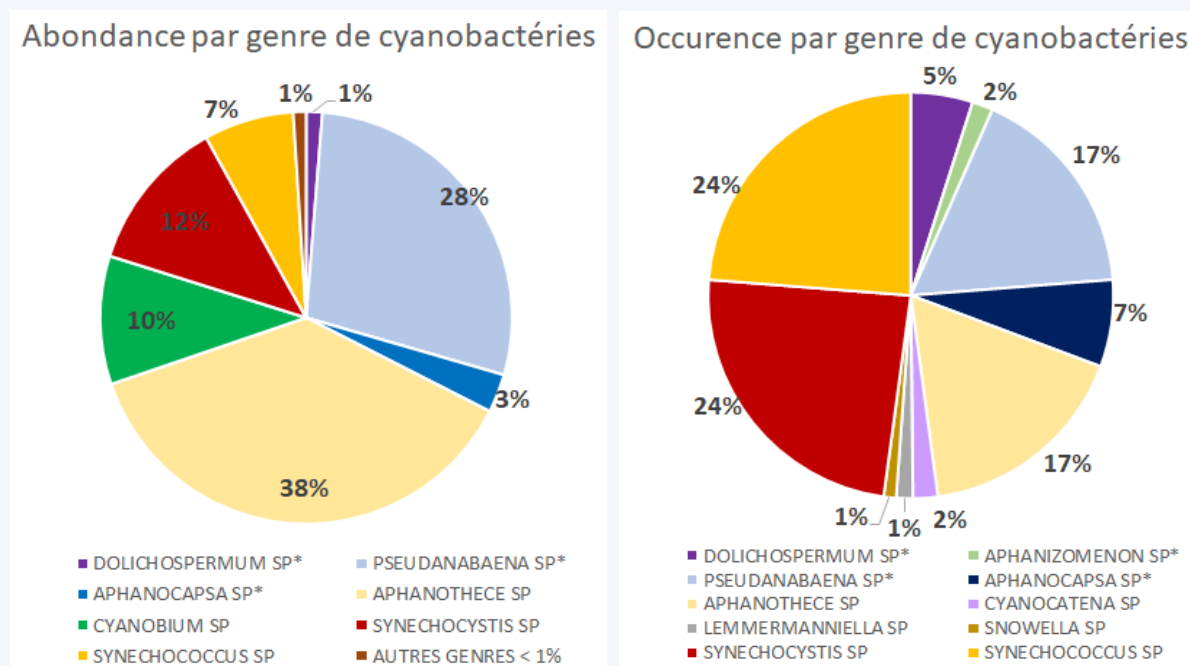


Figure 52 : Dénombrement des cyanobactéries toxinogènes (liste ANSES, 2020) sur le lac des Hermines depuis 2014 – Détail par genre (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Afin d'avoir une idée plus précise de la composition des efflorescences de cyanobactéries sur le lac des Hermines, la **Figure 53 détaille les abondances et occurrences des différents genres de cyanobactéries** (tous genres confondus, potentiellement toxigènes ou non – liste ANSES 2020).

Le genre le plus abondant sur la plage est *Aphanothece* (38%). Son classement récent en cyanobactérie non toxigène est susceptible pour les années à venir de réduire les risques de fermeture de la baignade. Toutefois, **une autre cyanobactérie, *Pseudanabaena*, est également très abondante sur la plage (28% de l'abondance totale).** Cette cyanobactérie filamenteuse est productrice de toxines, sans aucun doute (classement comme tel par l'AFSSET en 2006 puis par l'ANSES en 2020).

Concernant les genres les plus occurants, on retrouve essentiellement *Synechococcus* et *Synechocystis*. Ces picocyanobactéries (de petite taille) sont présentes en bruit de fond dans quasiment tous les dénombrements. Ces 2 genres ne sont pas considérés comme toxigènes.



*Genres potentiellement toxigènes (Liste ANSES, 2020)

Figure 53 : Abondance et occurrence des différents genres cyanobactériens depuis 2014 (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

11.1.4.3.1.2 Dosage de microcystines

Selon la circulaire DGS/E/2014/166, seule la microcystine est analysée. Cette cyanotoxine présente plusieurs formes. De 2014 à 2017, les différentes formes étaient analysées séparément. Toutes les concentrations sont restées inférieures au seuil de quantification du laboratoire. À partir de 2018, la mise en place des dosages par test ELISA a permis de faire des analyses de microcystines totales. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant. Pour rappel, la fermeture de baignade est appliquée pour une concentration supérieure à 13 µg/l.

Tableau 15 : Dosage de microcystines sur la plage des Hermines (Source : ARS 63)

Date	Cellules de cyanobactéries totales (cell/ml)	Cellules de cyanobactéries toxigènes (cell/ml)	Microcystines en µg/l
31/07/2018	43746	34477	<0,15
06/08/2018	53581	39564	<0,15
14/08/2018	34967	22156	<0,15
23/08/2018	291078	275064	<0,15
27/08/2018	220051	213269	<0,15
04/09/2018	489689	460299	<0,15
19/09/2018	359240	339345	<0,15
09/10/2018	366250	363311	<0,15
18/06/2019	133048	127509	<0,15
25/06/2019	341381	330303	<0,15
25/06/2019	295487	290287	<0,15
01/07/2019	20701	13495	<0,15
23/07/2019	38434	29617	<0,15
29/07/2019	93258	85232	<0,15
06/08/2019	100153	86814	<0,15
12/08/2019	137909	129657	<0,15
19/08/2019	264230	234840	<0,15
22/08/2019	348540	318396	<0,15
29/08/2019	144315	112161	<0,15
17/09/2019	248688	208672	<0,15
16/06/2020	38309	32908	0,15
21/07/2020	71441	71441	<0,15
27/07/2020	60853	49361	<0,15
04/08/2020	49361	39187	<0,15
11/08/2020	64434	50492	<0,15
18/08/2020	34854	27695	<0,15
25/08/2020	60288	45593	<0,15
16/06/2021	112193	105316	<0,15
22/06/2021	125757	88171	<0,15
22/06/2021	112051	76585	<0,15
28/06/2021	179411	43117	0,16
06/07/2021	65563	20771	0,3
17/08/2021	76867	47100	<0,15

Les microcystines ont été détectées à 3 reprises sur la plage, en juin 2020 puis en juin et juillet 2021. **Toutes les valeurs sont restées largement inférieures au seuil de fermeture de baignade selon l'instruction en vigueur. Il est à noter que la concentration en microcystines n'est pas toujours proportionnelle à la concentration en cyanobactéries toxigènes.** En effet, le 6 juillet 2021 pour la valeur maximale de 0,3 µg/l, les cellules toxigènes étaient à hauteur de 20 771 cellules/ml. En comparaison, le 28 juin, pour une concentration en cellules toxigènes 2 fois supérieure, les toxines étaient divisées par 2.

Le 1^{er} juillet 2019, en plus des analyses sur la plage, 4 autres zones ont été échantillonnées à proximité. Sur la plage (point officiel de surveillance sanitaire), les microcystines sont restées inférieures au seuil de quantification, mais sur 2 autres prélèvements, dont l'aire de jeux gonflables, la toxine a été observée à hauteur de 0,2 µg/l. Ceci marque la grande variabilité spatiale des cyanobactéries et toxines associées.

11.1.4.3.2 Interprétation des dénombrements selon les instructions DGS/EA4/EA3/2021/76 du 6 avril 2021 et DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022

Depuis la saison estivale 2022, les modalités de gestion liées à la présence de cyanobactéries ont fortement évolué (rappels en Figure 48). Ces dernières se basent désormais sur les biovolumes des cyanobactéries et non plus sur les abondances cellulaires.

11.1.4.3.2.1 Dosage de chlorophylle-a

Les dénombrements de cyanobactéries ne sont plus automatiques. Une analyse préalable de la chlorophylle-a est réalisée sur la baignade. Si la concentration reste inférieure à 10 µg/l, le risque de prolifération de cyanobactéries est jugé faible et aucun dénombrement microscopique n'est réalisé. Les analyses de chlorophylle-a sont alors reconduites régulièrement au cours de la saison. **Dès lors que la concentration en chlorophylle-a dépasse 10 µg/l, un comptage microscopique de cyanobactérie est déclenché.** Les résultats sont exprimés en biovolume et conditionnent par la suite le dosage des cyanotoxines (dosage si biovolume > 1 mm³/l). Il est à noter que dans le département du Puy-de-Dôme, dès que la chlorophylle-a dépasse le seuil de 10 µg/l, les dénombrements deviennent automatiques le reste de la saison estivale.

En 2021, année de transition réglementaire, les dosages ont été réalisés durant toute la saison afin d'acquies de la donnée sur le lac.

L'ensemble des résultats sont présentés dans la figure suivante.

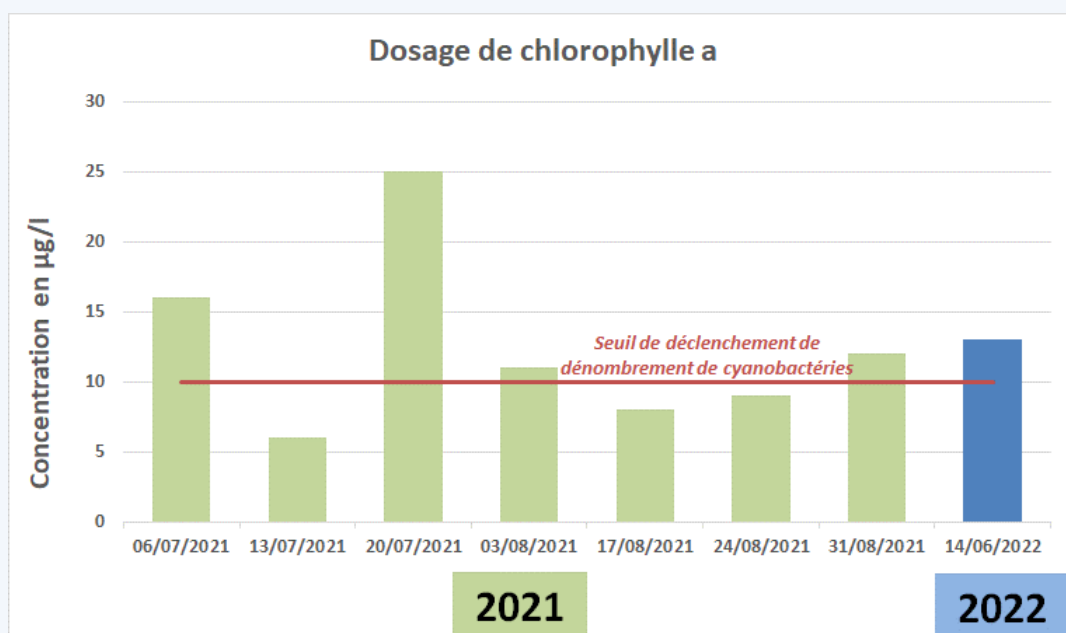


Figure 54 : Concentrations en chlorophylle-a sur la plage des Hermines en 2021 et 2022 (Source : ARS 63)

Les concentrations en chlorophylle-a ont été fluctuantes en 2021. Dès début juillet, elles ont dépassé le seuil de 10µg/l. Une nette diminution a été observée ensuite à la mi-juillet avec une valeur quasiment divisée par 3. Une valeur maximale de 25 µg/l est observée le 20 juillet. Les valeurs flirtent ensuite autour des 10 µg/l le reste de l'été. **En 2022, le dosage effectué en début de saison, le 14 juin, a mis en évidence une concentration de 13 µg/l. Le seuil de 10 µg/l étant dépassé, les dénombrements de cyanobactéries sont devenus systématiques et aucun autre dosage n'a été réalisé sur la suite de la saison estivale.**

La figure suivante présente ces mêmes dosages de chlorophylle-a confrontés aux biovolumes de cyanobactéries totales.

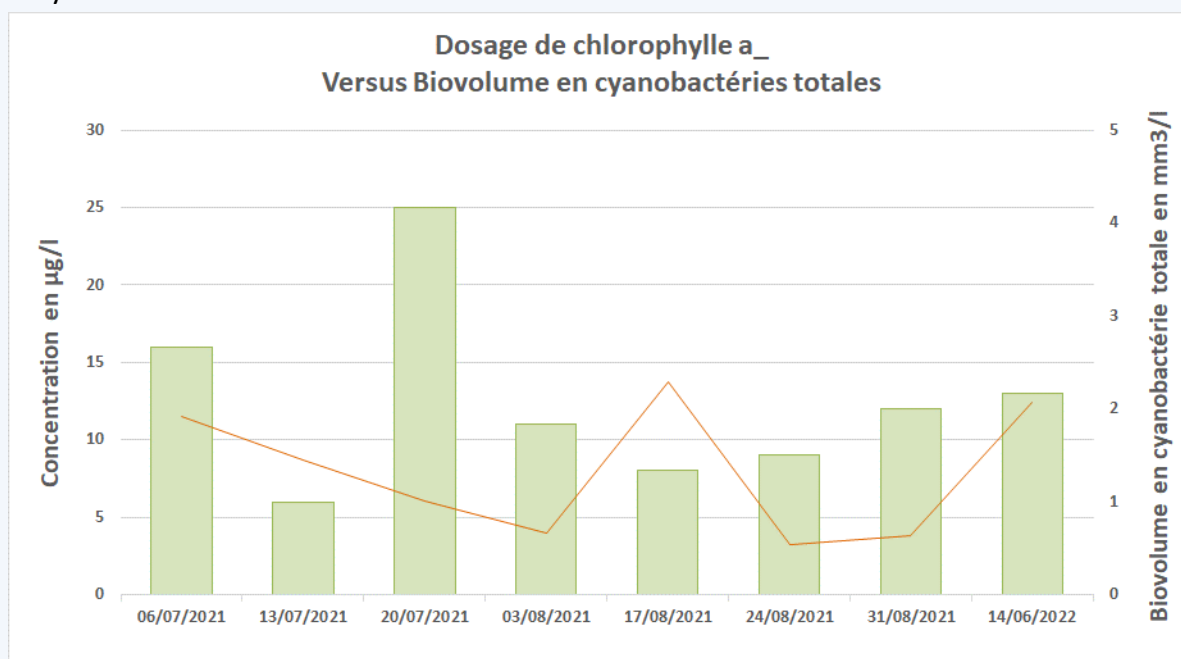


Figure 55 : Concentrations en chlorophylle-a sur la plage des Hermines en 2021 et 2022, confrontés aux biovolumes en cyanobactéries totales (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Il peut être mis en évidence qu'*a priori* **les évolutions en chlorophylle-a ne sont pas corrélées aux biovolumes en cyanobactéries**. Plusieurs discordances peuvent être observées :

- Le 20 juillet 2021, alors que la chlorophylle-a est multipliée par 5 par rapport au 13 juillet, le biovolume de cyanobactéries totales, lui diminue d'un tiers.
- Le 17 août 2021, la chlorophylle-a est en diminution par rapport au 3 août, pourtant le biovolume de cyanobactéries est multiplié par 3,5.

Si dans le premier cas, la discordance peut s'expliquer par un développement algal associé à d'autres organismes que les cyanobactéries (algues vertes, diatomées...), **la discordance dans le 2^{ème} cas pose plus de questions**. En effet, avec une valeur de chlorophylle-a de 8 µg/l, en stricte application de la réglementation de 2022, aucun dénombrement de cyanobactéries n'aurait été effectué. Pourtant ce jour-là, le comptage a mis en évidence un biovolume de cyanobactéries de 2,3 mm³/l dont 2 mm³/l de cyanobactéries toxigènes. Pour des valeurs équivalentes, des toxines ont déjà été retrouvées sur le lac.

11.1.4.3.2.2 Biovolume de cyanobactéries

Les biovolumes des cyanobactéries totales et toxigènes pour les saisons 2021 et 2022 sont présentés dans la figure suivante. Les résultats de l'année 2021 sont donnés à titre indicatif, l'application réglementaire étant effective uniquement à partir de 2022.

La saison 2021 est marquée par 2 périodes : la première correspond au mois de juin où les biovolumes ont été conséquents, dont la majorité est attribuable à des cyanobactéries toxigènes. Puis, la 2^{ème} période se met en place début juillet, avec des efflorescences en régression.

Pour l'année 2022, dès le début de la saison, les biovolumes sont importants et très largement supérieurs au seuil de 1 mm³/l, déclencheur de dosage de toxines. L'activité de baignade durant la totalité de la saison estivale a ainsi été pilotée sur la base des cyanotoxines (détail au paragraphe 11.1.4.3.2.3).

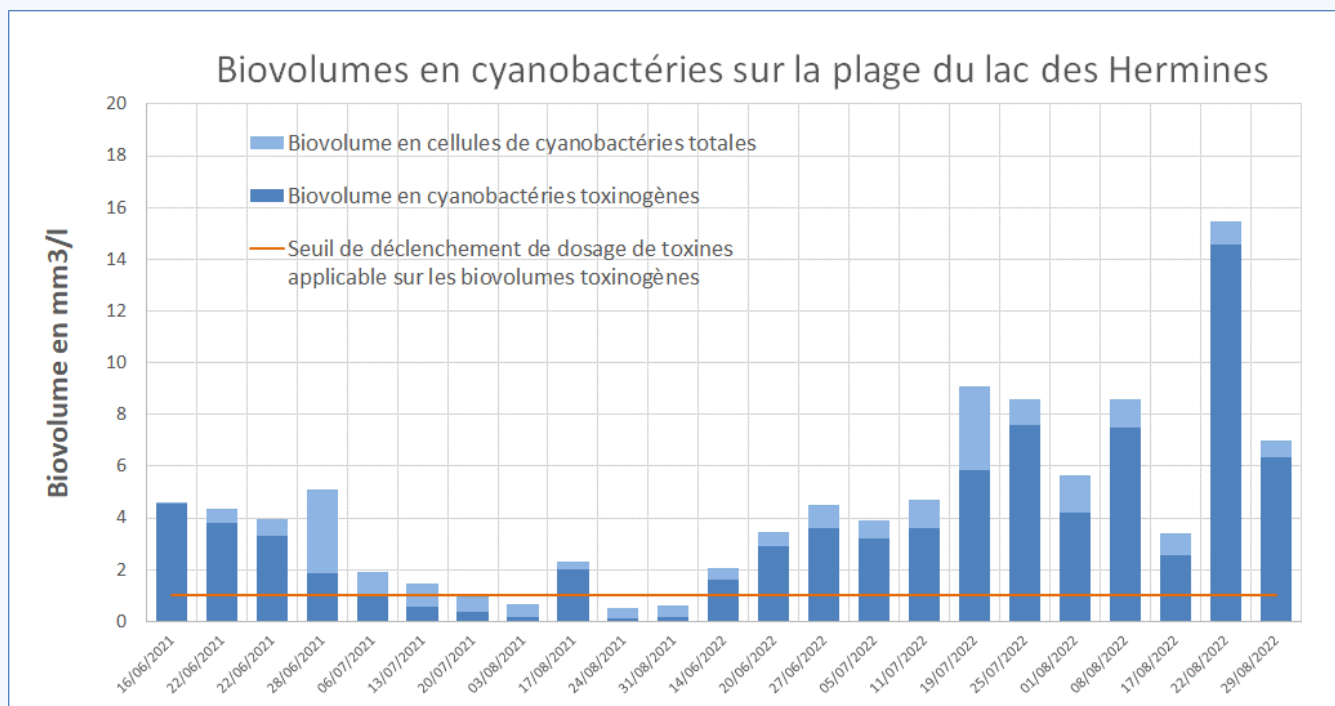


Figure 56 : Biovolumes en cyanobactéries totales et toxinogènes sur la plage des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Les biovolumes des cyanobactéries toxinogènes détaillés par genre sont présentés dans la figure suivante.

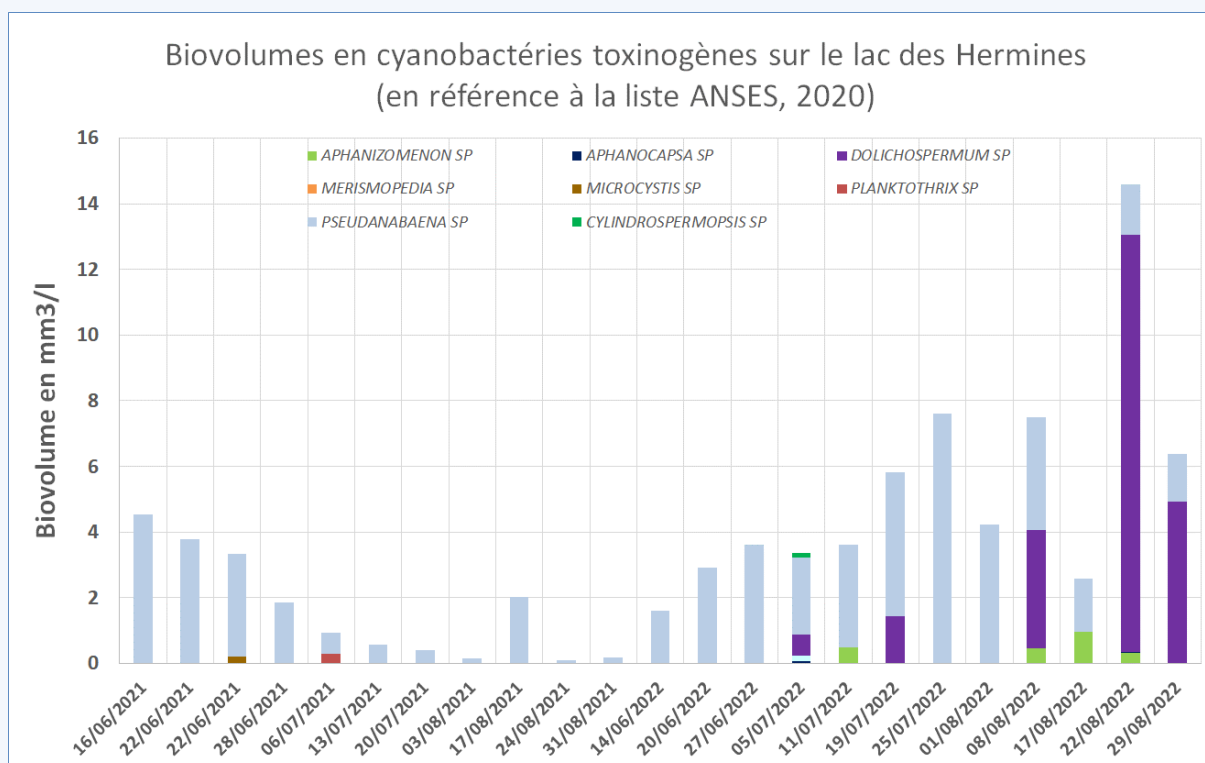


Figure 57 : Biovolumes en toxines détaillés par genre sur la plage des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

Les biovolumes les plus importants sont dans la majorité des dénombrements liés à *Pseudanabaena*. Il est également à souligner, qu'en 2022, se démarque la cyanobactérie *Dolichospermum* (anciennement *Anabaena*). Cette dernière est peu représentée sur le graphique des abondances totales (Figure 53). Toutefois, comme elle se présente sous la forme de filaments constitués de cellules de grosse taille (communément imagés comme « collier de perle »), les biovolumes associés peuvent être importants. Pour exemple, le 22 août 2022, le biovolume de cette cyanobactérie atteint presque 13 mm³/l pour 44 000 cell/ml. **Autre fait marquant, l'apparition de *Dolichospermum* sur le lac des Hermines est plutôt récente et pourrait marquer une transition du niveau trophique du lac, cette cyanobactérie étant caractéristique des milieux riches en nutriments.**

11.1.4.3.2.3 Dosage de cyanotoxines

À partir de 2022, lorsque le biovolume des cyanobactéries toxigènes est supérieur à 1 mm³/l, des dosages de cyanotoxines sont lancés. 3 cyanotoxines s'ajoutent aux microcystines : l'anatoxine, la cylindrospermospine et la saxitoxine. Le dosage de ces 4 molécules n'est pas systématique, le choix est orienté en fonction des genres de cyanobactéries présents dans l'échantillon d'eau de baignade (selon la saisine ANSES 2016-SA-0165 – 2015-SA-0207). Les résultats des dosages de toxines sur le lac des Hermines en 2022 sont présentés dans le tableau suivant. **Pour rappel, la fermeture de baignade est enclenchée lorsque les seuils suivants sont atteints :**

Microcystine > 0,3 µg/l

Saxitoxine > 30 µg/l

Cylindrospermospine > 42 µg/l

Anatoxine > Seuil de quantification du laboratoire

Tableau 16 : Dosage de cyanotoxines sur la plage des Hermines en 2022 (Source : ARS 63)

Date	BIOVOLUME DE CYANOBACTÉRIES TOXINOGENES (mm ³ /l)	ANATOXINE TOTALE (µg/L)	CYLINDROSPERMOPSINE TOTALE (µg/L)	MICROCYSTINE TOTALE (µg/L)	SAXITOXINE TOTALE (µg/L)
14/06/2022	1,608	0,16	N.M.	0,19	N.M.
20/06/2022	2,916	0,17	N.M.	0,17	N.M.
27/06/2022	3,613	<0,15	N.M.	0,3	N.M.
05/07/2022	3,213	0,19	N.M.	0,21	N.M.
11/07/2022	3,599	0,18	N.M.	<0,15	N.M.
19/07/2022	5,828	0,15	<0,05	<0,15	<0,02
25/07/2022	7,596	0,27	<0,05	<0,15	<0,02
01/08/2022	4,213	0,43	<0,05	<0,15	<0,02
08/08/2022	7,502	<0,15	<0,05	<0,15	<0,02
17/08/2022	2,578	0,28	<0,05	<0,15	<0,20
22/08/2022	14,58	<0,15	<0,05	0,17	<0,20
29/08/2022	6,366	<0,15	<0,05	<0,15	<0,20

N.M. = non mesuré

La cylindrospermospine et la saxitoxine sont restées inférieures au seuil de quantification du laboratoire. La microcystine a été détectée à plusieurs reprises. La valeur maximale observée est de 0,3 µg/l le 27 juin 2022, pour un biovolume, qui lui n'est pourtant pas maximal, de 3,6 mm³/l de cyanobactéries toxigènes. Le seuil de 0,3 µg/l n'a jamais été dépassé.

En revanche, l'anatoxine a été supérieure à la limite de quantification du laboratoire dans 65% des dosages, entraînant une fermeture de la baignade dès le tout début de la saison à la mi-juin. La baignade n'a pu ré-ouvrir que quelques jours suite aux analyses du 27 juin, puis à la mi-août.

Les efflorescences de cyanobactéries ont été limitées sur le lac des Hermines jusqu'en 2017.

En 2018, un bloom important a été observé. Il se composait essentiellement de picocyanobactéries, c'est-à-dire de cyanobactéries de petite taille, du genre *Aphanothece*. Si ce genre peut constituer des efflorescences avec de très forte abondance, leur faible biovolume tend à pondérer le risque associé. Le changement réglementaire actuellement en vigueur (modalités de gestion sur la base des biovolumes) est, en ce sens, susceptible d'être bénéfique. Par ailleurs, **le lac des Hermines a été intégré dans un projet de recherche sur les picocyanobactéries, le projet No Limit qui est détaillé dans le paragraphe suivant.**

Il est toutefois à noter que l'année 2022 se démarque par l'apparition de la cyanobactérie *Dolichospermum* sur le lac. Habituellement associée à des milieux eutrophes, sa présence peut souligner une transition trophique en cours. La baignade a été possible seulement quelques jours durant l'été 2022, ce qui constitue une perte économique et touristique conséquente pour la station de Super-Besse, qui étend de plus en plus ces activités en saison estivale. Il est difficile d'émettre des hypothèses quant aux évolutions futures, dans le sens où l'apparition des cyanobactéries est conditionnée par une multitude de paramètres (conditions météorologiques, apports en nutriments tout au long de l'année, compétition avec d'autres espèces présentes...). L'accent doit être mis sur la surveillance de la plage, cet aspect étant développé dans la suite du document.

Notons que toute intervention sur les mécanismes à l'origine de leur prolifération, ou sur la gestion du plan d'eau, pourra avoir des répercussions sur les proliférations de cyanobactéries en modifiant l'équilibre actuel qui régit le peuplement observé.

11.1.4.4 *Projet NoLimit*

En France, plus de 40% des plans d'eau sont artificiels et ont été le plus souvent conçus pour les activités nautiques. Si la majorité des sites présente une bonne qualité bactériologique de l'eau, la présence de cyanobactéries constitue de plus en plus un véritable frein au maintien des activités. La réglementation en vigueur ces dernières années est en perpétuelle évolution au gré des avancées de la recherche (cf paragraphe 11.1.4.2). **Si certains genres de cyanobactéries sont fortement étudiés (*Microcystis*, *Dolichospermum*), les caractéristiques écologiques concernant d'autres genres restent peu connues, notamment concernant les cyanobactéries de petite taille, communément regroupées sous le terme de picocyanobactéries.** Ces dernières sont pourtant largement représentées sur les plans d'eau, et certaines considérées comme toxigènes, même si leur toxicité n'est pas toujours avérée. Elles sont ainsi parfois à l'origine de fermeture de baignade.

En 2017 et 2018, dans le Puy de Dôme, plus de 40% des sites de baignade ont fermé suite à des proliférations de picocyanobactéries, générant un manque à gagner de plusieurs centaines de milliers d'euros (pour exemple, estimation de 30 000€ de déficit pour 15 jours de fermeture de la base nautique d'Aydat).

L'objectif global du projet Nolimit est de caractériser le risque toxique associé à ces picocyanobactéries afin de limiter les fermetures de baignade associées à leur prolifération. Le projet s'articule autour de 3 axes majeurs :

- **Caractériser l'éco-physiologie des picocyanobactéries proliférant actuellement dans nos plans d'eau : cycle de développement, répartition, diversité, toxicité...**
- **Calibrer l'utilisation de sonde spectrofluorimétrique de terrain pour la détection en temps réel des picocyanobactéries et proposer une adaptation de leur configuration pour chaque site.**
- **Développer une interface web d'information sur la qualité de la baignade et de vulgarisation sur les cyanobactéries à destination des gestionnaires et du grand public.**

La prise de risque du projet Nolimit est essentiellement liée à la considération des picocyanobactéries, dix à vingt fois plus petites que les cyanobactéries et pour lesquels peu d'éléments sont actuellement connus. Lors d'un précédent projet, il avait été isolé et mis en culture des picocyanobactéries de lacs auvergnats, ce qui constitue un avantage important pour le développement d'approches en conditions expérimentales, essentielles à la caractérisation de l'éco-physiologie et du potentiel toxique. Une approche de terrain multi-sites sera conduite en parallèle afin de considérer la diversité des espèces de picocyanobactéries à l'échelle du territoire auvergnat. L'originalité du projet est d'utiliser, en parallèle des mesures classiquement réalisées à partir d'échantillons de terrain, des sondes fluorimétriques permettant de détecter en temps réel les organismes photosynthétiques et

surtout de les calibrer pour les picocyanobactéries. En effet, ces outils à base de capteurs mesurent la chlorophylle a et/ou la phycocyanine qui sont des pigments photosynthétiques présents chez les cyanobactéries et les picocyanobactéries mais en quantité variable selon les espèces considérées. De ce fait, l'estimation de la biomasse cyanobactérienne via cette méthode peut varier et les sondes sont souvent utilisées à titre informatif ou en complément de dénombrements cellulaires jugés plus fiables. **L'un des objectifs de ce projet est de tester une calibration sur mesure de ces sondes, par site, en fonction des espèces cyanobactériennes présentes, afin de pouvoir les utiliser de façon fiable et fournir des données entre les prélèvements hebdomadaires de l'ARS.** Les données ainsi générées toutes les heures sur chaque site seront stockées au niveau du Cloud Environnemental au Bénéfice de l'Agriculture et viendront alimenter l'observation de l'environnement en Auvergne. **L'analyse de ces données permettra ensuite de proposer aux gestionnaires une interface servant d'outil d'aide à la décision pour optimiser l'ouverture/fermeture des baignades.** Comparativement à un classique dénombrement cellulaire qui requière 30 heures de délais, la mesure des sondes en temps réel permet de réduire les temps d'analyse, la prise de décision associée et donc de limiter le risque sanitaire et le temps de fermeture des baignades. En complément, cette interface web pourra également servir d'outil de communication auprès du grand public qui pourra facilement trouver des informations concernant les cyanobactéries et la qualité des baignades sur le territoire.

Plusieurs sites d'étude auvergnats ont été choisis pour l'instrumentation en temps réel, dont le lac des Hermines à Super-Besse. Les autres sites concernent le lac d'Aydat, le Gour de Tazenat, la retenue des Fades et le plan d'eau de Cournon d'Auvergne.

Ce projet est porté par le LMGE (Laboratoire Micro-Organismes, Génome et Environnement) de l'Université Clermont Auvergne, pour une durée de 4 ans. Il intègre différents partenaires : les bureaux d'étude ATHOS Environnement et LOJELIS, le PNR Volcans d'Auvergne, l'ARS 63 ainsi que les gestionnaires des sites d'étude : MOND'ARVERNE COMMUNAUTE, le SMVVA (Syndicat Mixte des Vallées de la VEYRE et de l'AUZON), la mairie de Cournon d'Auvergne...

En se focalisant sur les picocyanobactéries, ce projet fournira une avancée importante des connaissances sur ces organismes. Caractériser leur potentiel toxique permettra d'évaluer plus précisément le risque encouru lors de la pratique d'activités aquatiques. La technologie des sondes fluorimétriques est connue depuis longtemps. La plus-value est ici d'adapter leur déploiement en fonction du site d'étude afin de proposer une solution optimisée, clé en main, aux gestionnaires de baignade. À la suite d'une phase de calibration, le gestionnaire disposera d'une sonde configurée pour sa baignade associée à une interface simple d'aide à la décision et d'information auprès du grand public. Cette démarche nécessitera un accompagnement minimal se poursuivant au-delà du projet. Ce dernier concerne notamment l'entretien du matériel et une révision annuelle de la calibration proposée qui peut évoluer en fonction des espèces de cyanobactéries présentes.

11.1.5 Episodes de prolifération de macro-algues

Dans des conditions normales, les macro-algues se développent grâce :

- *à la photosynthèse, qui, à partir de différents éléments (lumière, eau, CO₂) permet de produire leur propre matière organique,*
- *aux éléments nutritifs essentiels.*

Les changements du milieu liés aux pollutions altèrent significativement la diversité biologique. Certaines espèces de macro-algues dites opportunistes s'adaptent à ces changements de condition et se développent au dépend d'espèces plus sensibles qui disparaissent. Les changements d'apports nutritifs peuvent donc bouleverser significativement la composition du milieu et de ses habitants.

11.1.5.1 **Risque sanitaire**

Les macro-algues ne présentent pas un risque sanitaire majeur, le seul risque mis en évidence dans une étude de l'ARS est celui associé à un des gaz de décomposition des organismes : le soufre, lors des marées vertes bretonnes (milieu marin).

Lors des proliférations, les nuisances engendrées observées sont :

- le manque de visibilité, qui nuit à la baignade et aux activités nautiques,
- la création de niches écologiques disponibles pour l'installation de parasites (dermatite).

11.1.5.2 **Risque sur la baignade du lac des Hermines**

La présence de macro-algues n'a pas été observée.

11.2 Données complémentaires sur la zone de baignade

Sont présentées dans ce paragraphe, des données qui ne sont pas intégrées à l'interprétation réglementaire de la qualité de l'eau de baignade mais qui sont toutefois disponibles et complémentaires au diagnostic sur le lac des Hermines.

11.2.1 Température de l'eau de baignade

La figure suivante présente l'évolution de la température de l'air et de l'eau au niveau de la baignade du lac des Hermines, depuis 2014. La valeur maximale enregistrée a été de 23,7 °C en début août 2018. La température la plus fraîche a été de 11,3 °C le 20 juin 2016.

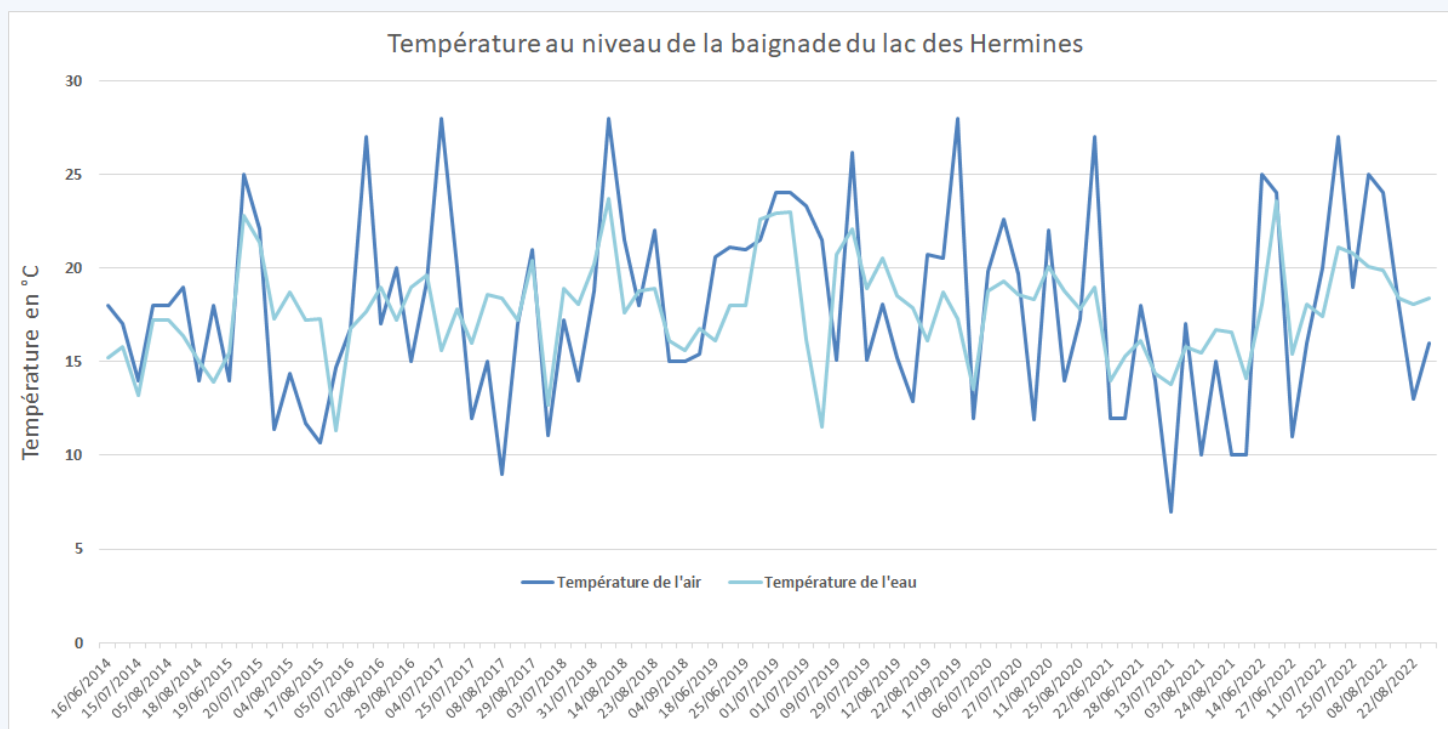


Figure 58 : Température de l'air et de l'eau au niveau de la baignade (Source : ARS 63)

Les températures moyennes par été depuis 2014 sont synthétisées dans le tableau suivant. Ces calculs de moyenne sont basés sur les valeurs ponctuelles enregistrées lors de chaque prélèvement du suivi sanitaire et ne sont donc pas issues d'un suivi en continu.

2 saisons estivales se démarquent par des températures moyennes relativement basses, 2014 et 2021. En revanche, on remarquera en 2022, une température moyenne de l'eau relativement haute avec 19,1 °C, plus forte moyenne observée ces dernières années. Un réchauffement de l'eau constitue un facteur favorable au développement de cyanobactéries.

Tableau 17 : Température de l'eau moyenne par saison estivale de 2014 à 2022 sur le lac des Hermines
(Source : ARS 63)

Saison estivale	T°C moyenne de l'eau en °C
2014	15,49
2015	18,60
2016	16,83
2017	17,95
2018	17,36
2019	18,76
2020	18,15
2021	15,57
2022	19,12

11.2.2 Concentrations en nutriments de l'eau de baignade

Des analyses de nutriments avaient été réalisés sur la zone de baignade dans le cadre de l'élaboration du profil baignade initial. Les résultats sont rappelés dans le tableau suivant. Ils sont complétés par des analyses de nutriments effectués à la demande de l'ARS en 2019 et 2021.

Tableau 18 : Concentration en nutriments sur la zone de baignade du lac des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)

	Zone de baignade			
	Ammonium (NH ₄) en mg/l	Nitrates (NO ₃) en mg/l	Orthophosphates (PO ₄) en mg/l	Phosphore total en mg/l
25/07/2012	0,018	0,244	0,032	0,010
28/08/2012	0,036	1,170	0,055	0,017
19/08/2019	<0,05	<0,5		0,023
16/06/2021				0,027

Il est à noter concernant le phosphore total, une augmentation progressive des concentrations au fil des années étudiées, avec une valeur maximale de 0,027 mg/l en 2021.

11.3 Campagnes d'acquisition supplémentaire

Comme évoqué précédemment, les proliférations de cyanobactéries sont conditionnées par les conditions physico-chimiques du milieu : les concentrations en nutriments, les conditions d'oxygénation de l'eau, la qualité du sédiment...

L'analyse de ces paramètres permet d'apprécier les facteurs influençant leur prolifération. Plusieurs campagnes de prélèvements ont été réalisées au cours de l'année 2022 afin d'acquérir des données supplémentaires pour l'évaluation du risque associé à ces organismes (présenté en phase 2 du présent document).

11.3.1 Mesures sur le lac des Hermines

11.3.1.1 Etude du compartiment EAU

Dans le cadre de la révision du profil baignade, la société ATHOS Environnement a réalisé des campagnes de mesure au niveau du point le plus profond du lac, à proximité du seuil déversant (Figure 59).



Figure 59 : Localisation du point de mesure (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

2 campagnes de mesure ont été effectuées : une le 11 juillet et la seconde le 23 août 2022. Lors de chaque campagne, **des profils verticaux permettant de mettre en évidence les caractéristiques physico-chimiques et hydrobiologiques** ont été réalisés. **Ces profils ont été complétés par des mesures de transparence (disque de Secchi) ainsi que des analyses physico-chimiques** à différentes profondeurs.

11.3.1.1.1 Mesures physico-chimiques *in situ* – profils verticaux

Les profils verticaux température, oxygène (dissous et saturation), pH, conductivité et turbidité ont été réalisés à l'aide d'une sonde multiparamètres Ysi ExO1, dont les caractéristiques techniques sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 19: Caractéristiques techniques de la sonde multiparamètres Ysi Exo1 (Source : Ysi)

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

La transparence a été mesurée avec un disque de Secchi (EN ISO 70277) et a été utilisée pour calculer la profondeur de la zone euphotique (zone de pénétration de la lumière où la photosynthèse est possible) selon la formule suivante : Zone euphotique = 2,5 x transparence mesurée.



Figure 60 : Photographie du disque de Secchi (Source : ATHOS Environnement)

Les profils verticaux sont présentés dans la Figure 61.

Le 11 juillet 2022, la colonne d'eau présente une stratification. On observe une zone autour de 5,5 mètres de profondeur, caractérisée à la fois par une baisse conséquente de la température (thermocline) et une baisse de l'oxygène (oxycline) selon la même cinétique. À l'interface eau-sédiment, les concentrations en oxygène sont faibles (2,2 mg/l) mais aucune anoxie (absence d'oxygène) n'est observée. Le pH est stable le long de la colonne d'eau.

Le 23 août 2022, la stratification est moins marquée et présente une structure en palier avec plusieurs clines, notamment pour l'oxygène : une autour de 2 m, une autour de 3-3,5 m et une autour de 5 m. En dessous de cette dernière cline, **les concentrations en oxygène sont quasi-nulles (0,5 mg/l)**. Parallèlement, dans cette même zone, la conductivité est en augmentation, laissant supposer des échanges physico-chimiques et un relargage de nutriments depuis les sédiments.

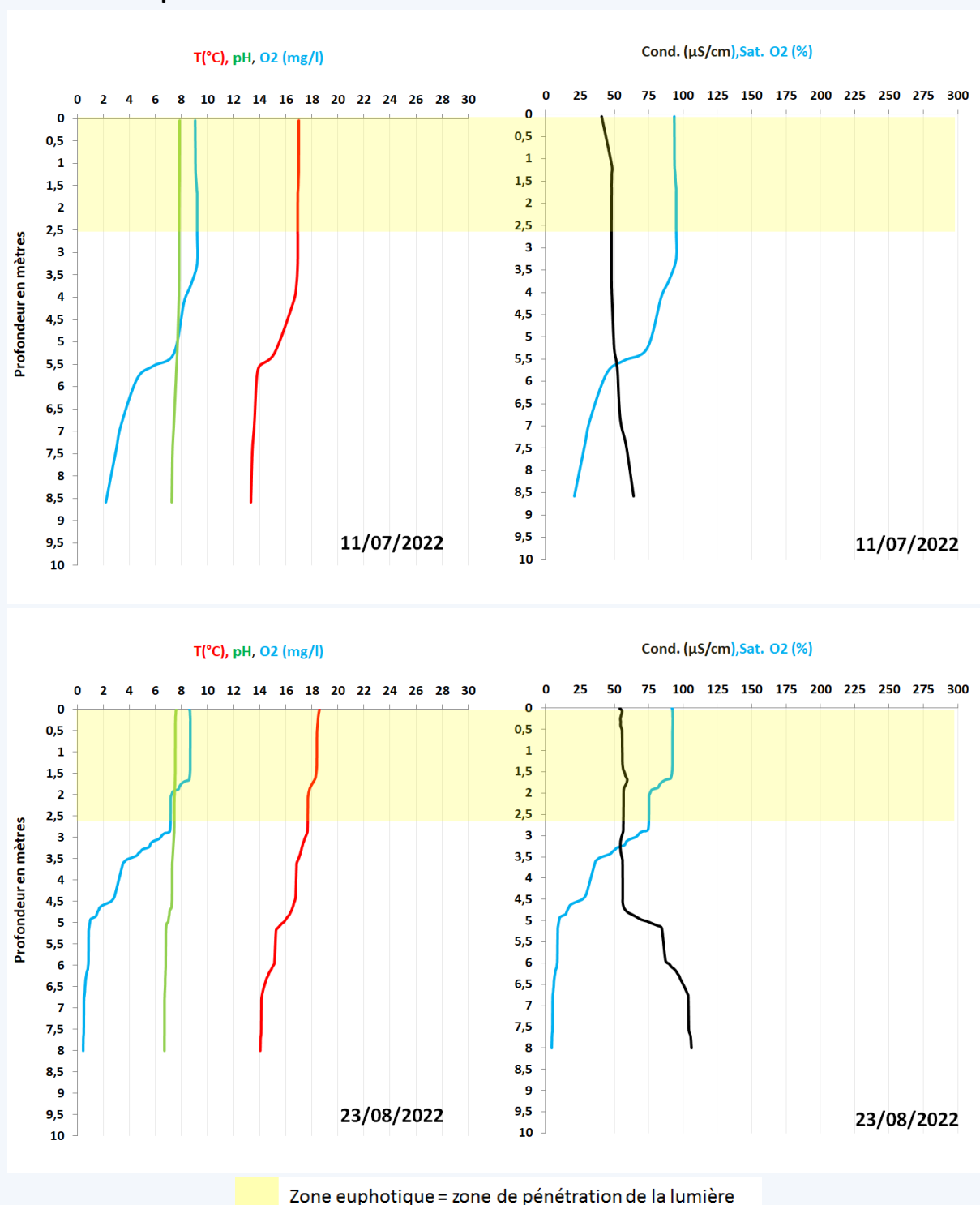


Figure 61 : Profils verticaux réalisés sur le lac des Hermines en 2022 (Source : ATHOS Environnement)

La zone euphotique est restée globalement constante entre les 2 campagnes de prélèvement, autour de 2,5 m de profondeur. À noter qu'elle reste au-dessus, dans la colonne d'eau, de la thermocline.

11.3.1.1.2 Analyses physico-chimiques en laboratoire

Au niveau du point le plus profond, des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur :

- **Un échantillon intégré de la couche euphotique**, définie à chaque campagne, suite à la mesure de la transparence (mélange d'un même volume d'eau prélevé à différentes profondeurs).
- **Un échantillon prélevé à Fond-1m.**

Les échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide d'une **bouteille fermante** de type Van Dorn, préalablement rincée avec l'eau du site. L'eau recueillie a été mélangée dans une cuve inox puis les échantillons ont été conditionnés dans le flaconnage fourni par le laboratoire CARSO, après un triple rinçage (à l'exception des flacons contenant un conservateur). Les opérateurs étaient munis de gants tout le long de la manipulation des échantillons d'eau.



Figure 62 : Exemple de bouteille fermante utilisée pour les prélèvements d'eau (Source : ATHOS Environnement)

Les échantillons ont été conditionnés en malles isothermes et à l'obscurité, pour une expédition au laboratoire le soir même, en vue des analyses suivantes :

- Formes azotées : ammonium, nitrates et nitrites
- Formes phosphorées : orthophosphates et phosphore total

Les résultats bruts des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau suivant. Il est à noter que les formes minérales nutritives biodisponibles pour les communautés phytoplanctoniques sont représentées par les orthophosphates et l'ammonium.

Les concentrations en nitrates et nitrites sont restées inférieures aux limites de quantification du laboratoire lors des 2 campagnes, que cela soit en surface ou au fond du lac.

Les concentrations en éléments phosphorés sont quant à elles conséquentes et en augmentation entre les 2 campagnes, sur les 2 profondeurs de mesure. **La valeur maximale de phosphore total est de 0,040 mg/l observée le 23 août en surface. À titre de comparaison,**

un plan d'eau est considéré comme eutrophe (niveau trophique élevé) à partir d'une concentration en phosphore total de 0,035 mg/l. Concernant l'ammonium, on remarquera une valeur importante au fond du lac le 23 août, avec 0,09 mg/l. cette valeur pourrait confirmer les phénomènes de relargage de nutriments depuis le sédiment, en conditions d'anoxie.

Tableau 20 : Résultats des analyses physicochimiques réalisées sur le lac des Hermines, au niveau du point le plus profond (Source : CARSO)

				Zone euphotique	
Paramètres	Unités	Méthode d'analyse	LQ	11/07/2022	23/08/2022
Nitrates - NO3	mg NO3/l	NF ISO 15923-1	1	<0,500	<0,500
Nitrites - NO2	mg NO2/l	NF ISO 15923-1	0,04	<0,010	<0,010
Ammonium - NH4	mg NH4/l	NF ISO 15923-1	0,05	0,220	<0,050
Phosphore	mg/l	NF EN ISO 11885	0,005	0,021	0,040
Orthophosphates - PO4	mg PO4/l	NF ISO 15923-1	0,02	0,020	0,070

				Fond-1m	
Paramètres	Unités	Méthode d'analyse	LQ	11/07/2022	23/08/2022
Nitrates - NO3	mg NO3/l	NF ISO 15923-1	1	<0,500	<0,500
Nitrites - NO2	mg NO2/l	NF ISO 15923-1	0,04	<0,010	<0,010
Ammonium - NH4	mg NH4/l	NF ISO 15923-1	0,05	0,060	0,090
Phosphore	mg/l	NF EN ISO 11885	0,005	0,021	0,038
Orthophosphates - PO4	mg PO4/l	NF ISO 15923-1	0,02	0,020	0,060

Une interprétation réglementaire des données a été effectuée sur la base de l'arrêté du 27 juillet 2018. **L'évaluation de la qualité de l'eau se base uniquement sur les concentrations observées au niveau de la couche euphotique.** Les valeurs seuils permettant l'interprétation des données est dépendante de la profondeur moyenne du plan d'eau. Pour le lac des Hermines, la profondeur moyenne estimée est de 3,7 m. La confrontation de résultats obtenus aux valeurs seuils est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Figure 63 : Interprétation des analyses physico-chimiques et détermination de l'état physico-chimique sur le lac des Hermines (Source : Arrêté du 27 juillet 2018, Eurofins, ATHOS Environnement)

Lac des Hermines			
Paramètres	Unités	Valeur de référence	Interprétation selon l'arrêté du 27 juillet 2018
Eléments Physico-chimiques			
Phosphore total	mgP/l	Médiane	0,031
Ammonium	mgNH4/l	Valeur maximale	0,220
Nitrates	mgNO3/l	Valeur maximale	0,250
Profondeur du disque de Secchi	m	Médiane	2,560
ETAT PHYSICO-CHIMIQUE			MOYEN

Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais

En raison des concentrations en ammonium observées le 11 juillet 2022, la qualité de l'eau a été déclassée en « moyenne ». La qualité est « très bonne » concernant les autres paramètres, excepté le phosphore total déclassant la qualité en « bonne ».

11.3.1.1.3 Qualité hydrobiologique de l'eau

11.3.1.1.3.1 Composition phytoplanctonique sur le plan d'eau

Evolution temporelle des successions phytoplanctoniques sur le plan d'eau

La sonde BBe spectrofluorimétrique (Figure 64) est une sonde immergeable qui permet d'obtenir la concentration en μg équivalent de chlorophylle a/L de diverses classes des communautés phytoplanctoniques en continu le long de la colonne d'eau. **Le principe de la mesure repose sur les capacités de fluorescence de ces communautés. La sonde est en effet capable de différencier les principaux groupes (diatomées-dinoflagellés, algues vertes, cryptophycées, cyanobactéries riches en phycocyanine et un groupe mixte riche en phycoérythrine) sur la base de leurs caractéristiques pigmentaires propres.** La mesure se fait sur la mesure de l'intensité relative de fluorescence de la chlorophylle a à 680 nm (due aux pigments du système photosynthétique II) en réponse à une faible excitation séquentielle de cinq diodes lumineuses (LED) émettant à 450, 525, 570, 590 et à 610 nm respectivement. Un logiciel dédié (FluoroProbe) est utilisé pour calculer la quantité relative de chaque classe d'algues présente, exprimée en termes de quantité correspondante de chlorophylle a par litre d'eau (μg d'eq-Chl/L).



Figure 64 : Photographie de la sonde BBe fluorométrique (Source : ATHOS Environnement)

Les figures suivantes présentent l'évolution de la biomasse totale du phytoplancton (Figure 65) ainsi que le détail par grand groupe phytoplanctonique : cyanobactéries, algues vertes, diatomées et cryptophycées.

La Figure 65 met en évidence la biomasse phytoplanctonique présente sur le lac des Hermines (point le plus profond), lors des 2 campagnes de mesure de 2022.

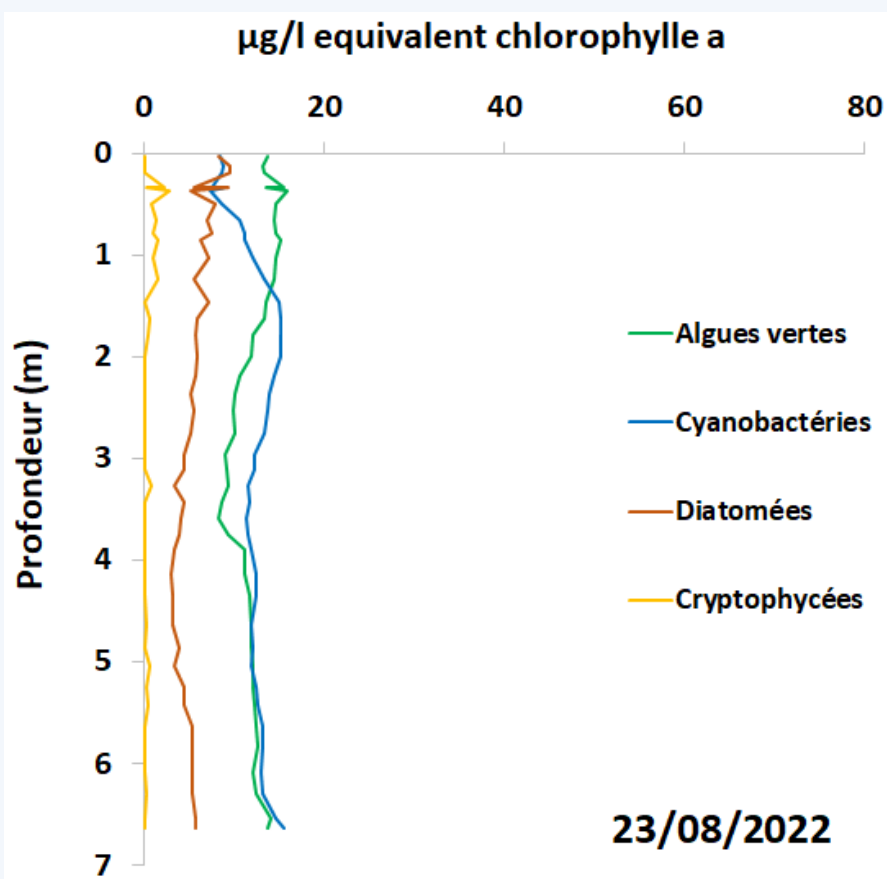
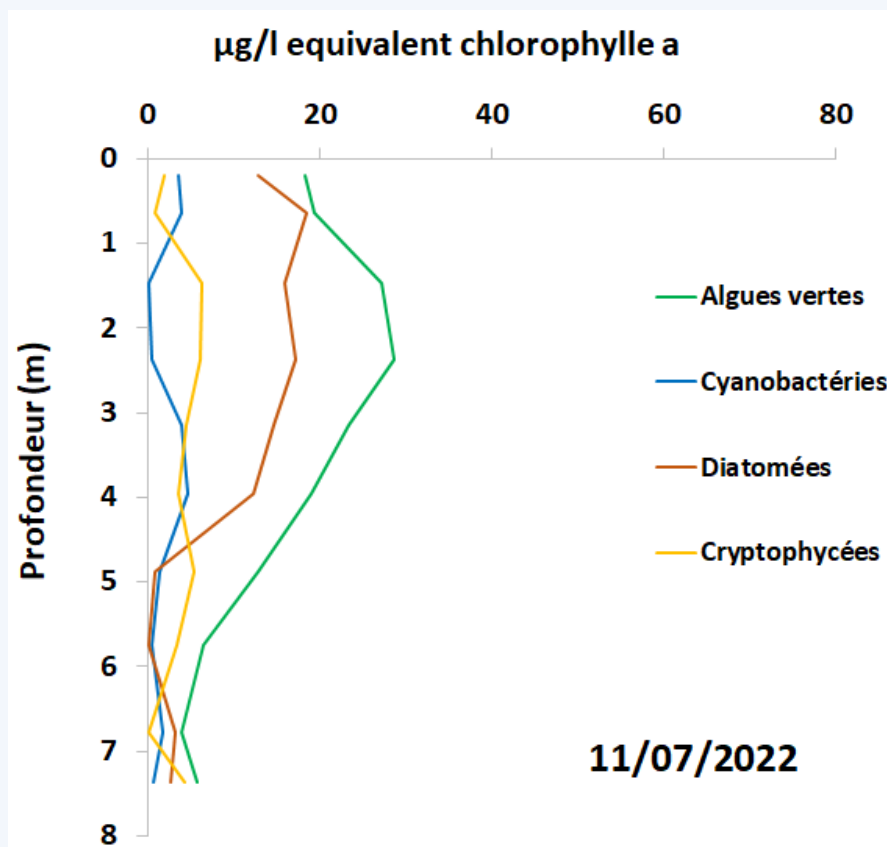


Figure 65 : Evolution de la concentration totale en phytoplancton sur le point de prélèvement, point le plus profond du plan d'eau, durant le suivi 2022 (Source : ATHOS Environnement)

La biomasse la plus conséquente a été observée lors de la campagne du 11 juillet 2022. À cette date, le peuplement phytoplanctonique est dominé par le groupe des algues vertes, dont la concentration maximale est observée autour de 2,5 m de profondeur. Les diatomées sont également bien représentées. Les cyanobactéries, en revanche, restent en faible concentration.

Lors de la campagne du 23 août, les cyanobactéries sont largement mieux représentées. En surface, si les algues vertes dominent toujours, à partir de 2 m de profondeur, les cyanobactéries deviennent majoritaires. Les diatomées sont en nette régression.

Les mêmes mesures fluorimétriques ont été réalisées sur la zone de baignade, ponctuellement sur un échantillon intégré représentatif. Les résultats sont fournis dans la figure suivante.

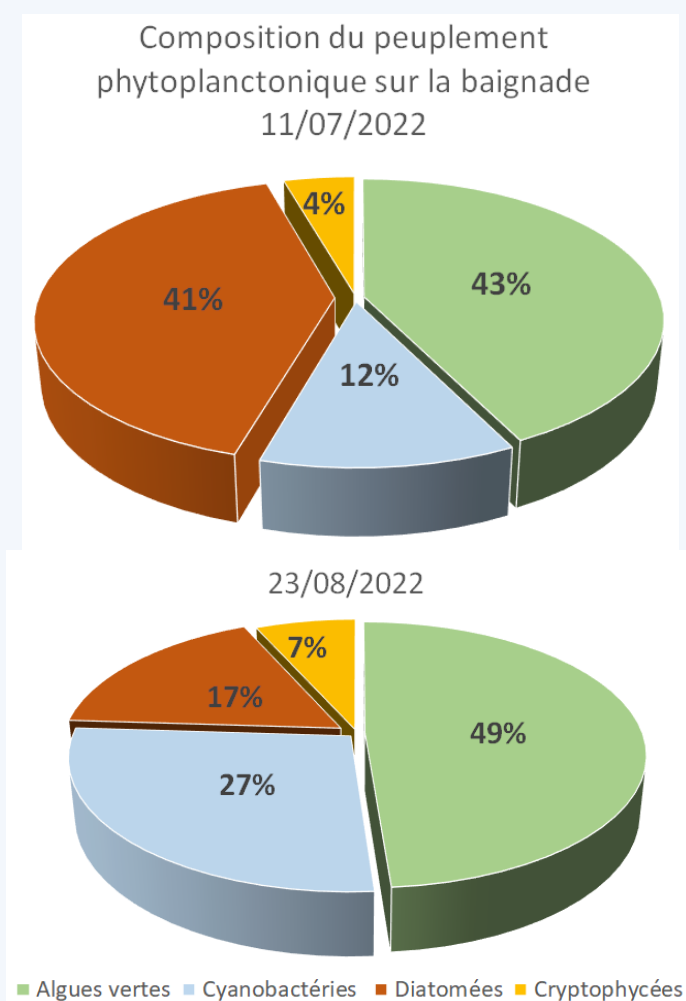


*Figure 66 : Evolution de la répartition totale en phytoplancton sur la zone de baignade, durant le suivi 2022
(Source : ATHOS Environnement)*

Sur la zone de baignade, l'évolution de la répartition reste similaire sur la campagne de juillet avec une dominance des algues vertes et des diatomées. En revanche, sur la campagne d'août, les algues vertes restent majoritaires et les cyanobactéries ne représentent que 27 % du peuplement total.

11.3.1.1.3.2 Dénombrements de cyanobactéries sur le plan d'eau- Suivi ATHOS

Afin de compléter la chronique de données disponibles *via* le suivi sanitaire de l'ARS, des dénombrements de cyanobactéries ont été réalisés au cours des 2 campagnes sur le point le plus profond et la zone de baignade (sauf pour la campagne du 11 juillet, pour laquelle un prélèvement ARS avait déjà été réalisé sur ce point).

Les prélèvements ont été effectués dans le strict respect du guide méthodologique « Prélèvement, dénombrement et identification des cyanobactéries dans les eaux douces accueillant des activités de baignade et de loisirs nautiques », ANSES, Juin 2016.

Chaque point a été échantillonné suivant une méthodologie adaptée à sa profondeur :

- La zone de baignade, peu profonde a été échantillonnée en intégrant un même volume d'eau prélevé en trois points différents de chaque zone. Ces trois sous-échantillons sont mélangés dans un récipient propre et un prélèvement intégré de 0,5 litre est réalisé.

- Le point le plus profond a été échantillonné de manière à intégrer l'ensemble de la zone euphotique. Les prélèvements aux différentes profondeurs (tous les 50 cm) ont été réalisés à l'aide d'une bouteille fermante. Un échantillon a ensuite été réalisé en intégrant un même volume d'eau issu des différentes profondeurs de la zone euphotique.

Les dénombrements de cyanobactéries ont été réalisés selon la méthode Utermöhl (1958) – méthode similaire à celle utilisée dans le cadre du suivi sanitaire mené par l'ARS.

Les cyanobactéries ont été identifiées à partir des ouvrages de J. Komarek et K. Anagnostidis *et al.* 1. Teil: Chroococcales (2005) / 2 Teil Oscillatoriales (1998) / 3 Teil Heterocytous (2013) (Susswasserflora von Mitteleuropa band 19, 1, 19, 2 et 19,3).

Les dénombrements ont été réalisés sous un microscope inversé Olympus CKX 41.

La Figure 67 et la Figure 68 décrivent les résultats issus des dénombrements de cyanobactéries durant le suivi 2022 (ARS et ATHOS Environnement). Aucune tendance significative se dégage quant à la répartition spatiale des cyanobactéries sur le plan d'eau, cette dernière reste variable et hétérogène. En juillet, les abondances en cyanobactéries sont plus conséquentes au niveau du point le plus profond, en revanche, lors de la campagne du 23 août, c'est sur la zone de baignade que les cyanobactéries sont les plus concentrées. Concernant les biovolumes, pour la totalité des analyses et quel que soit le point de prélèvement, le seuil de 1 mm³/l est largement dépassé.

Les principaux genres de cyanobactéries responsables de ces développements sont *Pseudanabaena* et *Dolichospermum*.

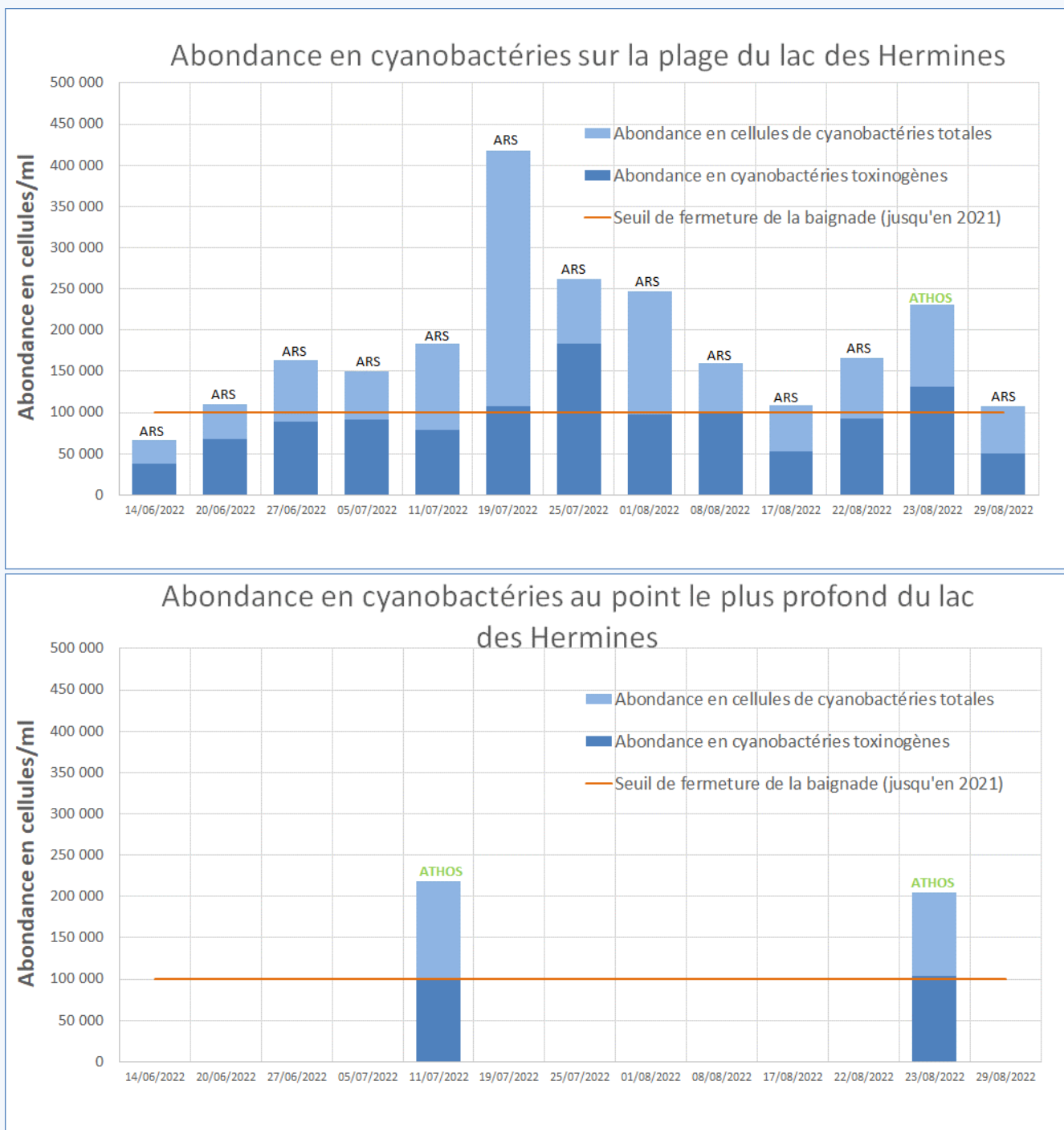


Figure 67 : Abondance en cyanobactéries sur le lac des Hermines en 2022 sur la plage en haut, au point le plus profond en bas (Source : ATHOS Environnement)

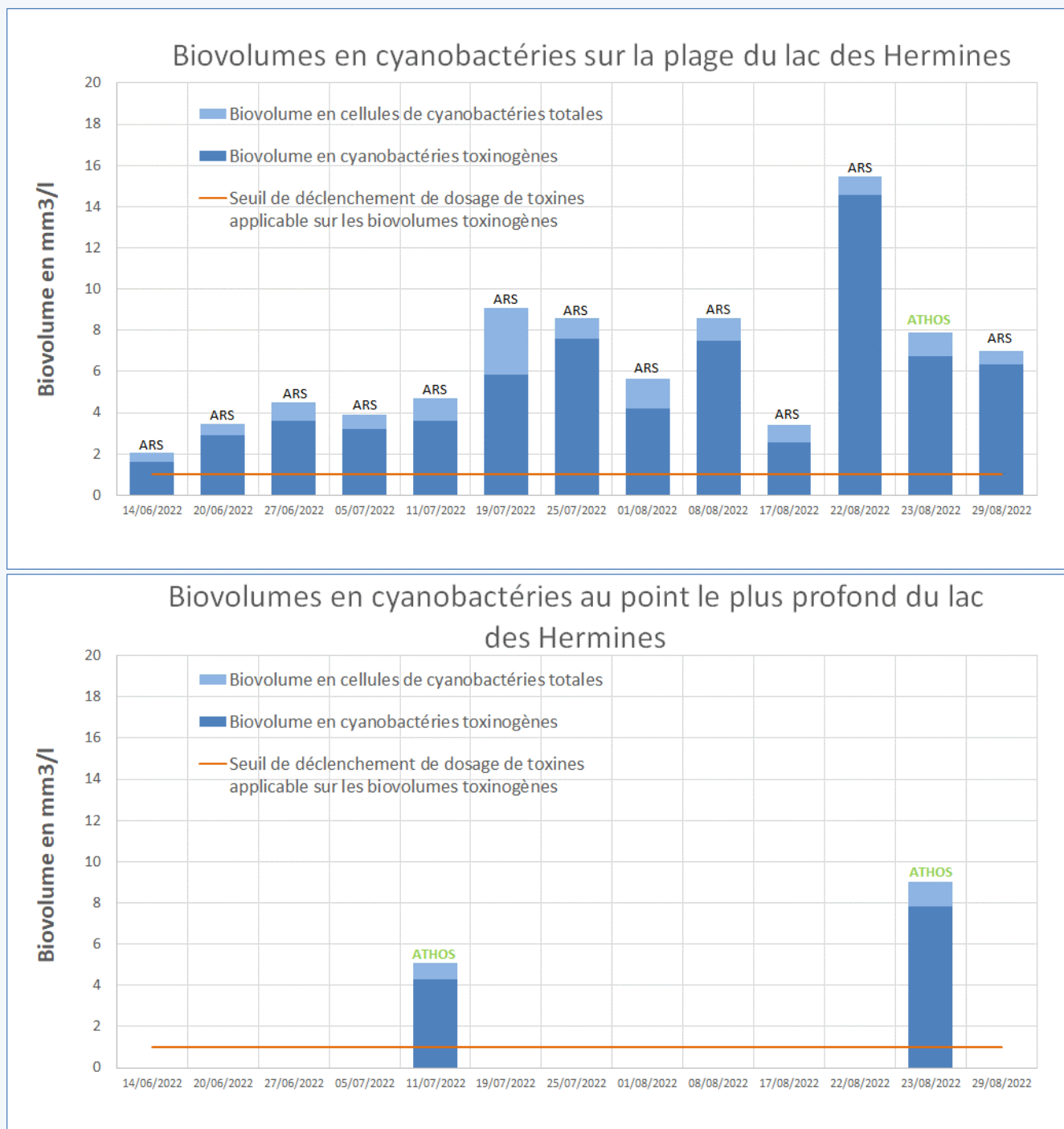


Figure 68 : Biovolume en cyanobactéries sur le lac des Hermines en 2022 sur la plage en haut, au point le plus profond en bas (Source : ATHOS Environnement)

11.3.1.2 Etude du compartiment SEDIMENT

Le lac des Hermines reçoit des apports sédimentaires importants en provenance du drainage de son bassin versant. **Le taux de sédimentation dans le lac a été évalué à 2 cm/an** (Données Véodis 3D, 2017). Afin d'éviter un comblement progressif de certaines zones, et afin de retrouver le volume d'eau utile initial, plusieurs curages ont déjà été mis en œuvre sur le lac. **Un nouveau projet de curage est actuellement en cours et dans ce cadre, des analyses qualitatives des sédiments en place ont été réalisées en 2017**, par ATHOS Environnement. Les résultats sont synthétisés dans les paragraphes suivants. Les données complètes sont disponibles dans le rapport « Prélèvements de sédiments sur le lac des Hermines – Commune de Besse-et-Saint-Anastaise- ATHOS Environnement – Avril 2017, 34 pages.

11.3.1.2.1 Localisation des points de prélèvements

Trois points de prélèvements ont été définis : deux au niveau de l'arrivée des principaux affluents et un au niveau de l'exutoire du lac.

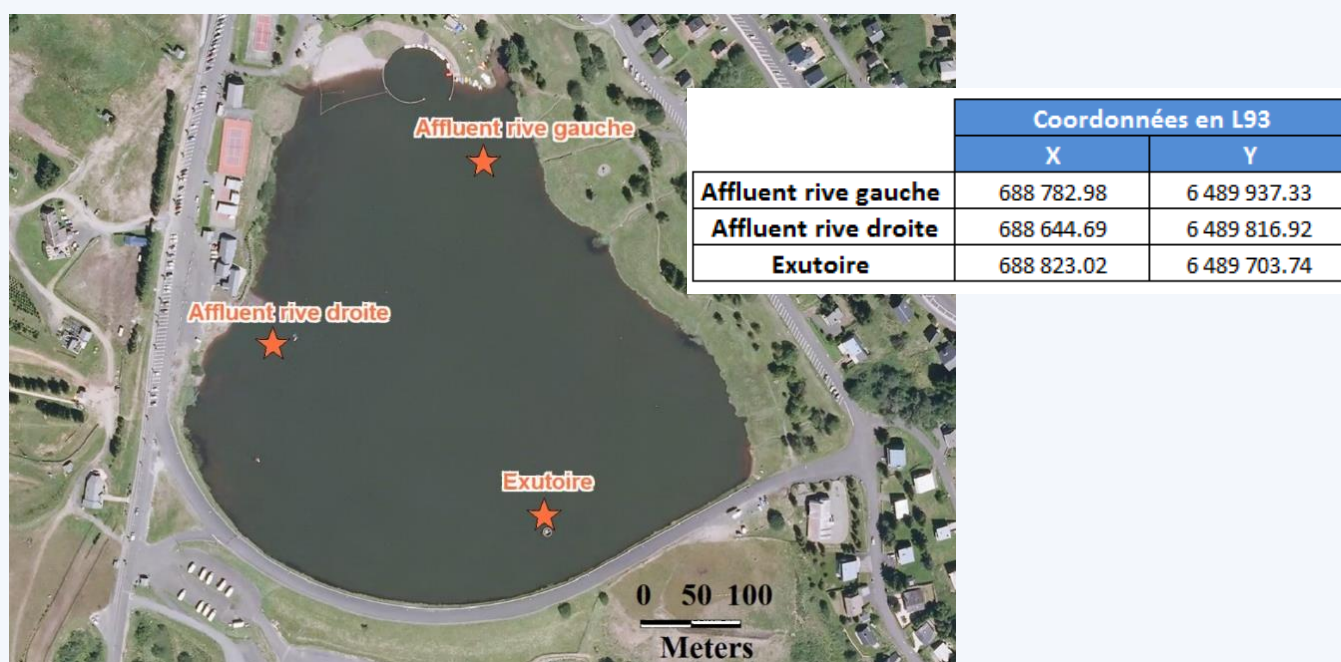


Figure 69 : Emplacement des points de prélèvement (Source : ATHOS Environnement)

Les prélèvements ont été réalisés depuis une embarcation gonflable, à l'aide d'un carottier à main de la marque UWITEC (Figure 70), qui permet de prélever des carottes en maintenant le sédiment extrait par strate. Deux opérateurs ont été déployés pour cette méthode de carottage. Les carottages ont été réalisés jusqu'au refus (arrêt de pénétration du carottier).



Figure 70: Carottier à main UWITEC (Source : ATHOS Environnement)

11.3.1.2.2 Description des carottes sédimentaires

Sur le point EXUTOIRE, 4 carottes ont été réalisées, dont la plus importante présentait une longueur de 108 cm. Sur ce point de prélèvement, les sédiments sont homogènes et très fins, avec une dominance de limons.

Deux carottes ont été réalisées sur chacun des points AFFLUENT RIVE GAUCHE (longueur maximale de 25 cm) et RIVE DROITE (longueur maximale de 49 cm). Sur ces 2 points, le sédiment est plus grossier, avec la présence de sable fin.

L'ensemble des carottes a été utilisé afin de réaliser un échantillon composite spécifique à chaque point, en vue des analyses physico-chimiques.

2 types d'analyses ont été effectués :

- Le dosage des substances nutritives dont le phosphore, qui peut s'accumuler dans le sédiment et former un stock disponible sous certaines conditions pour le développement des cyanobactéries.
- Les micropolluants dont la présence en certaine quantité conditionne les possibilités de remaniement des sédiments.

11.3.1.2.3 Résultats d'analyses et interprétation

11.3.1.2.3.1 Substances nutritives

Les dosages de nutriments dans le sédiment du lac des Hermines sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 21 : Substances nutritives dans le sédiment du lac des Hermines en 2017 (Source : ATHOS Environnement)

Paramètre	Unité	AFFLUENT RIVE DROITE	AFFLUENT RIVE GAUCHE	EXUTOIRE
Sur la phase particulaire				
Azote Kjeldahl	mgN/kg MS	3100,00	1300,00	4500,00
Azote global	mgN/ kg MS	4100,00	2700,00	<200
Phosphore	mgP/kg MS	1665,00	1241,00	1447,00
Sur l'eau interstitielle				
Ammonium	mgNH ₄ /l	0,99	3,10	8,90
Nitrates	mgNO ₃ /l	0,80	0,60	<1
Nitrites	mgNO ₂ /l	0,20	0,04	0,09
Azote Kjeldahl	mgN/l	5,00	1,90	20,00
Azote global	mgN/l	5,20	2,00	20,00
Phosphore	mgP/l	0,15	0,11	0,47
Demande biochimique en oxygène	mg/IO ₂	9,00	8,00	13,00
Demande Chimique en Oxygène	mg/IO ₂	66,00	39,00	259,00

La concentration en phosphore la plus importante sur la matrice brute a été observée sur le point AFFLUENT RIVE DROITE, avec 1 665 mg/kg MS. Les concentrations sur les autres points sont légèrement plus faibles mais restent tout de même conséquentes. La moyenne sur les 3 points de mesure est de 1 451 mg/kg MS.

Il n'existe actuellement aucun référentiel concernant la concentration en phosphore dans le sédiment. À titre informatif, le tableau suivant présente les concentrations en phosphore dans le sédiment sur quelques lacs, également concernés par des proliférations soit de cyanobactéries (Cournon d'Auvergne, Aydat, Goule), soit de macrophytes (La Cassière, étang des Galets).

La concentration en phosphore dans le sédiment du lac des Hermines est comparable à celle du plan d'eau de Cournon d'Auvergne, connu pour des efflorescences très importantes de cyanobactéries. Le stock de phosphore est largement suffisant pour ré-alimenter la croissance des cyanobactéries en cas de relargage.

Figure 71 : Exemples de concentrations de phosphore dans les sédiments de différents lac (Source : Syndicat Mixte des Vallées de la Veyre et de l'Auzon – Asconit, CG18, ATHOS Environnement)

	Concentration moyenne en phosphore total dans le sédiment (en mg/kg MS)	Date d'analyse
Lac d'Aydat (63)	2 400	2015
Lac de la Cassière (63)	2 575	2015
Plan d'eau de Cournon d'Auvergne (63)	1 437	2017
Etang de Goule (18-03)	710	2018
Plan d'eau de Saint-Rémy-sur-Durolle (63)	1 318	2019
Plan d'eau Meyrignac-l'Eglise (19)	890	2019
Etang des Galets (95)	507	2021

11.3.1.2.3.2 Micropolluants

Les résultats d'analyses ont été interprétés selon plusieurs arrêtés réglementaires :

- **L'arrêté du 9 août 2006**, pour évaluer l'incidence des opérations qui remanie des sédiments en rivière ou lac (curage avec ou sans dépôt à terre).
- **L'arrêté du 28 octobre 2010**, concernant les installations de stockage des « déchets inertes » (Test de lixiviation normalisé X 30 402 2).
- **L'arrêté du 8 janvier 1998**, fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles.

11.3.1.2.3.2.1 Arrêté du 9 août 2006

Arrêté du 9 août² : cet arrêté fait appel au seuil S1 (pour PCB, HAP et métaux), pour déterminer la nature de la procédure à suivre dans le cadre d'opérations d'entretien ou du curage de cours d'eau. Le dépassement de ce seuil implique formellement une procédure d'autorisation, quel que soit le volume de matériaux remaniés. Par extension, ces seuils S1 sont couramment utilisés comme valeurs charnières pour apprécier la possibilité de remobiliser les matériaux au sein du cours d'eau, et à défaut l'obligation de les extraire.

Tableau 22 : Résultats des sédiments du lac des Hermines en 2017 comparés aux valeurs seuil S1 de l'arrêté du 9 août 2006

Arrêté du 09/08/2006				
MÉTAUX (mg/kg MS)	Seuil S1	AFFLUENT RIVE GAUCHE	AFFLUENT RIVE DROITE	EXUTOIRE
Arsenic	30,0	6,20	11,30	7,10
Chrome	150,0	9,10	16,90	8,20
Nickel	50,0	10,00	13,60	6,10
Plomb	100,0	6,20	11,80	7,10
Zinc	300,0	105,40	148,70	90,40
PCB (mg/kg MS)				
PCB totaux	0,7	<0.005	<0.005	0,0587
HAP (mg/kg MS)				
HAP totaux	22,8	<0.010	0,036	0,426

L'interprétation des résultats selon l'arrêté du 9 août 2006 indique que les concentrations observées sont toutes inférieures aux seuils S1.

11.3.1.2.3.2.2 Arrêté du 28 octobre 2010

L'interprétation des résultats obtenus sur les lixiviats, selon l'arrêté du 28 octobre 2010, indique **qu'aucun paramètre n'est supérieur au seuil sur le point EXUTOIRE, le sédiment peut être considéré comme un déchet inerte. En revanche, les concentrations en carbone**

² Arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée au décret n°93-743 du 29 mars 1993.

organique total sur les points **AFFLUENT RIVE GAUCHE** et **RIVE DROITE** ne permettent pas le **stockage en déchets inertes**. Toutefois, le carbone organique total sur l'éluât ne dépassant pas les 500 mg/kg MS, une tolérance pourrait être admise.

Tableau 23: Résultats des sédiments du lac des Hermines en 2017 comparés aux valeurs seuils pour l'acceptation de déchets inertes selon l'arrêté du 28 octobre 2010

Matrice : Lixiviât				
Métaux (mg/kg MS)	AFFLUENT RIVE DROITE	AFFLUENT RIVE GAUCHE	EXUTOIRE	Seuils déchets inertes
Arsenic	0,05	<0.02	0,06	0,5
Baryum	0,26	0,25	2,4	20
Cadmium	<0.010	<0.010	<0.01	0,04
Chrome	<0.05	<0.05	<0.05	0,5
Cuivre	<0.1	<0.1	0,1	2
Mercur	<0.010	<0.01	<0.010	0,01
Molybdène	<0.05	<0.05	<0.05	0,5
Nickel	<0.05	<0.05	<0.05	0,4
Plomb	0,02	<0.02	0,04	0,5
Sélénium	<0.05	<0.05	<0.05	0,1
Zinc	0,38	0,22	1,78	4
Chimie des eaux (mg/kg MS)				
Fraction soluble	1880	2180	1722	4000
Carbone organique total	130	290	27	500
Fluorures	<5	<5	<5	10
Indices Phénol	<0.2	<0.2	0,2	1

Matrice : Sédiment				
Carbone organique total	74400	55100	28300	30000*
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	<0.241	<0.17	<0.273	6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	<0.005	<0.005	0,587	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	198	65	273	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	0,136	<0.010	0,426	50

*Pour les sols, une valeur limite plus élevée peut-être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluât, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7.5 et 8.0.

11.3.1.2.3.2.3 Arrêté du 8 janvier 1998

L'interprétation des résultats obtenus sur les sédiments, selon l'arrêté du 8 janvier 1998 indique qu'un épandage sur des terres agricoles serait possible d'un point de vue réglementaire. Par ailleurs, le bénéfice attendu d'un éventuel épandage est à définir au cas par cas en fonction des parcelles concernées par l'épandage. Dans tous les cas, la valeur agronomique du sédiment devrait être plus importante que celle du sol receveur.

Tableau 24 : Analyses des résultats de sédiments en 2017 selon l'arrêté du 8 janvier 1998

MÉTAUX (mg/kg MS)	AFFLUENT RIVE DROITE	AFFLUENT RIVE GAUCHE	EXUTOIRE	Arrêté du 8 janvier 1998
Chrome	9,1	16,9	8,2	1 000
Nickel	10	13,6	6,1	200
Plomb	6,2	11,8	7,1	800
Zinc	105,4	148,7	90,4	3 000
Cadmium	<0.5	<0.5	<0.5	10
Cuivre	<9.5	19,8	<10.2	1 000
Mercur	<0.024	0,056	0,046	10
Chrome+Cuivre+Nickel+Zinc	134	199	104,7	4 000

11.3.2 Mesures sur les affluents

11.3.2.1 Analyses spécifiques sur les hydrocarbures

Des pollutions aux hydrocarbures ont été constatées à plusieurs reprises sur le lac des Hermines :

- À l'été 2012, des irisations sur l'eau, caractéristiques des hydrocarbures ont été observées sur un pluvial débouchant dans le lac (observations ATHOS Environnement dans le cadre de la réalisation du profil baignade initial).
- En janvier 2019, observation d'une pollution au fuel rouge (suspicion liée au garage SAEM Pavin ?)
- En juillet 2019, des irisations sur l'eau et des odeurs d'hydrocarbures ont été rapportées par les usagers. La baignade a été fermée temporairement. La pollution était *a priori* apportée par un pluvial. Une entreprise réalisant des travaux au niveau de la piscine se serait branchée au niveau de cet exutoire pluvial, débouchant dans le lac des Hermines.
- En août 2021, des rejets d'hydrocarbures au niveau du ruisseau de la Biche ont été observés par la fédération de pêche. L'origine n'a pas été déterminée. La baignade a été temporairement fermée.
- Plus récemment, le 22 avril 2023, une pollution a été observée suite à un déversement de fioul depuis une cuve domestique chez un particulier. Le fioul s'est répandu via le réseau d'eaux pluviales et l'exutoire P11, jusqu'au lac (Figure 72). Cette pollution a été rapidement prise en charge par les pompiers. La société TAUW en a assuré la gestion par la suite et évalué l'impact à travers des mesures sur différents points. Les résultats sont consignés dans un rapport adressé à la mairie.

Dans ce contexte, l'ARS a souhaité intégrer dans la révision du profil baignade, des analyses d'hydrocarbures sur l'eau des affluents afin d'évaluer la vulnérabilité du lac face à ce type de pollution. Il est à noter que les hydrocarbures ne sont pas intégrés dans le suivi sanitaire réglementaire pour l'évaluation de la qualité d'eau de baignade.

Une campagne de prélèvements et analyses d'hydrocarbures a été réalisée le 17 août 2022, lendemain d'un épisode pluvieux important (26 mm de pluie enregistrés le 16 août). Il est à noter que cette campagne n'a donc pas intégrée la pollution survenue en avril 2023.

Les points de prélèvements sont détaillés dans la figure suivante. Les exutoires pluviaux 1 à 4 et 6, ainsi que le ruisseau de Maladet, n'ont pas été prélevés en raison de l'absence d'écoulement.

Avec la zone de baignade, ce sont 10 points qui ont fait l'objet d'un échantillonnage. Les échantillons d'eau ont été convoyés le soir même au laboratoire CARSO, accrédité COFRAC.

Les résultats des analyses sont présentés dans le Tableau 25.

Les concentrations en hydrocarbures sur l'eau sont toutes restées inférieures au seuil de quantification du laboratoire et ce, sur l'ensemble de points de prélèvements. Ces analyses restant ponctuelles (une seule campagne de mesure), il ne peut être exclu des contaminations temporaires par les hydrocarbures impactant le lac, soulignant une nouvelle fois la forte vulnérabilité du lac face à cet aléa.



Figure 72 : Localisation des points de prélèvements sur les affluents et tributaires du lac des Hermines
(Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

Tableau 25 : Résultats des analyses d'hydrocarbures en 2022 sur les affluents et tributaires du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement, Laboratoire CARSO)

	Hydrocarbures totaux en µg/l	Indice hydrocarbures (C10-C40) en mg/l	Indice hydrocarbures volatils en µg/l
Ru de la plaine des Moutons	<100	<0,1	<50
Ru de la Biche	<100	<0,1	<50
Ru de la Biche Paillaret	<100	<0,1	<50
P5	<100	<0,1	<50
P7	<100	<0,1	<50
P8	<100	<0,1	<50
P9	<100	<0,1	<50
P10	<100	<0,1	<50
P11	<100	<0,1	<50
Zone de baignade	<100	<0,1	<50

11.3.2.2 *Qualité physico-chimique de l'eau***Données 2022 - ATHOS Environnement**

Deux campagnes de mesure ont été réalisées sur les affluents du lac sous différentes conditions météorologiques : le 11 juillet 2022 en temps sec et le 17 août 2022 en conditions pluvieuses. Les points échantillonnés sont similaires à ceux décrits dans la Figure 72. Les résultats sur la zone de baignade ont été présentés dans le paragraphe 11.2.

Les résultats des campagnes sur les affluents sont présentés dans le Tableau 26, pour les mesures *in situ* et dans le Tableau 27, pour les analyses de nutriments.

Tableau 26 : Mesures in situ sur les affluents du lac (Source : ATHOS Environnement, CARSO)

Mesures in situ

	Campagne TEMPS SEC 11/07/2022				
	Température °C	Oxygène dissous mg/l	Saturation en oxygène %	pH	Conductivité µS/cm
Ru de la plaine des Moutons	11,0	9,5	99,5	7,4	79,0
Ru de la Biche	10,6	9,7	100,2	7,3	62,0
Ru de la Biche Paillaret	13,6	9,2	101,0	7,6	35,6
P5	13,5	9,0	99,5	7,3	89,7
P7	10,3	9,1	93,0	7,2	64,0
P8	11,2	9,3	97,5	7,6	130,0
P9	11,7	9,7	103,4	7,7	131,0
P10	10,2	9,7	99,9	7,6	200,0
P11	7,4	10,6	101,1	7,1	51,0

	Campagne TEMPS PLUVIEUX 17/08/2022				
	Température °C	Oxygène dissous mg/l	Saturation en oxygène %	pH	Conductivité µS/cm
Ru de la plaine des Moutons	12,3	9,1	98,6	7,3	90,1
Ru de la Biche	13,2	9,1	100,9	7,4	66,3
Ru de la Biche Paillaret	16,9	8,5	102,5	7,5	46,0
P5	16,9	8,0	96,5	7,1	250,0
P7	11,1	9,1	96,9	7,0	60,0
P8	13,0	9,0	100,6	7,5	110,6
P9	13,0	9,0	100,6	7,5	110,6
P10	12,2	9,0	99,3	7,6	171,2
P11	9,7	9,7	99,3	7,4	93,2

Les eaux sont restées bien oxygénées sur l'ensemble des tributaires. Les valeurs de pH sont globalement stables. En revanche, on peut observer des variations au niveau de la température avec des valeurs plus conséquentes sur les affluents en provenance de l'ouest

du bassin versant, c'est-à-dire le ruisseau de la Biche Paillaret et le pluvial 5, et ce lors des 2 campagnes. Le pluvial 11 présente quant à lui, les températures les plus basses.

La conductivité, qui traduit la présence d'éléments dissous dans l'eau, varie entre les points de mesure. Une conductivité élevée peut être synonyme de pollution d'une eau. La valeur maximale a été observée sur le pluvial 5 lors de la campagne en temps pluvieux (250 $\mu\text{S}/\text{cm}$). En temps sec, la conductivité reste dans les gammes de valeur acceptables sur ce tributaire. En revanche, sur les pluviaux 8, 9 et 10, on notera tout de même des conductivités élevées sur même par temps sec.

Tableau 27 : Analyses de nutriments sur les affluents du lac (Source : ATHOS Environnement, CARSO)

Nutriments

	Campagne TEMPS SEC 11/07/2022				
	Ammonium (NH ₄) en mg/l	Nitrates (NO ₃) en mg/l	Nitrites (NO ₂) en mg/l	Orthophosphates (PO ₄) en mg/l	Phosphore total en mg/l
Ru de la plaine des Moutons	3,45	1,8	0,08	0,75	0,283
Ru de la Biche	0,18	2	< 0,01	0,19	0,096
Ru de la Biche Paillaret	0,78	1,3	< 0,01	0,03	0,018
P5	0,54	1,1	< 0,01	0,03	< 0,010
P7	0,12	1,5	< 0,01	0,15	0,104
P8	0,2	6	0,07	0,05	0,023
P9	0,11	6,2	0,11	0,06	0,029
P10	0,26	2,8	< 0,01	0,06	0,02
P11	0,13	1,9	< 0,01	0,21	0,084

	Campagne TEMPS PLUVIEUX 17/08/2022				
	Ammonium (NH ₄) en mg/l	Nitrates (NO ₃) en mg/l	Nitrites (NO ₂) en mg/l	Orthophosphates (PO ₄) en mg/l	Phosphore total en mg/l
Ru de la plaine des Moutons	2,39	5,4	0,33	0,58	0,241
Ru de la Biche	<0,05	1,5	0,01	0,26	0,096
Ru de la Biche Paillaret	<0,05	1	<0,01	0,06	0,054
P5	0,69	14	0,04	0,06	0,025
P7	<0,05	1,4	<0,01	0,29	0,106
P8	0,09	7,6	0,22	0,09	0,084
P9	0,12	9	0,24	0,09	0,052
P10	<0,05	3,4	<0,01	0,13	0,041
P11	<0,05	1,5	<0,01	0,16	0,06

Les concentrations en nutriments les plus importantes ont été observées sur le ruisseau de la plaine des Moutons. Les valeurs présentent peu de différences significatives entre les prélèvements en temps sec et en temps pluvieux, ce qui traduit des contaminations directes au réseau hydrographique. Le pluvial 5 se démarque par des concentrations en nitrates très élevées pour cette typologie de tributaire, avec 14 mg/l. Les pluviaux 8 et 9 présentent également des concentrations non négligeables. Concernant les éléments phosphorés, le ruisseau de la Biche et le pluvial 7 présente des teneurs importantes.

L'interprétation réglementaire des données a été réalisée selon l'arrêté du **27 juillet 2015**, **réactualisé en juillet 2018**. L'évaluation de la qualité de l'eau se réalise par le calcul pour chaque paramètre, des percentiles (90 ou 10 en fonction des paramètres et établis sur minimum 4 campagnes), comparés aux valeurs seuils de l'arrêté. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant. Des classes de qualité sont ensuite attribuées à chaque paramètre selon un code colorimétrique, présenté sous le Tableau 28. Pour réaliser cette interprétation, les exutoires pluviaux ont été assimilés à des cours d'eau. Il est à noter que les analyses restent ponctuelles, seules 2 campagnes de mesure ont été réalisées pour effectuer les calculs, contre 4 décrites dans l'arrêté du 27 juillet 2018. L'interprétation est donc à prendre à titre indicatif.

Tableau 28 : Interprétation réglementaire des analyses de nutriments sur les affluents du lac selon l'arrêté du 27 juillet 2018 (Source : ATHOS Environnement, CARSO)

Calcul des percentiles 90 (10 pour l'oxygène) sur la base des 2 campagnes (temps sec et temps pluvieux)										
Paramètres	Unités	Ru de la plaine des Moutons	Ru de la Biche	Ru de la Biche Paillaret	P5	P7	P8	P9	P10	P11
Oxygène dissous	mg/l	9,10	9,16	8,57	8,11	9,10	9,01	9,05	9,08	9,80
Saturation en oxygène	%	98,69	100,27	101,15	96,80	93,39	97,81	100,88	99,36	99,48
Température	°C	12,17	12,94	16,57	16,56	11,02	12,82	12,87	12,00	9,47
Nitrates (NO3)	mg NO3/l	5,04	1,59	1,27	12,71	1,49	7,44	8,72	3,34	1,86
Nitrites (NO2)	mg NO2/l	0,31	0,01	0,01	0,04	0,01	0,21	0,23	0,01	0,01
Ammonium (NH4)	mg NH4/l	3,34	0,16	0,78	0,68	0,11	0,19	0,12	0,24	0,12
Orthophosphates (PO4)	mg PO4/l	0,73	0,25	0,06	0,06	0,28	0,09	0,09	0,12	0,21
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,28	0,10	0,05	0,03	0,11	0,08	0,05	0,04	0,08
BILAN		MEDIOCRE	BON	MOYEN	MOYEN	BON	BON	BON	BON	BON
Classes de qualité										
		Très bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais				

La qualité de l'eau sur le ruisseau de la plaine des Moutons est classée comme « médiocre », en raison des fortes concentrations en ammonium. Les éléments phosphorés sont également bien présents et classent l'eau en qualité « moyenne », pour les orthophosphates et le phosphore total.

Le ruisseau de la Biche présente une « bonne » qualité, en lien avec les concentrations en nutriments.

Sur le ruisseau de la Biche Paillaret, la qualité est classée comme « moyenne », en raison là encore de la concentration en ammonium. L'ensemble des autres paramètres sur ce ruisseau sont classés en « très bonne » qualité.

Les exutoires pluviaux en provenance du versant Est sont tous classés en « bonne » qualité. L'exutoire pluvial 5, en provenance du versant Nord-Ouest est classé en qualité « moyenne », en raison des quantités d'ammonium. Il est également à noter des concentrations en nitrates sur ce tributaire importantes avec un percentile 90 de 12,7 mg/l, soit 8 fois supérieurs à celui du ruisseau de la Biche par exemple.

L'ensemble des tributaires du lac des Hermines présentent une bonne oxygénation de l'eau et une température en adéquation avec leur contexte géo-morphologique, toutefois, les fortes concentrations en nutriments sont responsables de dégradations plus ou moins marquées sur les différents affluents. Le plus dégradé est le ruisseau de la plaine des Moutons. Les teneurs en nutriments observées sur l'ensemble des points sont conséquentes pour ce type de ruisseaux, situés en toute tête de bassin versant, ce qui traduit des apports en lien avec les activités anthropiques. Ces aspects seront détaillés dans le paragraphe 12.



Evolution 2012-2022

Dans le cadre du profil baignade initial, ont été présentées les analyses physico-chimiques réalisées en 2012 sur les différents affluents du plan d'eau. 2 campagnes de mesures avaient également été effectuées sous différentes conditions météorologiques. Ces résultats ont été mis en parallèle avec les analyses effectuées en 2022.

Figure 73 : Evolution des concentrations en nutriments sur les affluents du plan d'eau en 2012 et 2022
(Source : ATHOS Environnement)

Nutriments	Ammonium (NH4) en mg/l				Nitrates (NO3) en mg/l				Orthophosphates (PO4) en mg/l			
	25/07/2012	28/08/2012	11/07/2022	17/08/2022	25/07/2012	28/08/2012	11/07/2022	17/08/2022	25/07/2012	28/08/2012	11/07/2022	17/08/2022
Ru de la plaine des Moutons	0,01	0,03	3,45	2,39	1,07	0,39	1,80	5,40	0,02	0,06	0,75	0,58
Ru de la Biche	0,01	0,16	0,18	<0,05	1,17	<0,01	1,60	1,50	0,42	0,33	0,19	0,26
Ru de la Biche Paillaret	0,01	0,07	0,78	<0,05	0,88	0,15	1,30	1,00	0,03	0,26	0,03	0,06
P5		0,86	0,54	0,69		7,65	1,10	14,00		0,03	0,03	0,06
P7	0,00	0,04	0,12	<0,05	1,43	0,39	1,50	1,40	0,26	0,35	0,15	0,29
P8	0,00	0,03	0,20	0,09	3,27	3,17	6,00	7,60	0,09	0,06	0,05	0,09
P9			0,11	0,12			6,20	9,00			0,06	0,09
P10		0,03	0,26	<0,05		3,85	2,80	3,40		0,06	0,06	0,13
P11	0,01	0,32	0,13	<0,05	2,10	1,22	1,90	1,50	0,26	0,40	0,21	0,16

Le ruisseau de la plaine des Moutons se démarque par des concentrations en nutriments importantes, bien supérieures à celles observées en 2012. Pour les autres affluents, les évolutions sont moins marquées. Il est à noter que les apports en nutriments sont effectifs même en temps sec, et ce toujours en 2022, ce qui laisse supposer des rejets directs au réseau hydrographique.

12 INVENTAIRE DES SOURCES DE POLLUTIONS

On distingue les **pollutions « diffuses »**, dont l'origine géographique est éparse et difficile à définir précisément. Ces pollutions sont généralement corrélées aux événements pluvieux qui induisent un lessivage des surfaces (urbaines, agricoles, ...) et un transfert vers le réseau hydrographique via le phénomène de ruissellement. Par exemple, le ruissellement entraîne des particules de terre sur lesquels des bactéries et du phosphore peuvent être fixés. Un tel phénomène constitue un transfert diffus.

À l'inverse, les **pollutions dites « ponctuelles » ou canalisées** sont rejetés indépendamment du régime pluvial, au simple rythme des activités humaines. Leurs origines peuvent être définies précisément. Il peut s'agir des rejets d'origine domestique, industrielle et agricole. Ces formes de pollutions peuvent évoluer, en fonction des conditions météorologiques, de la pression anthropique, et de la configuration des infrastructures responsables de la pollution. On distinguera alors les pollutions « **temporaires** » et « **permanentes** ».

Les pollutions « **accidentelles** » doivent être considérées dans l'établissement du profil de vulnérabilité de la zone de baignade. Il s'agit des risques potentiels de pollution qui sont présents sur le bassin versant, et susceptibles d'impacter la baignade.

Ce chapitre consiste à inventorier de façon exhaustive l'ensemble des sources de pollution potentielles pouvant impacter la baignade. À l'issue de cet inventaire, ces sources de pollution seront hiérarchisées suite à la quantification des flux polluants potentiels qu'elles émettent, et de l'estimation de leur impact sur la zone de baignade (Phase 2).

12.1 Ecoulements naturels

*Les cours d'eau drainent naturellement des microorganismes, et des nutriments tels que les matières azotées et phosphorées nécessaires au développement de la vie aquatique. Les concentrations en nutriments sont faibles et évoluent au cours des saisons. C'est pourquoi **des apports additionnels vont perturber le milieu récepteur**, puisqu'ils vont mettre à disposition une quantité de nutriment plus importante, disponible pour la prolifération d'espèces opportunistes responsables de nuisances.*

Les écoulements de surface sont les premiers vecteurs de pollution. Ils connectent le plan d'eau avec l'ensemble du bassin versant et sont susceptibles de véhiculer un certain nombre de polluants (eaux usées, eaux de lessivage de sols agricoles et urbains, eaux pluviales non traitées, ...). L'estimation de la pollution véhiculée par les écoulements naturels passe donc par une étude des pressions auxquelles ils sont soumis. Le lac des Hermines est alimenté par 4 cours d'eaux principaux, auxquels viennent s'ajouter de nombreux talwegs et fossés collectant les eaux pluviales. Il est à noter que la plupart des écoulements sont canalisés.



Figure 74 : Photographies des principaux apports au lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement 2012)

Les différents tributaires du plan d'eau sont une source de pollution indirecte, liée aux contaminations dont ils font l'objet le long de leur linéaire avant d'atteindre le plan d'eau. Le détail des sources de contamination des cours d'eau alimentant le lac est présenté dans la suite de l'inventaire.

12.2 Assainissement

La pollution urbaine, provenant des zones urbanisées mais aussi de maisons isolées, se caractérise par des concentrations importantes en ions ammonium et en orthophosphates, mais aussi en matières organiques et germes fécaux. Cette pollution peut être issue d'une absence de système d'assainissement, d'un dysfonctionnement des stations d'épuration, ou d'une mauvaise collecte des effluents (réseaux défectueux et inadaptés, surverse, ...).

12.2.1 Assainissement collectif

Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, SAFEGE

Le système d'assainissement de la commune de Besse est constitué de 2 réseaux de collecte, avec un réseau pour la station de Super-Besse et un réseau pour le bourg, qui sont reliés par un réseau de transfert entre les 2 zones urbanisées. L'ensemble des effluents bruts est ensuite dirigé au niveau de la station de traitement, située au bord de la Couze Pavin, en contre-bas du bourg de Besse, le long de la RD978 et donc hors du bassin versant du lac.

D'une capacité nominale de 20 100 EH, la station dispose d'un traitement de type boues activées à aération prolongée. La Directive sur les eaux résiduaires urbaines du 21 mai 1991 impose à cette station un traitement de dénitrification et de déphosphatation. Les effluents traités sont ensuite rejetés dans la Couze Pavin et les boues sont valorisées par épandage agricole. Aucun épandage n'a lieu sur le bassin versant du lac.

Les réseaux et la STEP sont exploités en régie directe par la commune.

La Figure 76 présente le schéma synoptique des réseaux d'assainissement de la commune.
Sur l'ensemble du bassin versant du lac, l'assainissement est donc de type collectif.

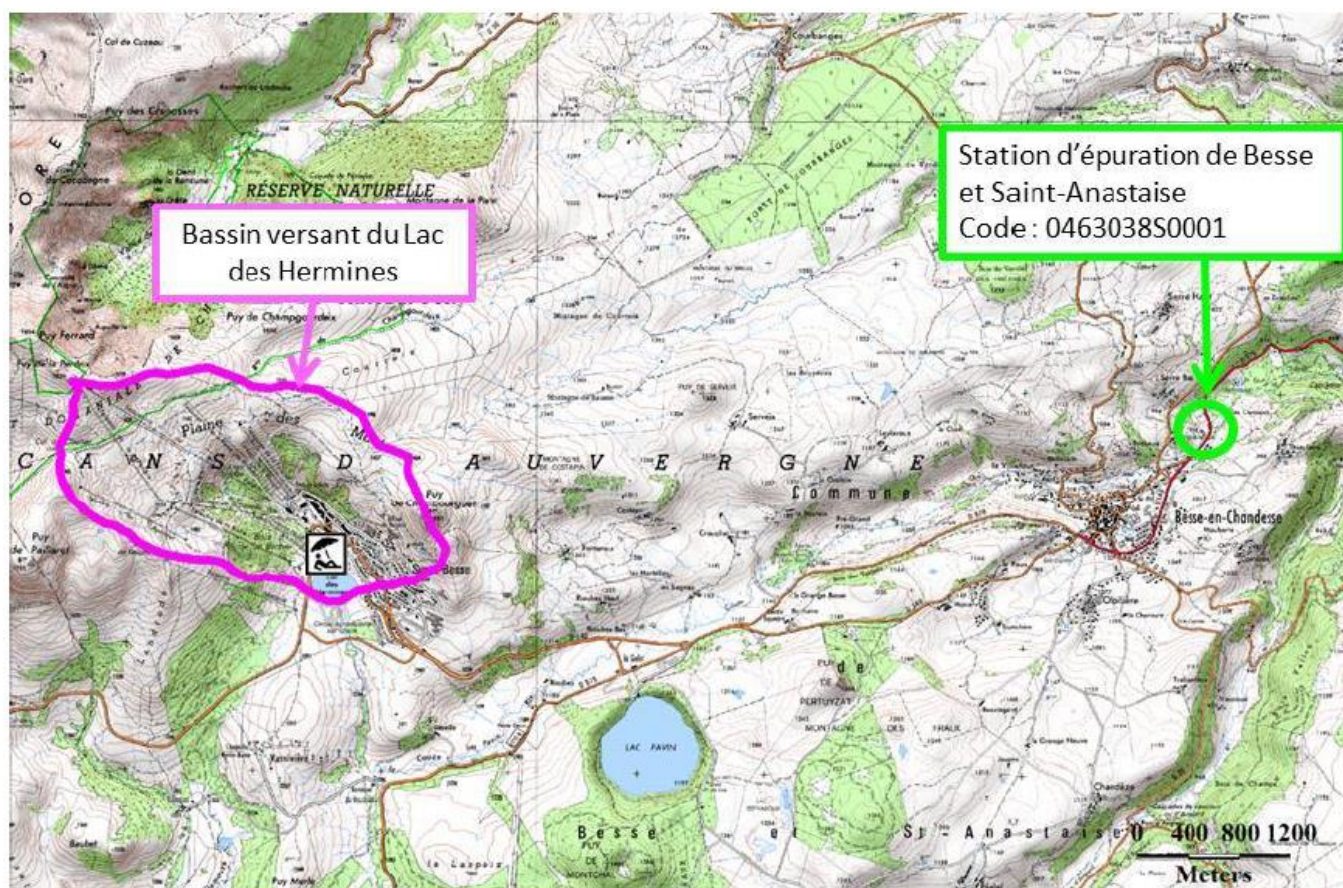


Figure 75 : Localisation de la station d'épuration de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : Portail sur l'assainissement communal)

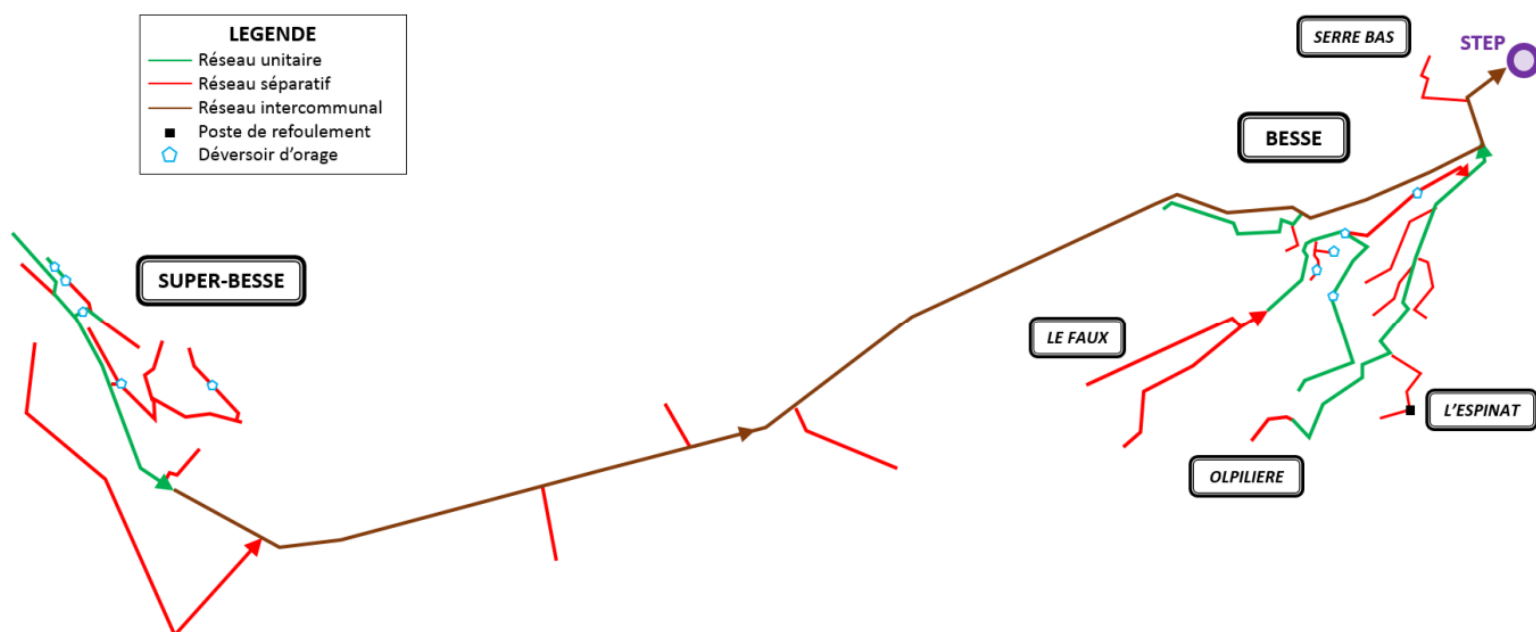


Figure 76 : Schéma synoptique du réseau d'assainissement de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : SAFEGE, Schéma directeur d'assainissement – Rapport de phases 1 & 2 – 2020)

❖ Réseaux d'assainissement sur la zone d'étude

Les plans des réseaux d'assainissement de Super-Besse, présentés dans le profil baignade initial étaient issus d'une étude diagnostic réalisée par SAFEGE en 2009. Ces plans ont été mis à jour par SAFEGE lors de l'élaboration du schéma directeur d'assainissement en 2020 (Figure 78). Pour une meilleure lisibilité, seuls les réseaux pouvant impacter le lac des Hermines ont été représentés. Pour en faciliter la description, le réseau a été découpé en 3 secteurs.

Il est à noter que les plans des réseaux ne tiennent pas compte des travaux préconisés dans le cadre du schéma directeur et réalisés depuis 2020. Plus de détails sont disponibles dans les paragraphes suivants.

Le réseau de collecte se concentre essentiellement dans la partie située à l'Est du lac des Hermines, sur le secteur le plus urbanisé. Depuis le précédent schéma directeur, on notera tout de même l'installation d'une canalisation à l'ouest du lac (SECTEUR 3), collectant les effluents de quelques restaurants et surtout l'aire de camping-car au sud du lac. Cette canalisation se greffe ensuite au réseau intercommunal. Sur cette portion, l'écoulement est gravitaire.

Dans la partie au Nord du lac (SECTEUR 1), le réseau est essentiellement séparatif, les eaux usées et les eaux de pluies étant collectées par des canalisations différentes. Seules quelques canalisations unitaires restent présentes au niveau de la route des pistes, en prolongation de l'avenue du Sancy. Les canalisations se greffent ensuite au réseau d'eaux usées vers les restaurants.

L'écoulement des effluents se réalise de manière gravitaire essentiellement. Un seul poste de relèvement est présent au niveau de centre ludo-sportif, à proximité du lac. Les effluents sont pompés pour être renvoyés vers les canalisations longeant selon l'axe Nord-Sud, les parkings de la rue des Loutres.

Fait marquant sur ce secteur, le réseau d'eaux pluviales capte les eaux du ruisseau de la Biche et les achemine dans la partie Nord du lac, dans la baie proche de la baignade. La canalisation capte également le réseau d'eaux pluviales qui draine les bâtiments commerciaux de l'avenue du Sancy.

Le SECTEUR 2 correspond à la partie située à l'Est du lac des Hermines (Figure 78). Les canalisations récupèrent les effluents des habitations sur le versant du Puy de Chambourguet puis s'écoulent ensuite selon l'axe Nord-Sud vers le bas de la station. **Les canalisations s'écoulent donc parallèlement à l'avenue du Sancy et la route du lac. Les canalisations d'eaux pluviales, quant à elles, collectent les eaux puis les acheminent directement dans les talwegs alimentant le lac dans sa partie Est.** L'écoulement se fait de manière perpendiculaire aux canalisations d'eaux usées. Fait également marquant sur ce secteur, le ruisseau de la plaine des Moutons, en provenance du Puy de Chambourguet est capté par le réseau pluvial

dans le secteur de la montée de Chaudefour puis conflue avec le lac dans la baie au nord (à proximité de la confluence avec le ruisseau de la Biche - Figure 77).



Figure 77 : Photographies des arrivées du ruisseau de la Biche et du ruisseau de la plaine des Moutons dans la baie au nord du lac des Hermines (à gauche : vue vers le bassin versant, à droite vue vers le lac – Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 11 juillet 2022)

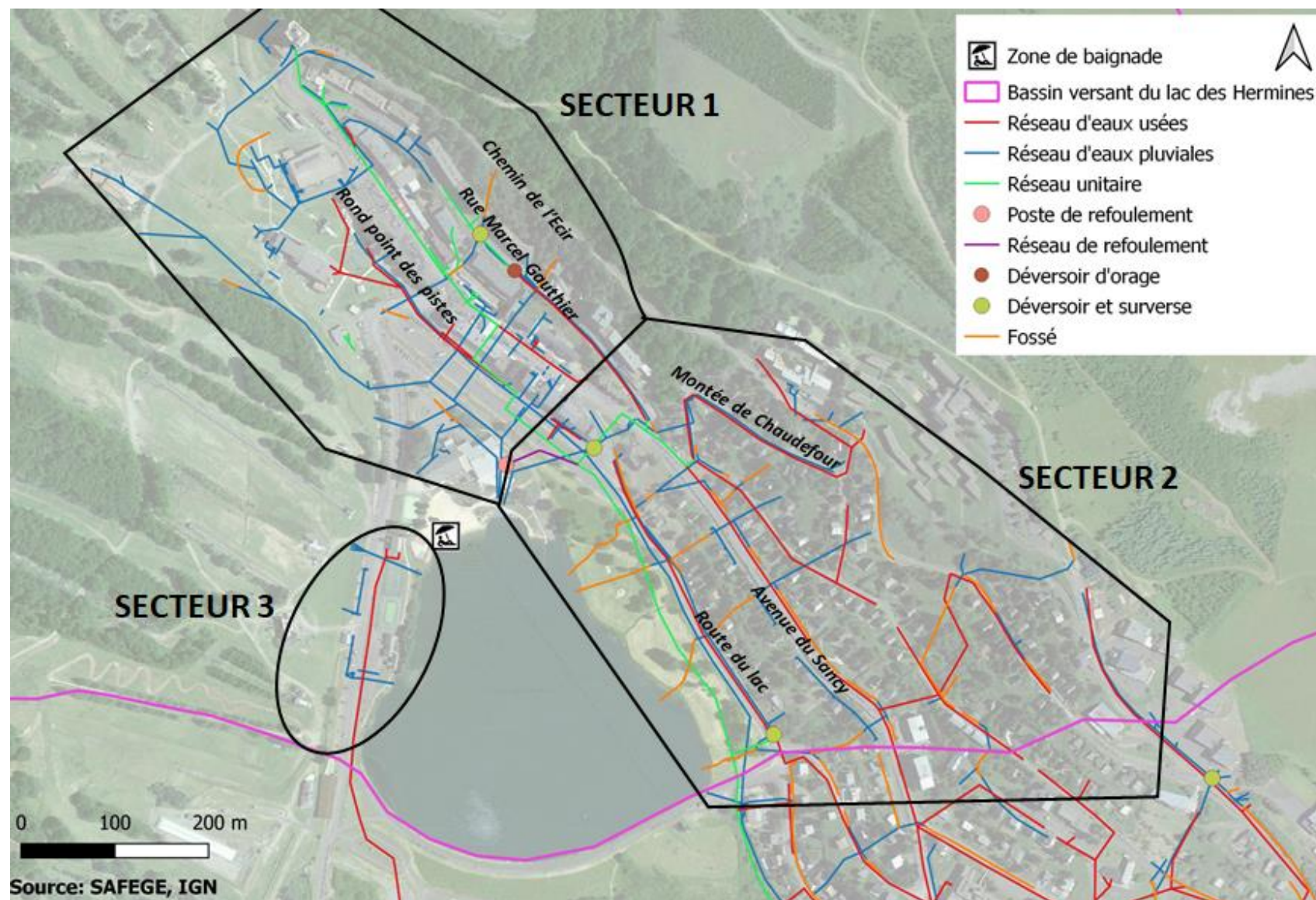


Figure 78 : Plan des réseaux d'assainissement au niveau de Super-Besse (Source : SAFEGE, IGN)

La configuration des réseaux de collecte, ainsi que leur vétusté ont conduit à de nombreux dysfonctionnements, ayant pour principales conséquences :

- Des apports d'eaux claires parasites au réseau, surchargeant la station d'épuration,
- Des déversements d'eaux usées dans le réseau d'eaux pluviales et *in fine* dans le lac *via* les différents talwegs.

Ce dernier point impacte directement la qualité de l'eau de baignade *via* des apports bactériologiques conséquents mais également constitue une source de nutriments pour la croissance des cyanobactéries. **Lors de la réalisation du profil baignade initial, de fortes concentrations bactériologiques avaient été mises en évidence sur le ruisseau de la Biche (arrivée busée dans le lac), confirmant ces connexions avec le réseau d'eaux usées.**

Le schéma directeur d'assainissement réalisé en 2009 avait préconisé un programme d'action sur le réseau de collecte. Le tableau suivant en reprend le contenu détaillant également l'état de réalisation entre 2009 et 2020, date d'élaboration du nouveau schéma directeur d'assainissement.

Tableau 29 : Synthèse des travaux préconisés en 2009 et état de réalisation en 2020 (Source : SAFEGE)

Priorité	Localisation	Type de travaux	Etat	Impacts
Récapitulatif des travaux de réduction des inversions de branchements (Eaux usées dans le pluvial)				
1	Super-Besse	Tests des branchements sur les 2 secteurs (rond-point des pistes et exutoire de l'ovoidé)	Non Réalisé	Limitation de rejets d'eaux usées au milieu naturel
	~~Besse~~	~~Tests des branchements sur les 2 secteurs (amont de la route des Lacs et Berthelage)~~	~~Non Réalisé~~	~~Limitation de rejets d'eaux usées au milieu naturel~~
Récapitulatif des travaux				
2	~~Besse~~	Mise en place d'une vanne murale sur le DOI	~~Réalisé~~	~~Diminution des apports d'eaux usées au milieu naturel~~
3	Super-Besse	Mise en séparatif Suppression du DO 5 Déconnexion du pluvial	Réalisé	diminution des eaux parasites de temps sec: 200 m ³ /j (17% des eaux parasites du réseau de transfert) et diminution des apports d'eau par temps de pluie et fonte des neiges
6	Super-Besse	Déconnexion des eaux pluviales raccordées dans les réseaux d'eaux usées	Réalisé	Suppression des eaux pluviales raccordées à la station d'épuration
7	Super-Besse	Remplacement de 5 regards de visite et de 3 dispositifs de fermeture	Réalisé	Limitation des exfiltrations et infiltrations Amélioration du régime hydraulique
8	~~Besse~~	~~Remplacement de 5 regards de visite~~	~~Réalisé~~	~~Limitation des exfiltrations et infiltrations Amélioration du régime hydraulique~~
9	Super-Besse	Mise en séparatif de la route du Lac	Réalisé	diminution des eaux parasites de temps sec: 43 m ³ /j (3,6% des eaux parasites du réseau de transfert)
10	Super-Besse	Mise en séparatif de la Montée de Chaudefour / Cote de Durbise / Chemin de l'Eclair	Réalisé	diminution des eaux parasites de temps sec: 43 m ³ /j (3,6% des eaux parasites du réseau de transfert)
11	Super-Besse	Mise en séparatif de la rue Marcel Gauthier	Réalisé	diminution des eaux parasites de temps sec: 13 m ³ /j (1% des eaux parasites du réseau de transfert)
— Non concerné dans le cadre de cette étude				

Il est à noter que la pollution observée en juillet 2013 sur le ruisseau de la Biche peut-être expliquer par un by-pass des effluents bruts dans le ruisseau (durée d'une semaine), suite aux travaux de suppression du déversoir d'orage. Un mois après cette pollution, a également été mis en évidence le déversement des eaux usées de la résidence les Hermines directement dans ce même tributaire. **Des travaux ont été réalisés durant la saison estivale 2013 afin de pallier ces dysfonctionnements et raccorder la résidence au réseau collectif d'eaux usées.**

Des reconnaissances de l'état des réseaux de collecte ont été effectuées en 2020 par SAFEGE dans le cadre de l'élaboration du nouveau schéma directeur d'assainissement. Il a été mis en évidence plusieurs dysfonctionnements concernant des :

- Rejets d'eaux usées dans les conduites d'eaux pluviales ou au milieu naturel. À titre informatif car non situé sur le bassin versant du lac des Hermines, des effluents d'eaux usées ont été observés dans le quartier du bois de la Reine.
- Dépôts ou obstructions de réseau, constituant une entrave à l'écoulement des eaux. Ils peuvent provoquer des mises en charge selon leur importance, ainsi que des zones de stagnation d'eau. Ils apparaissent souvent dans les regards à fond plat et les réseaux à faible pente. La pollution y décante ce qui entraîne un défaut de transfert de la pollution.
- Problèmes d'eaux claires parasites de temps sec (ECP), provoquant une surcharge hydraulique de la station de traitement. Elles réhaussent également la ligne d'eau dans les réseaux ce qui peut conduire à un fonctionnement précoce des déversoirs d'orage par temps de pluie voire par temps sec, en cas de lame déversante très basse. Sur le secteur de Super-Besse, les ECP représentent 308 m³/j.
- Désordres structurels, comme des regards fissurés ou des tampons cassés.

L'ensemble des dysfonctionnements ont été mis en évidence dans la Figure 79.

Page 127

Les reconnaissances de réseaux ont été complétés par des inspections télévisuelles. Les conséquences des désordres observés sont détaillés dans le tableau suivant.

Tableau 30 : Désordres et leurs conséquences associés (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020)

Désordres	Conséquences
Branchement pénétrant	• Obstacle à l'écoulement
Fissure ouverte	• Défaut d'étanchéité : Risque d'entrées d'eaux d'aires parasites dans la conduite ou de pertes d'effluents vers le milieu naturel • Conduite fragilisée => Risque d'effondrement de la conduite
Exfiltration/Infiltration/suintement	• Défaut d'étanchéité : Risque d'entrées d'eaux d'aires parasites dans la conduite ou de pertes d'effluents vers le milieu naturel
Racines/radicelles	• Défaut d'étanchéité : Risque d'entrées d'eaux d'aires parasites dans la conduite ou de pertes d'effluents vers le milieu naturel • Obstacle à l'écoulement et obturation de la conduite
Rupture/effondrement/casse/perforation	• Défaut d'étanchéité : Risque d'entrées d'eaux d'aires parasites dans la conduite ou de pertes d'effluents vers le milieu naturel • Obstacle à l'écoulement
Dégradation de surface	• Dégradation de surface de la conduite => fragilisation
Déformation/ovalisation de la canalisation	• Conduite fragilisée • Risque de défaillance des joints
Déplacement d'assemblage	• Perturbation de l'écoulement • Fragilisation de la conduite possible
Dépôts	• Difficulté d'écoulement liée à un manque de pente • Stagnation de la pollution et corrosion prématurée • Obstacle à l'écoulement et obturation de la conduite
Regard enterré	• Difficulté d'entretien du réseau par manque d'accessibilité
Flache	• Difficulté d'écoulement liée à un manque de pente • Stagnation de la pollution et corrosion prématurée

Pour faciliter la lecture des résultats, un découpage en secteurs a été effectué (Figure 80).

Les résultats des inspections sont exposés dans les pages suivantes. Il est à noter que l'ensemble du linéaire n'a pas pu être prospecté en totalité en raison de dépôts, de l'inaccessibilité des regards ou de déformations de conduite.

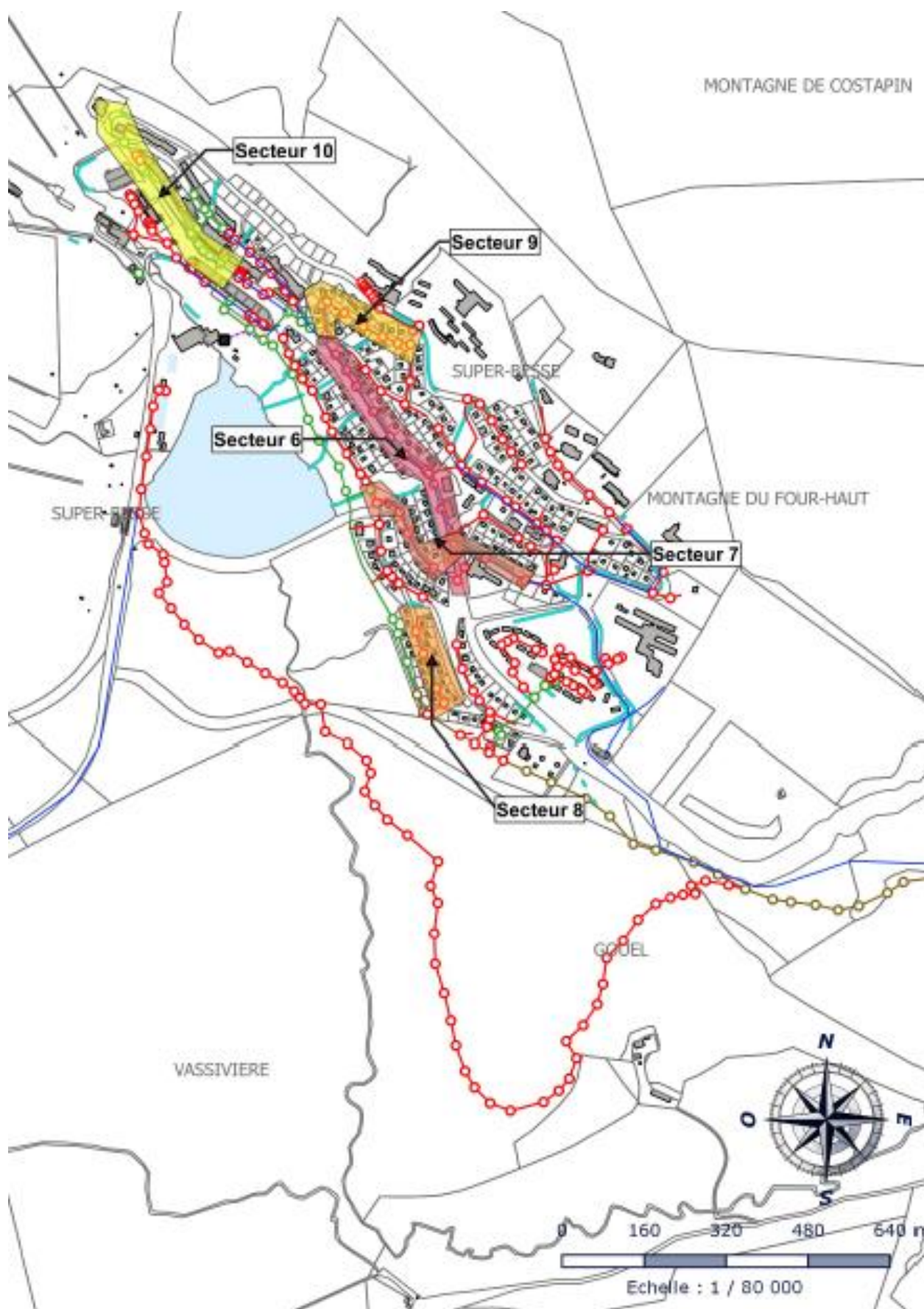
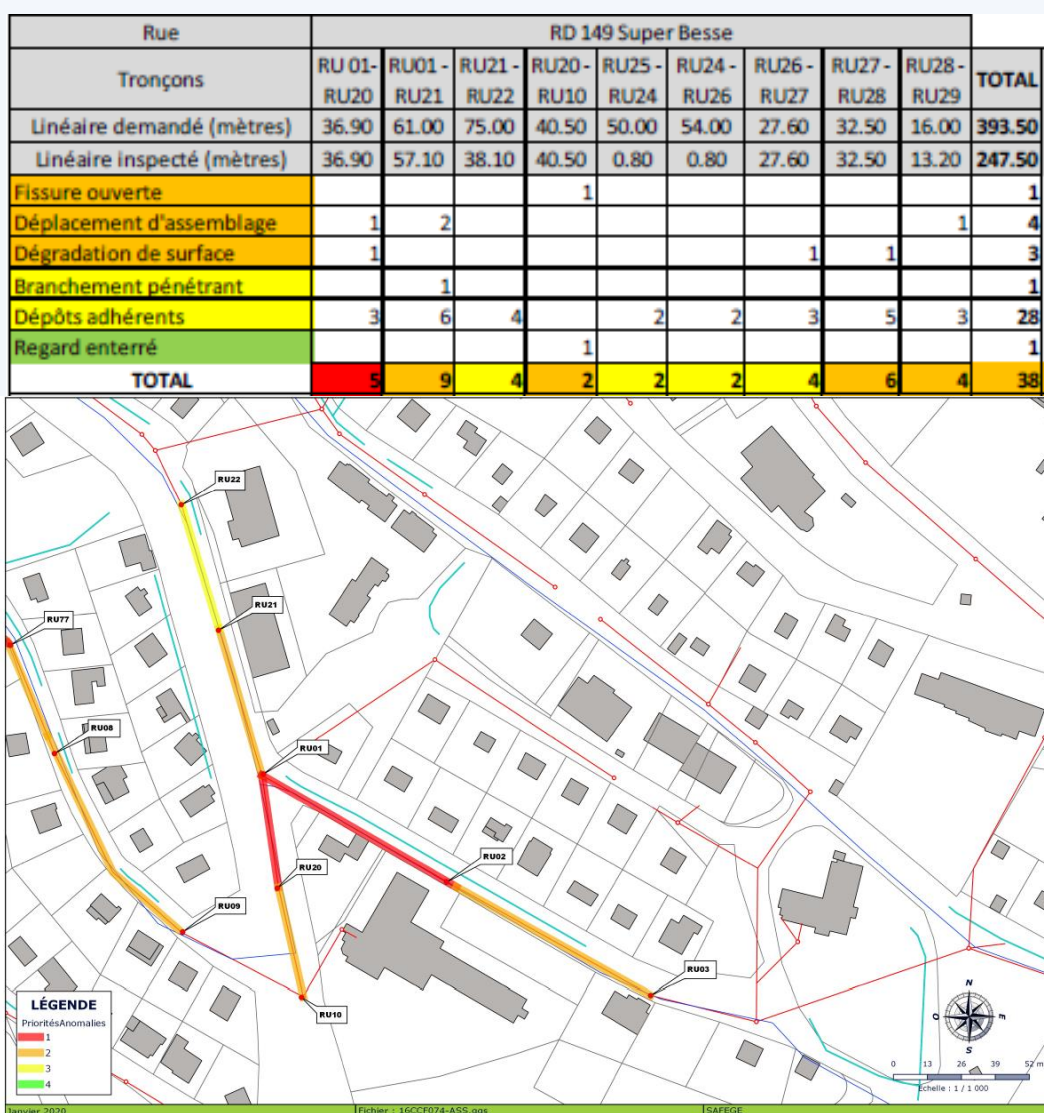


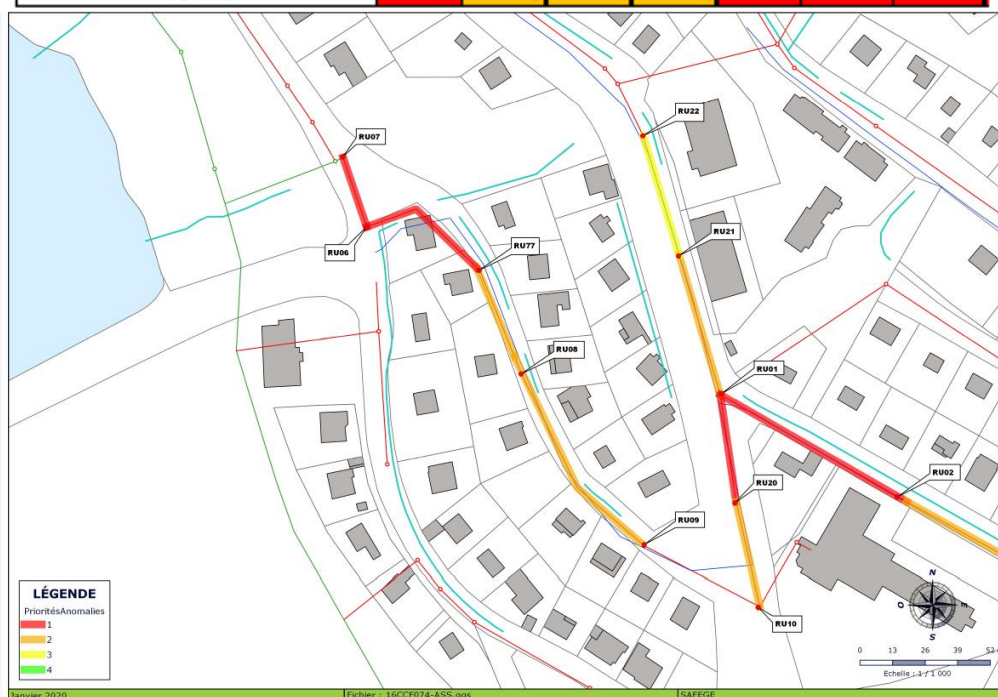
Figure 80 : Découpage en secteur des inspections télévisuelles (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020)

SECTEUR 6 – RD 149 à Super-Besse



SECTEUR 7 – Rue de l'Escu d'or et rue Pavin

Rue	Rue de l'Escu d'Or et Rue Pavin						
Tronçons	RU 01- RU02	RU03 - RU02	RU08 - RU09	RU08 - RU77	RU77 - RU06	RU06 - RU07	TOTAL
Linéaire demandé (mètres)	98.00	81.00	85.00	44.00	55.00	17.90	380.90
Linéaire inspecté (mètres)	76.90	35.40	1.30	34.10	41.60	17.90	207.20
Infiltration					11	4	15
Fissure ouverte				1	1	1	3
Déplacement d'assemblage	3	1		2	6		12
Racines	7				3		10
Branchement pénétrant		1			1		2
Dépôts adhérents	4	4	3	2	5		18
Flache		3	1	3		2	9
TOTAL	14	9	4	8	27	7	69



SECTEUR 8 : Non concerné dans le cadre du profil baignade – Hors Bassin versant

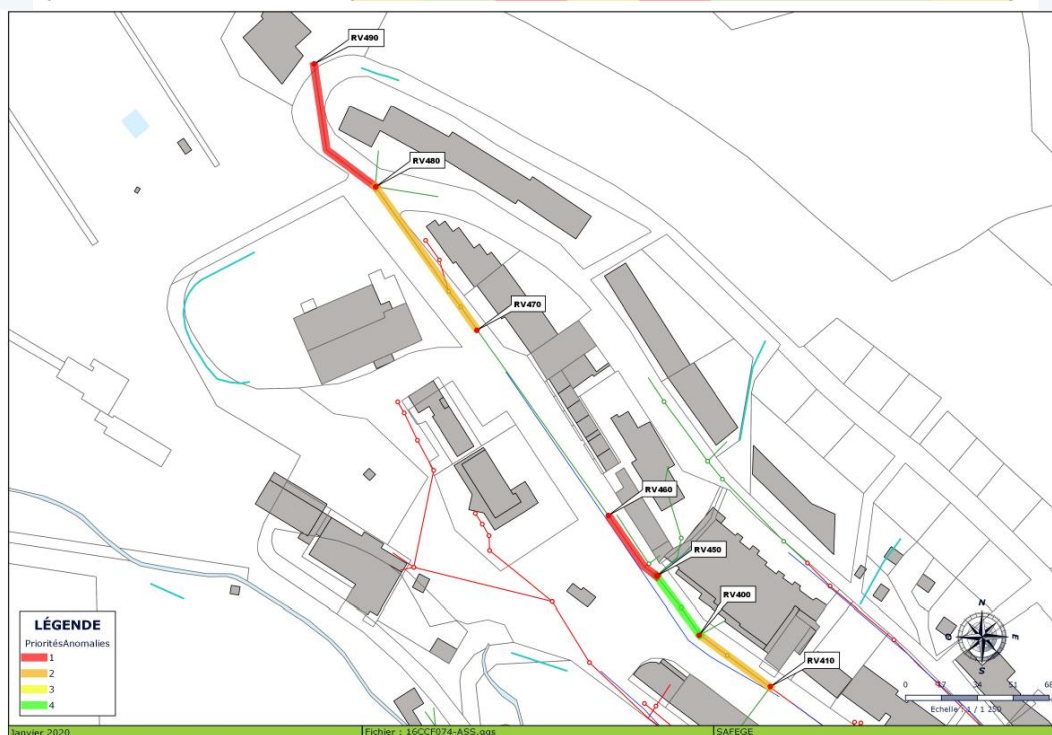
SECTEUR 9

Rue	Montée de Chauffage								
Tronçons	RU29 - RU30	RU30 - RU31	RV32 - RV31	RV37 - RV36	RV36 - RV35	RV35 - RV34	RV34 - RV33	RV33 - RV32	TOTAL
Linéaire demandé (mètres)	13.00	76.00	9.70	20.50	33.10	49.50	45.90	39.9	287.60
Linéaire inspecté (mètres)	10.50	73.00	9.70	20.50	33.10	49.50	45.90	39.9	282.10
Dépôts adhérents	4	1							5
Flache	1								1
TOTAL	5	1	0	0	0	0	0	0	6



SECTEUR 10

Rue	Rond point des pistes								
Tronçons	RV400 RV410	RV400 RV450	RV450 RV460	RV480 RV470	RV480 RV490	RV350 RV340	RV340 RV330	RV330 RV320	TOTAL
Linéaire demandé (mètres)	10.00	26.50	42.80	70.00	40.00	49.50	45.90	39.9	324.60
Linéaire inspecté (mètres)	3.40	26.50	42.80	27.60	6.00	49.50	45.90	39.9	241.60
Infiltration			1						1
Déplacement d'assemblage				1					1
Dégradation de surface			1						1
Déformation / ovalisation				1	1				2
Dépôts adhérents	1								1
Flache	1								1
Regard enterré	1	1							2
Dépôt			1						1
TOTAL	3	1	3	2	1	0	0	0	10



Cette étude de SAFEGE a conduit à l'élaboration d'un programme de travaux à mener :

- **Rue Pavin, rue de l'Escu d'Or et D149** : remplacement du réseau unitaire (respectivement 200 mètres, 180 mètres et 140 mètres) – PRIORITE 2
⇒ Montant des travaux 190 000 euros HT
- **Chemin de l'Ecir et rond-point des pistes** : remplacement du réseau unitaire (respectivement 110 mètres et 80 mètres) - PRIORITE 2
⇒ Montant des travaux 60 000 euros HT
- **Rue Pierre Tournadre** : remplacement du réseau unitaire (260 mètres) - PRIORITE 2
⇒ Montant des travaux 80 000 euros HT



Figure 81 : Programme de travaux sur le réseau de Super-Besse préconisé par le schéma directeur d'assainissement en 2020 (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020)

Une première tranche de travaux a été réalisée sur la rue Pavin et la rue des Escu d'Or en 2022. La portion de la RD149 (avenue du Sancy) a dû faire l'objet d'une nouvelle inspection télévisuelle, réalisée par l'entreprise SERRE en 2022 (suspicion d'arrivées d'eaux usées dans le lac *via* le réseau d'eaux pluviales (venant de Belambra)). Le tronçon prospecté correspond à l'avenue du Sancy (RD149) du regard 1 au regard 9 sur la Figure 82, puis le secteur sous la galerie marchande (entre regard 10 et 11).

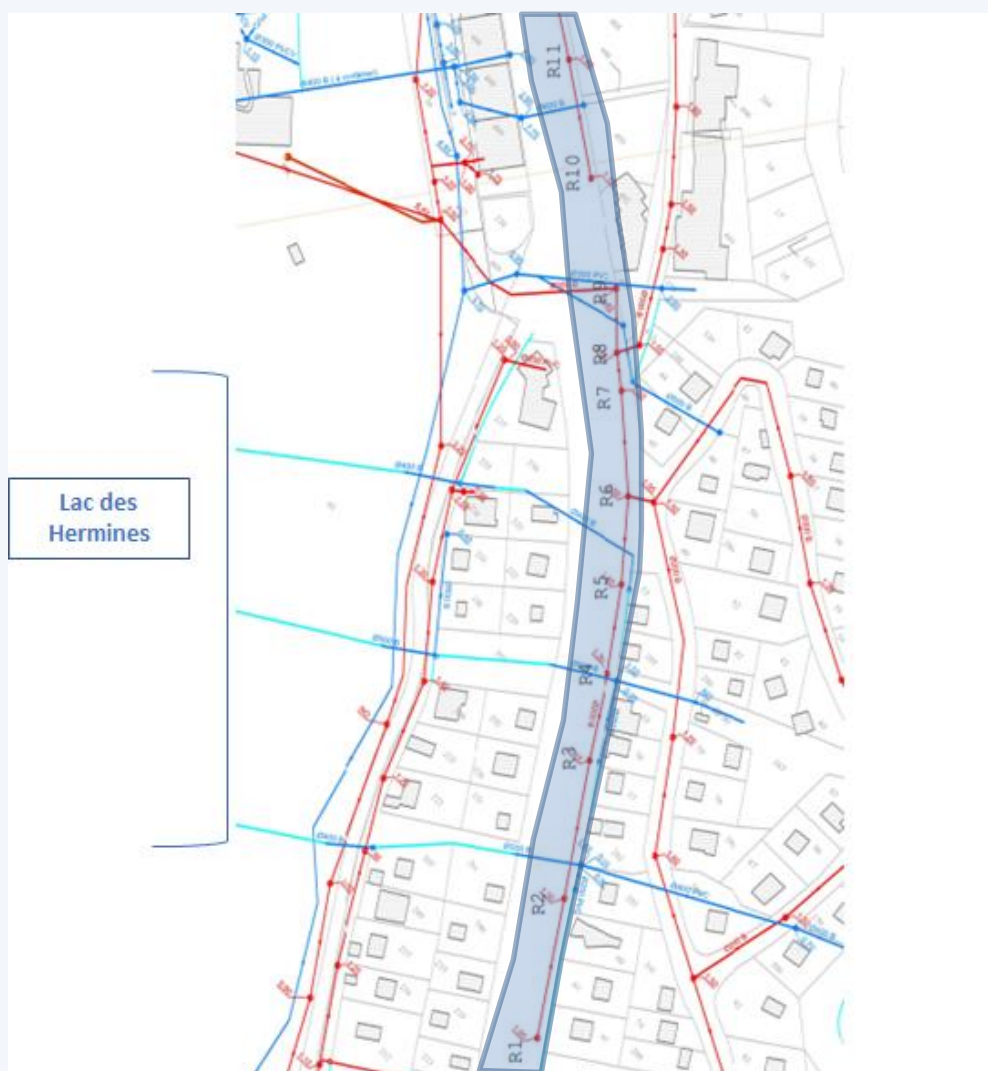


Figure 82 : Secteur concerné par le passage caméra de l'entreprise SERRE en 2022 (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, SAFEGE, SERRE, 2022)

L'intervention a permis de confirmer la vétusté des réseaux, qui présente de nombreux problèmes : joints de buses vieillissants, décrochements, gravats... Ces dysfonctionnements pourraient être à l'origine d'apports d'eaux usées directement dans le lac *via* le réseau pluvial. Une tranche de travaux est prévue sur ce secteur entre 2023 et 2024.

Les travaux concernant le chemin de l'Ecir et le rond-point des pistes restent à planifier en 2024.

Fait marquant, important à souligner, il avait été observé un mauvais raccordement des eaux usées de la résidence VVF, qui se rejetaient dans le réseau d'eaux pluviales. Un courrier de mise en demeure pour la mise en conformité du raccordement a été envoyé par la mairie de Besse-et-Saint-Anastaise. **Les travaux de mise en conformité ont été effectués à l'automne 2022. Par ailleurs également, plusieurs chalets (3 au niveau de la montée de Chaudefour et 4 route du lac) sont non-conformes en termes de raccordement, entraînant des déversements au milieu naturel par temps de pluie. Des courriers de mise en demeure vont également être adressés aux propriétaires.**

L'ensemble du hameau de Super-Besse est en assainissement collectif. Les effluents bruts sont collectés et acheminés vers la station d'épuration de Besse et Saint-Anastaise. Celle-ci est située en dehors de la zone d'étude et ne constitue donc pas une source de pollution pour la baignade. Les réseaux de collecte au niveau de Super-Besse sont essentiellement gravitaire. Un seul de poste de relèvement est présent au niveau du centre ludo-sportif. Les réseaux sont en quasi-totalité séparatifs, avec une collecte des eaux usées séparées de la collecte des eaux de pluies, qui elles, débouchent dans le plan d'eau *via* des talwegs. La configuration des réseaux et surtout leur ancienneté entraînent de très nombreux dysfonctionnements (jointures de canalisations vétustes, décrochements, engravement...). Ces dysfonctionnements ont pour conséquence des fuites d'eaux usées dans le réseau pluvial, et donc *in fine* dans le lac. Un schéma directeur d'assainissement a été révisé en 2020 et a préconisé un programme de travaux. À la vue de leur ampleur et du coût associé, les travaux sont réalisés de manière progressive. Une première tranche de travaux a déjà été mise en œuvre.

Toutefois, lors de nos prospections de terrain en 2022, des odeurs d'eaux usées ont été relevées sur certains affluents du lac des Hermines et les analyses réalisées mettent en évidence des concentrations bactériologiques toujours conséquentes (cf paragraphe 14.1), il est ainsi fortement suspecté la persistance de connexions avec les eaux usées, traduisant la nécessaire poursuite des travaux de réfection des réseaux. La mairie a d'ores et déjà réalisé certains travaux et des campagnes de prélèvements ont été organisées à l'été 2023 pour en mesurer l'efficacité. Les comptes-rendus de ces analyses sont joints (ANNEXE 4) au présent document. Lors de la campagne par temps sec, les résultats ont été tout aussi mauvais qu'en 2022 concernant le ruisseau de la plaine des Moutons. Des travaux de réfection ont été mis en œuvre directement par la mairie et les résultats de la campagne post-travaux se sont révélés bien meilleurs. Par ailleurs, les analyses ont confirmé la persistance de contaminations sur le ruisseau de la Biche (notamment dans sa partie souterraine) et sur les exutoires pluviaux débouchant dans le lac. Les travaux de réfection des réseaux d'eaux usées doivent être poursuivis.

12.2.2 Assainissement non collectif (ANC)

Les installations d'assainissement non collectif non conformes présentent un risque de contamination bactériologique et physico-chimique de l'eau. Leur impact est d'autant plus marqué que le rejet se fait dans un cours d'eau ou un fossé, sans filtration par le sol.

Les eaux usées domestiques contiennent des matières organiques, azotées et phosphorées, des matières en suspension et des microorganismes pathogènes.

Aucune habitation en assainissement collectif n'est présente sur le secteur d'étude.

12.3 Eaux pluviales

Les eaux de ruissellement sont une source importante de pollution. Le lessivage des surfaces urbaines entraîne de nombreux contaminants dans le réseau pluvial, par exemple les déjections animales présentes sur la chaussée et sur les toits. Selon l'Agence de l'Eau Seine Normandie, la concentration en germes témoins de contamination fécale dans les eaux de ruissellement d'eau pluviales est comprise entre 10^4 et 10^6 UFC³/100ml.

La majorité du réseau pluvial débouche directement dans des fossés ou talwegs, et donc *in fine* dans le plan d'eau. Au total, 11 exutoires pluviaux arrivant dans le plan d'eau (de manière canalisée ou non) ont été recensés. Les exutoires du versant Est présentent un écoulement plus ou moins permanent traduisant un captage d'eaux de sources auquel se mélangent les eaux de pluie.

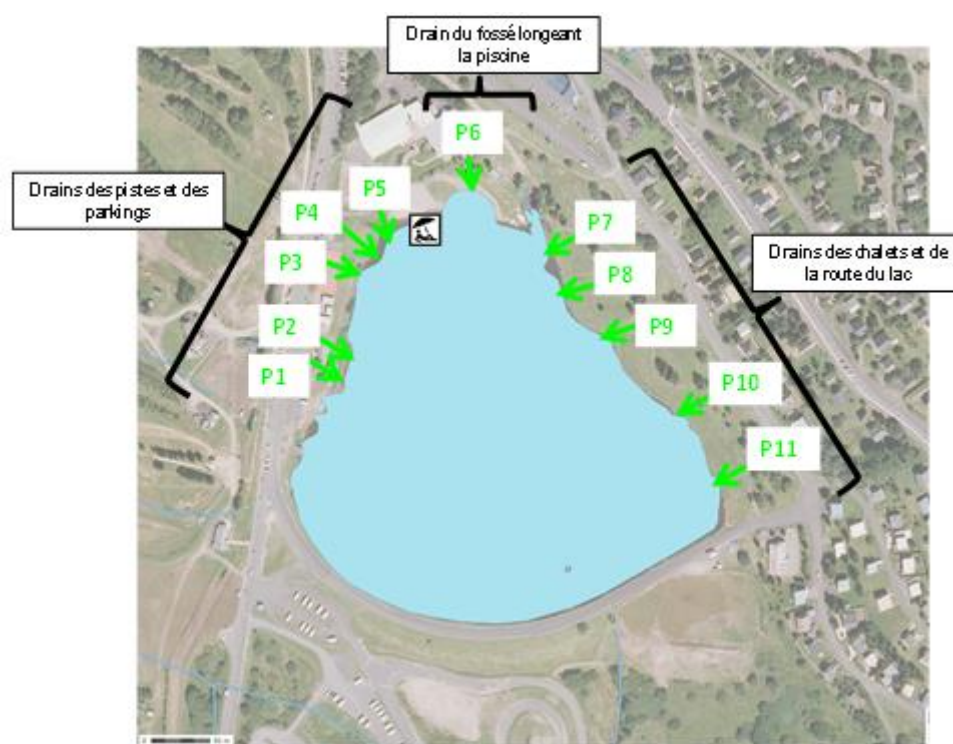


Figure 83 : Localisation des exutoires pluviaux sur le lac des Hermines (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

Les eaux de ruissellement sont une source importante de pollution. Le lessivage des surfaces urbaines entraîne de nombreux contaminants dans le réseau pluvial, par exemple les déjections animales présentes sur la chaussée et sur les toits. Corre et al, 1999 indiquent que l'apport en contaminants des eaux de ruissellement est de 103 à 104 fois supérieur aux normes impératives de qualité des eaux de baignade.

³ Unité Formant Colonie : Unité utilisée en microbiologie pour dénombrer les germes. On considère que 1 UFC = 1 bactérie.



Figure 84 : Exemples d'exutoires pluviaux débouchant dans le lac (Source : ATHOS Environnement, 2022)

Le lessivage des voiries et parking induit également un risque de pollution aux hydrocarbures, aux huiles (défauts d'étanchéité des moteurs), et métaux lourds (résidus de freinage), liés à la circulation des véhicules.

En 2012, il a été observé lors de nos campagnes de prélèvements, des irisations à la surface de l'eau du drain pluvial n°5, témoignant de la présence d'hydrocarbures. En 2022, c'est au

niveau du P11 que des irisations ont été observées le 11 juillet. Plusieurs autres signalements ont mis en évidence une vulnérabilité du lac face à cet aléa, raison pour laquelle l'ARS a souhaité la réalisation d'analyses d'hydrocarbures dans le cadre de la révision de ce profil baignade (résultats présentés dans le paragraphe 11.3.2.1).



Figure 85 : Irisations observées sur l'eau de l'exutoire 11 le 11 juillet 2022 (Source : ATHOS Environnement, 2022)

Les mauvais usages sont principalement liés au manque d'information des usagers concernant la gestion des eaux urbaines. Une grande majorité de la population fait l'amalgame entre le réseau pluvial et le réseau d'eaux usées, pensant que tous débouchent sur une filière de traitement.

Afin d'éviter toute contamination du réseau pluvial, le lavage des skis, vélos et automobiles est interdit sur la station de Super-Besse.

Par ailleurs, comme évoqué dans le paragraphe 12.2, la proximité et la vétusté des réseaux d'assainissement collectif induisent des contaminations du réseau d'eaux pluviales par les eaux usées. Les analyses bactériologiques réalisées sur les différents exutoires pluviaux en 2022 confirment cette suspicion (paragraphe 14).

Les eaux pluviales drainant les parkings et les routes sont sources de contamination. Au niveau de la station de Super-Besse, elles sont quasiment exclusivement canalisées, se déversant dans des talwegs et *in fine* dans le lac des Hermines. Dans leur traversée du bourg, les eaux pluviales canalisées sont susceptibles d'être contaminées par des eaux usées en raison de la vétusté des réseaux d'assainissement, à l'origine de fuite.

12.4 Activités agricoles

L'étude du contexte agricole permet d'évaluer la pollution liée au drainage des sols. En effet, l'agriculture peut être responsable d'apports bactériologiques et de nutriments, notamment par le lessivage des parcelles épandues et/ou pâturées.

→ Les sièges d'exploitation

Aucune exploitation agricole n'est présente sur la zone d'étude.

→ Parcelles agricoles

Sur le bassin versant, la surface agricole représente environ 206 hectares (soit 55% de la surface totale) qui sont exclusivement des prairies consacrées au pâturage en estive. En période hivernale, cette surface est vouée à la pratique de sports d'hiver. Le cheptel en estive ne semble pas avoir évolué depuis le profil baignade initial. Environ 2 000 ovins et une centaine de bovins sont recensés, soit l'équivalent total de 400 Unités Gros Bétail (UGB) (Tableau 31). Les bêtes sont en transit permanent sur les parcelles, réparties également sur l'autre bassin versant. **Les parcelles pâturées offrent donc pour la majorité la possibilité au bétail de s'abreuver directement dans les cours d'eau**, engendrant des zones de piétinement et donc de **contamination de l'eau par les déjections animales** (directes au cours d'eau ou véhiculées par les sabots).

Tableau 31 : Cheptel sur le bassin versant en équivalent UGB (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise)

	Nombre d'individus	Equivalent UGB*
Ovins	2 000	300
Bovins	100	100
TOTAL UGB		400

* 1 ovin = 0,15 UGB

→ Les épandages

Aucun épandage n'est effectif sur le bassin versant.

→ Les risques de pollution

Les risques d'apports en nutriments vers le lac des Hermines en provenance du contexte agricole semblent essentiellement diffus. Des animaux pâturent en été sur des parcelles à forte pente, traversées par les affluents du plan d'eau. Ce risque se manifeste par des apports par temps sec, liés au piétinement des cours d'eau, et des apports par temps de pluie, liés au lessivage des pâtures lors des orages.

Les nuisances potentielles en provenance du contexte agricole sur la zone de baignade concernent le risque de contamination bactériologique en saison estivale et la participation au phénomène de prolifération de cyanobactéries.

12.5 Contexte industriel

Aucune activité à caractère industriel susceptible de générer une contamination de l'eau de baignade du plan d'eau n'est recensée sur la zone d'étude. Aucun ancien site ou sol pollué d'origine industriel n'est recensé sur la zone d'étude.

12.6 Sources potentielles de pollutions ponctuelles ou accidentelles

12.6.1 *Conditions d'accès des animaux à la plage*

Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise / Observations in situ

12.6.1.1 *Les animaux domestiques*

Les animaux domestiques sont interdits sur la plage et ses alentours.

Des promenades avec des ânes sont organisées pour les enfants autour du lac. Ainsi, lors de nos visites sur le terrain, nous avons observés de nombreuses déjections sur les sentiers bordant le lac. Celles-ci sont susceptibles d'être lessivées lors d'épisodes pluvieux et d'atteindre le lac.



Figure 86 : Photographie des ânes utilisés pour les balades autour du lac, en pâturage sur une parcelle à proximité de la baignade sur le versant Est (Source : ATHOS Environnement, 2022)

Le risque de pollution lié aux animaux domestiques sur la zone de baignade semble limité sous réserve du respect de l'interdiction des animaux sur les plages. Les déjections des ânes utilisés pour les balades autour du plan d'eau peuvent entraîner une contamination des eaux en cas de grande fréquentation.

12.6.1.2 La faune sauvage

12.6.1.2.1 Avifaune aquatique et risques associés

Le lac des Hermines est peu fréquenté par les oiseaux aquatiques. Aucune trace n'a été relevée lors de nos inspections de terrains. Leur implantation n'est pas favorisée en raison de l'absence de macrophytes. Depuis le profil baignade initial, aucune évolution concernant la fréquentation par les canards n'a été observée.

Les canards représentent non seulement une source potentielle de contamination fécale en cas de déjection sur la zone de plage ou dans la zone de baignade, mais également un risque de propagation de « **dermatite du baigneur** », affection cutanée causée par de petites larves presque invisibles à l'œil nu, les « **cercaires** ».

Cycle de développement

La larve du ver présente dans le système digestif des oiseaux, appelée cercaire libère ses œufs par le biais des **fientes des oiseaux** (Figure 87). Ceux-ci entraînent la **contamination des escargots** (hôtes intermédiaires). À partir des escargots, des cercaires sont libérées dans l'eau et certains s'infiltrent normalement à travers la peau des canards pour s'y développer (hôtes définitifs), certains contaminent **les baigneurs (hôtes accidentels)**.

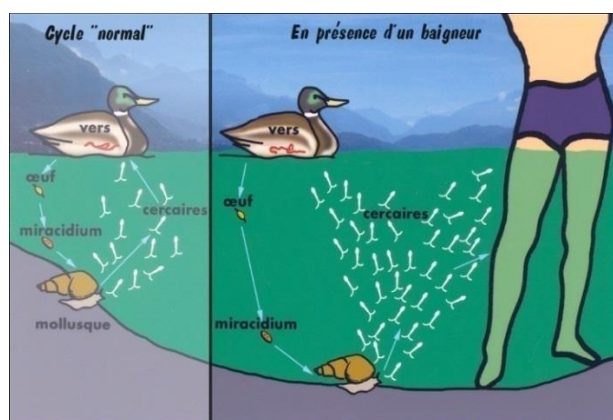


Figure 87: Cycle de développement des cercaires, apparition de la dermatite du baigneur

Mode de contamination

Lors de la baignade, **les cercaires se collent à la peau** jusqu'au moment où le baigneur sort de l'eau. Sous l'action du soleil, **la peau s'assèche et les cercaires pénètrent sous la peau**. Ces **larves émergent des escargots de la fin juin jusqu'à la fin août**. Une fois sortis de l'escargot, les cercaires se déplacent rapidement vers la surface de la colonne d'eau mais ne peuvent pas effectuer de déplacements latéraux sur de grandes distances. **Ils sont soumis aux courants et aux vents** et peuvent donc **s'accumuler sur les rives**. Les hôtes intermédiaires que constituent les escargots, comme l'escargot limné, renferment un taux d'infestation très élevé. Un seul escargot peut libérer plusieurs dizaines de milliers de cercaires en une journée.

Conséquences pour le baigneur

La dermatite se manifeste aussitôt après la baignade par des **picotements** aux points de pénétration des larves. Peu après, apparaissent sur la peau de petites **plaques rouges** et des vésicules qui persistent cinq à quinze jours sans laisser de traces, mais qui peuvent provoquer des démangeaisons importantes. À l'occasion d'une **nouvelle exposition**, les lésions peuvent être accentuées par une **réaction d'hypersensibilité** (phénomène d'allergie).

La faible fréquentation de la zone de baignade par les oiseaux aquatiques semble fortement limiter le risque d'apparition de cette infection sur le lac des Hermines.

12.6.1.2.2 Les rongeurs et risques associés

La présence de rongeurs peut engendrer un risque de contraction de la **leptospirose chez le baigneur en cas de plaie ou ingestion**. Parfois appelé « maladie du rat » il s'agit d'une maladie infectieuse d'origine bactérienne.

Les germes responsables de la maladie sont des bactéries portées par certains animaux infectés qui les rejettent par leurs urines.

Mode de contamination

Beaucoup de mammifères sauvages ou domestiques, **principalement les rongeurs**, (rats, bétail, chiens, ...) peuvent être infectés et constituent les **principaux disséminateurs de leptospires**. La leptospirose se transmet essentiellement par voie indirecte, lors de baignades en eau douce. Les leptospires pénètrent dans l'organisme **par l'intermédiaire de plaies**, de lésions cutanées ou par les muqueuses. La contamination par voie digestive (absorption d'aliments souillés par les urines d'animaux malades) est exceptionnelle.

À l'origine, la leptospirose était surtout connue comme la maladie professionnelle des égoutiers. Elle touche aussi les professions en contact avec les animaux infectés (éleveurs, agriculteurs, vétérinaires, personnels des abattoirs). Du fait des mesures d'hygiène prises dans la plupart des professions exposées et de la vaccination contre l'une de ses formes, **la leptospirose devient de plus en plus une maladie liée aux loisirs aquatiques en eau douce** : 60 % des cas concernent des personnes non exposées professionnellement.

Conséquences sur la santé

Les symptômes apparaissent 1 à 2 semaines en moyenne **après la contamination**. Il s'agit d'une **fièvre élevée** (en général >39°), de l'apparition brutale de **douleurs musculaires, articulaires, abdominales et de forts maux de tête**. La maladie peut s'aggraver 4 à 5 jours après les premiers signes et s'étendre aux méninges, au foie, aux reins, aux poumons...

En France métropolitaine, on dénombre environ 300 à 500 cas de leptospirose par an. Ils sont principalement recensés au mois de juillet et au mois de septembre-octobre dans le Sud-Ouest, le centre Ouest et l'Est de la France.

La présence de rongeurs sur le pourtour du lac n'a pas été signalée par la mairie. Aucun terrier ou trace quelconque n'a été observé. Le risque reste tout de même présent, il suffit d'une contamination accidentelle, suite à la présence de rongeurs à proximité du plan d'eau.

12.6.2 Activités de loisirs

12.6.2.1 Pêche et population piscicole

L'impact halieutique n'affecte pas la qualité bactériologique de l'eau de baignade (hormis en cas de mortalité importante de poissons sur la zone de baignade). La pollution occasionnée concernera indirectement le volet cyanobactéries, par l'apport de nutriments via les amorces, et en raison de l'activité alimentaire des poissons.

Gestion piscicole et qualité de l'eau

Certains types de pêche, notamment celles des poissons blancs, utilisant des amorces peuvent aggraver l'apport en nutriment du lac. Les amorces sont des appâts sous formes de farines plus ou moins denses, destinées à attirer et à fixer le poisson dans un périmètre restreint. Mouillée puis façonnée en boulettes de tailles variables, l'amorce est jetée dans l'eau de manière à créer un halo parfumé. Leur composition est très variable et inclue des farines végétales, animales et minérales. Leur utilisation est réservée principalement pour la pêche de la friture (pêche au coup).

L'avènement de la pêche à la carpe moderne a instauré l'utilisation de quantité parfois très importante d'appâts en tous genres, destinées à acclimater, attirer, et fixer le poisson sur une période plus ou moins longue. La démocratisation de cette pêche a été accélérée par l'utilisation d'appâts (bouillettes) bon marché, de mauvaise qualité et souvent utilisés à outrance par les novices. Dans de telles circonstances, l'impact peut se faire ressentir sur le milieu récepteur en raison de la concentration en phosphore contenue dans les amorces.

L'amorçage est interdit sur le lac des Hermines.

De plus, le peuplement piscicole a également son rôle à jouer car les espèces comme la carpe ou la brème sont fousseuses. Cela signifie qu'elles brassent le sédiment pour trouver leur nourriture et elles contribuent à remettre en suspension des particules. Celles-ci en fonction des conditions, peuvent conduire à une augmentation de la turbidité de l'eau, un réchauffement de l'eau et la mise à disposition de nutriments adsorbés sur les particules sédimentaires, favorables à la prolifération des cyanobactéries.

Les espèces fousseuses sont peu présentes sur le lac.

L'interdiction de l'amorçage sur le lac limite le risque de dégradation de la qualité physico-chimique de l'eau, sous réserve du respect de cette interdiction.

Le peuplement piscicole actuellement en place ne semble pas générer de phénomène de bioturbation du sédiment par des espèces fousseuses.

12.6.2.2 Baignade

Transmission de germes pathogènes

La baignade en elle-même peut être source de pollution bactériologique. Une **sur-fréquentation combinée à un taux de renouvellement très faible de l'eau peut entraîner des concentrations importantes en germes pathogènes dans l'eau**. La transmission de germes infectieux est à prendre en considération.

Cas particulier du risque COVID-19 (ou SARS-CoV-2)

La maladie à coronavirus 2019, abrégée en Covid-19, est une maladie infectieuse émergente causée par une souche de coronavirus appelée SARS-CoV-2. Elle est apparue à la fin du dernier trimestre 2019 à Wuhan, en Chine centrale. Au premier trimestre 2020, elle est requalifiée en **pandémie** par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et s'est propagée rapidement sur l'ensemble du monde, de façon majeure.

La COVID-19 se transmet par contacts étroits *via* l'inhalation de gouttelettes infectieuses émises lors d'éternuements/toux par une personne infectée ou après un contact avec des surfaces fraîchement contaminées par ces sécrétions suivi d'une mise en contact avec les muqueuses (l'intérieur du nez ou de la bouche mais aussi la conjonctive au niveau des yeux).

Par ailleurs, le virus a également été détecté dans les eaux usées (du génome de SARS-CoV-2 a été décelé en concentrations significatives dans les selles des personnes infectées). Cependant, la seule présence du génome viral ne permet pas de préjuger du caractère infectieux du virus. En application du principe de précaution, le risque de contamination par la COVID-19 en lien avec une eau de baignade contaminée par les eaux usées n'est donc pas exclu.

Le risque de transmission de germes infectieux est lié à la promiscuité (transmission *via* gouttelettes contaminées et mains souillées). Le risque lié au contact avec une eau contaminée par les eaux usées n'est pas exclu. Les mesures de prévention à mettre en œuvre pour prévenir le risque de contamination bactériologique de l'eau de baignade sont définies en phase 3 du présent document.

12.6.2.3 Feux d'artifice

Des feux d'artifice sont tirés chaque année sur le domaine skiable. Les retombés des composés pyrotechniques, potentiellement riches en phosphore peuvent impacter la qualité d'eau du lac, situé juste en contrebas.

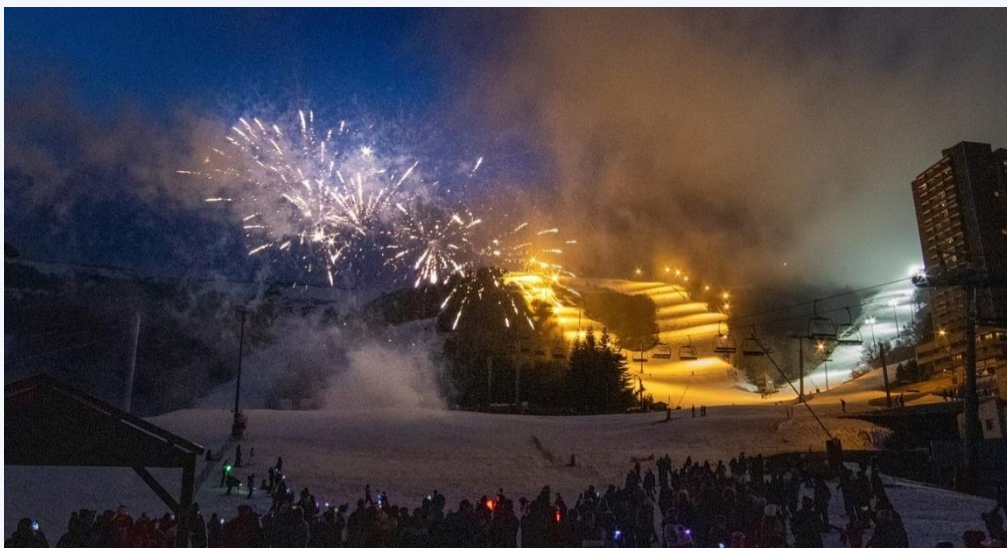


Figure 88 : Photographie des feux d'artifice tirés à Super-Besse en février 2023 (Source : Facebook_stationSuperBesse)

12.6.2.4 Risque de vidange sauvage de camping-cars

La station de Super-Besse présente un intérêt touristique majeur et attire ainsi de nombreux vacanciers. **Une aire de service pour les camping-cars a été mise en place au sud du lac, en dehors du bassin versant.** Cette aire de parking aménagée est dotée d'un chalet d'accueil et de services ainsi que d'un dispositif d'accès à l'eau et à la collecte des eaux usées. Les effluents sont ensuite évacués en direction de la station de traitement de Besse-et-Saint-Anastaise (cf paragraphe 12.2.1). L'aire comprend 230 prises, pour les recharges électriques. 3 emplacements sont spécifiques PMR. Tous stationnement des camping-cars en dehors des aires pré-définies est interdit sur la station de Super-Besse.



Figure 89 : Localisation et plan de l'aire de camping-car de la Biche, à l'aval du lac des Hermines
(Source : www.sancy.com, Géoportail, ATHOS Environnement)

Le risque de contamination des eaux de baignade par vidange sauvage d'eaux usées de la part des camping-cars apparaît très limité, en raison d'un service de vidange adapté et visible.

12.6.2.5 Macro-déchets

La présence de macro-déchets constitue un risque indirect, favorisant la présence d'oiseaux, de rats, et autres animaux, eux même vecteurs de pollution.

Quelques poubelles sont disposées autour de la zone de baignade. En saison estivale, elles sont ramassées 4 fois par semaine.

Le risque que les poubelles attirent des nuisibles à proximité du plan d'eau pendant la nuit existe en raison de la fréquence de ramassage des déchets.

12.6.3 *Risque de pollution par les huiles et hydrocarbures*

Plusieurs épisodes de contaminations par les hydrocarbures ont été observés sur le lac des Hermines (cf paragraphe 11.3.2.1). Elles sont la plupart du temps dues à des négligences.

Le lac des Hermines, réceptacle de l'ensemble des eaux de drainage du bassin versant *via* le réseau canalisé d'eaux pluviales, apparaît sensible aux pollutions de type hydrocarbures.

13 SYNTHESE DES SOURCES DE POLLUTIONS

POTENTIELLES SUR LA BAIGNADE DU LAC DES

HERMINES

Trois types de pollutions/risques sont susceptibles d'affecter la baignade :

- **Les pollutions bactériologiques** ayant lieu durant la saison estivale,
- **Les pollutions physico-chimiques** (nutriments azotés et phosphorés), apportées tout au long de l'année au plan d'eau, pouvant alimenter la croissance estivale du phytoplancton et des **cyanobactéries** durant la saison estivale.

Les aléas engendrant ces deux types de pollution ont souvent une origine commune (les apports de germes témoins de contamination fécales sont presque systématiquement accompagnés d'apports en nutriments).

- **Les risques d'infection cutanée et parasitaire** (dermatite et leptospirose).

Les sources de pollution inventoriées sont les suivantes :

Les écoulements superficiels

Le lac des Hermines est alimenté par 4 cours d'eau principaux et de nombreux talwegs, qui collectent également les eaux de pluie. Ces écoulements ne sont pas la source de pollution à proprement parler mais ils sont le **vecteur des polluants occasionnés par les activités anthropiques**.

L'assainissement

L'ensemble de la station de Super-Besse est en assainissement de type collectif. Les effluents sont collectés et acheminés vers la station de traitement de Besse-et-Saint-Anastaise, située en dehors de la zone d'étude. Le réseau de collecte au niveau de Super-Besse est essentiellement gravitaire et de type séparatif. De part la configuration des réseaux de collecte (eaux usées/eaux pluviales) et la vétusté des canalisations, de très nombreux dysfonctionnements ont été mis en évidence, pouvant potentiellement entraîner des déversements d'eaux usées dans le réseau hydrographique et *in fine* dans le lac. Lors de l'élaboration du profil baignade en 2012, de très fortes contaminations bactériologiques au niveau des entrants au lac avaient confirmé ces hypothèses. **Un schéma directeur d'assainissement a été réalisé par SAFEGE en 2020. Un programme de travaux a été préconisé, certains ont d'ores et déjà pu être réalisés. Lors des différentes campagnes de prélèvements sur les entrants au lac en 2022, les résultats d'analyses ont à nouveau mis en évidence des contaminations (cf paragraphe 14.1 et 14.3), soulignant qu'il reste indispensable de poursuivre les travaux de réfection sur le réseau.**

Les eaux pluviales

De nombreux talwegs, collectant également les eaux pluviales sur la station, débouchent directement dans le lac des Hermines. En plus des contaminations bactériologiques engendrées par des défauts au niveau du réseau de collecte d'eaux usées, les eaux pluviales génèrent un risque de pollution par les hydrocarbures ou métaux lourds, lié au drainage des surfaces urbanisées.

Les activités agricoles

Aucune exploitation agricole n'est présente sur le bassin versant. Les surfaces agricoles sur la tête de bassin versant se cantonnent à des estives pâturées quelques mois par an. Le risque de pollution est présent par temps sec en cas d'accès direct du bétail au réseau hydrographique (piétinement), et également de manière diffuse en temps de pluie suite au lessivage des déjections émises au champ. Le risque est d'autant plus important que le relief est marqué sur la zone d'étude, favorisant le transfert rapide jusqu'au lac en contrebas.

Les activités de loisirs et manifestations exceptionnelles

- **La baignade en elle-même peut être source de pollution**, par l'apport de germes infectieux par les baigneurs, et/ou par la surfréquentation corrélée à un faible renouvellement de la masse d'eau. La prévention concernant les risques de contamination inter baigneur est donc recommandée.
- **La pêche**, principale activité du plan d'eau avec la baignade, **n'entraîne pas un risque de pollution bactériologique, mais physico-chimique via l'utilisation d'amorces pour la pêche à la carpe**. L'interdiction de l'amorçage sur le lac des Hermines limite fortement ce risque.
- Chaque année, un tir de feux d'artifice a lieu au niveau du domaine skiable. Il est à noter que les composés pyrotechniques sont constitués d'une part significative de matières phosphorées.

La faune sauvage

- **La leptospirose (principalement véhiculée par l'urine des rongeurs) peut représenter un réel risque pour les baigneurs**. Une prévention efficace des risques et des symptômes occasionnés est recommandée.
- **La dermatite**, véhiculée par les canards (et les limnées) peut entraîner des complications pour les baigneurs. Même si aucun cas n'a été signalé, une prévention efficace permettra de prévenir les complications pouvant en résulter. Veiller à la non-prolifération des macroalgues permettra de pallier l'implantation de limnées vers la zone de baignade.

La cartographie des sources potentielles de pollution permet d'optimiser la compréhension des pressions pouvant affecter la baignade. Elle constitue une synthèse de l'inventaire réalisé et permet au gestionnaire de bénéficier d'un support lui permettant d'identifier les sources potentielles de pollutions en cas de pollution constatée sur la baignade.

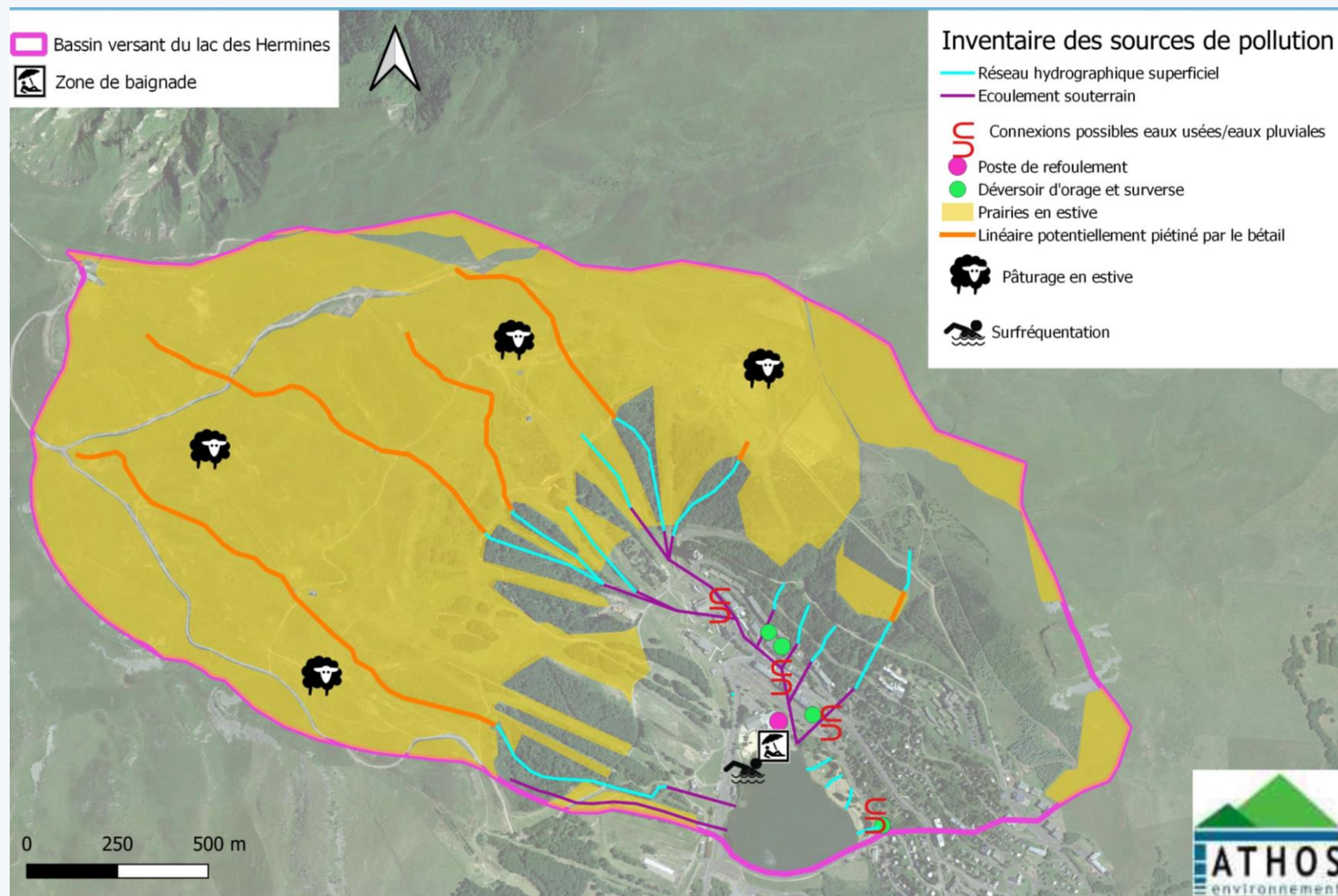


Figure 90 : Cartographie des sources de pollution bactériologique potentielles sur la baignade du lac des Hermines (Source : IGN, RPG 2018, Mairie, ATHOS Environnement)

Phase 2 : Diagnostic

La phase de diagnostic consiste à caractériser et hiérarchiser les flux en provenance de chaque source potentielle de pollution, en vue d'évaluer de manière globale le risque pour la zone de baignade.

La définition d'indicateurs de pollution, en vue de la mise en place d'une gestion active sera abordée dans ce chapitre.

14 CARACTERISATION DES SOURCES DE POLLUTION BACTERIOLOGIQUES

Dans ce chapitre, notre attention porte particulièrement sur *E. coli* qui constitue un véritable indicateur de pollution.

14.1 Ecoulements naturels

Plusieurs campagnes d'analyses bactériologiques ont été réalisées sur les affluents du plan d'eau et la zone de baignade, sous différentes conditions météorologiques. **Les prélèvements par temps sec** permettent de mettre en évidence les **contaminations bactériologiques liées à des rejets directs dans le réseau hydrographique** tandis que **les prélèvements par temps pluvieux reflètent les apports via le ruissellement et le lessivage des parcelles du bassin versant**.

Le tableau suivant présente les résultats des 2 campagnes effectuées lors de la saison estivale 2022. L'emplacement des points de prélèvements est rappelé dans la Figure 91.

Tableau 32 : Résultats des analyses bactériologiques par temps sec et pluvieux durant le suivi 2022 (Source : ATHOS Environnement)

	Campagne TEMPS SEC 11/07/2022		Campagne TEMPS PLUVIEUX 17/08/2022	
	Entérocoques Intestinaux UFC/100ml	Escherichia coli UFC/100ml	Entérocoques Intestinaux UFC/100ml	Escherichia coli UFC/100ml
Ru de la plaine des Moutons	> 35 000	> 35 000	> 35 000	> 35 000
Ru de la Biche	1 573	6 123	94	565
Ru de la Biche Paillaret	< 15	126	110	1757
Ru Maladet				
Zone de baignade	< 15	< 15	230	232



Figure 91 : Localisation des points de prélèvements pour analyses bactériologiques (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

Les concentrations bactériologiques sur le ruisseau de la plaine des Moutons sont extrêmement importantes, dépassant le seuil de quantification possible par le laboratoire. Pour rappel, le seuil de fermeture de baignade est fixé à 1 800 *E. coli*/100ml et 660 Entérocoques/100 ml. Il est à noter que les contaminations ont été observées que cela soit par temps ou par temps pluvieux, laissant présager des rejets directs au ruisseau (cf paragraphe 12.2).

En temps sec, d'importantes concentrations en *E. coli* ont également été observées sur le ruisseau de la Biche.

Seules les concentrations observées sur la zone de baignade sont restées faibles et en deçà des seuils, que cela soit en temps sec ou temps pluvieux.

Ces analyses confirment que les tributaires du plan d'eau sont sources d'apports bactériologiques, en conditions de pluie mais aussi en temps sec, laissant supposer des rejets directs dans le réseau hydrographique, en lien avec des défaillances du réseau de collecte des eaux usées. Le ruisseau de la plaine des Moutons apparaît très fortement impacté en 2022, alors que les analyses réalisées en 2012 mettaient en évidence de faibles concentrations bactériologiques sur cet affluent. Le ruisseau de la Biche reste également soumis à des contaminations ponctuelles.

14.2 Assainissement collectif

Le risque de contamination bactériologique lié à l'assainissement collectif concerne les défaillances observées sur le réseau de collecte des eaux usées.

La charge bactériologique imputable aux défauts d'étanchéité du réseau d'assainissement collectif n'est pas estimable en raison de son caractère diffus et de l'absence de quantification des volumes déversés. Notons toutefois que la charge moyenne retrouvée dans les eaux usées est de 4×10^7 *E. coli* / 100ml.

14.3 Eaux pluviales

Des prélèvements pour analyses bactériologiques ont été réalisés sur les exutoires pluviaux simultanément aux 2 campagnes de prélèvements sur les affluents, en temps sec le 11 juillet 2022 et en temps pluvieux le 17 août 2022. Les points de prélèvement ont été présentés dans la Figure 91. Les résultats sont détaillés dans le Tableau 33. Il est à noter que certains pluviaux présentent un écoulement même par temps sec en lien avec des drainages de sources.

Les pluviaux 1 à 4 n'ont pas présenté d'écoulement lors des 2 campagnes et n'ont donc pas pu faire l'objet d'échantillonnage.

Le pluvial 5 est marqué par de fortes concentrations bactériologiques en temps de pluie avec plus de 15 000 *E. coli*/100ml, pour un seuil de fermeture de baignade fixé à 1 800 *E. coli*/100ml. L'impact peut d'autant plus se faire sentir sur la baignade que ce tributaire débouche à proximité de la zone de baignade.

Par temps sec, les concentrations bactériologiques restent contenues sur les exutoires pluviaux drainant le versant Est. En revanche, en temps de pluie, des concentrations importantes en *E. coli* ont été relevées sur le pluvial 9 et dans une moindre mesure sur les pluviaux 10 et 11.

Tableau 33 : Concentrations bactériologiques mesurées en 2022 sur les exutoires pluviaux du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)

	Campagne TEMPS SEC 11/07/2022		Campagne TEMPS PLUVIEUX 17/08/2022	
	Entérocoques Intestinaux UFC/100ml	Escherichia coli UFC/100ml	Entérocoques Intestinaux UFC/100ml	Escherichia coli UFC/100ml
P1				
P2				
P3				
P4				
P5	< 15	15	1980	15205
P6				
P7	< 15	< 15	< 15	< 15
P8	194	179	46	30
P9	177	161	704	11641
P10	< 15	< 15	232	1516
P11	15	46	232	1509

Les concentrations bactériologiques les plus importantes sur les exutoires pluviaux ont été enregistrées par temps de pluie, laissant supposer des contaminations diffuses ponctuelles. Par temps sec, il n'y aurait *a priori* que peu de contaminations par les eaux usées.

14.4 Agriculture

Pâturage

La mortalité bactérienne sur les pâtures est faible. Elle est principalement due à l'action bactéricide des UV, aux phénomènes de compétition avec les microorganismes du sol et aux conditions du milieu. Ainsi, la survie des bactéries est plus importante lorsque le sol est humide, en conditions froides et lorsque la végétation est haute. En zone de montagne humide, les organismes fécaux présentent des capacités de survie plus fortes que dans les zones collinéennes ou d'avant pays, moins arrosées et plus chaudes (TREVISAN, 2002).

Le cheptel rencontré sur la zone d'influence a été évalué 2 000 ovins et 100 bovins.

D'après la littérature, un bovin émet l'équivalent de **1,07x10¹⁰ E. coli/jour**. Un ovin émet **5x10⁸ E. coli/gramme de déjection** et on émettra l'hypothèse de l'émission **de 2,5 kg/ jour de fèces**. La difficulté réside ensuite dans la détermination des flux bactériens susceptibles de rejoindre la plage. Les transferts sont régulés par différents facteurs contrôlant le fonctionnement hydrique des sols (texture, structure) et les propriétés de rétention – adsorption des bactéries sur la matrice organominérale du sol. On fera l'hypothèse que 1% des déjections accumulées sur les pâtures est susceptible d'être lessivée lors des précipitations.

Les prairies pâturées constituent principalement un risque pour la qualité des eaux de baignade lors des épisodes pluvieux. Ce flux est susceptible de varier fortement en fonction de la durée et de l'intensité des épisodes pluvieux. Il est à noter **qu'en temps sec, le risque lié au pâturage demeure si les animaux ont accès libre aux cours d'eau**, ce qui est le cas sur plusieurs parcelles du bassin versant.

Figure 92 : Estimation des flux bactériologiques d'origine agricole sur les surfaces pâturées du bassin versant
(Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)

	Nombre d'individus	E. coli/j bruts	E. coli/jr susceptibles d'atteindre le lac
Ovins	2 000	2,5E+15	2,5E+13
Bovins	100	1,07E+12	1,07E+10
TOTAL			2,50E+13

La charge bactériologique imputable au pâturage a été évaluée à 2,5+13 E. coli/jour.

14.5 Sources de pollution ponctuelles et/ou accidentelles

Dans ce chapitre, les estimations des flux bactériologiques sont basées sur une évaluation de la surface et du volume d'eau de baignade. La zone de baignade occupe une surface d'environ 1 000 m² pour un volume d'eau de 550 m³.

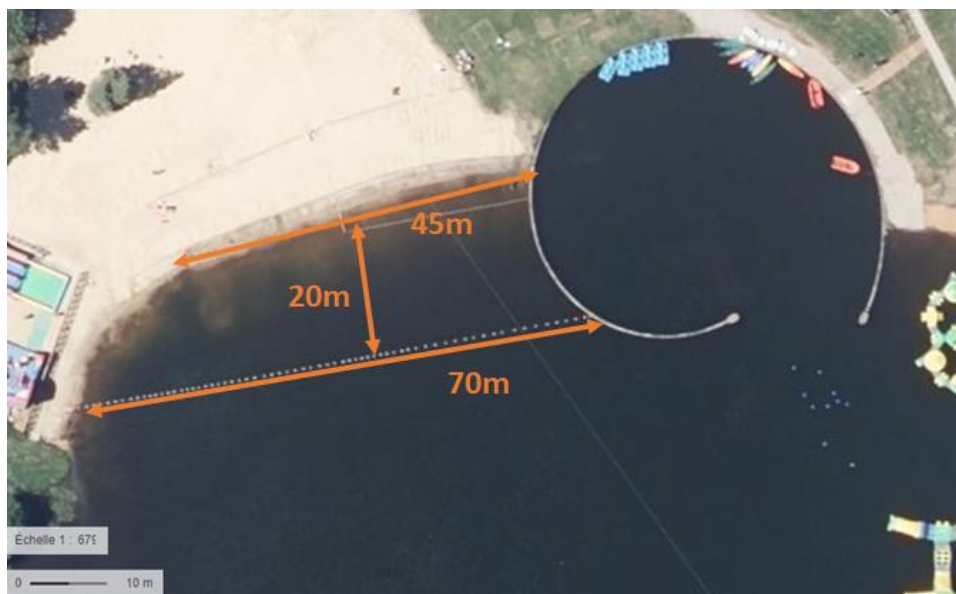


Figure 93 : Dimensionnement de la zone de baignade délimitée par les lignes d'eau flottantes (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)

14.5.1 Baignade

On distinguera deux types de risque :

- Le risque de pollution bactériologique au regard des indicateurs classiques de surveillance sanitaire
- Le risque de contamination interhumaine défini par l'AFSSET, qui traduit le risque de transmissions de germes interhumains.

→ Risque de pollution bactériologique

Lors de la saison estivale, la fréquentation du plan d'eau peut atteindre très facilement une cinquantaine de personnes par jour. **Une dégradation significative de la qualité de l'eau de baignade peut être observée à partir de 110 baigneurs.**

Tableau 34 : Estimation de la concentration bactériologique en cas de forte affluence sur la zone de baignade (Source : ATHOS Environnement, ARS 63)

	<i>E. coli</i>	Entérocoques intestinaux
Limite inférieure du seuil de qualité « Excellente » selon la directive 2006/7/CE (UFC/100 ml)	500	200
Apports moyens par visiteurs (guide AESN 2009)	2,00E+07	1,00E+07
Nombre de baigneurs max pour ne pas dépasser les seuils	138	110

Il existe un risque de dégradation bactériologique de l'eau de baignade en cas de forte affluence, celui-ci semble intervenir à partir de 110 baigneurs.

→ Risque de contamination inter-humaine

Outre le risque de contamination bactériologique au regard des germes témoins de contamination fécale, utilisé dans le classement des eaux de baignade, une surfréquentation de la baignade peut entraîner des risques de transferts de pathologies contagieuses, qu'il convient d'estimer. Le risque de contamination inter-humaine est évalué à partir de la figure suivante, d'après le cahier des charges pour l'élaboration de « profils » adaptés aux eaux intérieures (AELB/SAFEGE). En l'absence de cas avérés signalés en mairie, l'appréciation du risque se fait sur la base du volume d'eau disponible par baigneurs, et des recommandations de l'AFSSET. Des seuils ont été définis afin de statuer sur le risque de contamination inter-humaine lors de la baignade :

- 20 m³ / baigneur si la surface de baignade est > 5 000 m²
- 15 m³ / baigneur si la surface de baignade est comprise entre 1 500 et 5 000 m²
- 10 m³ / baigneur si la surface de baignade est < 1 500m²

Sur le lac des Hermines, le seuil minimal recommandé est donc de 10 m³ / baigneur.

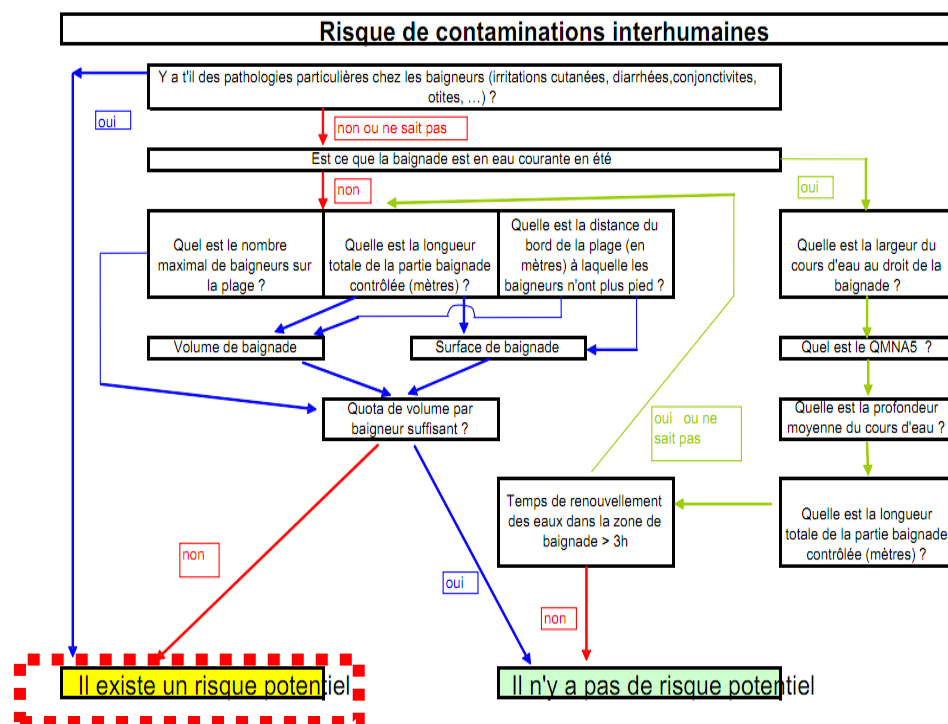


Figure 94 : Diagramme décisionnel visant à identifier le risque de contamination interhumaine lors de la baignade (Source : AELB/SAFE)GE)

Le risque de contamination inter-humaine est avéré à partir d'une fréquentation de 55 baigneurs, ce qui reste relativement limité.

14.5.2 Risque de contamination par les animaux

Le profil baignade initial avait mis en évidence un risque de dégradation de la qualité d'eau associé aux canards à partir de quinzaine d'individus présents. Toutefois, très peu de volatils fréquentent le lac des Hermines, la ré-évaluation de ce risque n'a donc pas été jugée pertinente.

15 INTERPRETATION RETROSPECTIVE DES DONNEES HISTORIQUES

Il s'agit ici d'étudier les épisodes de contamination passés afin de mettre en évidence les sources de pollutions identifiées comme étant à risque et l'historique des analyses bactériologiques de l'ARS sur la baignade.

15.1 Notion de pollution à court terme

Une pollution à court terme, définit à l'article D.1332-15 du code de la santé publique comme une contamination microbiologique affectant la qualité des eaux de baignade pendant moins de 72 heures et dont les causes sont aisément identifiables, peut être identifiée par un dépassement de l'une des valeurs seuils proposées par l'agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET) sur les indicateurs *Escherichia coli* et entérocoques intestinaux. En eau douce, ces seuils sont les suivants : **660 UFC/100 ml** (entérocoques intestinaux) et **1 800 UFC/100 ml** (*Escherichia coli*) - Circulaire DGS/EA4/2010/259 du 9 juillet 2010.

Il suffit que le résultat de dénombrement sur un des indicateurs dépasse la valeur seuil retenue pour que l'échantillon soit considéré comme « recalé » et qu'une procédure de gestion soit déclenchée (plus de détail dans la phase 3 du présent profil).

La définition d'une pollution à court terme sur la zone de baignade tient compte des données microbiologiques de l'ARS pour les saisons 1995 à 2022. Chaque analyse a été comparée aux seuils AFSSET (représentés par le seuil rouge, « qualité mauvaise » sur les graphiques en ANNEXE 3).

Sur la baignade, les seuils AFSSET ont été dépassés à 2 reprises, et uniquement concernant le paramètre *E. coli* :

- le 4 juillet 2000 avec une concentration de 1 883 UFC/100 ml.
- le 30 juillet 2014 avec 3 400 UFC/100 ml.

Le lac des Hermines a connu plusieurs épisodes de pollution à court terme. Les chroniques bactériologiques laissent également présager des contaminations moins importantes mais qui restent tout de même fréquentes.

15.2 Définition d'indicateurs de contamination

Nous avons vu précédemment que la pluie, une casse sur le réseau d'assainissement ou encore une sur-fréquentation de la baignade pouvaient être des facteurs potentiels dans l'apparition de pollutions sur la baignade.

À ce jour, la fréquentation de la baignade n'étant pas comptabilisée, la pluie reste le seul indicateur de pollution exploitable.

15.2.1 Pluviométrie

La pluie est un facteur prépondérant dans l'apparition des pollutions, puisqu'elle conditionne le débit des affluents, le lessivage des parcelles, la remise en suspension des polluants accumulés dans les fossés et cours d'eau du secteur, ainsi que la mise en charge et les exfiltrations des tronçons de réseau d'eaux usées.

Les graphiques confrontant les analyses bactériologiques avec les données pluviométriques 24h et 48h avant les prélèvements, sont présentés dans la Figure 95. Ces derniers permettent une **première analyse visuelle** des tendances et la caractérisation de la réponse bactériologique par rapport à la pluie.

Dans un second temps, l'approche statistique mise en œuvre dans le profil baignade initial et basée sur le calcul du coefficient de corrélation entre les variables à expliquer (*E. coli* et Entérocoques Intestinaux), et la variable explicative (pluviométrie) déclinée sur 3 périodes (le jour même, la veille, et l'avant-veille) a été actualisée (Tableau 35). Le coefficient de corrélation permet de décrire la force d'association entre deux variables.

Il existe une très légère force d'association entre le facteur *E. coli* et la pluie de la veille (J-1). Environ 38 % de la variabilité du paramètre *E. coli* peut être liée à la pluviométrie 24h avant le prélèvement. Cette évaluation est en légère baisse par rapport à celle présentée en 2014, qui était de 42 %. Concernant le paramètre entérocoques intestinaux, sa variabilité peut être liée à 22 % à la pluviométrie de la veille du prélèvement. Ce pourcentage est en augmentation par rapport à 2014, où il était de 18 %.

Tableau 35 : Corrélation entre les analyses bactériologiques et la pluviométrie la veille et l'avant-veille des prélèvements de l'ARS (Source : MétéoFrance, ARS 63)

	SuperBesse				
	pluie JJ	pluie J-1	pluie J-2	Ecoli	Entér.
pluie JJ					
pluie J-1					
pluie J-2					
Ecoli	0,17	0,38	0,33		
Entér.	0,06	0,22	0,10		

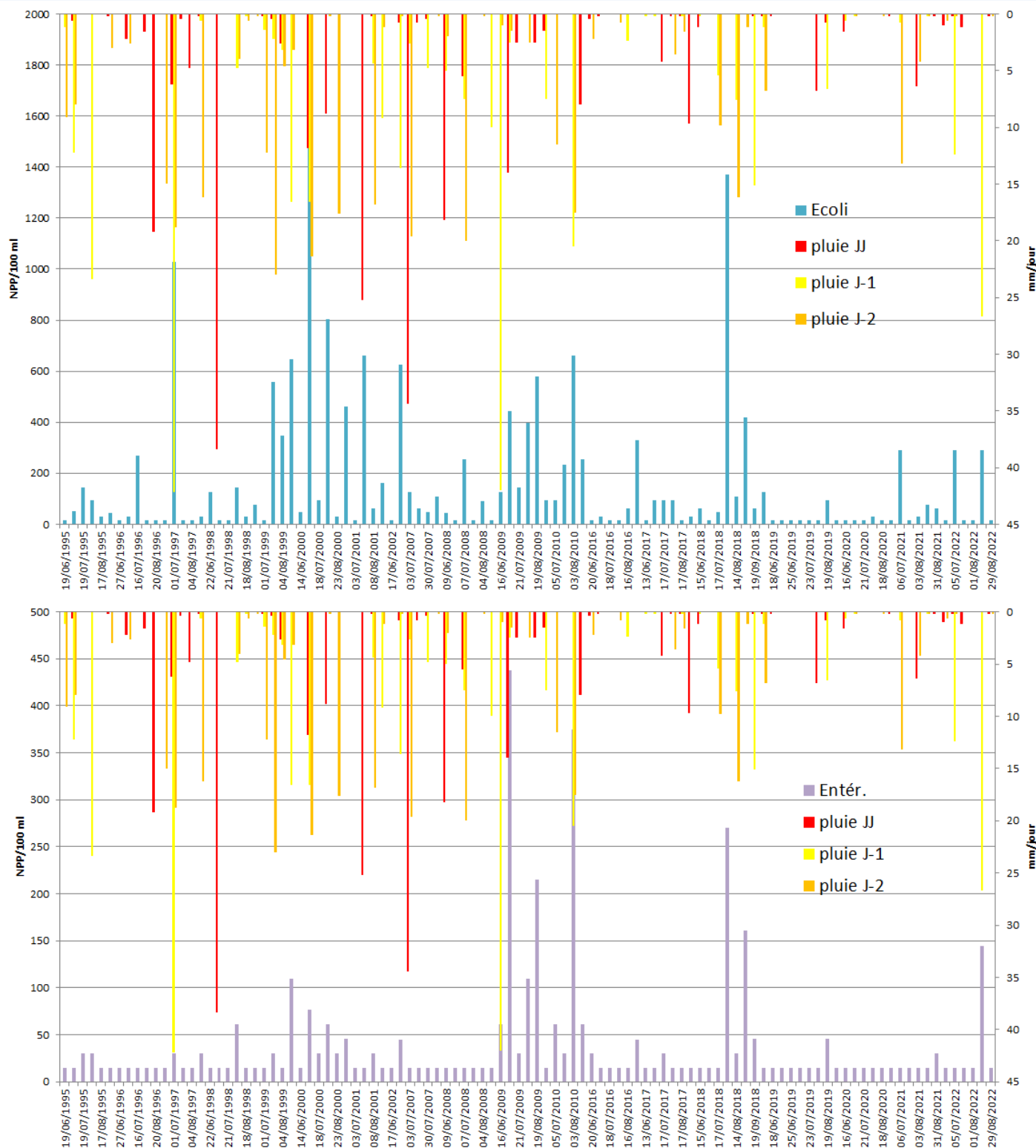


Figure 95 : Pluie du jour même, de la veille et de l'avant-veille du prélèvement ARS confrontées aux analyses *E. coli*/100 ml (en haut) et *E. I.*/100 ml (en bas) - (Source : Météo France, ARS 63)

15.2.2 Définition d'un seuil d'alerte pluviométrique

La définition d'indicateurs de pollution et de valeurs seuils correspondantes permet au gestionnaire des baignades de prévoir l'occurrence d'une pollution, et de mettre en place l'ensemble des mesures de gestion requises en amont.

Nous avons donc cherché à étudier l'influence de la pluviométrie plus en détail afin de déterminer un seuil à partir duquel une pollution peut être prévue par le gestionnaire, dans le but de prendre toutes les mesures adéquates en amont (fermeture de la plage, déclenchement d'un prélèvement, ...).

Les figures suivantes sont issues d'une analyse croisée entre les paramètres bactériologiques et les pluies du jour même, de la veille et de l'avant-veille du prélèvement ARS.

Les classes ont été définies selon les seuils de la Directive 2006/7/CE, le code couleur utilisé est le suivant :

Escherichia coli

- **Vert** : dénombrements < 200 NPP/ 100 ml
- **Jaune** : 200 NPP/ 100 ml < dénombrements > 500 NPP/ 100 ml
- **Rouge** : 500 NPP / 100 ml < dénombrements > 1000 NPP/100 ml
- **Violet** : dénombrements > 1000 NPP/100 ml

Entérocoques Intestinaux

- **Vert** : dénombrements < 200 NPP/ 100 ml
- **Orange** : 200 NPP/ 100 ml < dénombrements > 400 NPP/ 100 ml
- **Rouge** : 400 NPP / 100 ml < dénombrements > 1000 NPP/100 ml
- **Violet** : dénombrements > 1000 NPP/100 ml

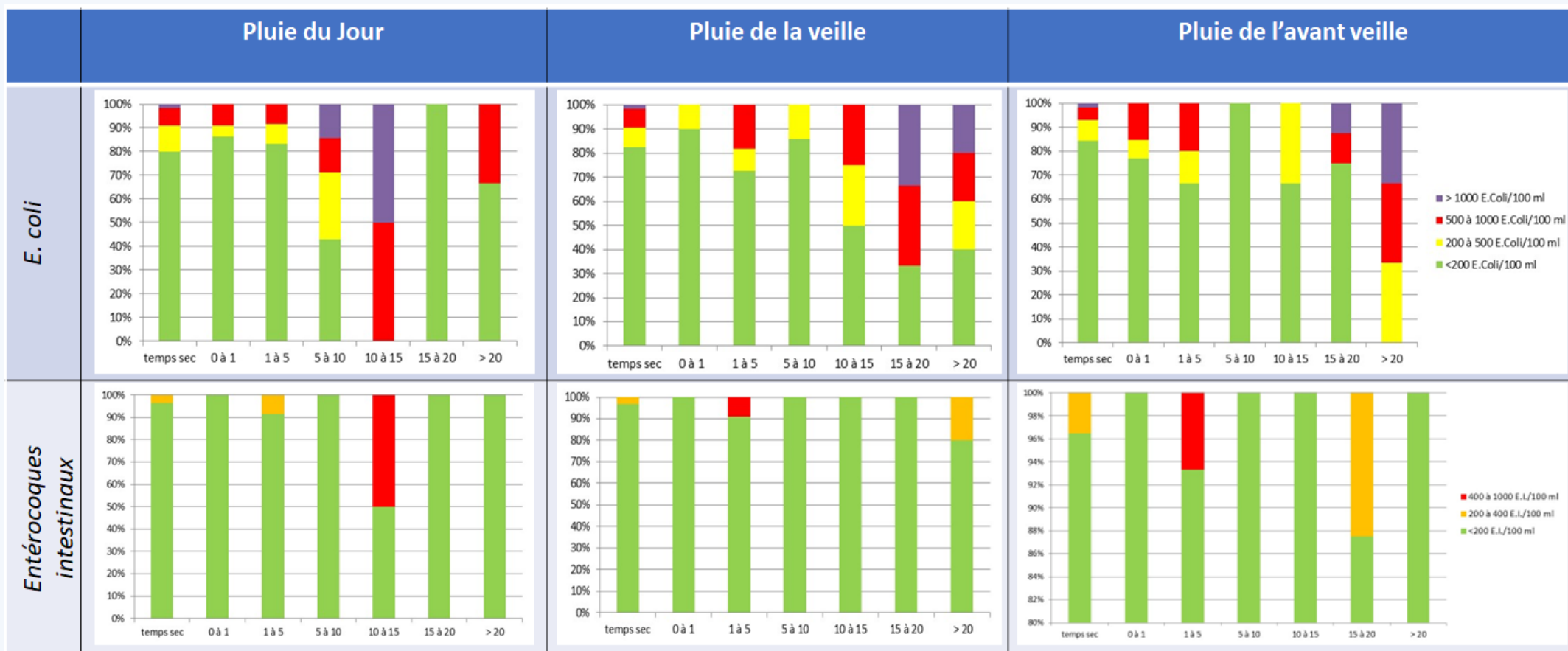


Figure 96 : Pourcentage d'occurrence des analyses bactériologiques par classe de pluie, pour la pluie du jour du prélèvement de la veille et de l'avant-veille du prélèvement réalisé par l'ARS sur la baignade (Source : MétéoFrance, ARS 63)

L'analyse des résultats obtenus pour les différents seuils de pluie du jour même, de la veille et l'avant-veille apporte principalement les informations suivantes :

- La baignade est plus sensible au paramètre *E. coli* qu'aux entérocoques intestinaux.
- Dans plus de 50% des cas, une dégradation de la qualité de l'eau est observée pour une pluie de plus de 10 mm la veille des prélèvements.
- Les dégradations de la qualité de l'eau par temps sec ne sont pas négligeables puisque 20% des mauvaises analyses ont été enregistrées sous ces conditions météorologiques, pouvant supposer des rejets directs au réseau hydrographique.

Il est à noter que ces analyses statistiques sont basées sur les données disponibles sur la période 1995-2010 puis 2016-2022 car les données météorologiques n'ont pas été enregistrées entre 2011 et 2015.

En raison d'un risque potentiel de dégradation de la qualité de l'eau de baignade suite à un fort événement pluvieux, et par principe de précaution, **le seuil pluviométrique de 10 mm, est préconisé pour le déclenchement des mesures de gestion préventive de pollution** (détaillées dans la phase 3 du présent document).

16 HIERARCHISATION DES SOURCES DE POLLUTION POTENTIELLES

Au regard du diagnostic précédemment établi, une hiérarchisation des sources de pollution potentielle peut être réalisée.

La hiérarchisation est basée sur les paramètres suivants :

- ➔ **Type de rejet** : les rejets diffus sont difficiles à quantifier. Leur impact est moins marqué que lors de rejets canalisés, et reste aléatoire.
- ➔ **Fréquence** : en moyenne 15 jours pluvieux par mois durant la saison estivale, la fréquence de contamination liée à la pluie est donc d'environ 1 jour sur 2.
- ➔ **Localisation du rejet combinée et charge bactériologique** : pour les rejets dont l'impact n'est pas directement modélisable, la hiérarchisation est réalisée sur la base de la distance du rejet par rapport aux baignades et de la charge véhiculée.
- ➔ **Durée probable de la pollution** : définie en fonction du T90⁴ estimé à environ 10h (source : Guide national pour l'élaboration des profils baignade - AESN 2009).

⁴ T90 : Temps nécessaire à l'abattement de 90% de la charge bactériologique initiale dans le cours d'eau. Dépend de l'ensoleillement, de la turbidité de l'eau, la température de l'eau, la prédation dans la colonne d'eau...

➔ **Impact théorique sur la baignade** : les résultats des modélisations réalisées sur les rejets canalisés permettent de définir l'impact théorique avéré ou non sur les baignades et de discriminer les rejets les plus à risque.

Le tableau suivant présente la hiérarchisation des sources de pollution pour la baignade.

Le lac des Hermines apparaît très vulnérable aux contaminations par les eaux usées liées aux dysfonctionnements des réseaux de collecte. Le réseau hydrographique (sources et affluents) est majoritairement capté par le réseau d'eaux pluviales, qui est susceptible de recevoir des fuites d'eaux usées le long de son linéaire. L'ensemble des exutoires pluviaux sur le secteur débouchent directement dans le lac.

Tableau 36 : Hiérarchisation des sources de pollutions bactériologiques pour la baignade du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)

Lac des Hermines									
Zone d'influence	REJETS A RISQUES				EVALUATION DU RISQUE				
	Rejets	Type	Fréquence	Localisation du rejet	Situation à risque	Charge bactériologique		Durée probable de la contamination	Niveau de risque
Zone immédiate	Assainissement collectif: dysfonctionnements sur le réseau de collecte Partie urbanisée à l'Est du bassin versant	Diffus sur le réseau mais arrivée canalisée dans le lac via le réseau hydrographique	Permanent	Réseau hydrographique puis lac des Hermines : Ruisseau de la Biche et Ruisseau de la plaine des Moutons	Rejet par temps sec Amplification par temps de pluie	4,00E+07	<i>E. coli</i> /100ml	de 24 à 48h à affiner selon les conditions météorologiques	Fort
	Exutoires pluviaux	± Canalisé	1 jour sur 2	11 exutoires pluviaux débouchant dans le lac des Hermines	Episodes pluvieux générant un lessivage des voiries et parking	de 4,60E+01 à 1,5E+4	<i>E. coli</i> /100ml		Moyen
	Pâturage (lessivage et piétinement des cours d'eau) sur les estives	Diffus	Quotidien en saison estivale	Réseau hydrographique puis lac des Hermines	Forte pluie, piétinement des cours d'eau	2,50E+13	<i>E. coli</i> /jour		Moyen
	Baignade (sur-fréquentation)	Occasionnel	Rare	Zone de baignade	Forte affluence (> 110 baigneurs)	2,00E+07	<i>E.coli</i> /baigneur		Faible

17 IDENTIFICATION DES CAUSES PROBABLES DE DEVELOPPEMENT DES CYANOBACTERIES

17.1 Rappel sur l'eutrophisation

Les causes de prolifération de cyanobactéries peuvent être très variées. Leur identification et leur compréhension nous permettront de proposer des plans d'actions destinés à limiter la prolifération des cyanobactéries dans la phase 3 du présent profil.

L'eutrophisation est un processus par lequel un lac reçoit une importante quantité d'éléments nutritifs *via* son bassin versant. Ces nutriments sont à l'origine d'une **activité biologique élevée** se traduisant par des développements excessifs en communautés phytoplanctoniques, dont les cyanobactéries, comme c'est le cas sur le lac des Hermines. Ces développements importants peuvent être à l'origine de dysfonctionnements écologiques et ont des conséquences économiques et touristiques conséquentes.

Les nutriments amenés au lac par le bassin versant constituent la **charge externe**. Une fois dans le lac, ils peuvent être consommés directement ou **stockés dans les sédiments** et ainsi constituer une **charge interne**. Sous certaines conditions d'oxygénation, de température, ou à la faveur de brassages mécaniques, le stock de nutriments peut être relargué des sédiments et diffuser dans l'eau. Les nutriments deviennent alors disponibles pour alimenter la production biologique.

Par conséquent, la compréhension du mécanisme d'eutrophisation passe par (Figure 97) :

- **L'inventaire des sources de pollution présentes sur le bassin versant** et la quantification des flux de nutriments qui leur sont associés (= charge externe).
- **L'évaluation du stock de nutriments contenu dans les sédiments** (= charge interne).
- **L'analyse du fonctionnement global du lac**, permettant de savoir si les conditions d'utilisation des nutriments par relargage est possible.

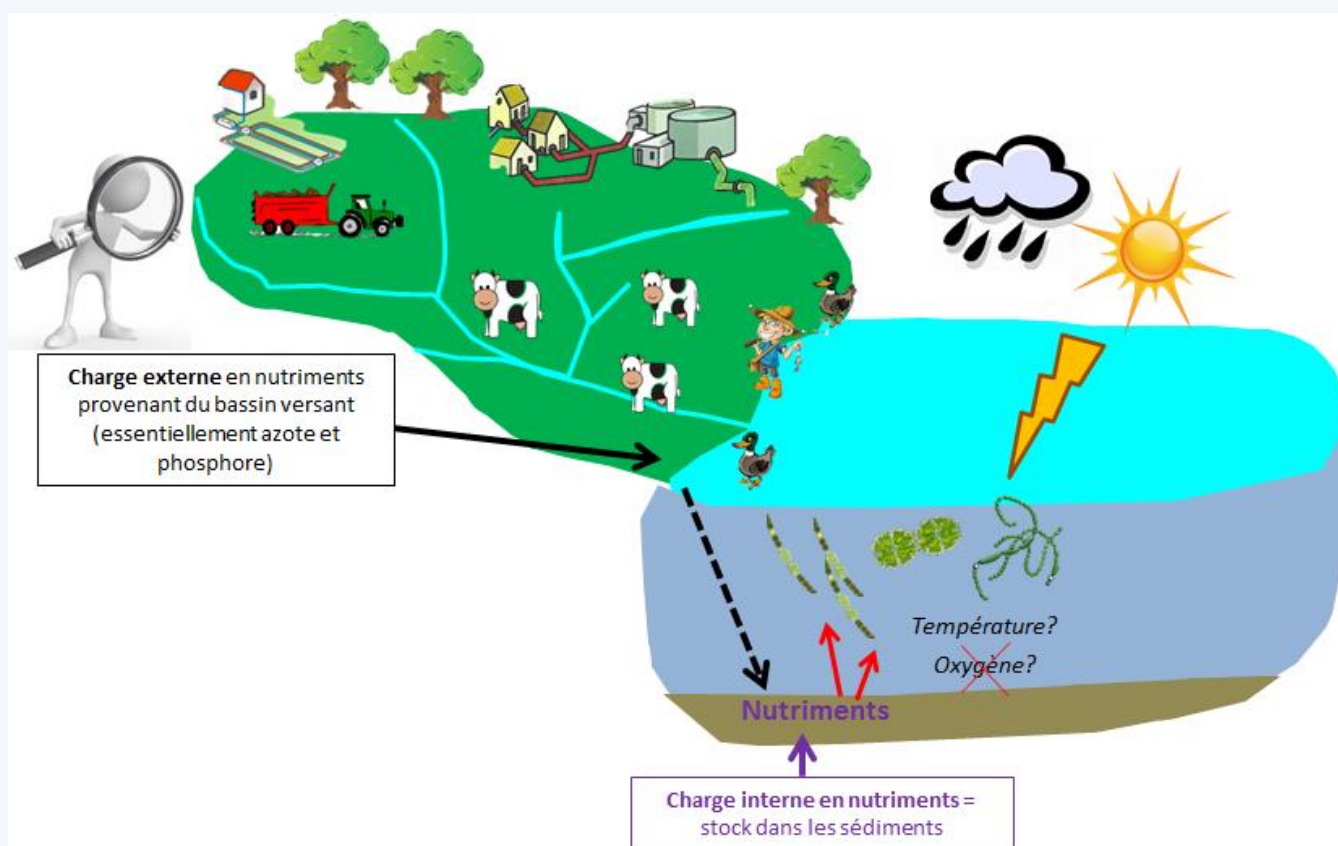


Figure 97 : Schéma présentant le fonctionnement du lac et l'implication des charges externe et interne dans le phénomène d'eutrophisation (Source : ATHOS Environnement)

17.2 Caractérisation de la charge externe en nutriments

17.2.1 Flux de nutriments théoriques

Les sources de pollution bactériologiques précédemment décrites (paragraphe 12) sont également des sources de nutriments, éléments clés dans le phénomène d'eutrophisation. Les paragraphes suivants visent à évaluer les flux de nutriments théoriques imputables à chacune des sources de pollutions.

17.2.1.1 Assainissement

17.2.1.1.1 Assainissement Collectif – AC

Les flux imputables à l'assainissement collectif résultent de défauts d'étanchéité ou fuites/casses sur le réseau. Ils ne sont donc pas évaluables à l'état actuel des connaissances.

17.2.1.2 Activités agricoles

Les flux de nutriments en provenance de l'agriculture sont liés essentiellement aux déjections des ovins et bovins. Le risque associé est présent par temps sec en cas de piétinement des cours d'eau par le bétail ou par temps de pluie, induisant un lessivage des pâtures.

Pâturage

*Pour les bovins dans les prés, les valeurs des rejets en matières en suspension, matières oxydables, azote organique et phosphore par UGB, extraites de la publication des « Journaux Officiels » relative à la pollution des eaux et à la redevance 2003, sont pour **1 UGB de : 0,2 kg/j d'azote et 44 g/j de phosphore.***

Les apports organiques en nutriments en provenance de l'agriculture ont été estimés à partir du nombre d'UGB présent sur le bassin versant et sont présentés dans le tableau suivant. L'estimation a été réalisée sur la base d'un pâturage de juin à octobre.

Figure 98 : Estimation des flux de nutriments en provenance du pâturage sur le bassin versant (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)

UGB sur le bassin versant	Apports organiques	
	Total apports N BV t/an	Total apports P BV t/an
400	14.4	3.2
TOTAL atteignant le PE	0.4	0.03

Au total, 400 kg d'azote et 30 kg de phosphore liés au contexte agricole sont susceptibles d'atteindre le plan d'eau chaque année.

17.2.2 Flux de nutriments calculés

Deux campagnes de prélèvements ont été réalisées en été 2022, au cours desquelles les débits des affluents ont été mesurés et les concentrations en nutriments dosées. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant. Pour rappel, la configuration des ruisseaux de la Biche Paillaret et du Maladet n'ont pas permis l'acquisition de données pour ces modélisations.

Figure 99 : Données acquises lors des campagnes de terrain réalisées en 2022 sur les affluents du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)

		Ruisseau de la plaine des Moutons		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	1,00	0,80	0,90
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	3,10	3,17	3,14
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,28	0,24	0,26
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	3,10	2,54	2,82
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	0,28	0,19	0,24

		Ruisseau de la Biche		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	30,00	20,00	25,00
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	0,50	0,38	0,44
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,09	0,09	0,09
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	15,00	7,60	11,30
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	2,70	1,80	2,25

		Pluvial N°7		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	1,00	1,00	1,00
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	0,43	0,35	0,39
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,10	0,11	0,11
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	0,43	0,35	0,39
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	0,10	0,11	0,11

		Pluvial N°8		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	0,60	0,70	0,65
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	1,53	1,85	1,69
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,02	0,08	0,05
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	0,92	1,30	1,11
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	0,01	0,06	0,04

		Pluvial N°10		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	0,60	1,00	0,80
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	0,83	0,81	0,82
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,02	0,04	0,03
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	0,50	0,81	0,65
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	0,01	0,04	0,03

		Pluvial N°11		VALEUR MOYENNE
Paramètres	Unités	11/07/2022	17/08/2022	
Débit	l/s	6,00	1,40	3,70
Azote (NO3+NO2+NH4) exprimé en N	mg N/l	0,53	0,38	0,46
Phosphore (Ptotal)	mg/l	0,08	0,06	0,07
Flux instantané AZOTE (NO3+NO2+NH4)	mg/s	3,18	0,53	1,86
Flux instantané PHOSPHORE TOTAL	mg/s	0,48	0,08	0,28

Ces données ont été utilisées afin de réaliser une première estimation des flux de nutriments entrants dans le plan d'eau.

Le choix de la méthode de calcul des flux de nutriments découle de l'examen des travaux de Moatar et al. - Université de Tours - Cemagref 2009, concernant les mesures hydrologiques et les incertitudes qui en découlent, et plus particulièrement les méthodes de calcul des flux à partir des suivis discrets de concentrations. Les formules de calcul appliquées ont été celle de la méthode M1 et celle de la méthode M2 (Figure 100).

Figure 100 : Méthode de calcul des flux à partir des suivis discrets (extrait de Moatar et al, 2009⁵)

Méthode	Nom	Numerical procedure
M1	Produit des moyennes C_i et Q_i des échantillons	$Flux = K \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n} \right)$
M2	Moyennes des flux instantanés : $F_i = C_i \cdot Q_i$	$Flux = K \sum_{i=1}^n \frac{C_i Q_i}{n}$
M3	Hypothèse concentration constante autour de l'échantillon	$Flux = K \sum_{i=1}^n C_i \overline{Q_{i,j-1}}$
M4	Produit débit annuel moyen $\overline{Q}$ x concentration moyenne arithmétique	$Flux = K \overline{Q} \left(\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{n} \right)$
M5(M18 = Phillips et al 1999)	Produit débit annuel moyen ($\overline{Q}$) x concentration moyenne pondérée par les débits échantillonnés	$Flux = K \frac{\sum_{i=1}^n C_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \overline{Q}$
M6	Interpolation linéaire des concentrations x débits journaliers Q_j	$Flux = K \sum_{j=1}^{365} C_j^{int} Q_j$
M7	Extrapolation : régression concentrations – débits et débits journaliers Q_j	$Flux = K \sum_{j=1}^{365} C_j^{ext} Q_j$
M8	Méthode M5 corrigée par un facteur multiplicatif. Il prend en compte la covariance entre le flux instantané et le débit aux instants où l'on échantillonne, divisée par la variance des débits.	
M9	Méthode M2 corrigée par un facteur multiplicatif prenant en compte les débits aux instants où l'on n'effectue pas de prélèvements.	

K, K', K''	Facteurs de conversion pour tenir compte de la période d'estimation et de l'unité des mesures Pour exprimer le flux en tonnes / an
C_i	Concentration mesurée au moment de prélèvement « i » (mg/l)
Q_i	Débit mesuré au moment de prélèvement (m ³ /s)
Q_j	Débit journalier (m ³ /s)
$\overline{Q}$	Module annuel (calculé à partir des données en continus) (m ³ /s)
$\overline{Q_{i,j-1}}$	Moyenne des débits entre les moments de prélèvement i and i-1 (calculé à partir des données en continus) (m ³ /s)
C_{int}	Concentration journalière interpolée de façon linéaire entre deux prélèvements
C_{ext}	Concentration journalière, évaluée par la régression Concentration – Débits, si la relation est significative
n	Nombre de prélèvements et analyses chimiques

⁵ MOATAR F. et al. ; 2009 – Incertitudes sur les métriques de qualité des cours d'eau (médianes et quantiles de concentrations, flux, cas des nutriments) évaluées à partir de suivis discrets, Université de Tours / Cemagref – La Houille Blanche/N°3-2009 ; 9p.

Les résultats sont présentés dans la figure suivante. Concernant le paramètre « azote », il est à noter que ce paramètre intègre l'azote lié aux nitrates, nitrites et à l'ammonium. L'azote organique n'est pas inclus dans le calcul. Le paramètre phosphore, intègre, lui, la totalité du phosphore présent sous sa forme minérale et organique (dosage du phosphore total).

Il est à noter que ces estimations sont basées sur seulement 2 campagnes qui restent ponctuelles dans le temps et surtout concentrées en saison estivale. Ceci induit très certainement une sous-estimation des flux réels, puisqu'ils ne tiennent pas compte des débits plus importants rencontrés en automne et hiver.

Figure 101 : Calcul des flux de nutriments entrants au plan d'eau sur la base des données acquises en 2022
(Source : ATHOS Environnement)

	Phosphore	
	Méthode M1	Méthode M2
	Produit des moyennes Ci et Qi	Moyennes des flux instantanés (CixQi)
	kg/an	kg/an
Ru de la plaine des Moutons	7,42	7,49
Ru de la Biche	70,96	70,96
Pluvial N°7	3,31	3,31
Pluvial N°8	1,10	1,14
Pluvial N°10	0,77	0,84
Pluvial N°11	8,17	8,89
TOTAL des entrants	91,72	92,63

	Azote (NO ₃ +NO ₂ +NH ₄)	
	Méthode M1	Méthode M2
	Produit des moyennes Ci et Qi	Moyennes des flux instantanés (CixQi)
	kg/an	kg/an
Ru de la plaine des Moutons	88,98	88,87
Ru de la Biche	346,90	356,36
Pluvial N°7	12,30	12,30
Pluvial N°8	34,64	34,89
Pluvial N°10	20,69	20,62
Pluvial N°11	53,09	58,53
TOTAL des entrants	556,59	571,57

La charge de phosphore entrante, calculée sur la base des mesures faites en 2022, est d'environ 92 kg. La grande majorité de cette charge serait véhiculée par le ruisseau de la Biche, qui présente les débits les plus conséquents. Concernant l'azote, ce serait entre 557 et 572 kg par an qui entreraient au plan d'eau *via* les affluents. Si le ruisseau de la Biche, là encore présente les flux majoritaires, ceux véhiculés par le ruisseau de la Plaine des Moutons et du pluvial N°11 ne sont pas négligeables.



Flux de nutriments théoriques versus flux de nutriments mesurés

Le tableau suivant synthétise l'ensemble des apports en nutriments (théoriques et mesurés) sur une période annuelle. Logiquement, les apports théoriques devraient être bien supérieurs aux apports réellement observés car ils ne tiennent pas compte du phénomène d'autoépuration le long du réseau hydrographique entre les points de rejets et la confluence avec le plan d'eau. Dans le cas présent, cela n'est pas le cas et les apports mesurés sont bien supérieurs aux théoriques. Il est d'ailleurs à noter que les apports mesurés sont en plus sous-estimés car ils n'intègrent pas les flux associés à l'ensemble des affluents (manque de données sur le ruisseau de la Biche Paillaret par exemple). **Ceci confirme l'hypothèse que des apports, autre que le pâturage, sont effectifs dans le réseau hydrographique et viennent gonfler les flux de nutriments entrant au lac. Concernant le phosphore, élément clé dans le phénomène d'eutrophisation, les apports réellement observés sont le triple que ceux attendus en lien avec le pâturage. Les apports associés au dysfonctionnement du réseau de collecte d'eaux usées, bien que difficilement quantifiables en termes de volume, pourraient être responsables d'un apport de 60 kg/an de phosphore au lac, participant à son enrichissement.**

Figure 102 : Apports en nutriments amenés annuellement au plan d'eau – comparaison des flux théoriques et mesurés (Source : ATHOS Environnement)

	Azote en kg/an NO ₃ +NO ₂ +NH ₄	Phosphore en kg/an Phosphore total
Apports théoriques estimés (somme des apports calculés pour le pâturage)	400	30
Apports mesurés (calcul des flux sur les 6 affluents principaux - 2 campagnes de mesure) Valeur basse	557	92
Apports mesurés (calcul des flux sur les 6 affluents principaux - 2 campagnes de mesure) Valeur haute	572	

17.3 Caractérisation de la charge interne en nutriments

Comme évoqué précédemment, les nutriments en provenance des différentes activités du bassin versant (= charge externe) ont la possibilité une fois dans le lac d'être directement consommés ou **stockés dans le sédiment** (= charge interne).

Sur le lac des Hermines, **la concentration moyenne en phosphore du sédiment a été évaluée à 1 451 mg/kg MS** (données ATHOS Environnement 2017) -paragraphe 11.3.1.2.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la rétention/remobilisation du phosphore dans le sédiment :

- **Le potentiel oxydo-réducteur** : en eaux oxygénées, les orthophosphates se lient aux composés de fer III et sédimentent. En conditions d'anoxie, la réduction du fer III en fer II entraîne une libération du phosphore (Prairie et al, 2001 ; Sondergaard et al,

2003). La solubilité de l'oxygène dans l'eau étant influencée par la température, ce paramètre aura donc également un impact sur la libération du phosphore.

- **Le pH** joue un rôle dans la liaison phosphore-fer, une augmentation du pH entraînant une potentielle remobilisation du phosphore (Prairie et al, 2001 ; Sondergaard et al, 2003).
- **La décomposition de la matière organique** par la communauté microbienne vivant dans les sédiments constitue un mécanisme clé de relargage du phosphore. Elle peut générer un haut taux de minéralisation et de libération de phosphore, dépendant de la disponibilité d'éléments oxydants comme l'oxygène ou les nitrates (Prairie et al, 2001 ; Sondergaard et al, 2003).
- **Certains organismes bioturbateurs (macro invertébrés, poissons tels que les carpes, les tanches et les brèmes)** contribuent à la suspension des sédiments dans la colonne d'eau ce qui, comme l'influence du vent, augmente la turbidité de l'eau et peut créer des conditions propices à la remobilisation de phosphore (Sondergaard et al, 2003).

Sur le lac des Hermines, une **désoxygénation des eaux profondes** a déjà été observée en août 2013 (profil baignade initial) puis en août 2022, avec à chaque fois, en parallèle une **augmentation de la conductivité**. Ceci laisse présager des **échanges physico-chimiques avec le compartiment sédimentaire dont un relargage de phosphore**. En août 2022, la colonne d'eau **ne présentait pas de stratification thermique marquée (= thermocline)**. Or, la stratification thermique constitue une barrière physique à la diffusion des ions. En son absence, les nutriments potentiellement relargués depuis le sédiment peuvent alors diffuser dans l'ensemble de la colonne d'eau et ainsi alimenter la croissance phytoplanctonique. Il est également à noter que dans un contexte de réchauffement climatique, la température de l'eau de baignade joue aussi un rôle clé (paragraphe 11.2.1).

17.4 Synthèse des causes probables de développement des cyanobactéries

Le lac des Hermines est alimenté par **4 cours d'eau principaux, auxquels s'ajoutent également de nombreux talwegs et exutoires pluviaux**. Ces tributaires sont très fortement réactifs aux épisodes pluvieux, d'autant plus que les sols du bassin versant présentent une pente importante et sont globalement imperméables. Fait marquant, les 4 affluents présentent un tracé souterrain plus ou moins long avant de déboucher de manière canalisée dans le lac.

Le bassin versant du lac des Hermines est très restreint. Il occupe une superficie de 373 hectares, englobant la station de Super-Besse ainsi que les pistes de ski en versant du Puy de la Perdrix, du Puy Ferrand et du Puy de Sancy.

Si les hauteurs du bassin versant s'inscrivent dans un contexte plutôt rural où les seules activités anthropiques se cantonnent à des estives, la partie basse du bassin versant, s'est quant à elle fortement développée, avec la création de toute une station vouée aux loisirs de toute saison. Créée dans les années 70, la station de Super-Besse dispose d'un réseau de collecte d'eaux usées aujourd'hui vieillissant et présentant de nombreux dysfonctionnements. Parmi eux, on retrouve des fuites ou des surverses d'eaux usées se diffusant alors dans le réseau d'eaux pluviales et *in fine* dans le lac. Les apports bactériologiques et en nutriments sont ainsi conséquents, en témoignent les analyses réalisées sur les différents tributaires à l'été 2022.

Un schéma directeur d'assainissement a été lancé en 2020 et a préconisé un programme de travaux. Des premières tranches de travaux ont déjà été réalisées, elles se poursuivront dans les années à venir.

L'ensemble de ces nutriments dissous dans l'eau, une fois au lac, sont des éléments supports à la croissance des cyanobactéries et plus largement aux organismes photosynthétiques.

De plus, le phosphore, apporté *via* le bassin versant a la capacité de se stocker dans le sédiment où sa concentration moyenne en 2017 est de 1 451 mg/kg MS.

En conditions anoxiques à l'interface eau-sédiment, situation déjà rencontrée sur le lac, un relargage de phosphore est supposé. Sa diffusion dans la colonne d'eau est alors possible en raison de l'absence de thermocline. Avec des températures de l'eau relativement chaudes en saison estivale, les cyanobactéries trouvent les conditions optimales à leur développement.

Les efflorescences observées en 2018, 2019 et 2022 ont été très conséquentes, constituant un véritable frein aux activités sur le plan d'eau. Les blooms de 2018 et 2019, responsables de fermeture de baignade, sont largement associés à 2 genres : *Pseudanabaena* et *Aphanothece*. Suite à une transition réglementaire, depuis 2021, ce dernier genre n'est plus considéré comme toxigène. Toutefois, en 2022, l'apparition du genre *Dolichopsermum* sur le lac, potentiellement toxigène et avec un fort biovolume, laisse entrevoir une dégradation trophique du lac, mettant en avant un potentiel de développement important pour les années à venir.

Phase 3 : Mesures de gestion et plans d'action

La phase 3 consiste à proposer des plans d'action visant à endiguer ou limiter les sources de pollution préalablement identifiées.

Des mesures de gestion destinées à prévenir l'exposition des baigneurs en cas de pollution, et optimiser la gestion au quotidien et sur le long terme de la zone de baignade seront proposées en parallèle dans ce chapitre.

18 PROPOSITION DE PLANS D'ACTION

18.1 Plan d'action pour l'amélioration de la qualité de l'eau de baignade

Le lac des Hermines a connu par le passé des contaminations bactériologiques conséquentes, responsables d'un déclassement de la qualité de l'eau en catégorie « suffisante » en 2014 et 2015 (en application de la Directive 2006/7/CE, premier classement officiel en 2013). Ces dernières années, suite aux différents travaux engagés concernant les réseaux d'eaux usées, la qualité bactériologique s'est nettement améliorée, avec un classement en « excellente qualité ». **En revanche, les développements de cyanobactéries, de plus en plus récurrents, ont été responsables de fermeture de baignade à plusieurs reprises, ces dernières années. Ils sont rendus possibles via les apports en nutriments depuis le bassin versant (=charge externe). Malgré les travaux, les flux de nutriments entrants au lac restent très conséquents en 2022 (cf paragraphe 17.2.2) et traduisent la nécessité de poursuivre les actions pour les réduire.**

Malgré tout, la diminution de la charge externe ne solutionne pas à elle seule les proliférations de cyanobactéries. En effet, le phosphore, **accumulé dans le sédiment, constitue un stock, considéré comme « mémoire du lac »** (= charge interne). L'ensemble des conditions physico-chimiques seraient potentiellement réunies pour permettre son relargage et donc une auto-alimentation du système.

Le recyclage interne de phosphore peut perdurer plusieurs années après une réduction des apports externes de phosphore. La remobilisation de phosphore entraîne, en moyenne, un délai de 10 à 15 ans dans la réponse à la réduction de sa charge externe en phosphore (Jeppesen et al, 2005). A contrario, il est à noter que les actions sur la charge interne restent transitoires et peu efficaces tant que la charge externe en nutriments n'est pas réduite.

Les actions curatrices ne peuvent s'envisager qu'à court terme et ne traitent que les symptômes, ne permettant pas de solutionner les causes de proliférations de cyanobactéries, raison pour lesquelles elles ne seront pas conseillées.

Les moyens de lutte contre les cyanobactéries se résument donc à :

1. **La mise en place d'action sur le bassin versant pour réduire au maximum la charge externe** (certaines actions nécessiteront, au préalable, des investigations complémentaires).
2. L'étude d'actions pour la **réduction de la charge interne en nutriments.**
3. (La mise en place **d'actions curatives** contre les cyanobactéries) – évoquées mais non conseillées.

L'ensemble des pistes d'investigation est synthétisé dans le tableau suivant. Certaines des actions proposées peuvent présenter un ratio bénéfice/coût faible ou un impact environnemental ou sociétal élevé et ne sont donc pas recommandées mais simplement énumérées à titre informatif. Les actions que nous recommandons sont détaillées par la suite dans des fiches actions reprenant un identifiant, la priorité, un rappel sur le contexte, les objectifs visés par l'action et une évaluation du coût financier lorsque cela est possible.

Volet		Action	Bénéfices attendus	Inconvénients	Recommandation	ID fiche action	Priorité
Gestion du plan d'eau	Anticipation des pollutions	VOLET BACTERIOLOGIQUE - Acquisition d'un pluviomètre et consignation des données dans la fiche de surveillance de la baignade	Meilleure anticipation des pollutions bactériologiques en lien avec les épisodes pluvieux (plus de détails au paragraphe 19.1.1)			ACTION_GEST_1	1
		VOLET CYANOBACTERIES - Surveillance en continu des proliférations de cyanobactéries <i>via</i> installation d'une sonde de mesure de la phycocyanine - PROJET DE RECHERCHE "NO LIMIT"	Surveillance en temps réel des éventuels blooms de cyanobactéries			ACTION_GEST_2	1
Réduction de la charge externe	Agriculture	Sensibilisation des bergers du bétail en estive sur les hauteurs du bassin versant pour limiter le piétinement des cours d'eau	Limiter les apports en nutriments via les déjections émises directement dans les cours d'eau			ACTION_AGR_1	1
	Assainissement	Poursuite des travaux de réfection du réseau d'eaux usées de la station de Super-Besse + mise en demeure de mise en conformité pour les points noirs identifiés chez des particuliers (mauvais branchements)	Améliorer la qualité des réseaux afin de supprimer les risques de fuites d'eaux usées vers le réseau d'eaux pluviales et <i>in fine</i> vers le lac	Délai de mise en œuvre des tranches de travaux en raison du coût financier élevé		ACTION_ASS_1	1
	Réseau hydrographique	Investigations supplémentaires pour l'identification des connexions du réseau hydrographique avec le réseau d'eaux pluviales, notamment pour les 2 ruisseaux débouchant dans la partie Nord du lac	Amélioration de la connaissance du site et du tracé des affluents avant leur confluence avec le lac, permettant d'identifier d'éventuels points noirs en terme de contamination			ACTION_AFF_1	1
		Réflexion sur les possibilités de renaturation des affluents avant leur confluence avec le lac, notamment pour les 2 ruisseaux débouchant au Nord du lac	Apport d'eau de meilleure qualité au lac Amélioration des fonctionnalités écologiques des affluents	Fortes contraintes budgétaires,foncières et techniques nécessitant une étude de faisabilité au préalable		ACTION_RENAT_1	2
	Eaux pluviales	Sensibilisation des usagers au devenir des eaux pluviales sur le bassin versant	Réduction de la contamination des eaux pluviales			ACTION_EPL_1	1
	Lac	Réflexion autour de la possibilité d'aménagement de zones phyto-épuratrices <i>via</i> radeaux végétalisés sur le lac	Diminution de la charge externe en nutriments Augmentation de la possibilité de valorisation du site	Entretien régulier des radeaux		ACTION AMENAG_1	3
	Activités de loisirs	Des balades à dos d'ânes sont régulièrement proposées autour du lac. Il conviendrait de ramasser les déjections émises sur les zones proches du lac.	Limitation des contaminations bactériologiques liées au lessivage des déjections			ACTION LOIS_1	1
Réduction de la charge interne	Lac	Vidange du lac avec maintien d'une période d'assec si possible	Renouvellement de la masse d'eau Minéralisation des sédiments	Difficultés de mise en œuvre Impact pour la faune et la flore	Action à renouveler régulièrement	ACTION LAC_1	2
		Réalisation d'un curage de sédiments	Diminution de la charge interne du lac par exportation du sédiment chargé en phosphore	Impact sur la faune et la flore Coût très élevé		ACTION LAC_2	2

Légende :

- Action à mener en priorité
- Projet à développer avec les partenaires locaux
- Action pouvant être efficace mais présentant un coup élevé
- Action dont l'efficacité n'est pas avérée
- Méthode nécessitant plus de recul scientifique
- Action à prohiber

Volet	Action	Bénéfices attendus	Inconvénients	Recommandation	ID fiche action	Priorité
Actions curatives sur l'étang	Précipitation/Inactivation du phosphore dans la colonne d'eau et les sédiments par ajout de sels d'aluminium, de fer ou de calcium	Diminution des concentrations en phosphore utilisable par les cyanobactéries	Risque important d'intoxication des organismes vivants et de perturbation de l'équilibre de l'écosystème Méthode peu efficace sur les lacs peu profonds où le vent peut provoquer la remise en suspension des composés phosphorés précipités et déposés au fond du lac		-	-
	Traitement des cyanobactéries par herbicide (sulfate de cuivre ou herbicide de synthèse)	Méthode relativement efficace à très court terme et facilement mise en œuvre	Risque de toxicité sur les autres organismes Impact important sur l'écosystème Limitation des activités sur le lac		-	-
	Traitement au peroxyde d'hydrogène	Molécule biocide éliminant les cyanobactéries Contrairement aux pesticides, non stable dans l'environnement	Risque de toxicité sur les autres organismes, inefficacité sur les cellules de résistance de cyanobactérie qui se re-développent après dissipation de la molécule		-	-
	Traitement par ultrasons	Implique un stress aux cyanobactéries, limitant leur développement	Efficacité du traitement non prouvée Manque de recul, absence d'impact sur la faune et la flore encore à démontrer		-	-
	Traitement par utilisation du système Plocher®	Réduction des cyanobactéries par modifications des énergies de l'écosystèmes	Absence de preuves scientifiques de la méthode		-	-
	Mise en place d'un brassage de l'eau (brasseur, jeyser artificiel)	Permet un brassage de l'eau défavorable aux cyanobactéries	Manque de recul sur l'efficacité, risque de relargage de phosphore dans la zone euphotique		-	-
	Mise en place d'aérateurs au niveau de la zone de baignade	Limitation la proliférations des cyanobactéries par perturbation de la colonne d'eau	Potentialités de remise en suspension, effets limités en l'absence de stratification		-	-

Légende :

	Action à mener en priorité
	Projet à développer avec les partenaires locaux
	Action pouvant être efficace mais présentant un coup élevé
	Action dont l'efficacité n'est pas avérée
	Méthode nécessitant plus de recul scientifique
	Action à prohiber



Acquisition d'un pluviomètre

Volet : Gestion du lac
Fiche ACTION GEST_1

Priorité 1



CONTEXTE	Le diagnostic réalisé dans le cadre du profil baignade ainsi que les épisodes de pollutions antérieures ont mis en exergue la sensibilité du lac face au lessivage des surfaces du bassin versant. En effet, le réseau hydrographique constitue l'exutoire direct de nombreux rejets pluviaux canalisés. L'occurrence des pluies constitue un indicateur de pollution, son suivi permettra une gestion adaptée de la baignade.
PROPOSITION	Acquisition d'un pluviomètre au niveau de la plage Relève de la pluviométrie locale (réalisée chaque matin par le MNS) et consignation dans la fiche de surveillance de la baignade (+ direction et intensité des vents) <i>Nota bene: le pluviomètre doit être vidé chaque matin lors de la relève.</i>
OBJECTIFS BENEFICES	Amélioration de la gestion de la baignade avec anticipation des pollutions potentielles liées à une forte pluviométrie (cf paragraphe 19.1.1)
LOCALISATION	Lac des Hermines– zone de baignade
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise Surveillant de baignade
COUT FINANCIER	< 200 euros

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Surveillance en continu des cyanobactéries

PROJET « NO LIMIT »

Volet : Gestion du lac

Fiche ACTION GEST_2

Priorité 1



CONTEXTE	Le lac des Hermines a été intégré au projet de recherche « NO LIMIT », dont l'objectif est de caractériser le risque toxique associé aux proliférations de pico-cyanobactéries afin de limiter les fermetures de baignade associées à leur développement (plus de détails au paragraphe 11.1.4.4).
PROPOSITION	À ce titre, une sonde de mesure en continu de la phycocyanine va être installée sur le lac. Elle permettra de connaître en temps réel l'état de développement des populations de cyanobactéries. Complétée par des dénombrements microscopiques de cyanobactéries, des calibrations spécifiques de la sonde seront réalisées pour le lac des Hermines et les espèces en présence.
OBJECTIFS BENEFICES	Amélioration de la connaissance des dynamiques des populations de cyanobactéries. Analyse des données permettant ensuite de proposer aux gestionnaires une interface servant d'outil d'aide à la décision pour optimiser l'ouverture/fermeture des baignades.
LOCALISATION	Lac des Hermines– zone de baignade
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise LMGE de l'Université Clermont Auvergne LOJELIS ATHOS Environnement PNR Volcans d'Auvergne MOND'ARVERNE SMVVA ARS 63
COUT FINANCIER	Plan de financement déjà réalisé et supporté par le projet de recherche pour une durée de 4 ans

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Protection des écoulements vis-à-vis des piétinements du bétail

Volet : Agriculture
Fiche ACTION AGR_1

Priorité 1



CONTEXTE	Les activités agricoles sur le bassin versant sont restreintes à du pâturage en estives sur les hauteurs des Puits. Un cheptel d'environ 2 000 ovins et 100 bovins est présent en saison estivale, en rotation sur les différentes parcelles.
OBJECTIFS BENEFCES	Il apparaît compliqué, sur l'ensemble du secteur, de protéger les écoulements du piétinement du bétail par la pose de clôtures et de maintien de bandes enherbées. Toutefois, une sensibilisation des bergers apparaît indispensable, afin de limiter au maximum la stagnation du bétail sur les ruisseaux.
LOCALISATION	
PARTENAIRES	Agriculteur, Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines

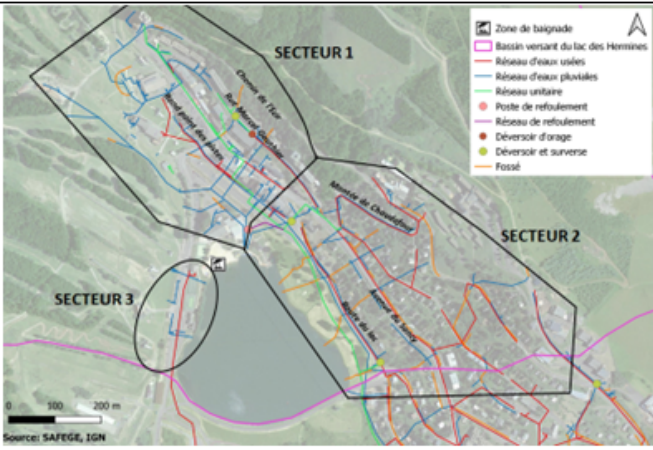


Réhabilitation des réseaux d'assainissement collectif

Volet : Assainissement

Fiche ACTION ASS_1

Priorité 1


CONTEXTE	Le réseau d'assainissement collectif de Super-Besse présente de nombreux dysfonctionnements, pouvant conduire à des déversements d'eaux usées dans le réseau d'eaux pluviales et <i>in fine</i> dans le lac des Hermines. Plusieurs épisodes de contaminations ont été identifiés <i>via</i> des analyses bactériologiques et physico-chimiques sur les affluents.
PROPOSITION	Un schéma directeur d'assainissement a été réalisé par SAFEGE en 2020. Un programme de travaux a été établi. À la vue de son ampleur, les réfections sont réalisées progressivement par la mairie. Une première tranche de travaux a été réalisée en 2022, les suivantes sont programmées pour 2023-2024. Par ailleurs, le schéma directeur d'assainissement a également souligné la nécessité de réaliser un entretien régulier des canalisations afin de limiter les dépôts liés aux faibles pentes sur certains secteurs. Un curage annuel est préconisé par SAFEGE. Une mise en conformité du raccordement du village VVF a été réalisé à l'automne 2022. Parallèlement, il est aussi indispensable de réaliser dans les plus brefs délais, une mise en demeure pour les non-conformités observées sur les chalets de la montée de Chaudfour et de la route du lac, identifiés par la mairie.
OBJECTIFS BENEFCES	Réduction des apports en nutriments entrants au lac. Réduction des apports bactériologiques entrants au lac.
LOCALISATION	Station de Super-Besse, partie urbanisée à l'Est 
COUT FINANCIER	Travaux de réfection des réseaux collectifs => Déjà budgétisé par la commune Entretien annuel des réseaux => à définir avec une entreprise spécialisée et SAFEGE pour la localisation des linéaires concernés Mise en conformité VVF et chalets => à charge des propriétaires
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



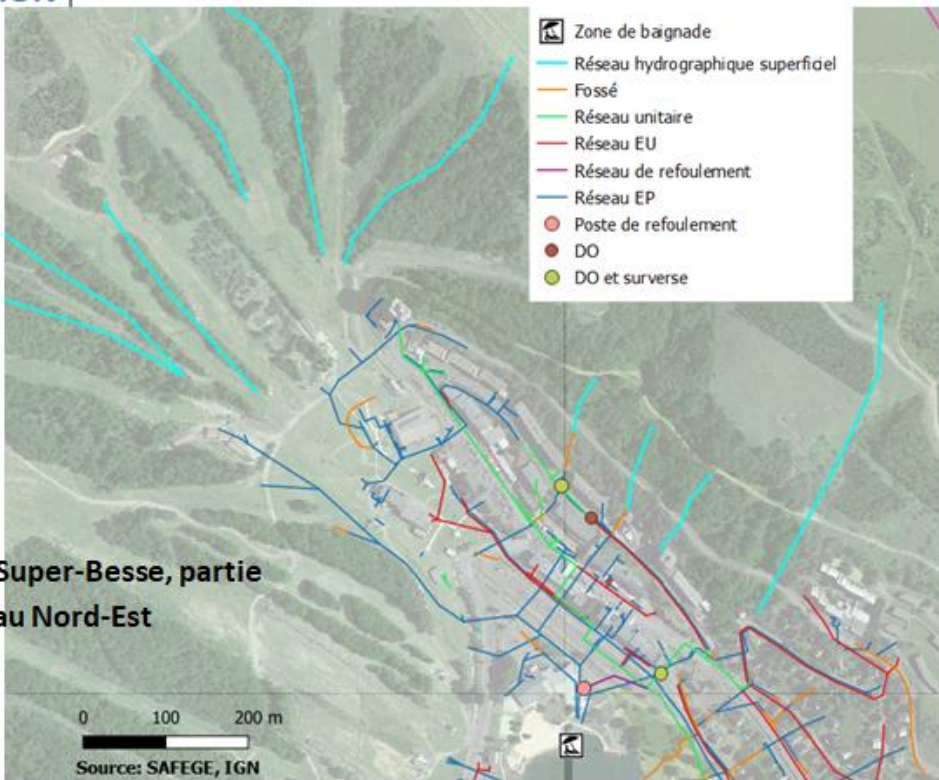
Investigations supplémentaires pour une meilleure connaissance du réseau hydrographique

Volet : Assainissement

Fiche ACTION AFF_1

Priorité 1



CONTEXTE	Le lac des Hermines est alimenté par 4 affluents principaux. Parmi eux, le ruisseau de la Biche et le ruisseau de la Plaine des Moutons débouchent dans la partie Nord du lac, après s'être greffés au réseau d'eaux pluviales de la station de Super-Besse. Les plans des réseaux d'eaux usées/eaux pluviales ont été mis à jour dans le cadre du schéma directeur d'assainissement établi en 2020 par SAFEGE. Toutefois, des incertitudes semblent persister concernant les connexions exactes entre réseau hydrographique et réseaux d'eaux pluviales.
PROPOSITION	Identifier les connexions entre le réseau hydrographique et le réseau d'eaux pluviales.
OBJECTIFS BENEFCES	Améliorer la connaissance du tracé du réseau hydrographique afin de mieux le protéger face aux contaminations potentielles.
LOCALISATION	 Station de Super-Besse, partie urbanisée au Nord-Est
COUT FINANCIER	Réalisation de traçage – Coût à déterminer en fonction de réalisation en régie ou sous-traitance
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Réflexion sur les possibilités de renaturation des affluents du lac des Hermines (1/2)

Volet : Agriculture

Fiche ACTION RENAT_1

Priorité 2



CONTEXTE	Le lac des Hermines est alimenté par 4 affluents principaux : - Le ruisseau de la plaine des Moutons - Le ruisseau de la Biche - Le ruisseau de la Biche Paillaret - Le ruisseau Maladet Tous présentent un écoulement souterrain, sur un linaire plus ou moins important, avant leur confluence avec le lac. Parmi ces 4 affluents, les 2 débouchant dans la partie Nord du lac (ruisseau de la Biche et de la plaine des Moutons) traversent la partie urbanisée de la station de Super-Besse. Sur ces portions souterraines, des connexions non conformes avec le réseaux d'eaux usées sont suspectées, entraînant des contaminations (bactéries + nutriments) qui arrivent directement au lac.
OBJECTIFS BENEFCES	Des travaux de réfection des réseaux d'eaux usées sont actuellement en cours et doivent se poursuivre dans les années à venir. Toutefois, une réflexion sur les possibilités de restauration de ces affluents peut être envisagée, avec pour objectif de renaturer à l'air libre l'écoulement de ces affluents, afin d'éviter les connexions avec les réseaux d'eaux usées. Les bénéfices attendus seraient alors un apport d'eau de meilleure qualité au lac et également de permettre aux cours d'eau de retrouver des fonctionnalités écologiques (augmentation de la biodiversité). Les possibilités de renaturation devront faire l'objet d'une étude de faisabilité en raison des nombreuses contraintes associées : coût financier, emprise foncière, ampleur des travaux, contraintes réglementaires ... Il est important de souligner que le lac des Hermines fait aujourd'hui l'objet d'un renouvellement de son règlement d'eau, impliquant des modifications de débit réservé à l'aval du lac, actuellement trop faible. Par ailleurs, lors des différentes réunions impliquant la DDT 63, il a été évoqué qu'à ce jour, les arasements ou contournements de plans d'eau sont de plus en plus effectifs lorsqu'ils sont utilisés à des fins uniquement récréatives, l'intérêt général, à savoir la restauration des continuités écologiques et sédimentaires, primant. Des financements sont d'ailleurs possibles <i>via</i> les agences de l'eau. La mise en dérivation du lac des Hermines n'est pas souhaitée par la mairie et apparaîtrait préjudiciable à la qualité d'eau du lac des Hermines (augmentation du temps de renouvellement d'eau du lac, augmentation des températures de l'eau...). Toutefois, il convient de garder en tête ces aspects dans le cas d'une évolution réglementaire plus stricte concernant le maintien des continuités sédimentaires et écologiques.

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Réflexion sur les possibilités de renaturation des affluents du lac des Hermines (2/2)

Volet : Agriculture

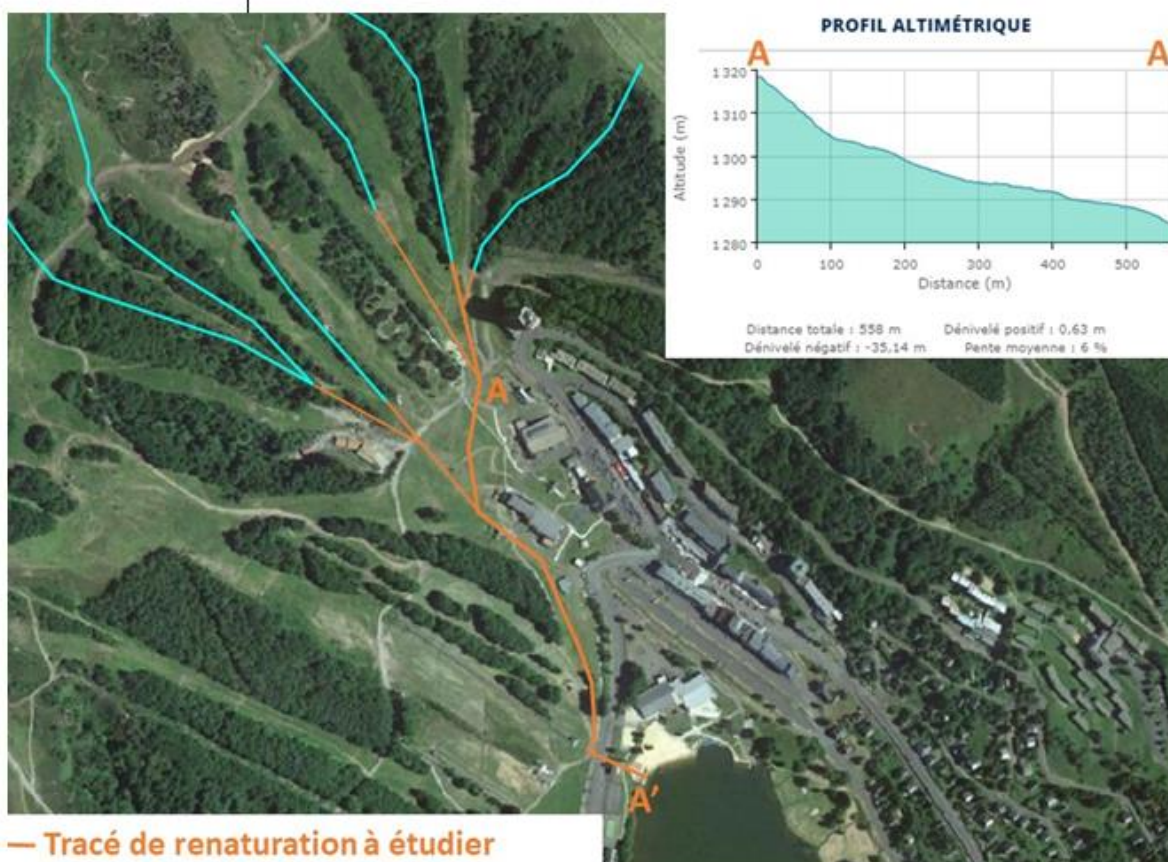
Fiche ACTION RENAT_1

Priorité 2



LOCALISATION

La renaturation pourrait concerner le ruisseau de la Biche essentiellement (cf figure ci-dessous). Une renaturation sur le ruisseau de la Plaine des Moutons apparaît plus complexe en raison de l'emprise foncière.



— Tracé de renaturation à étudier

PARTENAIRES

Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise
DDT 63
Partenaires locaux

COÛT FINANCIER

Coût financier difficilement estimable à ce stade de réflexion, une étude de faisabilité préalable étant nécessaire.

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Sensibilisation de la population au devenir des eaux pluviales (1/2)

Volet : Eaux pluviales

Fiche ACTION EPL_1

Priorité 1


CONTEXTE	Le lac des Hermines présente une forte sensibilité face au ruissellement des surfaces du bassin versant par temps de pluie, dans la mesure où le réseau d'eaux pluviales débouche directement dans des talwegs alimentant le lac. Le lac des Hermines a déjà subi à plusieurs reprises des contaminations par les hydrocarbures via ce réseau d'eaux pluviales. La dernière en date, en avril 2023, résulte d'un déversement de fioul domestique suite à un débordement d'une cuve chez un particulier. Ce dernier dispose directement dans son garage d'un regard d'eaux pluviales, relié par la suite directement au pluvial N°11, par lequel la pollution s'est épanchée sur le lac.
PROPOSITION	Dans ce contexte, il apparaît primordial de sensibiliser les particuliers à la notion de réseaux d'eaux pluviales (les eaux collectées ne sont pas traitées et finissent dans le lac). L'amalgame avec le réseau d'eaux usées est trop souvent rencontré. L'habitation concernée par la pollution aux hydrocarbures en 2023 ne doit pas être la seule à disposer d'un regard d'eaux pluviales directement dans son garage et ainsi les particuliers peuvent, par mégarde ou méconnaissance, déverser des effluents directement dans le réseau pluvial (eaux de lavage pouvant contenir résidus de gomme, hydrocarbures...). La sensibilisation portera sur la nécessaire réduction de : - l'utilisation de produits phytosanitaires (pesticides, herbicides) dans les jardins, cours et allées. - L'utilisation de produits biocides (traitement des toitures). - Les lavages de véhicules ou engins de chantier (bétonnières,...) sur les allées collectées par le réseaux pluvial. Le lavage des skis, vélos et automobiles est déjà interdit sur la station de Super-Besse. Toutefois, cette interdiction devra être plus mise en évidence.
OBJECTIFS BENEFICES	Réduction des pollutions par les phytosanitaires, métaux lourds et hydrocarbures.
LOCALISATION	Ensemble de la station de Super-Besse
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Sensibilisation de la population au devenir des eaux pluviales (2/2)

Volet : Eaux pluviales

Fiche ACTION EPL_1

Priorité 1



COUT FINANCIER

Différents moyens d'action :



Organiser des rencontres avec les particuliers, organiser des réunions publiques, faire passer des articles dans les bulletins municipaux et sur le site internet de la commune, tracts communaux, ...

➡ < 1 000 euros

Toutes les grilles mènent au lac !

Toutes les 3 lunes sur www.naturellement-en-action.com



la grille d'eau pluviale n'est pas une poubelle



LE SAVIEZ-VOUS ?

La grille d'eau pluviale collecte l'eau de pluie qui ruisselle sur la chaussée. Elle conduit directement et sans traitement à la rivière la plus proche, puis à la mer.

La terre, le bois, l'argent ou autres...
ne jetez rien dans la grille !



Installations de « clous » de signalisation au niveau des grilles avaloirs des réseaux de collecte d'eaux pluviales



➡ ~1 300 euros pour 25 clous au motif standard
~1 800 euros pour 25 clous personnalisés



Réflexion autour des possibilités d'aménagement de zones phyto-épurations

Volet : Gestion du lac

Fiche ACTION AMENAG_1

Priorité 3



CONTEXTE	Les affluents du plan d'eau constituent une source d'apports en nutriments via le drainage et le ruissellement sur le bassin versant.
PROPOSITION	Engendrer une réflexion autour de la possibilité d'aménagements de zones phyto-épuration. A la vue de la configuration du site et des multiples entrants au lac des Hermines, il n'apparaît pas pertinent de réaliser une zone humide en amont des confluences pour épurer les entrants. En revanche, il peut être envisagé d'aménager d'autres zones à rôle épuratoire sur des radeaux végétalisés flottants. Cette technique a été mise en œuvre sur le plan d'eau de Cournon d'Auvergne (63) par exemple.



Radeaux végétalisés aménagés sur le plan d'eau de Cournon d'Auvergne (Source: ATHOS Environnement)

Il est à noter que ce type d'aménagement permet également l'augmentation de la valeur écologique du site en créant de nouveaux habitats, favorisant la biodiversité.

OBJECTIFS BENEFCES	Réduction des concentrations en nutriments, support de croissance des cyanobactéries
COUT FINANCIER	~ 2 500 euros/unité

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Ramassage des déjections équine sur le pourtour du lac

Volet : Activités de loisirs
Fiche ACTION LOIS_1

Priorité 1



Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines

CONTEXTE	Des balades à dos d'ânes sont proposées sur le pourtour du lac des Hermines en saison estivale. Les déjections émises peuvent ainsi être lessivées lors d'épisodes pluvieux et entraîner par ruissellement un apport bactériologique et en nutriments au lac.
OBJECTIFS BENEFICES	Il conviendrait de ramasser les déjections équine sur le pourtour du lac.
LOCALISATION	Pourtour du lac des Hermines 
PARTENAIRES	Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise Organisateur des balades
COUT FINANCIER	-



Réalisation de vidange régulière du plan d'eau

Volet : Activités de loisirs

Fiche ACTION LAC_1

Priorité 2



CONTEXTE	Le lac des Hermines a été vidangé à une seule reprise de manière totale, en 2007, afin de permettre des travaux suite à un problème mécanique sur une vanne. Les infrastructures de vidange à l'aval du lac ne permettant pas la réalisation d'une vidange dans de bonnes conditions pour le milieu récepteur, un dossier « Loi sur l'eau » a été rédigé par Géonat en 2018 afin de présenter un projet de mise en place de bassins de décantation, d'une pêcherie et de bassin de stockage de fin de vidange. Suite à la réalisation des travaux, un projet de vidange totale du lac, associé à un curage sédimentaire est actuellement en cours d'étude.
PROPOSITION	Suite à la validation du projet de vidange totale du lac des Hermines, une vidange devra être mise en œuvre. Il est à noter que par la suite des vidanges régulières devront être maintenues, avec maintien si possible d'un assec, permettant la minéralisation des sédiments en place.
OBJECTIFS BENEFCES	La vidange du plan d'eau permet le renouvellement de la masse d'eau et peut apporter un effet bénéfique <u>uniquement si les flux de nutriments en provenance du bassin versant auront déjà été réduits au préalable (d'où la priorité 2 sur cette action).</u> En effet, il est capital de re-remplir le lac avec de l'eau de bonne qualité. Le maintien d'une période d'assec permet en plus la minéralisation des sédiments. De fortes contraintes sont cependant associées concernant le pompage d'eau pour les canons à neige qui ne pourront plus être effectifs sur une saison hivernale. Les opérations de vidange sont soumises à autorisation réglementaire et nécessitent la mise en place d'un suivi de la qualité d'eau rejetée à l'aval.
COUT FINANCIER	~ 15 000 à 20 000 euros pour un suivi en continu de la qualité d'eau à l'aval (en cas de vidange totale) Coût associé à la mise en œuvre des ouvrages de vidange à l'aval du plan d'eau déjà chiffré (pêcherie, bassin de décantation...)

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Réalisation d'un curage des sédiments

Volet : Activités de loisirs

Fiche ACTION LAC_2

Priorité 2



CONTEXTE	Le sédiment du plan d'eau constitue un stock de phosphore. L'une des solutions envisageables pour limiter l'impact de la charge interne en phosphore serait de curer une partie des sédiments du lac dans le but d'exporter le phosphore accumulé.
PROPOSITION	Un projet de curage des sédiments est déjà à l'étude sur le lac des Hermines (AMO réalisée par Géonat). La mise en œuvre de ce curage permettra d'exporter le phosphore accumulé dans les sédiments, limitant l'auto-alimentation du lac. 
OBJECTIFS BENEFCES	Diminution de la charge interne en phosphore
COUT FINANCIER	➡ ~ de 15 à 25 euros/m³ de sédiment Coût global de l'opération chiffré par Géonat

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Utilisation de traitements chimiques contre les proliférations cyanobactériennes

Volet : Gestion du plan d'eau

À proscrire



CONTEXTE	Le plan d'eau est actuellement touché par des proliférations de cyanobactéries récurrentes affectant les activités récréatives sur le site. Utiliser des molécules chimiques dans le plan d'eau permettrait d'éliminer les cyanobactéries.
PROPOSITION	Utiliser des molécules chimiques à propriétés : -Algicides (Sulfate de cuivre, permanganate de potassium, peroxyde d'hydrogène). -Pour faire précipiter les nutriments à la surface du sédiment (CaCO_3, Ca(OH)_2, sels de fer, sels de zirconium).
	OBJECTIFS/ BENEFICES Améliorer la qualité de l'eau du plan d'eau en éliminant les cyanobactéries et/ou les nutriments de la colonne d'eau. <u>Cette mesure est à proscrire pour plusieurs raisons :</u> -Les molécules algicides peuvent affecter la totalité du phytoplancton et ainsi déstructurer la totalité de l'écosystème entraînant une réduction de la capacité piscicole du site. -Les molécules algicides peuvent être inefficaces sur certaines cyanobactéries (production de cellules de résistance). -Les chélateurs de nutriments peuvent être plus ou moins toxiques et possiblement affecter la qualité de l'eau induisant des risques sanitaires sur la baignades et la consommation de poissons. -Les nutriments précipités dans les sédiments peuvent être relargués dans la colonne d'eau en période d'anoxie rendant le processus totalement inefficace. Aux vues des raisons évoquées la société ATHOS Environnement ne préconise pas cette mesure dans le cadre de la gestion du plan d'eau.
COUT FINANCIER	-

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines



Utilisation de dispositifs à ultrasons contre les proliférations cyanobactériennes

Volet : Gestion du plan d'eau

À proscrire



CONTEXTE	Le plan d'eau est actuellement touché par des proliférations de cyanobactéries récurrentes affectant les activités récréatives sur le site. Plusieurs commerciaux proposent l'utilisation de dispositifs à ultrasons pour leur élimination.
PROPOSITION	Utiliser des dispositifs à ultrasons (basse fréquence) pour éliminer les cyanobactéries.
OBJECTIFS/ BENEFICES	Améliorer la qualité de l'eau du plan d'eau en éliminant les cyanobactéries et/ou les nutriments de la colonne d'eau. Cette mesure est à proscrire pour plusieurs raisons : -Les effets des ultrasons sur les cyanobactéries ne sont pas avérés par la communauté scientifique. -Les effets potentiels des ultrasons à court terme restent très limités dans l'espace (quelques mètres autour du dispositif) et dépendants des formes de cyanobactéries (filaments, colonies, cellules de résistance...) -Il n'existe pas de preuve scientifique à l'heure actuelle que les ultrasons ne cibleraient que les cyanobactéries. Autrement dit, l'impact des ultrasons sur les autres organismes est totalement inconnu risquant de créer un déséquilibre dans l'écosystème. L'impact sur les baigneurs est aussi inconnu. -L'un des points les plus importants est que les ultrasons ne vont en aucun cas améliorer la qualité de l'eau et réparer les déséquilibres de l'écosystème engendrés par l'enrichissement en nutriments. Imaginons (hypothèse peu probable) que les ultrasons arriveraient à diminuer la biomasse des cyanobactéries, l'arrêt des ultrasons engendrerait un retour des cyanobactéries créant une total dépendance à ces dispositifs au fil des années. Ces budgets conséquents ne seront donc pas alloués à l'amélioration de la qualité de l'eau ne résolvant pas le problème sur le fond. Au vu des raisons évoquées la société ATHOS Environnement ne préconise pas cette mesure dans le cadre de la gestion du plan d'eau.
COUT FINANCIER	➡ ~10 000 à 50 000 euros /an

Diagnostic Profil baignade – Lac des Hermines

18.2 Synthèse des plans d'action

Les figures suivantes permettent de conceptualiser les impacts réciproques des actions sur la charge interne et la charge externe en nutriments.

La Figure 103 partie A) ne prend en compte que des actions focalisées sur la charge interne par le biais d'une vidange totale puis d'un curage des sédiments. Agir uniquement sur la charge interne n'est pas viable dans le temps. En effet, les principaux tributaires continueront à enrichir le plan d'eau en nutriments recréant une situation similaire à celle rencontrée actuellement en seulement quelques années.

La Figure 103 partie B) met en avant des actions uniquement sur la charge externe. Celles-ci sont principalement focalisées sur le bassin versant de la masse d'eau concernée. Ces actions sont généralement longues à mettre en place mais sont pérennes dans le temps. Cependant, le temps de résilience de l'écosystème (temps nécessaire à ce que l'étang retourne à l'équilibre sans proliférations cyanobactériennes) peut varier de quelques à plusieurs dizaines d'années. Pour accélérer le processus, des actions sur la charge interne peuvent être entreprises à la suite des mesures effectuées sur la charge externe. Il s'agit du scénario évoqué dans la Figure 103 partie C). Afin d'éviter des coûts financiers très importants liés à un curage de sédiment, des actions plus légères permettent également une diminution de la charge interne. Il s'agit notamment de vidanges partielles ou totales avec maintien ou non d'assec, qui doivent être réalisées régulièrement.

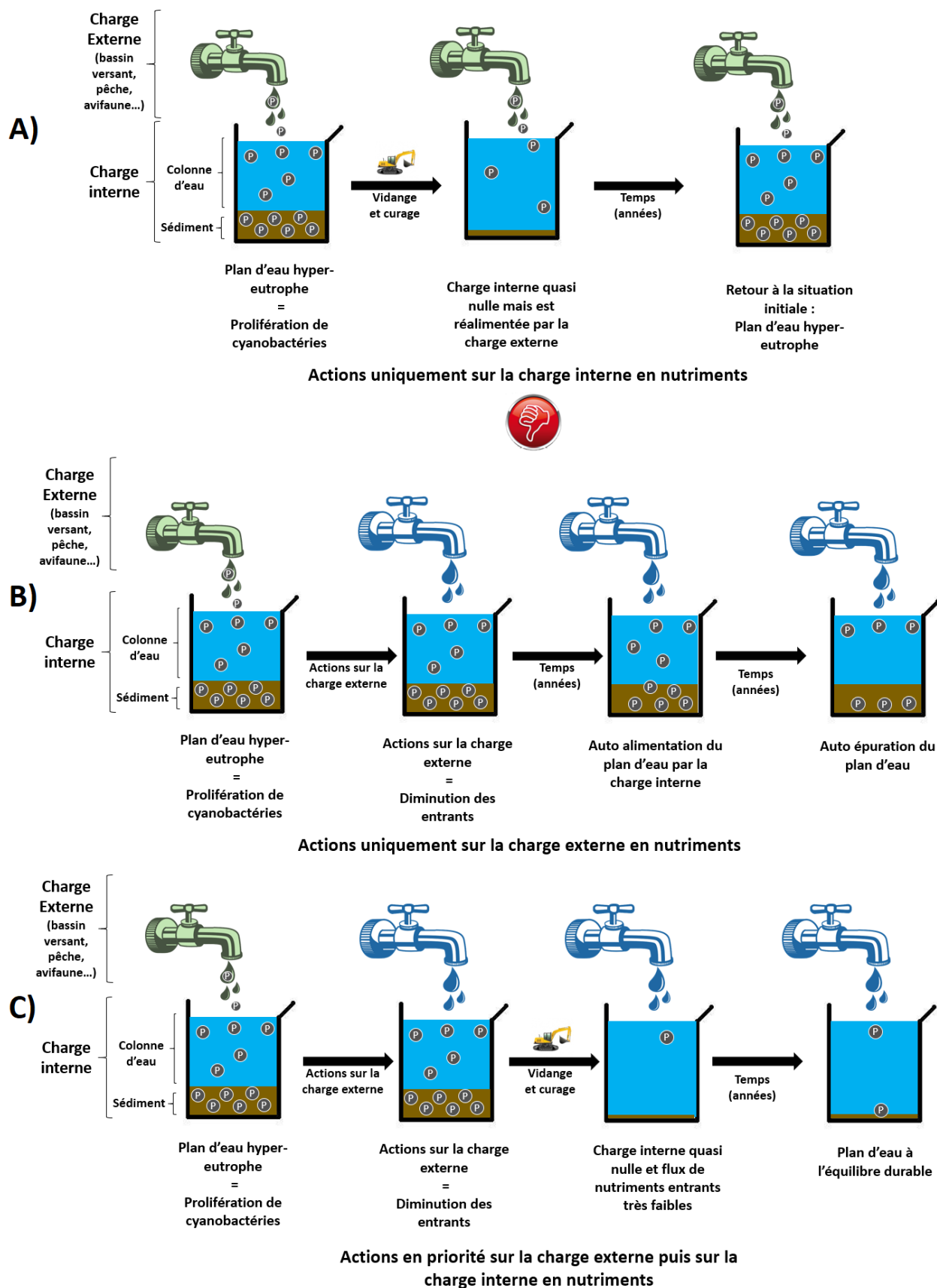


Figure 103 : Schémas conceptuels des actions menées sur les charges externe et interne (Source : ATHOS Environnement)

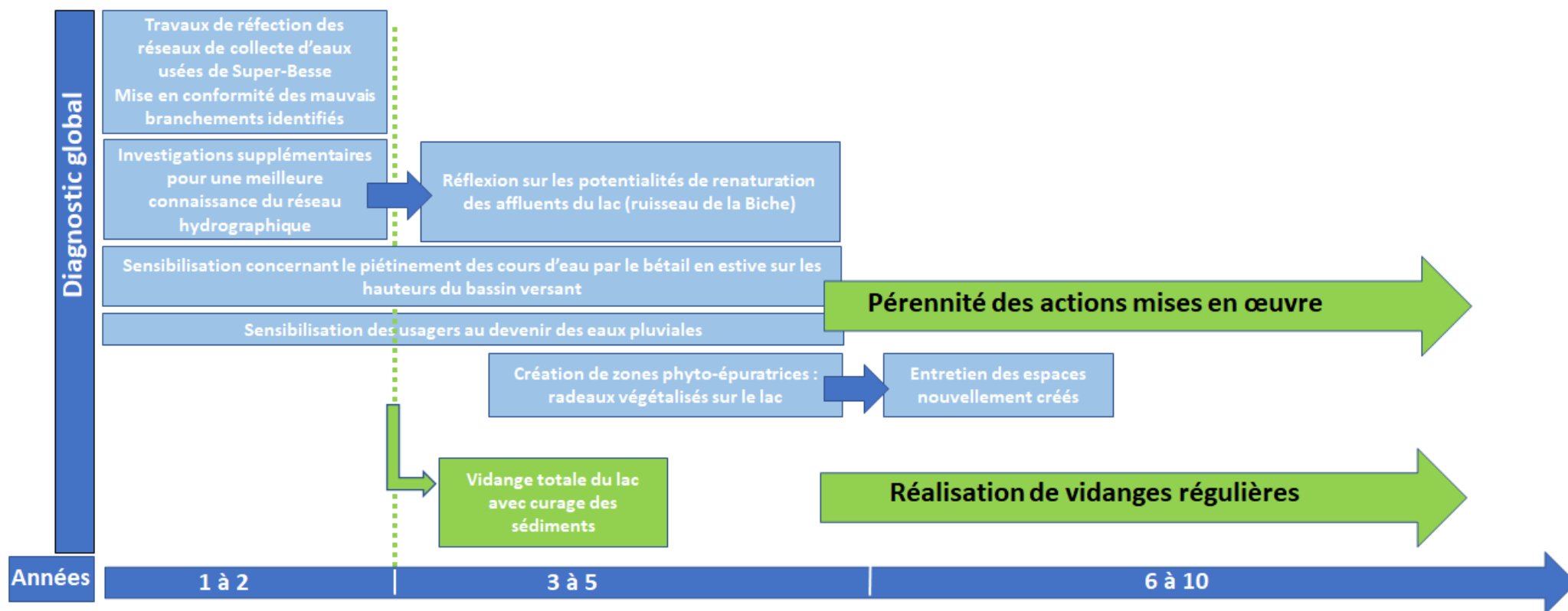


Figure 104 : Synthèse des plans d'action sur le lac des Hermines et chronologie associée (Source : ATHOS Environnement)

19 MESURES DE GESTION ACTIVE

Afin de prévenir l'exposition des usagers à une eau polluée, des mesures de gestion visant à anticiper l'apparition des pollutions sont proposées dans l'attente de l'endiguement des sources de rejets préconisé en plan d'action. **En vue d'optimiser la gestion de la baignade, nous recommandons vivement au gestionnaire de remplir chaque jour une fiche de surveillance type** (ANNEXE 5).

Si elle est correctement renseignée, elle servira de référence rétrospective dans la compréhension d'éventuelles pollutions non anticipées en permettant d'identifier les causes qui pourraient expliquer une mauvaise analyse. De même, elle permettra à la personne qui la remplira, de se rendre compte des situations à risque, et permettre ainsi le déclenchement des mesures de gestion en contactant le responsable de l'eau de baignade.

19.1 Risque bactériologique

19.1.1 Procédure de gestion d'une pollution à court terme anticipée

Cette procédure est déclenchée en réponse aux indicateurs de pollution suivants (Figure 105):

- **Pluies supérieures à 10 mm/j** (à affiner à l'usage)
- Une fréquentation de la baignade dépassant **110 baigneurs simultanés**
- **Un accident lié à l'assainissement** collectif (casse réseau sur le réseau) ou au réseau d'eaux pluviales ainsi qu'un problème lié aux activités agricoles : une fiche de communication d'anomalie est proposée aux gestionnaires et agriculteurs en ANNEXE 6.

La fréquentation sera estimée par le nageur-sauveteur de la piscine à 16h (ou au pic de fréquentation), et archivée dans le cahier de surveillance. **On veillera à dénombrer le nombre de baigneurs et le nombre de personnes sur la plage. En cas de forte affluence le maître-nageur contactera le responsable de l'eau de baignade en vue de déclencher la procédure de gestion adaptée.**

Dès que l'un des indicateurs précédemment définis révèle un risque de contamination bactériologique de l'eau de baignade, le responsable de l'eau de baignade doit lancer une procédure de fermeture de la zone de baignade pour :

- garantir la sécurité sanitaire des usagers
- s'affranchir d'un déclassement de la baignade en cas d'analyse ARS

Pour ce dernier point, la Directive 2006/7/CE prévoit que des prélèvements peuvent être écartés sous les conditions concomitantes suivantes :

- Lors de pollutions à court terme anticipées, dont les causes sont identifiées,
- ET Lorsqu'il y a eu une interdiction de baignade pour éviter l'exposition des baigneurs à cette pollution.

L'écartement d'une analyse reste l'initiative de l'ARS, sachant qu'un minimum de 4 prélèvements par saison est nécessaire pour le classement de la baignade.

Dans le cas d'une pollution à court terme anticipée, sur la zone de baignade, un nouveau prélèvement (n'intervenant pas dans le classement) doit être effectué pour justifier la fin de la pollution moins de 72 heures après la détection de celle-ci. La baignade peut cependant être ré-ouverte avant l'obtention des résultats d'analyses.

C'est seulement sous ces conditions que le prélèvement est écarté avec l'accord de l'ARS. Si le nombre de prélèvement sur la saison estivale est inférieur à quatre, il s'avèrera nécessaire de réaliser un prélèvement supplémentaire 7 jours après la fin de la pollution afin d'obtenir un nombre de prélèvements suffisant pour le classement (4/saison). Tous les prélèvements étant à la charge du Responsable de l'Eau de Baignade.

Une affiche type (sur laquelle sera joint l'arrêté municipal de fermeture), est proposée en ANNEXE 7 afin d'**informer le public sur la fermeture préventive** de la baignade.



La fermeture de la baignade doit être clairement signalée.

Afin de conserver une traçabilité uniforme de la gestion des pollutions à court terme, nous proposons **l'ouverture d'une fiche de « gestion de pollution »** (ANNEXE 8). Cette fiche guidera le gestionnaire dans la mise en place des procédures de gestion afin de rester en conformité avec la réglementation.

19.1.2 Procédure de gestion d'une pollution à court terme non anticipée

Contrairement aux pollutions à court terme anticipées dont l'occurrence est prévisible suite à l'observation d'indicateurs simples, les pollutions non anticipées peuvent se produire indépendamment de ces indicateurs.

Par définition, ces pollutions **n'auront pas pu être anticipées et seront traduites par une mauvaise analyse bactériologique**. La Directive 2006/7/CE prévoit que ces analyses peuvent être ôtées du classement officiel si la baignade est immédiatement fermée, la source de pollution est clairement identifiée, et la durée de contamination est inférieure à 72h. La procédure de gestion des pollutions non anticipées est présentée dans la Figure 106.

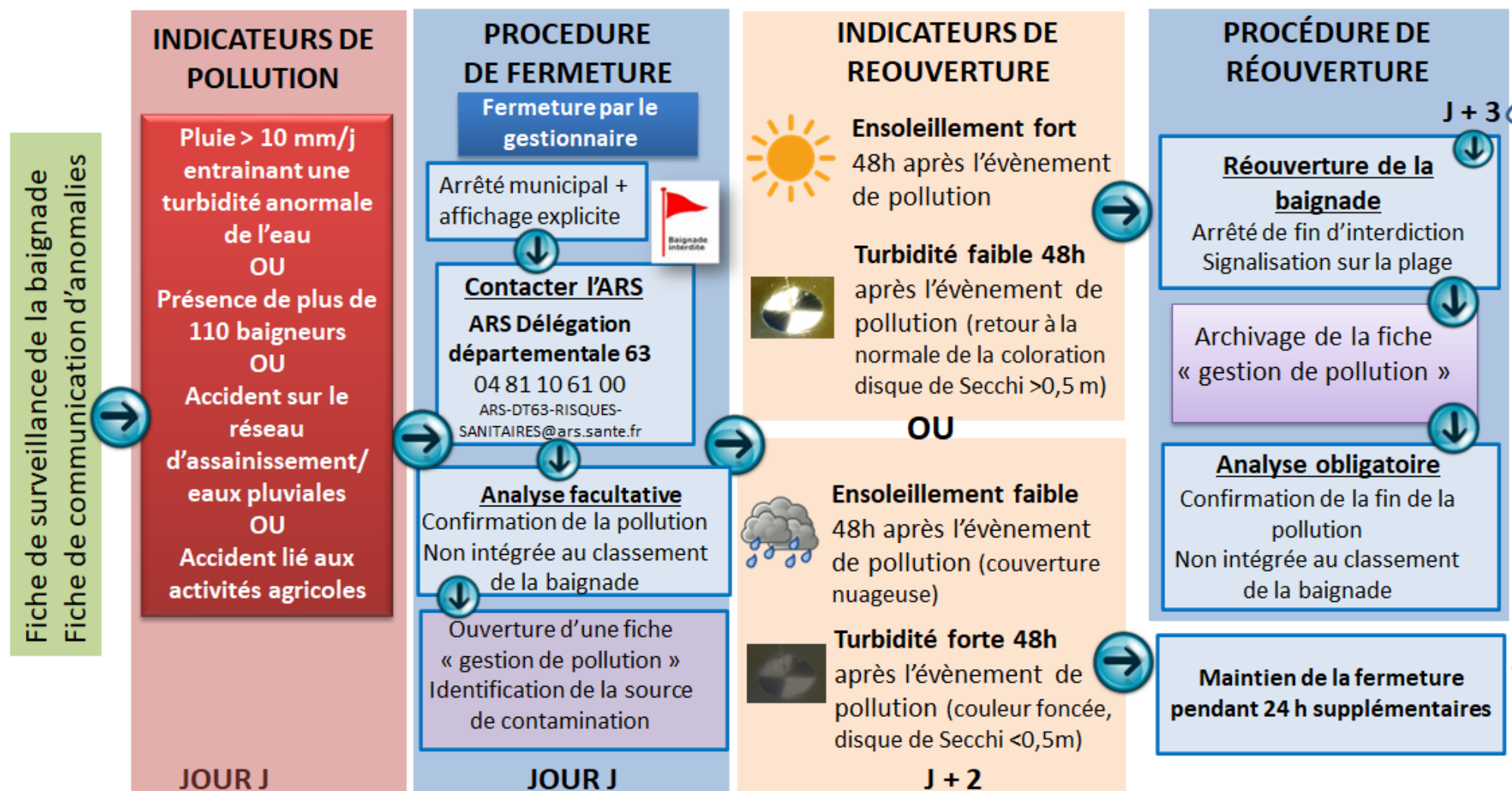


Figure 105 : Procédure de gestion d'une pollution anticipée (Source : ATHOS Environnement)

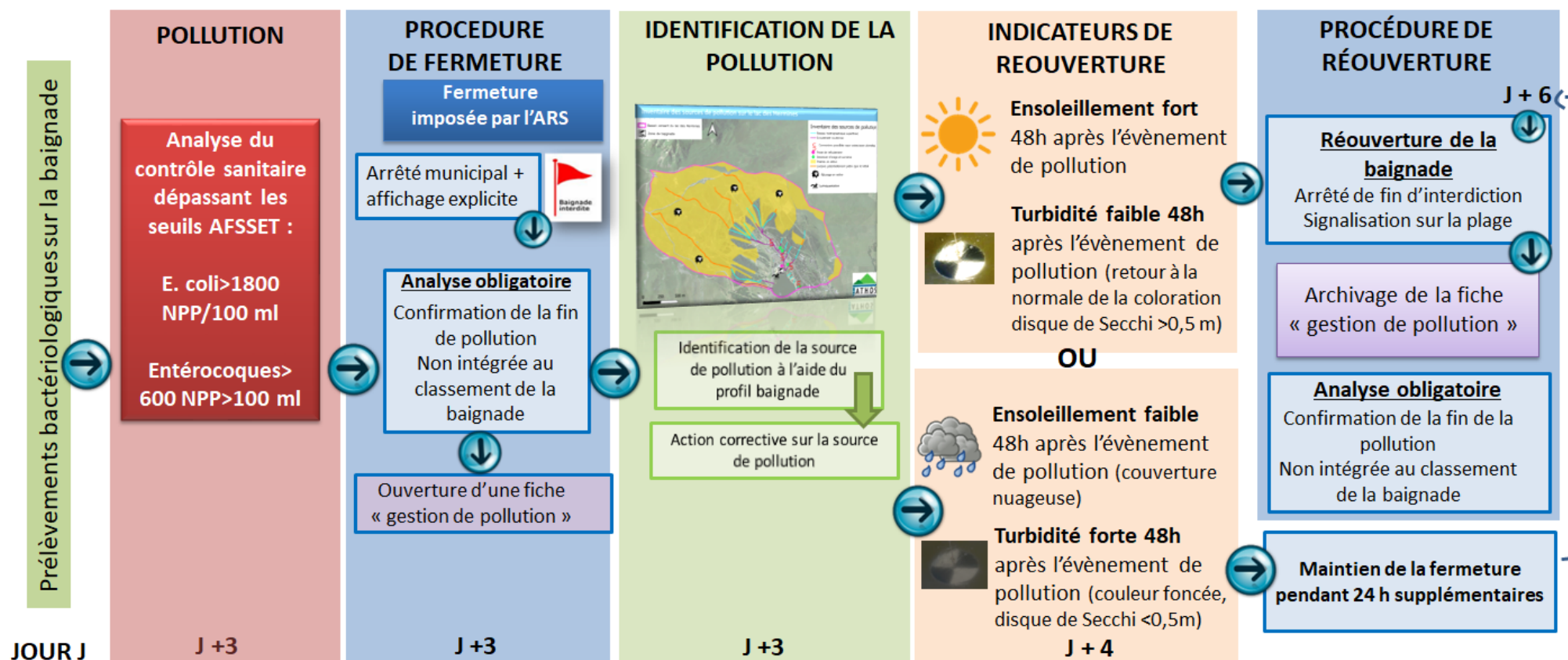


Figure 106 : Procédure de gestion d'une pollution non-anticipée (Source : ATHOS Environnement)

19.2 Risque Cyanobactéries

La surveillance actuelle s'appuie sur les recommandations réglementaires de l'ARS Auvergne Rhône Alpes, délégation du Puy-de-Dôme. Il est recommandé **d'instaurer une surveillance visuelle renforcée en parallèle de la surveillance officielle**, dans le but de garantir une sécurité optimale. En effet, les proliférations de cyanobactéries sont des événements ponctuels (tant spatialement que temporellement), qu'il convient d'identifier rapidement, dans le but de prévenir l'exposition des baigneurs. Par exemple, entre 2 prélèvements commandités par l'ARS, un bloom pourrait tout à fait passer au travers de ce suivi, et présenter un risque pour la santé des baigneurs.

Surveillance sur la plage

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. C'est pourquoi, un protocole de surveillance visuelle sur site, doit être instauré, parallèlement à la surveillance réglementaire. Du fait de la mise en évidence d'un risque avéré de prolifération de cyanobactéries, lié aux historiques de dénombrement, ainsi qu'aux caractéristiques du plan d'eau, **il est préconisé une formation à la détection des situations à risque pour la baignade**. Cette détection passe notamment par la reconnaissance des différentes conditions pouvant témoigner d'une prolifération de cyanobactéries, et permettra ainsi la mise en œuvre d'un protocole de définition du risque soupçonné. Par ailleurs, des mesures physico-chimiques simples peuvent être réalisées pour renseigner le gestionnaire sur l'activité photosynthétique, et indirectement, sur la prolifération potentielle de cyanobactéries.

Caractéristiques visuelles pouvant indiquer une prolifération de cyanobactéries :

- Apparition de mousses, écumes, fleurs d'eau ou irisation en surface (exemples dans la Figure 107)
- Formation de dépôts (amas de cyanobactéries potentiels)
- Modification de la couleur de l'eau (verte, bleu-vert, rouge...)
- Baisse brutale de la transparence ne pouvant s'expliquer par des orages
- Mortalité animale (poissons, rongeurs...)

Lors de la surveillance quotidienne de la baignade, l'apparition d'une ou plusieurs caractéristiques évoquées ci-dessus doit conduire le gestionnaire à appliquer le diagramme présenté dans la Figure 108.



Figure 107 : Exemple de caractéristiques visuelles des proliférations de cyanobactéries (Source : ATHOS Environnement)

Intégration au projet « NoLimit »

Pour rappel, le lac des Hermines est intégré au projet de recherche « NoLimit » (détails au paragraphe 11.1.4.4). Dans ce cadre, une sonde de mesure en continu de la phycocyanine va être installée sur le lac et permettra de suivre en continu l'évolution de la biomasse cyanobactérienne sur la plage (durant la période du projet). Ceci constitue un atout indéniable pour surveiller au quotidien la baignade entre les analyses réalisées par l'ARS.

Les proliférations de cyanobactéries étant des phénomènes évolutifs et ponctuels, l'accent devra être mis sur la surveillance visuelle de la plage, par le gestionnaire, en parallèle de la surveillance de routine de l'ARS (suivi sanitaire réglementaire). La sonde de mesure de phycocyanine, installée dans le cadre du projet « NoLimit » va permettre un suivi en continu de la population de cyanobactéries et constituera un véritable outil de gestion active de la baignade.

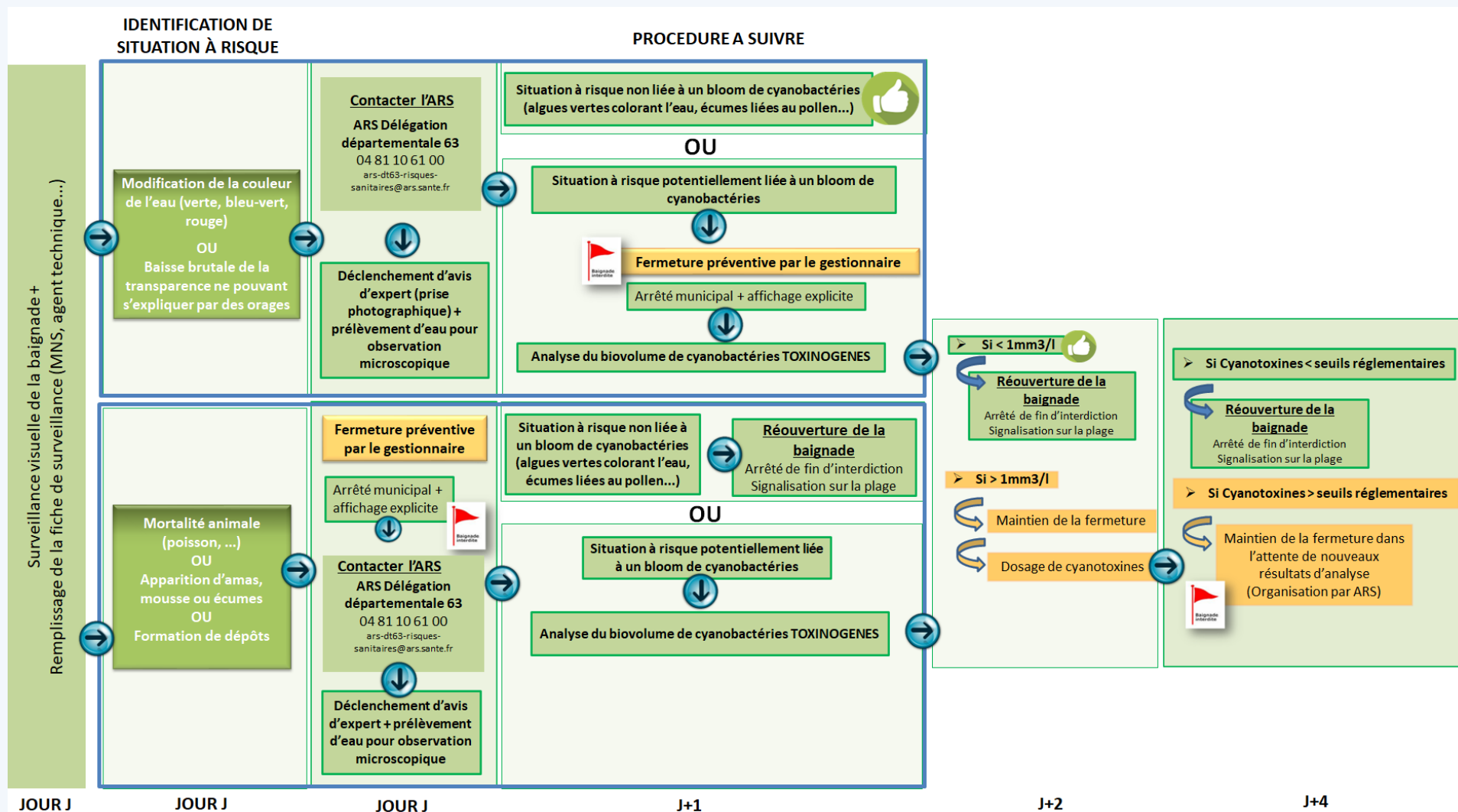


Figure 108 : Gestion à mettre en place en cas de situation à risque vis-à-vis des proliférations de cyanobactéries (Source : Circulaire DGS/EA4/EA3/2021/76 du 6 avril 2021, ATHOS Environnement)

19.3 Synthèse des mesures de gestion

Le diagramme suivant structure les différentes étapes de la mise en place de la gestion active sur la baignade.

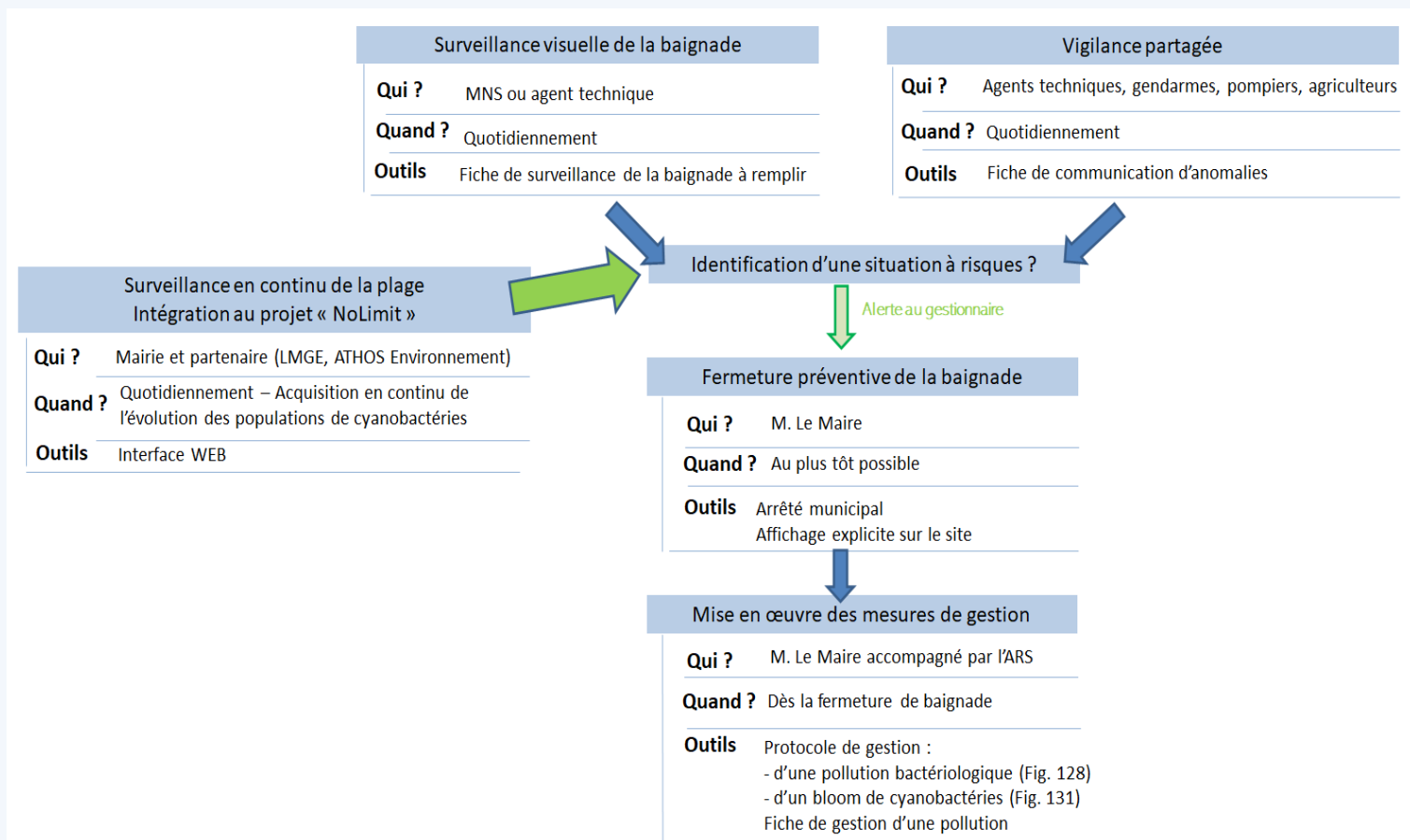


Figure 109 : Synthèse des mesures de gestion (Source : ATHOS Environnement)

19.4 Communication, information du public

19.4.1 Affichage d'information générale sur la baignade

L'information du public sur un événement de pollution est obligatoire depuis 2012. L'affichage d'une **fiche de synthèse du profil baignade en format A3 est aussi obligatoire depuis 2012**. Cette fiche reprend les caractéristiques de la baignade, un schéma de la zone de baignade, un historique de la qualité de l'eau sur au moins 4 années avec la liste des épisodes de pollutions sur ces 4 années, une carte de la zone d'étude et l'inventaire des sources de pollution ainsi que les mesures de gestions qui ont été ou qui seront prises pour chaque source de pollution. **Celle-ci sera affichée à proximité des zones de baignade**, à côté des résultats du contrôle sanitaire de la qualité de l'eau.

19.4.2 Affichage des comptes rendus d'analyse

À l'issue de chacune des analyses réalisées par l'ARS, la fiche de compte rendu devra être affichée sur chaque zone de baignade.

Résultats bactériologiques : Les comptes rendus d'analyse fournis par l'ARS doivent être affichés sur les panneaux d'affichage du poste de secours, près de la fiche synthèse du profil, ainsi que dans tout lieu approprié (mairie, office de tourisme, ...).

Pour les cyanobactéries, une **fiche d'information du public** est réalisée par l'ARS du Puy de Dôme, contenant les renseignements suivants :

- Descriptif de la problématique cyanobactéries et de la gestion actuelle
- Détail des risques pour la santé
- Précautions à respecter (ce paragraphe est fonction du niveau d'alerte retenu)

Des panneaux d'informations ont été élaborés par l'ARS Auvergne (Figure 110), délégation du Puy de Dôme, en concertation avec l'Université Clermont-Auvergne (LMGE) et ATHOS Environnement. Ces panneaux sont destinés à accueillir les fiches alertes, tout en présentant aux usagers, une information générale sur les cyanobactéries.

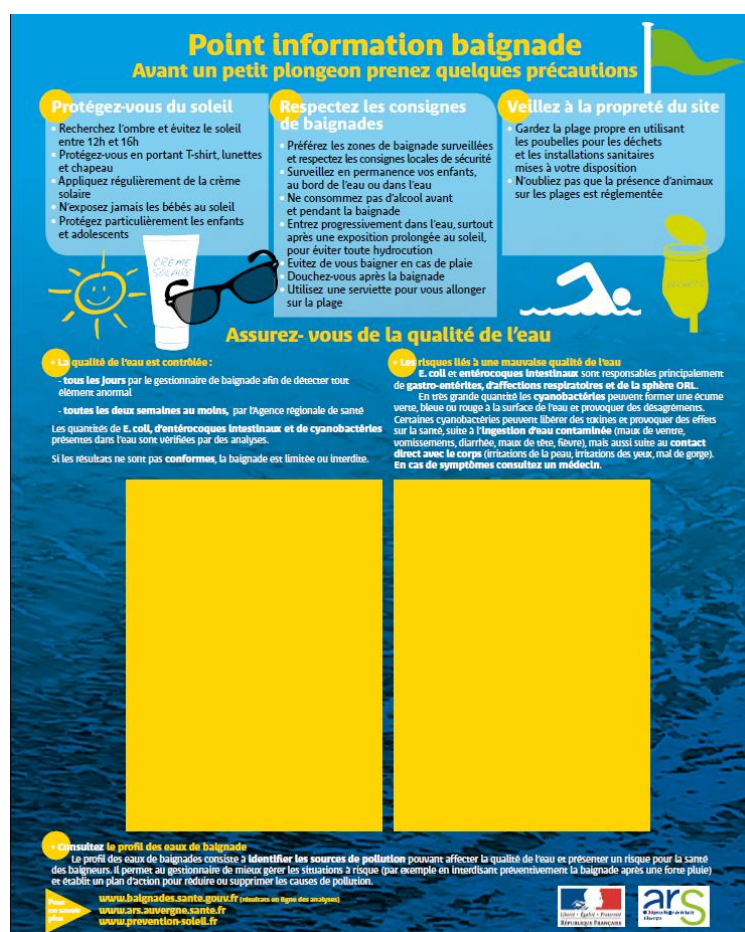


Figure 110 : Fiche « Point d'information baignade » à afficher sur la zone de baignade du lac des Hermines
(Source : ARS Auvergne-Rhône-Alpes)

20 MISE A JOUR DU PROFIL BAIGNADE DU LAC DES HERMINES

La Directive 2006/7/CE prévoit une révision de tous les éléments du profil dans les conditions suivantes :

Qualité de l'eau de baignade	Révision
Excellente	Uniquement si le classement se dégrade
Bonne	Tous les 4 ans
Suffisante	Tous les 3 ans
Insuffisante	Tous les 2 ans

La qualité de l'eau de baignade est « excellente » au regard de la Directive 2006/7/CE. Le profil devra donc être révisé en cas de déclassement de la qualité d'eau ou si des travaux importants sont réalisés sur le bassin versant.

21 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BARTHE, C., J. Perron et J.M.R. Perron (1998) *Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable*. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p. + annexes.

Berahou, M. (2009). *Elaboration d'une méthodologie pour la réalisation des profils baignade*. Thèse, SAFEGE, Agence de l'Eau Loire Bretagne.

BLANCHETON et al., J.-P. (2004). Minimisation des rejets biologiques issus d'élevages de poissons. *Les Dossiers de l'environnement de l'INRA n°26*, 110.

CORRE S, Jacq E, Moullec B, 1999. Quantification and survival rates of bacteria in the waters. IFREMER actes de colloques.

EDBERG, SC, EW Rice, RJ Karlin et MJ Allen (2000) *Escherichia coli : the best biological drinking water indicator for public health protection*. *Journal of Applied Microbiology*, 88 : 106S-116S.

KAUSHIK, S.-J. (2005). Besoins et apport en phosphore chez les poissons. *INRA production Animale*, 5.

LEGRAND, B., Lamarque, A., Sabart, M., & Latour, D. (2016). Characterization of akinetes from cyanobacterial strains and lake sediment: A study of their resistance and toxic potential. *Harmful Algae*, 59, 42-50.

TREVISAN, D. (2002). *Activité agricole et contaminations microbiologiques diffuses des captages d'eau en montagne*. INRA Thonon les bains: Groupement d'Intérêt Scientifique des Alpes du Nord.

Documents utilisés pour le diagnostic

EURL SERRE, 2022 – Inspection vidéo du réseau de l'avenue du Sancy, commune de Besse-et-Saint-Anastaise. 10 pages.

GEONAT, 2017 - Étude du mode opératoire de la vidange du lac des Hermines – Phase 1 (état des lieux) Dossier loi sur l'eau. 35 pages.

GEONAT, 2018 - Étude du mode opératoire de la vidange du lac des Hermines – Phase 5 Dossier loi sur l'eau. 50 pages.

SAFEGE, 2009 - Plan des réseaux d'assainissement de Super-Besse.

SAFEGE, 2020 – Schéma directeur d'assainissement – Phases 1&2. 102 pages.

SAFEGE, 2020 – Schéma directeur d'assainissement – Phases 3&4. 61 pages.

VEODIS 3D, 2016 - Rapport d'intervention Retenue des Hermines - Commune de Besse
Bathymétrie du 4 août 2016 et quantification du remplissage sédimentaire. 15 pages.

VEODIS 3D, 2017 - Rapport d'intervention Retenue des Hermines - Commune de Besse
Bathymétrie du 28 mars 2017 et comparaison avec celle du 4 août 2016. 15 pages.

Documents de travail

AFSSET ; *Qualité microbiologique des eaux de baignade – Valeurs seuils d'un échantillon unique pour les eaux de baignade : étude de faisabilité méthodologique*. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), p. 56.

AELB ; *Cahier des charges de type 1,2 et 3 pour l'élaboration des « profils de baignade en eau douce »*, 13 octobre 2010, Agence de l'Eau Loire Bretagne

AESN ; *Guide d'élaboration des profils de vulnérabilité des eaux de baignade*. Document provisoire de juillet 2009, Agence de l'Eau Seine-Normandie, p. 156.

DGS ; *Guide national pour l'élaboration d'un profil des eaux de baignade*, Direction Générale de la Santé, p. 17.

Extrait du règlement sanitaire départementale du Puy de Dôme ; Titre VIII : Activités d'élevages et autres pratiques agricoles (arrêté préfectorale du 30 juillet 1991)

KAUSKIK S.-J., 2005. Besoins et apport en phosphore chez les poissons. INRA Prod. Anim., 2005, 18 (3), 203-208. UMR, NuAGe.

Textes réglementaires

Arrête du 15 mai 2007, fixant les modalités de réalisation du premier recensement des eaux de baignade par les communes.

Arrêté du 22 septembre 2008, relatif à la fréquence d'échantillonnage et aux modalités d'évaluation de la qualité et de classement des eaux de baignade.

Arrêté du 23 septembre 2008, relatif aux règles de traitement des échantillons et aux méthodes de référence pour les analyses d'eau dans le cadre de la surveillance de la qualité des eaux de baignade.

Arrêté du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité des ouvrages hydrauliques.

Arrêté du 27 août 1999 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux opérations de vidange de plans d'eau soumises à déclaration en application des articles L.214-1 à L.214-3 du Code de l'environnement et

relevant des rubriques 3.2.4.0 (2°) de la nomenclature annexée à l'article R.214-1 du Code de l'environnement

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

Directive du Conseil des Communautés Européennes du 8 décembre 1975 (76/160/CEE), relative à la qualité des eaux de baignade.

Décret n°81-324 du 7 avril 1981, fixant les normes d'hygiène et de sécurité applicables aux piscines et aux baignades aménagées.

Décret n°2008-990 du 18 septembre 2008, relatif à la gestion de la qualité des eaux de baignade.

Directive du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2000 (2000/60/CE), établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

L.431-1 à L.431-5 et R431-7 du code de l'environnement et la directive du 29 janvier 2008,

Décret n° 2007-1735 du 11 décembre 2007, entré en vigueur le 1^{er} janvier 2008,

Site internet

<http://géoportail.fr>

<http://assainissement.developpement-durable.gouv.fr/>

<https://www.google.fr/maps>

<https://www.brgm.fr/>

<http://meteofrance.com/>

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

<https://www.peche63.com/>

<https://insee.fr/fr/accueil>

22 LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone de baignade sur le lac des Hermines (Source : Géoportail, ATHOS Environnement 2022).....	9
Figure 2: Photographies du parc de jeux gonflables (Source : Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. Environnement).....	12
Figure 3 : Photographies des jeux pour enfants (Source : Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide. Environnement).....	12
Figure 4 : Photographies du parcours X-Trem à gauche et de la tyrolienne fantassticable à droite (Source : www.sancy.com).....	13
Figure 5 : Photographies des activités indoor au centre ludo-sportif (Source : www.sancy.com)	13
Figure 6 : Plan de la station de Super-Besse et activités proposées (Source : www.sancy.com).....	14
Figure 7 : Localisation de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : http://www.1france.fr)	15
Figure 8 : Délimitation du bassin versant du lac des Hermines (Source : IGN-CRAIG, BD_Carthage)	16
Figure 9 : Planning du SDAGE Loire-Bretagne (Source : SDAGE LB)	17
Figure 10 : Territoire d'application du SAGE Allier aval (Source : Agence de l'eau Loire Bretagne).....	18
Figure 11 : Carte des communes adhérentes au Syndicat mixte du Parc (Source : parcdesvolcans.fr).....	19
Figure 12 : Territoire concerné par la mise en place du contrat territorial des Couzes au Livradois (Source : www.capissoire.fr)	21
Figure 13 : Carte de la Zone d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique de type II de Monts Dore (Source : Géoportail)	23
Figure 14 : Carte géologique du bassin versant du lac des Hermines (Source : BRGM, ATHOS Environnement 2012)	26
Figure 15: Topographie du bassin versant du lac des Hermines (Source : http://www.cartes-topographiques.fr , Géoportail)	27
Figure 16 : Occupation des sols sur le bassin versant du lac des Hermines (Source : IGN-CRAIG, CLC_2006).....	29
Figure 17 : Localisation des affluents du lac des Hermines (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise)	30
Figure 18 : Localisation des différents drains alimentant le lac des Hermines (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)	31
Figure 19 : Débits mensuels moyens de la Couze Pavin à Saint-Floret – Période de référence : 1946 à 2022 (Source : Hydroportail)	32
Figure 20 : Schéma de réalisation du jaugeage (Source : ATHOS Environnement)	33
Figure 21 : Dépôts sédimentaires sur la partie Ouest du lac (Source : Géoportail).....	34
Figure 22 : Bassin de décantation mis en place au niveau de la confluence du ruisseau de la Biche avec le plan d'eau, en eau en haut, comblé en bas (Source : SIAV Couze Pavin, ATHOS Environnement, 2022)	35
Figure 23 : Nombre moyen mensuel de jours pluvieux durant la période 2016-2022.....	38
Figure 24 : Intensité moyenne cumulée par jour pluvieux durant la période 2016-2022.....	39
Figure 25 : Répartition des classes de pluie journalière (en mm) durant la période 2016-2022	39
Figure 26 : Analyse diachronique de la station de Super-Besse de 1955 à 2022 (Source : Géoportail).....	44
Figure 27 : Bathymétrie du lac des Hermines réalisée en mars 2017 (Source : Véodis 3D).....	46
Figure 28: Évacuateur de crue du plan d'eau (Source : ATHOS Environnement, 2012).....	47
Figure 29 : Localisation des vannes verticales N°1 à gauche et N°2 à droite (Source : Fédération de pêche 63)..	47
Figure 30 : Cartographie des zones interdites à la pêche sur le lac des Hermines (Source : Arrêté N°32-03-2022)	50
Figure 31 : Evolution de la population de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise depuis 1968 (Source : INSEE)	52
Figure 32: Répartition des logements sur la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)	53
Figure 33 : Évolution du parc des logements de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise depuis 1968 (Source : INSEE).....	53

Figure 34 : Classe de qualité des eaux de baignades intérieures selon la directive 2006/7/CE (Source : www.baignade.sante.gouv.fr)	56
Figure 35 : Résultats des analyses d' <i>Escherichia coli</i> sur la baignade entre 2010 et 2022 (Source : ARS 63)	58
Figure 36 : Résultats des analyses d'Entérocoques intestinaux sur la baignade entre 2010 et 2022 (Source : ARS 63)	59
Figure 37 : Classement de la qualité de l'eau de baignade sur le lac des Hermines (Source : ARS 63)	60
Figure 38 : Evolution des 95ème percentiles pour les paramètres <i>Escherichia coli</i> et Entérocoques intestinaux (Source : ARS 63)	61
Figure 39 : Evolution des 90ème percentiles pour le paramètre <i>Escherichia coli</i> (Source : ARS 63)	62
Figure 40 : Répartition des mesures de transparence de l'eau réalisées dans le cadre du contrôle sanitaire sur la plage sur la période 1997-2022 (Source : ARS 63)	64
Figure 41 : Photographies de cyanobactéries, au microscope inversé – de gauche à droite : <i>Microcystis</i> sp ; <i>Anabaena</i> sp. (x400) ; <i>Microcystis aeruginosa</i> (x 1000) ; <i>Aphanizomenon flos-aquae</i> (x100) (Source : www-cyanosite.bio.purdue.edu/)	66
Figure 42 : Photographies de blooms de cyanobactéries (Source : BRL 42, ATHOS Environnement).....	67
Figure 43 : Cycle de vie de certaines cyanobactéries entre masse d'eau et sédiments (Source : ATHOS Environnement, Thèse Benjamin LEGRAND)	69
Figure 44 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/SD 7 n°2003-270 du 4 juin 2003 (Source : ATHOS Environnement, ARS Auvergne).....	72
Figure 45 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014 et DGS/EA4/2015/181 du 2 juin 2015 – Version appliquée de 2014 à 2016 (Source : ARS Auvergne Rhône-Alpes). 73	
Figure 46 : Niveaux de risque liés aux cyanobactéries selon la circulaire DGS/E/2014/166 du 23 mai 2014 et DGS/EA4/2015/181 du 2 juin 2015 – Version appliquée de 2017 à 2021 (Source : ARS Auvergne Rhône-Alpes). 73	
Figure 47 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques remise à jour en 2020 (Source : ANSES, 2020)	75
Figure 48 : Gestion à mettre en place selon le niveau de risque sanitaire vis-à-vis des cyanobactéries planctoniques (Source : Instruction DGS/EA4/2022/168 du 17 juin 2022)	76
Figure 49 : Synthèse des évolutions réglementaires au cours des dernières années concernant les cyanobactéries (Source : DGS, adaptation ARS 63).....	77
Figure 50 : Dénombrement en cyanobactéries sur la plage du lac des Hermines de 2007 à 2022 (Source : ARS 63, ATHOS Environnement).....	79
Figure 51 : Dénombrement des cyanobactéries toxigènes (liste AFSSET, 2006) sur le lac des Hermines depuis 2014 – Détail par genre (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)	81
Figure 52 : Dénombrement des cyanobactéries toxigènes (liste ANSES, 2020) sur le lac des Hermines depuis 2014 – Détail par genre (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)	82
Figure 53 : Abondance et occurrence des différents genres cyanobactériens depuis 2014 (Source : ARS 63, ATHOS Environnement).....	83
Figure 54 : Concentrations en chlorophylle-a sur la plage des Hermines en 2021 et 2022 (Source : ARS 63).....	86
Figure 55 : Concentrations en chlorophylle-a sur la plage des Hermines en 2021 et 2022, confrontés aux biovolumes en cyanobactéries totales (Source : ARS 63, ATHOS Environnement).....	86
Figure 56 : Biovolumes en cyanobactéries totales et toxigènes sur la plage des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement).....	88
Figure 57 : Biovolumes en toxigènes détaillés par genre sur la plage des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement).....	88
Figure 58 : Température de l'air et de l'eau au niveau de la baignade (Source : ARS 63).....	94
Figure 59 : Localisation du point de mesure (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)	96
Figure 60 : Photographie du disque de Secchi (Source : ATHOS Environnement)	97
Figure 61 : Profils verticaux réalisés sur le lac des Hermines en 2022 (Source : ATHOS Environnement)	98
Figure 62 : Exemple de bouteille fermante utilisée pour les prélèvements d'eau (Source : ATHOS Environnement)	99

Figure 63 : Interprétation des analyses physico-chimiques et détermination de l'état physico-chimique sur le lac des Hermines (Source : Arrêté du 27 juillet 2018, Eurofins, ATHOS Environnement).....	100
Figure 64 : Photographie de la sonde BBe fluorométrique (Source : ATHOS Environnement)	101
Figure 65 : Evolution de la concentration totale en phytoplancton sur le point de prélèvement, point le plus profond du plan d'eau, durant le suivi 2022 (Source : ATHOS Environnement)	102
Figure 66 : Evolution de la répartition totale en phytoplancton sur la zone de baignade, durant le suivi 2022 (Source : ATHOS Environnement)	103
Figure 67 : Abondance en cyanobactéries sur le lac des Hermines en 2022 sur la plage en haut, au point le plus profond en bas (Source : ATHOS Environnement)	105
Figure 68 : Biovolume en cyanobactéries sur le lac des Hermines en 2022 sur la plage en haut, au point le plus profond en bas (Source : ATHOS Environnement)	106
Figure 69 : Emplacement des points de prélèvement (Source : ATHOS Environnement)	107
Figure 70 : Carottier à main UWITEC (Source : ATHOS Environnement).....	108
Figure 71 : Exemples de concentrations de phosphore dans les sédiments de différents lac (Source : Syndicat Mixte des Vallées de la Veyre et de l'Auzon – Asconit, CG18, ATHOS Environnement)	109
Figure 72 : Localisation des points de prélèvements sur les affluents et tributaires du lac des Hermines (Source : Géoportail, ATHOS Environnement)	113
Figure 73 : Evolution des concentrations en nutriments sur les affluents du plan d'eau en 2012 et 2022 (Source : ATHOS Environnement).....	117
Figure 74 : Photographies des principaux apports au lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement 2012).....	119
Figure 75 : Localisation de la station d'épuration de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : Portail sur l'assainissement communal)	121
Figure 76 : Schéma synoptique du réseau d'assainissement de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : SAFEGE, Schéma directeur d'assainissement – Rapport de phases 1 & 2 – 2020).....	121
Figure 77 : Photographies des arrivées du ruisseau de la Biche et du ruisseau de la plaine des Moutons dans la baie au nord du lac des Hermines (à gauche : vue vers le bassin versant, à droite vue vers le lac – Source : ATHOS Environnement, prise de vue le 11 juillet 2022)	123
Figure 78 : Plan des réseaux d'assainissement au niveau de Super-Besse (Source : SAFEGE, IGN).....	124
Figure 79 : Synthèse des dysfonctionnements observés sur le réseau de collecte de Super-Besse (secteur susceptible d'impacter le lac des Hermines uniquement) – (Source : SAFEGE, 2018)	127
Figure 80 : Découpage en secteur des inspections télévisuelles (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020).....	129
Figure 81 : Programme de travaux sur le réseau de Super-Besse préconisé par le schéma directeur d'assainissement en 2020 (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020)	134
Figure 82 : Secteur concerné par le passage caméra de l'entreprise SERRE en 2022 (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, SAFEGE, SERRE, 2022)	135
Figure 83 : Localisation des exutoires pluviaux sur le lac des Hermines (Source : Géoportail, ATHOS Environnement).....	137
Figure 84 : Exemples d'exutoires pluviaux débouchant dans le lac (Source : ATHOS Environnement, 2022)	138
Figure 85 : Irisations observées sur l'eau de l'exutoire 11 le 11 juillet 2022 (Source : ATHOS Environnement, 2022)	139
Figure 86 : Photographie des ânes utilisés pour les balades autour du lac, en pâturage sur une parcelle à proximité de la baignade sur le versant Est (Source : ATHOS Environnement, 2022).....	141
Figure 87: Cycle de développement des cercaires, apparition de la dermatite du baigneur.....	142
Figure 88 : Photographie des feux d'artifice tirés à Super-Besse en février 2023 (Source : Facebook_stationSuperBesse).....	146
Figure 89 : Localisation et plan de l'aire de camping-car de la Biche, à l'aval du lac des Hermines	147
Figure 90 : Cartographie des sources de pollution bactériologique potentielles sur la baignade du lac des Hermines (Source : IGN, RPG 2018, Mairie, ATHOS Environnement)	151

Figure 91 : Localisation des points de prélèvements pour analyses bactériologiques (Source : Géoportail, ATHOS Environnement).....	153
Figure 92 : Estimation des flux bactériologiques d'origine agricole sur les surfaces pâturées du bassin versant (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement).....	156
Figure 93 : Dimensionnement de la zone de baignade délimitée par les lignes d'eau flottantes (Source : Géoportail, ATHOS Environnement).....	157
Figure 94 : Diagramme décisionnel visant à identifier le risque de contamination interhumaine lors de la baignade (Source : AELB/SAFEGE).....	159
Figure 95 : Pluie du jour même, de la veille et de l'avant-veille du prélèvement ARS confrontées aux analyses E. coli/100 ml (en haut) et E.I./100 ml (en bas) - (Source : Météo France, ARS 63).....	162
Figure 96 : Pourcentage d'occurrence des analyses bactériologiques par classe de pluie, pour la pluie du jour du prélèvement de la veille et de l'avant-veille du prélèvement réalisé par l'ARS sur la baignade (Source : MétéoFrance, ARS 63).....	164
Figure 97 : Schéma présentant le fonctionnement du lac et l'implication des charges externe et interne dans le phénomène d'eutrophisation (Source : ATHOS Environnement).....	169
Figure 98 : Estimation des flux de nutriments en provenance du pâturage sur le bassin versant (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement).....	170
Figure 99 : Données acquises lors des campagnes de terrain réalisées en 2022 sur les affluents du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement).....	171
Figure 100 : Méthode de calcul des flux à partir des suivis discrets (extrait de Moatar et al, 2009).....	172
Figure 101 : Calcul des flux de nutriments entrants au plan d'eau sur la base des données acquises en 2022 (Source : ATHOS Environnement).....	173
Figure 102 : Apports en nutriments amenés annuellement au plan d'eau – comparaison des flux théoriques et mesurés (Source : ATHOS Environnement).....	174
Figure 103 : Schémas conceptuels des actions menées sur les charges externe et interne (Source : ATHOS Environnement).....	198
Figure 104 : Synthèse des plans d'action sur le lac des Hermines et chronologie associée (Source : ATHOS Environnement).....	199
Figure 105 : Procédure de gestion d'une pollution anticipée (Source : ATHOS Environnement).....	202
Figure 106 : Procédure de gestion d'une pollution non-anticipée (Source : ATHOS Environnement).....	203
Figure 107 : Exemple de caractéristiques visuelles des proliférations de cyanobactéries (Source : ATHOS Environnement).....	205
Figure 108 : Gestion à mettre en place en cas de situation à risque vis-à-vis des proliférations de cyanobactéries (Source : Circulaire DGS/EA4/EA3/2021/76 du 6 avril 2021, ATHOS Environnement).....	206
Figure 109 : Synthèse des mesures de gestion (Source : ATHOS Environnement).....	207
Figure 110 : Fiche « Point d'information baignade » à afficher sur la zone de baignade du lac des Hermines (Source : ARS Auvergne-Rhône-Alpes).....	208
Figure 111 : Schéma théorique de la délimitation des zones d'étude.....	220
Figure 112 : Plan d'échantillonnage mis en œuvre en lien avec les réseaux de collecte (Eaux usées/Eaux pluviales) sur le bassin versant du lac des Hermines (Sources : IGN, SAFEGE, Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement).....	228
Figure 113 : Plan d'échantillonnage mis en œuvre en lien avec les réseaux de collecte (Eaux usées/Eaux pluviales) sur le bassin versant du lac des Hermines (Sources : IGN, SAFEGE, Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement).....	232
Figure 114 : Photographie du troupeau d'ovins concentré à proximité du ruisseau de la Biche le jour des prélèvements (Source : ATHOS Environnement – date de prise de vue : 4 août 2023).....	234

23 LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Débits mesurés sur les tributaires du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)	33
Tableau 2 : Caractéristiques de la station météorologique de Super-Besse (Source : MétéoFrance)	36
Tableau 3 : Cumul des précipitations observés sur la station de Super-Besse – exprimés en mm (Source : MétéoFrance – station 63038002)	37
Tableau 4 : Répartition des classes de pluie journalière (en mm) durant la période 2016-2022 – détail mensuel	40
Tableau 5 : Synthèse des obligations réglementaires et des fréquences associées (Source : DREAL Auvergne-Rhône-Alpes)	45
Tableau 6 : Répartition surfacique communale sur le bassin versant du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement 2012)	51
Tableau 7 : Caractéristiques démographiques de la commune de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)	52
Tableau 8 : Statistiques démographiques sur les communes autour de Besse-et-Saint-Anastaise (Source : INSEE)	52
Tableau 9 : Capacité d'accueil par commune sur le secteur (Source : www.sancy.com , www.camping-besse.com , INSEE)	54
Tableau 10 : Evaluation de la qualité microbiologique d'un prélèvement instantané selon la note d'information DGS/EA/2014/166 du 23 mai 2014	55
Tableau 11 : Scénarios émis en 2013 pour les classements et tendances de qualité d'eau sur la plage (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)	62
Tableau 12 : Scénarios pour les futurs classements de la baignade pour les 4 prochaines années (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)	63
Tableau 13 : Evolution de la transparence sur le lac des Hermines (Source : ARS 63)	64
Tableau 14 : Liste des genres de cyanobactéries potentiellement toxiques (Source : AFSSET, juillet 2006)	72
Tableau 15 : Dosage de microcystines sur la plage des Hermines (Source : ARS 63)	84
Tableau 16 : Dosage de cyanotoxines sur la plage des Hermines en 2022 (Source : ARS 63)	89
Tableau 17 : Température de l'eau moyenne par saison estivale de 2014 à 2022 sur le lac des Hermines (Source : ARS 63)	95
Tableau 18 : Concentration en nutriments sur la zone de baignade du lac des Hermines (Source : ARS 63, ATHOS Environnement)	95
Tableau 19 : Caractéristiques techniques de la sonde multiparamètres Ysi Exo1 (Source : Ysi)	97
Tableau 20 : Résultats des analyses physicochimiques réalisées sur le lac des Hermines, au niveau du point le plus profond (Source : CARSO)	100
Tableau 21 : Substances nutritives dans le sédiment du lac des Hermines en 2017 (Source : ATHOS Environnement)	109
Tableau 22 : Résultats des sédiments du lac des Hermines en 2017 comparés aux valeurs seuil S1 de l'arrêté du 9 août 2006	110
Tableau 23 : Résultats des sédiments du lac des Hermines en 2017 comparés aux valeurs seuils pour l'acceptation de déchets inertes selon l'arrêté du 28 octobre 2010	111
Tableau 24 : Analyses des résultats de sédiments en 2017 selon l'arrêté du 8 janvier 1998	111
Tableau 25 : Résultats des analyses d'hydrocarbures en 2022 sur les affluents et tributaires du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement, Laboratoire CARSO)	113
Tableau 26 : Mesures in situ sur les affluents du lac (Source : ATHOS Environnement, CARSO)	114
Tableau 27 : Analyses de nutriments sur les affluents du lac (Source : ATHOS Environnement, CARSO)	115
Tableau 28 : Interprétation réglementaire des analyses de nutriments sur les affluents du lac selon l'arrêté du 27 juillet 2018 (Source : ATHOS Environnement, CARSO)	116
Tableau 29 : Synthèse des travaux préconisés en 2009 et état de réalisation en 2020 (Source : SAFEGE)	125
Tableau 30 : Désordres et leurs conséquences associés (Source : SAFEGE, Schéma Directeur d'assainissement - 2020)	128

Tableau 31 : Cheptel sur le bassin versant en équivalent UGB (Source : Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise)...	140
Tableau 32 : Résultats des analyses bactériologiques par temps sec et pluvieux durant le suivi 2022 (Source : ATHOS Environnement)	153
Tableau 33 : Concentrations bactériologiques mesurées en 2022 sur les exutoires pluviaux du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)	155
Tableau 34 : Estimation de la concentration bactériologique en cas de forte affluence sur la zone de baignade (Source : ATHOS Environnement, ARS 63)	158
Tableau 35 : Corrélation entre les analyses bactériologiques et la pluviométrie la veille et l'avant-veille des prélèvements de l'ARS (Source : MétéoFrance, ARS 63)	161
Tableau 36 : Hiérarchisation des sources de pollutions bactériologiques pour la baignade du lac des Hermines (Source : ATHOS Environnement)	167

ANNEXES

ANNEXE 1 : THEORIE DE LA DELIMITATION DES ZONES D'INFLUENCE

Le guide national pour l'élaboration des profils baignade préconise la définition d'un **périmètre d'étude basé sur le temps de survie des bactéries dans le milieu**.

Les microorganismes pathogènes sont principalement d'origine fécale. Lors de leur libération dans le milieu naturel, ils rencontrent des conditions de vie plus défavorables que leur biotope d'origine (flore intestinale principalement). La température est plus faible, l'irradiance due à la lumière du soleil est importante, la disponibilité en nutriments est plus faible, ... Ces différences de condition de vie vont entraîner une **décroissance de la concentration bactérienne** initialement rejetée dans le milieu **au cours du temps**. On estime qu'**au bout de 10h, l'abattement bactérien est suffisamment important** et ne présente plus de risque majeur pour la baignade. Trois zones d'étude peuvent être définies :

- **Une zone d'étude immédiate** : elle inclue l'ensemble des sources de pollution ayant un impact (supposé) direct sur la zone de baignade de par leur proximité et un temps de transfert très rapide.
- **Une zone d'étude rapprochée** : elle est définie sur la base du temps de transfert des pollutions jusqu'à la zone de baignade. Ce temps de transfert est comparé au temps de décroissance bactérien dans le cours d'eau (T_{90}^6). En règle générale, si le temps de transfert du cours d'eau (lié à la vitesse de l'eau) est supérieur au T_{90} , on considère que les pollutions provenant de l'amont du bassin versant n'auront pas d'impact sur la baignade puisque les bactéries rejetées auront été détruites.
- **Une zone d'étude éloignée** : elle représente l'extrémité amont du bassin versant (où le temps de transfert est supérieur au T_{90}). Sur cette zone, on ne considérera que les sources de pollution pouvant rejeter des nutriments dans le cours d'eau (phosphore et nitrate).

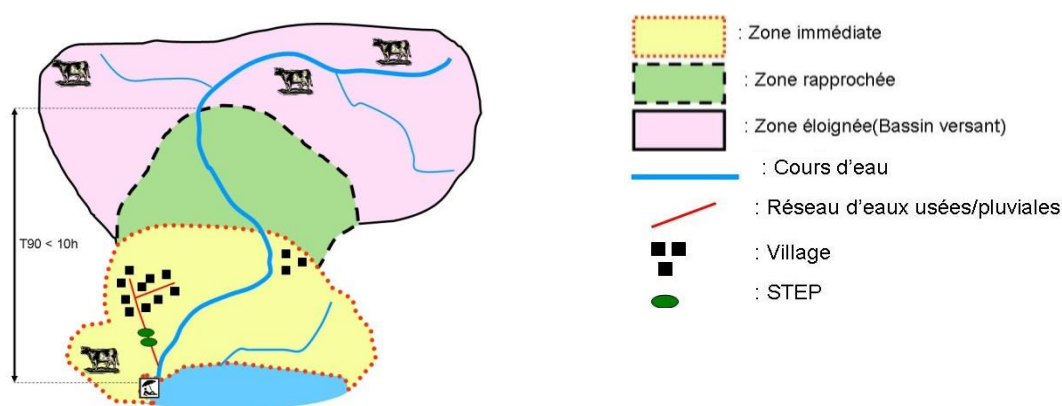
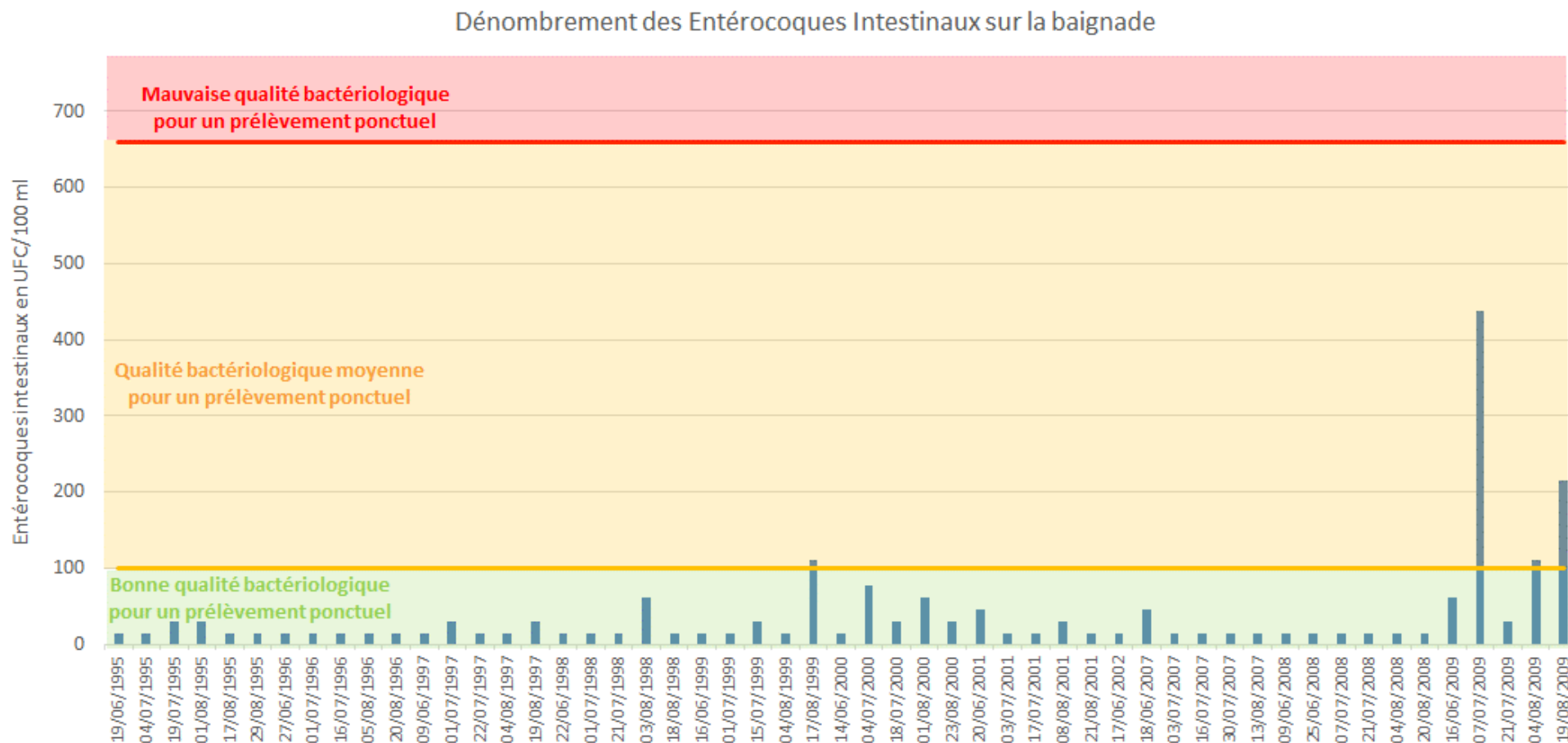


Figure 111 : Schéma théorique de la délimitation des zones d'étude

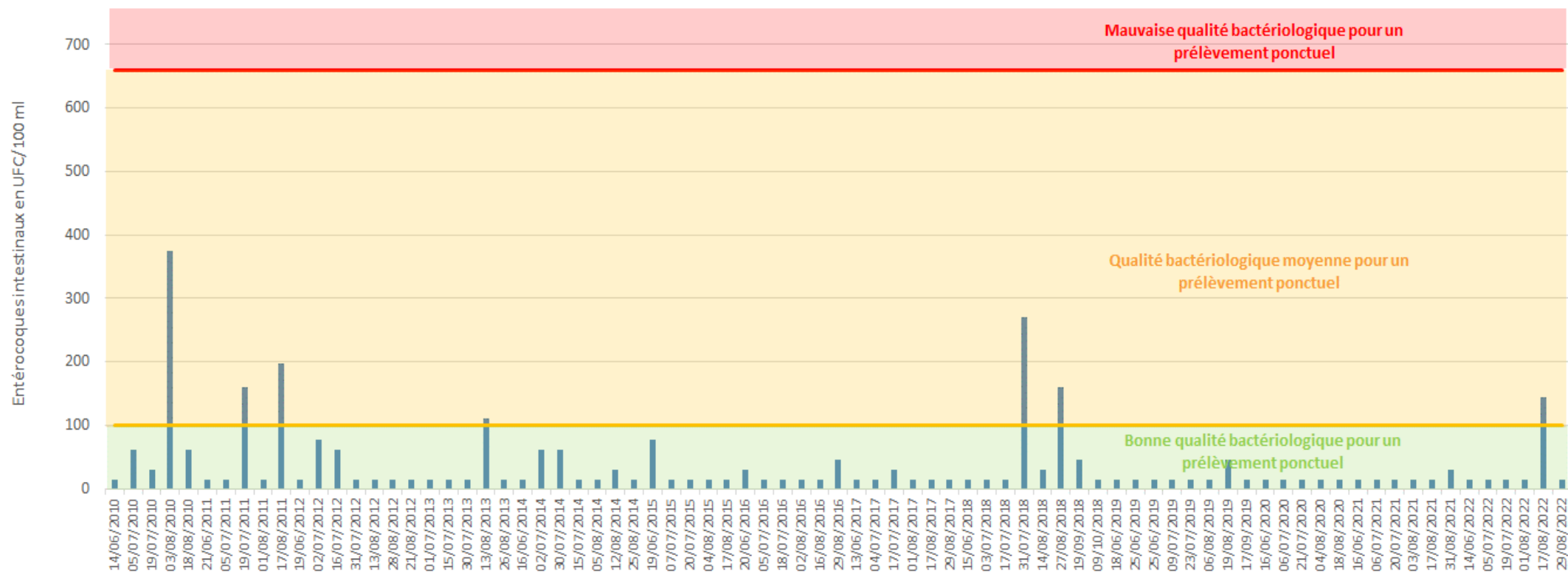
⁶ T_{90} : Temps (ou distance si l'on connaît la vitesse moyenne du cours d'eau) nécessaire à l'abattement de 90% de la charge bactériologique initiale dans le cours d'eau

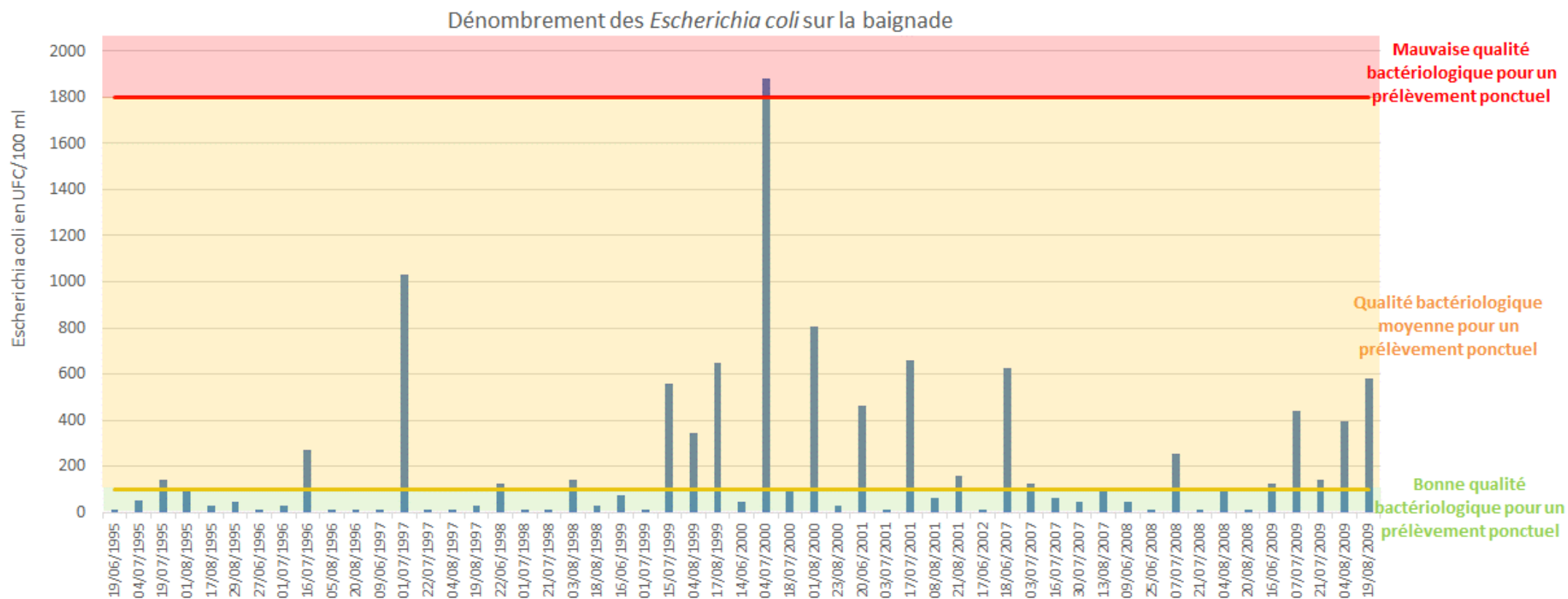
ANNEXE 2 : CHRONIQUE DES ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

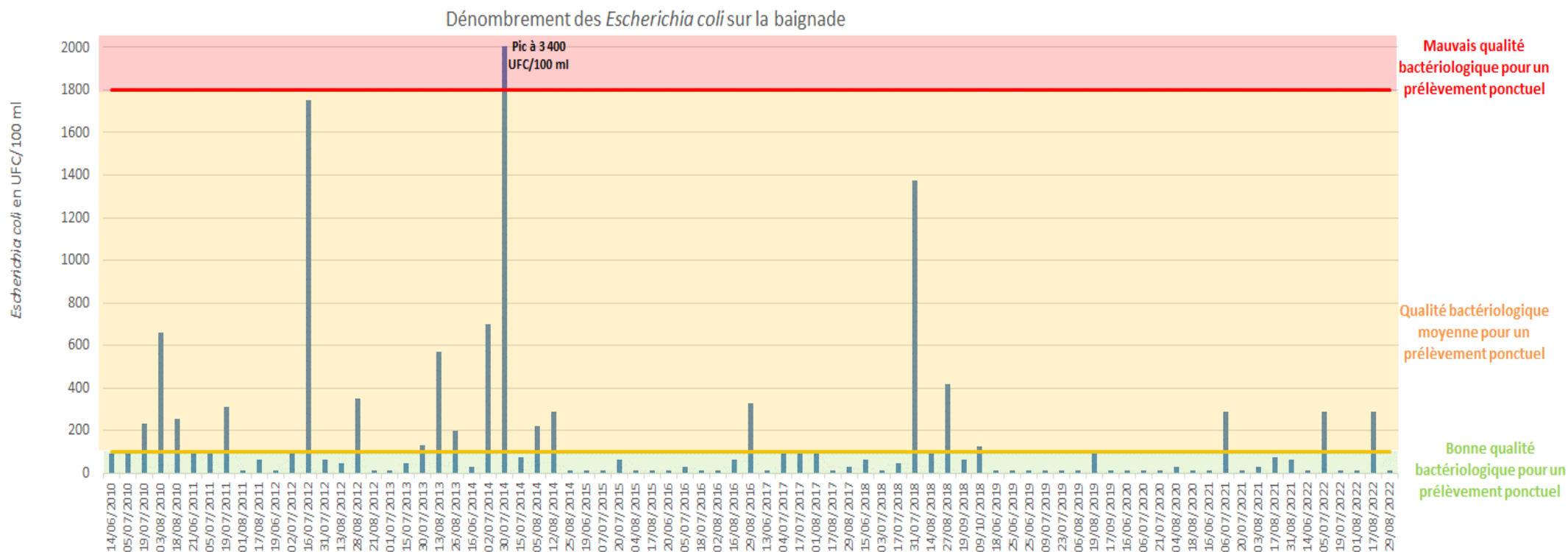
Concentrations en *Escherichia coli* et Entérocoques intestinaux sur le plage du lac des Hermines entre 1995 et 2022, comparées aux valeurs Seuils de la Directive 2006/7/CE (pour des prélèvements ponctuels)



Dénombrement des Entérocoques Intestinaux sur la baignade

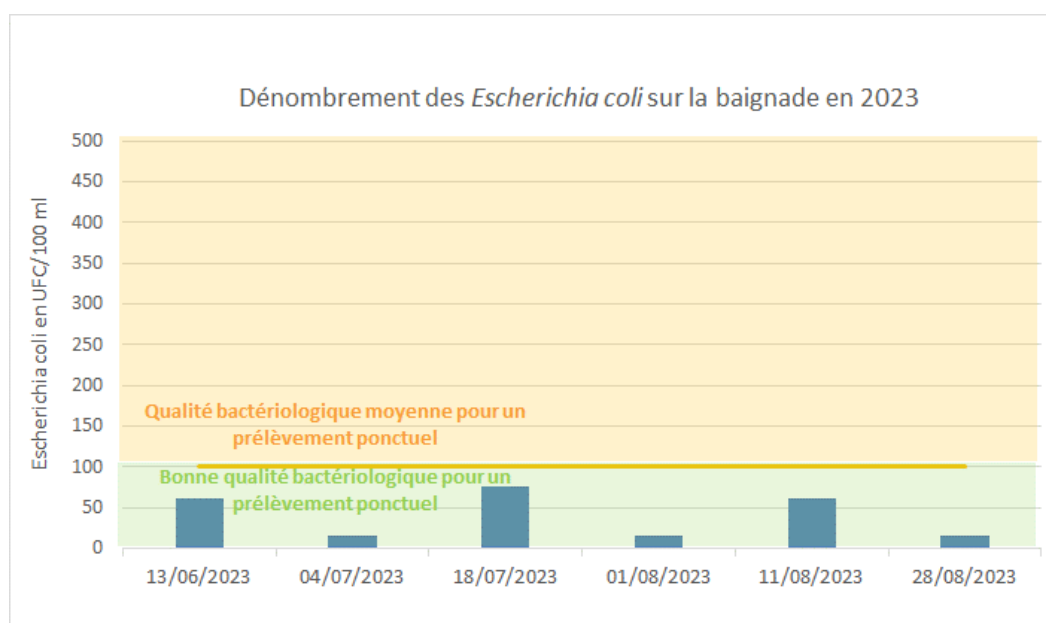
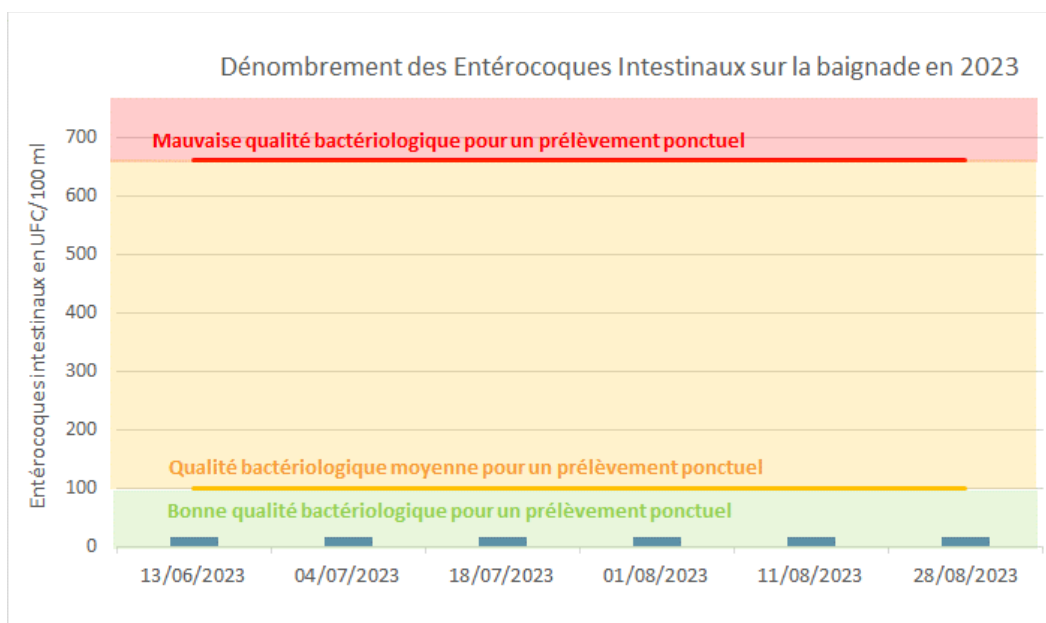






ANNEXE 3 : RESULTATS DU SUIVI SANITAIRE ARS POUR LA SAISON ESTIVALE 2023

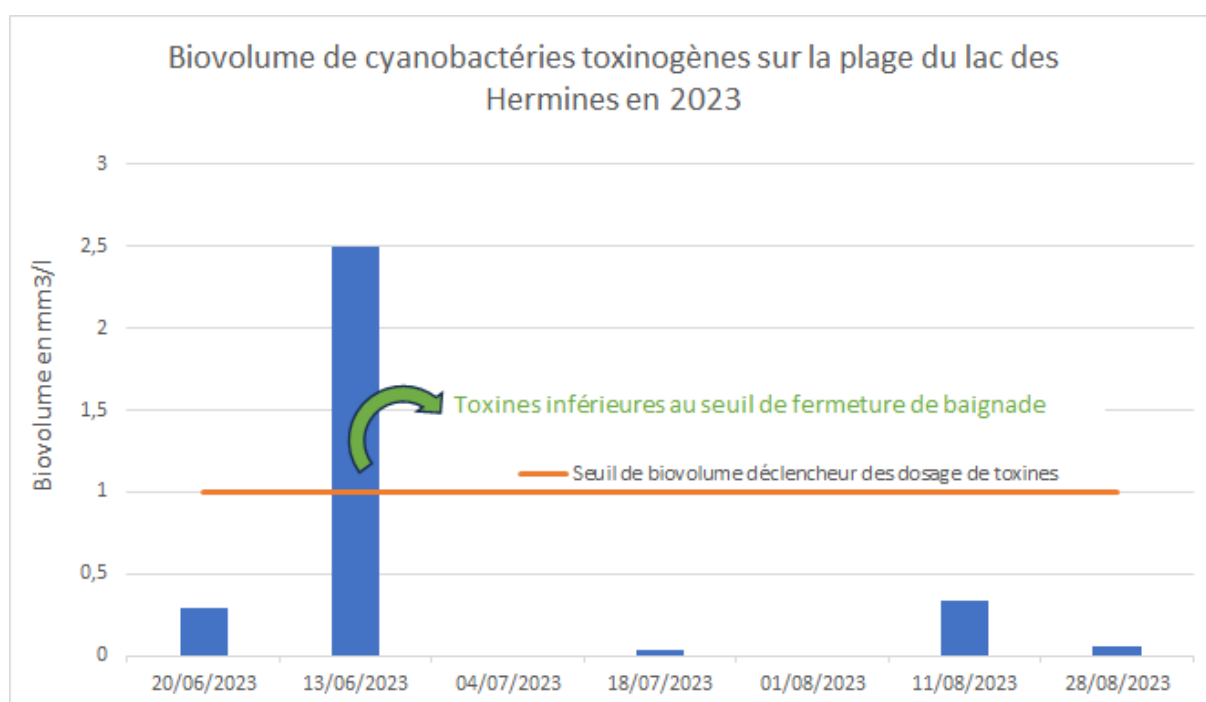
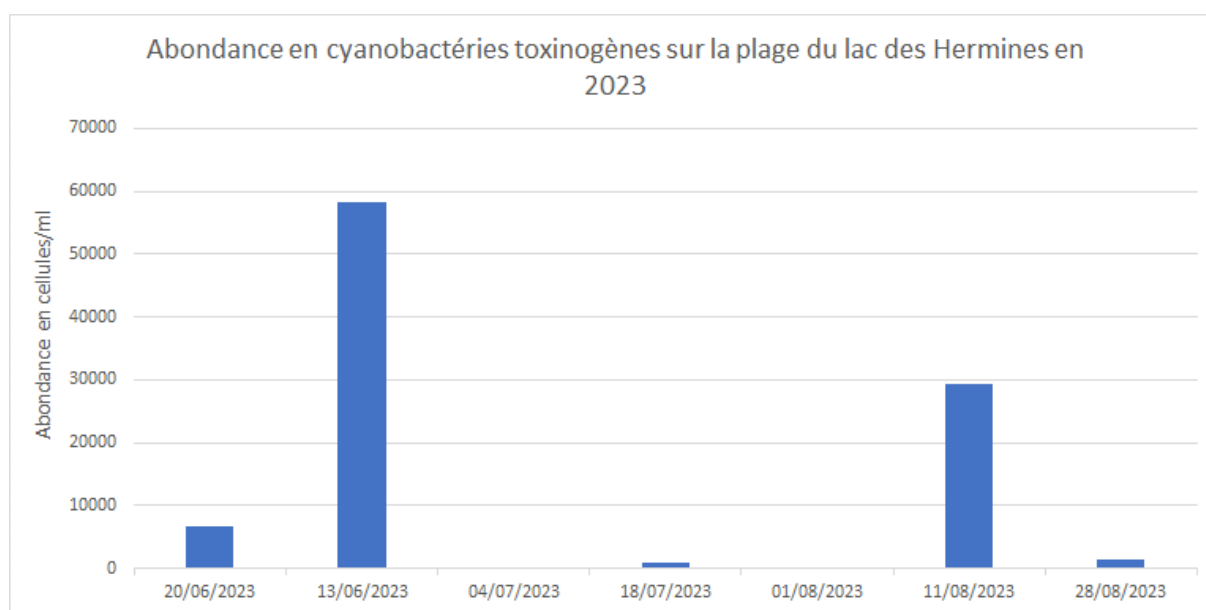
Les données bactériologiques de la saison estivale 2023 sont présentées dans les graphiques suivants. Les concentrations sont restées faibles tout au long de la saison. **Le classement officiel de la qualité d'eau pour l'année 2023 sur le lac des Hermines est « Excellent ».**



La transparence de l'eau en 2023 sur la baignade a été bonne, avec des valeurs supérieures à 1m dans plus de 60% des mesures.

Concernant le suivi des cyanobactéries, le dosage de chlorophylle-*a* réalisé le 13 juin 2023 a mis en évidence une concentration de 13 µg/l, rendant automatique les comptages de cyanobactéries pour le reste de la saison (cf détails réglementaires au paragraphe 11.1.4.2.3). À cette date, le biovolume de cyanobactéries toxinogènes associé était de 2,5 mm³/l. Etant supérieur au seuil de 1 mm³/l, un dosage de toxines a été déclenché. Les concentrations sont restées inférieures au seuil de fermeture de baignade. Pour le reste de la saison estivale, les comptages de cyanobactéries toxinogènes ont révélé des biovolumes inférieurs au seuil d'analyse de cyanotoxines.

Aucune fermeture de baignade n'a été mise en œuvre en 2023 sur le lac des Hermines.



ANNEXE 4 : CR D'ANALYSES REALISEES À L'ETE 2023

Compte rendu des mesures de qualité d'eau sur les affluents du lac des Hermines Campagne par TEMPS SEC - 21 juillet 2023

Dans le cadre de la révision du profil baignade du lac des Hermines, des prélèvements pour analyse de la qualité d'eau des affluents du lac ont été réalisées durant l'été 2022. Ces analyses ont mis en évidence des contaminations bactériologiques du réseau hydrographique, très certainement en lien avec les dysfonctionnements du réseau de collecte des eaux usées sur la station de Super-Besse. **La mairie a d'ores et déjà mis en œuvre de nombreux travaux de réfection des réseaux, depuis 2020. Afin d'en vérifier l'efficacité et identifier d'éventuels points noirs persistants, il a été planifié pour la saison 2023, 2 nouvelles campagnes de mesure sous différentes conditions météorologiques : une campagne par temps sec, traduisant des rejets directs au réseau hydrographique, et une campagne par temps pluvieux, mettant en évidence les contaminations *via* le lessivage.**

Le présent compte-rendu détaille les résultats de la campagne réalisée le 21 juillet 2023, par temps sec.

Le plan d'échantillonnage mis en œuvre, conjointement par les services techniques de la commune et ATHOS Environnement, est présenté dans les figures suivantes. L'accent a été mis essentiellement sur les affluents du lac situés à l'Est et au Nord du lac des Hermines, dans le secteur concerné par les défaillances des réseaux d'assainissement. Concernant le ruisseau de la Biche (autrement appelé « ovoïde »), débouchant dans la partie Nord du lac, la partie souterraine a pu être prospectée, avec la réalisation de prélèvement au niveau des différents embranchements, permettant d'obtenir un profil bactériologique amont/aval.

Les échantillons ont été conditionnés immédiatement après le prélèvement pour une prise en charge le soir même par le laboratoire CARSO, accrédité COFRAC. Pour les points réalisés en surface (hors prélèvements dans l'ovoïde du ruisseau de la Biche), les analyses bactériologiques ont été complétées par des mesures *in situ*, ainsi que des analyses physico-chimiques (nutriments azotés et phosphorés, en lien avec la problématique des cyanobactéries).

Plan d'échantillonnage

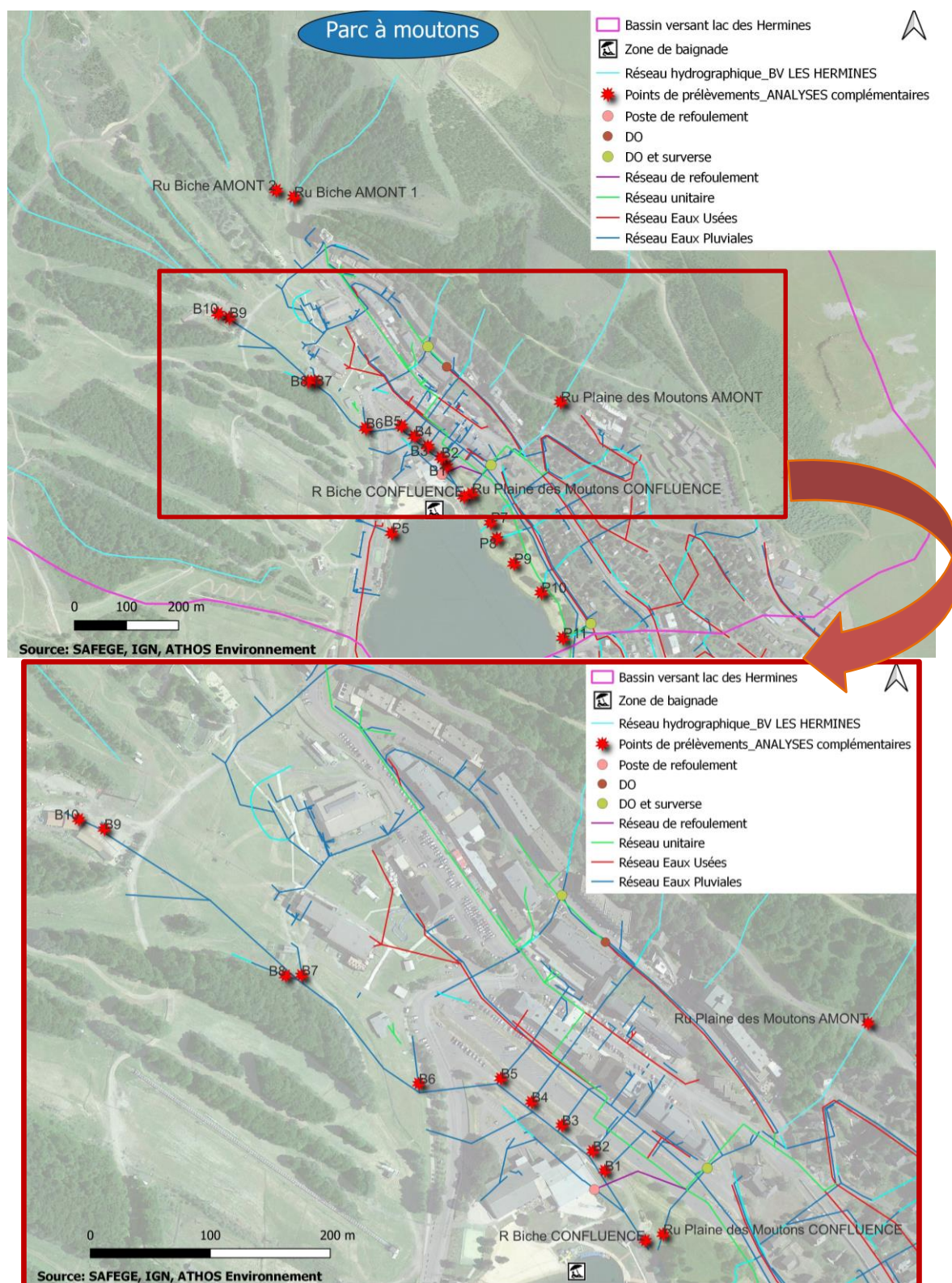


Figure 112 : Plan d'échantillonnage mis en œuvre en lien avec les réseaux de collecte (Eaux usées/Eaux pluviales) sur le bassin versant du lac des Hermines (Sources : IGN, SAFEGE, Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)

Résultats

Les résultats de la campagne effectuée par temps sec le 21 juillet 2023 sont détaillés dans les tableaux suivants. Les mesures *in situ* et physico-chimiques ont été comparées aux seuils de l'arrêté du 27 juillet 2018, définissant les classes de qualité d'eau.

Mesures *in situ*

	Campagne TEMPS SEC 20/07/2023				
	Température °C	Oxygène dissous mg/l	Saturation en oxygène %	pH	Conductivité µS/cm
Ruisseau de la Biche AMONT 1	11,10	9,41	100	6,50	67
Ruisseau de la Biche AMONT 2	12,20	9,31	101	6,50	47
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC	11,40	9,55	101	7,30	85
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT	11,90	9,22	98	7,60	41
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC	12,10	9,39	101	6,50	84
P5	14,60	8,90	102	6,80	150
P7	10,30	9,50	98	6,50	47
P8	11,80	9,31	100	6,70	107
P10	10,40	9,35	97	6,70	251
P11	7,60	10,51	102	6,53	53

Nutriments

	Campagne TEMPS SEC 20/07/2023				
	Ammonium (NH4) en mg/l	Nitrates (NO3) en mg/l	Nitrites (NO2) en mg/l	Orthophosphates (PO4) en mg/l	Phosphore total en mg/l
Ruisseau de la Biche AMONT 1	<0,05	4,10	<0,01	0,11	0,03
Ruisseau de la Biche AMONT 2	<0,05	0,72	<0,01	0,09	0,04
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC	<0,05	1,20	<0,01	0,25	0,10
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT	<0,05	0,83	<0,01	0,02	0,02
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC	3,90	1,70	0,20	1,30	0,76
P5	0,37	0,96	0,02	0,01	<0,010
P7	<0,05	1,10	<0,01	0,26	0,11
P8	<0,05	6,50	0,02	0,09	0,04
P10	<0,05	3,80	<0,01	0,08	0,08
P11	0,06	1,40	<0,01	0,21	0,08

Classe de qualité d'eau			
TRES BON	BON	MOYEN	MEDIOCRE

L'ensemble des tributaires du plan d'eau sont classés en qualité « très bonne » concernant les paramètres *in situ*. Pour les éléments nutritifs, le ruisseau de la Biche en amont 2, le ruisseau de la plaine des Moutons amont, le P5 et le P8 sont classés en « très bonne qualité ». En raison des concentrations en éléments phosphorés, les autres tributaires sont déclassés en « bonne qualité », sauf pour le ruisseau de la plaine des Moutons au niveau de la confluence avec le lac, classé en qualité « médiocre ». Sur cet affluent, les concentrations en ammonium, orthophosphates et phosphore total sont très conséquentes.

Bactériologie

		Campagne TEMPS SEC 20/07/2023	
		E. coli en UFC/100ml	Entérocoques intestinaux en UFC/100 ml
Ruisseau de la Biche AMONT 1		46	30
Ruisseau de la Biche AMONT 2		15	61
Ruisseau de la Biche - PARTIE SOUTERRAINE			
	1	<15	<15
	2	375	160
	3	7 104	<15
	4	30	<15
	5	2 445	347
	6	<15	<15
	7	215	77
	8	<15	<15
	9	15	46
	10	15	<15
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC		143	30
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT		30	30
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC		> 35 000	> 35 000
P5		30	61
P7		<15	15
P8		969	77
P10		<15	46
P11		215	161

Valeurs en vert = eau de bonne qualité bactériologique pour un usage baignade = < 100 unités/100ml (Directive 2006/7/CE)

Valeurs en orange = eau de qualité bactériologique moyenne pour un usage baignade = entre 100 et 1 800 E. coli/100ml et entre 100 et 660 Entérocoques Intestinaux/100ml (Directive 2006/7/CE)

Valeurs en rouge = supérieures aux limites autorisées pour une eau de baignade = > 1 800 E. coli/100ml et 660 Entérocoques Intestinaux/100ml (Directive 2006/7/CE)

Les résultats bactériologiques mettent en évidence des contaminations du réseau hydrographique le long du ruisseau de la Biche, notamment au niveau de l'embranchement 3 et 5. Des pollutions, bien que plus contenues sont également observables au niveau des embranchements 2 et 7.

Sur le ruisseau de la plaine des Moutons, les valeurs observées au niveau de la confluence avec le lac sont plus qu'importantes, rendant impossible le dénombrement précis (saturation de la méthode d'analyse). Ces valeurs, confortées par celles des analyses physico-chimiques, mettent en avant des apports plus que conséquents au niveau de ce tributaire. Des odeurs « d'eaux usées » ont d'ailleurs été relevées sur le terrain lors des prélèvements. Les analyses réalisées sur le même ruisseau mais en amont révèlent une eau de « très bonne qualité », témoignant de l'occurrence de la pollution au niveau des connexions souterraines de ce ruisseau avec les réseaux d'eaux usées et la présence d'une surverse. À noter que la pollution intervient MEME PAR TEMPS SEC.

Concernant les exutoires pluviaux, situés sur la berge Est du lac, des concentrations bactériologiques non négligeables sont observées sur le P8 et le P11.

Compte rendu des mesures de qualité d'eau sur les affluents du lac des Hermines Campagne par TEMPS PLUVIEUX- 4 août 2023

Dans le cadre de la révision du profil baignade du lac des Hermines, des prélèvements pour analyse de la qualité d'eau des affluents du lac ont été réalisées durant l'été 2022. Ces analyses ont mis en évidence des contaminations bactériologiques du réseau hydrographique, très certainement en lien avec les dysfonctionnements du réseau de collecte des eaux usées sur la station de Super-Besse. **La mairie a d'ores et déjà mis en œuvre de nombreux travaux de réfection des réseaux, depuis 2020. Afin d'en vérifier l'efficacité et d'identifier d'éventuels points noirs persistants, il a été planifié pour la saison 2023, 2 nouvelles campagnes de mesure sous différentes conditions météorologiques : une campagne par temps sec, traduisant des rejets directs au réseau hydrographique, et une campagne par temps pluvieux, mettant en évidence les contaminations *via* le lessivage du bassin versant.**

Le présent compte-rendu détaille les résultats de la campagne réalisée le 04 août 2023, par temps pluvieux.

Le plan d'échantillonnage mis en œuvre, conjointement par les services techniques de la commune et ATHOS Environnement, est présenté dans les figures suivantes.

Il est à noter que pour des raisons de sécurité, la partie souterraine du ruisseau de la Biche, échantillonnée par temps sec, n'a pas pu faire l'objet de nouvelles analyses. Par ailleurs, un point d'échantillonnage a été ajouté sur le ruisseau de la Biche Paillaret, débouchant dans la partie Ouest du lac, afin de traduire les apports associés aux pâturage ovin *via* le lessivage (Figure 113).

Concernant le ruisseau de la Plaine des Moutons, la campagne par temps sec avait mis en évidence une très forte contamination entre l'amont de la traversée de la station de Super-Besse et la confluence avec le lac. La mairie a ainsi entrepris une recherche de l'origine de la contamination et des travaux ont été directement mis en œuvre pour corriger les défauts identifiés sur le réseau d'assainissement. Une seconde campagne de prélèvement a été réalisée sur ce ruisseau, après les travaux, le 10 août (par temps sec). Le présent compte-rendu détaille également ces résultats.

Les échantillons ont été conditionnés immédiatement après le prélèvement pour une prise en charge le soir même par le laboratoire CARSO, accrédité COFRAC. Les analyses ont concerné les paramètres bactériologiques ainsi que physico-chimiques (nutriments azotés et phosphorés, en lien avec la problématique des cyanobactéries).

Plan d'échantillonnage



Figure 113 : Plan d'échantillonnage mis en œuvre en lien avec les réseaux de collecte (Eaux usées/Eaux pluviales) sur le bassin versant du lac des Hermines (Sources : IGN, SAFEGE, Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise, ATHOS Environnement)

Résultats

Les résultats de la campagne effectuée par temps pluvieux le 4 août 2023 sont détaillés dans les tableaux suivants. Les mesures *in situ* et physico-chimiques ont été comparées aux seuils de l'arrêté du 27 juillet 2018, définissant les classes de qualité d'eau.

Les analyses concernant spécifiquement le ruisseau de la Plaine des Moutons sont présentées par la suite.

Mesures in situ

	Campagne TEMPS PLUVIEUX 04/08/2023				
	Température °C	Oxygène dissous mg/l	Saturation en oxygène %	pH	Conductivité µS/cm
Ruisseau de la Biche AMONT 1	9,00	10,05	101	7,90	63
Ruisseau de la Biche AMONT 2	9,20	10,08	102	8,10	47
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC	10,00	10,00	102	6,40	49
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT					
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC					
P5	13,30	8,97	99	7,10	106
P8	10,90	9,34	98	7,10	110
P9	11,70	9,05	98	7,60	234
P10	10,30	9,54	99	7,80	189
P11	9,40	9,95	101	6,37	106
Ruisseau de la Biche Paillaret	8,40	10,30	102	7,03	26

Nutriments

	Campagne TEMPS PLUVIEUX 04/08/2023				
	Ammonium (NH4) en mg/l	Nitrates (NO3) en mg/l	Nitrites (NO2) en mg/l	Orthophosphates (PO4) en mg/l	Phosphore total en mg/l
Ruisseau de la Biche AMONT 1	<0,05	3,10	<0,01	0,08	0,03
Ruisseau de la Biche AMONT 2	<0,05	0,94	<0,01	0,09	0,07
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC	<0,05	0,95	<0,01	0,20	0,08
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT					
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC					
P5	0,23	2,80	<0,01	0,04	0,01
P7					
P8	<0,05	3,60	<0,01	0,06	0,03
P9	<0,05	1,00	<0,01	0,08	0,53
P10	<0,05	2,50	<0,01	0,08	0,04
P11	<0,05	1,20	<0,01	0,13	0,12
Ruisseau de la Biche Paillaret	<0,05	0,77	<0,01	0,08	0,08

Classe de qualité d'eau			
TRES BON	BON	MOYEN	MEDIOCRE

L'ensemble des tributaires du plan d'eau sont classés en qualité « très bonne » concernant les paramètres *in situ*, excepté le P11 qui présente un pH légèrement bas.

Pour les éléments nutritifs, le ruisseau de la Biche Amont 1, présente une « très bonne qualité ». Son homologue, présentant un écoulement en parallèle (Biche Amont 2), présente un déclassement en « bonne qualité » pour le paramètre phosphore, pouvant être lié au pâturage d'ovin, avec un troupeau concentré, le jour du prélèvement, à proximité de cet affluent (Figure 114).

Au niveau de la confluence avec le lac, le ruisseau de la Biche présente une concentration en éléments phosphorés plus importante qu'en amont (notamment pour les orthophosphates), traduisant ainsi des apports intermédiaires dans la partie souterraine, associés à l'assainissement.

Concernant les exutoires pluviaux, le P9 présente les concentrations en éléments phosphorés les plus conséquentes, déclassant la qualité d'eau en « médiocre ». Il est à noter que ce tributaire était à sec le 20 juillet, l'écoulement généré par la pluie début août était très faible.

Le P11 présente lui aussi des concentrations en phosphore importantes.

Comme lors de la campagne par temps sec, les concentrations en ammonium sur le P5 sont responsables d'un déclassement de la qualité d'eau, les teneurs étant plus conséquentes pour ce type d'exutoire pluvial.

Les concentrations en phosphore sur le ruisseau de la Biche Paillaret sont similaires à celles retrouvées sur le ruisseau de la Biche Amont 2, traduisant l'impact du pâturage.



Figure 114 : Photographie du troupeau d'ovins concentré à proximité du ruisseau de la Biche le jour des prélèvements (Source : ATHOS Environnement – date de prise de vue : 4 août 2023)

Bactériologie

	Campagne TEMPS PLUVIEUX 04/08/2023	
	E. coli en UFC/100ml	Entérocoques intestinaux en UFC/100 ml
Ruisseau de la Biche AMONT 1	2 297	61
Ruisseau de la Biche AMONT 2	509	15
Ruisseau de la Biche CONFLUENCE LAC	1246	61
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT		
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC		
P5	606	30
P7		
P8	633	1034
P9	46	461
P10	197	647
P11	1116	309
Ruisseau de la Biche Paillaret	4 370	232

Valeurs en vert = eau de bonne qualité bactériologique pour un usage baignade = < 100 unités/100ml (Directive 2006/7/CE)

Valeurs en orange = eau de qualité bactériologique moyenne pour un usage baignade = entre 100 et 1 800 E. coli/100ml et entre 100 et 660 Entérocoques Intestinaux/100ml (Directive 2006/7/CE)

Valeurs en rouge = supérieures aux limites autorisées pour une eau de baignade = > 1 800 E. coli/100ml et 660 Entérocoques Intestinaux/100ml (Directive 2006/7/CE)

Les résultats bactériologiques mettent en évidence des contaminations du réseau hydrographique en provenance des pistes de ski, sur le ruisseau de la Biche Amont et le ruisseau de la Biche Paillaret, ce qui corrobore les apports de phosphore mis en évidence sur ces affluents.

Des dégradations de la qualité bactériologique sont également observées sur les exutoires pluviaux P5, P8, P10 et P11.

Concernant le ruisseau de la Plaine des Moutons, les résultats des analyses menées par temps sec le 20 juillet avant travaux et celles réalisées, également par temps sec, le 4 août après intervention de la mairie, sont présentés dans le tableau suivant.

Campagne TEMPS SEC 20/07/2023 - AVANT TRAVAUX							
	Nutriments					Bactériologie	
	Ammonium (NH4) en mg/l	Nitrates (NO3) en mg/l	Nitrites (NO2) en mg/l	Orthophosphates (PO4) en mg/l	Phosphore total en mg/l	<i>E. coli</i> en UFC/100ml	Entérocoques intestinaux en UFC/100 ml
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT	<0,05	0,83	<0,01	0,02	0,02	30	30
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC	3,90	1,70	0,20	1,30	0,76	> 35 000	> 35 000

Campagne TEMPS SEC 10/08/2023 - APRES TRAVAUX							
	Nutriments					Bactériologie	
	Ammonium (NH4) en mg/l	Nitrates (NO3) en mg/l	Nitrites (NO2) en mg/l	Orthophosphates (PO4) en mg/l	Phosphore total en mg/l	<i>E. coli</i> en UFC/100ml	Entérocoques intestinaux en UFC/100 ml
Ruisseau de la plaine des Moutons AMONT	<0,05	0,93	<0,01	0,04	0,11	15	<15
Ruisseau de la plaine des Moutons CONFLUENCE LAC	<0,05	1,60	0,02	0,05	0,08	1382	61

La qualité du ruisseau de la Plaine des Moutons, à sa confluence avec le lac, présente une nette amélioration après les travaux réalisés par la mairie sur le réseau d'assainissement. Les concentrations en phosphore ont été divisées par 10 pour le phosphore total et 25 pour les orthophosphates. L'ammonium quant à lui, n'a pas été détecté lors de la campagne après travaux.

Concernant la qualité bactériologique de l'eau, les contaminations ont été fortement réduites, bien qu'une concentration non négligeable en *E. coli* soit encore observée.

Les différentes campagnes d'analyses complémentaires réalisées à l'été 2023 ont :

- Confirmé l'impact du pâturage sur la qualité d'eau, tel qu'évoqué dans la révision du profil baignade, notamment par temps de pluie. Le lessivage et le ruissellement sont d'autant plus accentués que les pentes du bassin versant sont importantes, induisant un transfert rapide au lac.
- Mis en évidence, que malgré les travaux déjà réalisés par la mairie sur le réseau d'assainissement, des contaminations persistent de manière chronique (temps sec et pluvieux) sur le ruisseau de la Biche, notamment dans sa partie souterraine (embranchement 3 et 5, détaillés dans le CR des analyses réalisées par temps sec).
- Mis en évidence de très fortes contaminations sur le ruisseau de la Plaine des Moutons par temps sec le 20 juillet (déjà observées le 11 juillet et le 17 août 2023 – page 154 de la révision du profil baignade). L'intervention de la mairie sur le réseau d'assainissement a permis de réduire les contaminations, une nette amélioration

étant observée le 10 août 2023. Il serait toutefois intéressant de renouveler les analyses, notamment par temps de pluie, pour confirmer l'efficacité des travaux.

- Confirmé que les exutoires pluviaux arrivant dans le lac sont sources d'apports en nutriments, notamment le P7, P9 et le P11, situés dans la partie Est du lac des Hermines. Ces apports pourraient être associés aux défaillances du réseau d'assainissement, évoquées dans la révision du profil baignade (programme de travaux en cours pour la réfection des réseaux vétustes sur l'avenue du Sancy). Par ailleurs, le P5, situé à proximité immédiate de la plage présentait en 2022 de fortes concentrations bactériologiques (15 205 *E. coli* le 17 août 2022). Bien que plus réduites en 2023, ces contaminations laissent supposer des apports, dont l'origine reste à déterminer. Sur ce même point, en 2023, les concentrations en ammonium ont été bien supérieures à celles observées sur les autres points.

ANNEXE 5 : FICHE DE SURVEILLANCE DE LA BAIGNADE



FICHE DE SURVEILLANCE QUOTIDIENNE DE LA BAIGNADE DU LAC DES HERMINES		Date :
Nom de la personne responsable :		
Surveillance assurée : ☐ OUI ☐ NON (Motif :		
Nom du MNS :		
Heure d'ouverture baignade :		
Signalisation en place :		
Résultats d'analyse du contrôle sanitaire		☐ OUI ☐ NON
Couleur du drapeau à l'ouverture de la baignade		☐ Vert ☐ Orange ☐ Rouge
INSPECTION GLOBALE DE LA ZONE DE BAIGNADE		
Présence de déchets sur les abords du plan d'eau :		☐ NON
☐ OUI (emplacement, type et quantité) :		☐ NON
Présence d'animaux ou de traces de passage d'animaux sur la plage :		☐ NON
☐ OUI (à détailler ci-dessous)		☐ NON
☐ Oiseaux aquatiques : Canards, cygnes, foulques, oies, cormorans, hérons, autres : Nombre d'individus observés : Traces de passage antérieures à l'ouverture (empreintes, plumes, déjections sur le sable) ☐ OUI ☐ NON Quantités anormalement élevées par rapport aux jours précédents ☐ OUI ☐ NON		
☐ Animaux domestiques (préciser) : Nombre d'individus observés : Traces de passage antérieures à l'ouverture (empreintes, déjections sur le sable) ☐ OUI ☐ NON		
☐ Rongeurs (préciser si possible) : Nombre d'individus observés : Traces de passage antérieures à l'ouverture (empreintes, déjections sur le sable) ☐ OUI ☐ NON		
Présence d'irisations sur l'eau pouvant témoigner de la présence d'hydrocarbures :		☐ NON
☐ OUI (à détailler ci-dessous) Description de l'ampleur du phénomène : évaluation de la surface concernée = ...		☐ NON
Présence de mousse pouvant témoigner de la présence de détergents (hors écume naturelle) :		☐ NON
☐ OUI (à détailler ci-dessous) Description de l'ampleur du phénomène : évaluation de la surface concernée = ...		☐ NON
Observations particulières :		☐ NON
Mortalité animale : ☐ OUI (à détailler ci-dessous) Type d'organismes : Nombre d'individus observés :		☐ NON
Mauvaises odeurs : ☐ OUI (à détailler ci-dessous) Description :		☐ NON
Remarques :		

CONDITIONS METEOROLOGIQUES

	Soleil	Soleil/nuages épars	Alternance Eclaircie Couvert sans pluie	Couverture nuageuse importante	Rares éverses	Pluie soutenue	Orage
OUVERTURE	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
FERMETURE	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

1/2





Pluie : Cumul en mm observé à la prise de poste (idéalement le matin ou sinon préciser date et heure :) : mm Vidange du pluviomètre : ☐ OUI ☐ NON		
Température de l'air : OUVERTURE :°C FERMETURE :°C		
Vent : 	OUVERTURE : ☐ Absence ☐ Légère brise ☐ Vent soutenu ☐ Vent violent en rafales Direction des vents :	FERMETURE : ☐ Absence ☐ Légère brise ☐ Vent soutenu ☐ Vent violent en rafales Direction des vents :

CARACTERISTIQUES DE L'EAU DE BAINADE		
Température de l'eau : (à quelques mètres du bord)		OUVERTURE :°C FERMETURE :°C
pH (à quelques mètres du bord, avec un appareil correctement calibré)		OUVERTURE : FERMETURE :
Transparence (disque de Secchi)		OUVERTURE : m FERMETURE : m
Aspect : ☐ Limpide ☐ Légèrement trouble ☐ Trouble		
Coloration de l'eau : ☐ Marron ☐ Verte ☐ Incolore		Changement de coloration par rapport aux jours précédents : ☐ OUI ☐ NON
Présence de mousse ou écume : ☐ OUI (préciser l'emplacement/type de mousse – cf numéro de photos ci-dessous, ou inscrire « autre ») :		☐ NON
      		
FREQUENTATION : Estimée à 16h Nombre de personnes sur le site :		Nombre de baigneurs dans l'eau :
 Contactez le responsable de l'eau de baignade si les situations à risques suivantes sont observées : - Présence de mousse ou écumes, formation de dépôts (exemples des photographies) - Mortalité animale - Coloration anormale de l'eau (verte, bleu-vert, rouge...) - Baisse brutale de la transparence de l'eau - Fréquentation de plus de 110 baigneurs - Pluie supérieure à 10 mm/jour entraînant une turbidité de l'eau		
Interventions ou observations (plaintes des baigneurs, blessures, ...) :		

ANNEXE 6 : FICHE DE COMMUNICATION D'ANOMALIES

Profil de baignade du lac des HERMINES
Surveillance – Gestion préventive
Volet assainissement collectif - Réseau eaux pluviales

Fiche de communication d'anomalie constatée

En cas d'anomalie constatée sur le réseau d'assainissement collectif ou le réseau d'eaux pluviales de Super-Besse

- Fuite/casse ou déversement sur le réseau d'assainissement de SUPER-BESSE
- Pollution via le réseau d'eaux pluviales

Contacter la personne responsable de l'eau de baignade:

Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise

Place de la mairie

63 610 BESSE et SAINT ANASTAISE

04 73 79 50 12

N° d'astreinte en cas d'absence :

Date et heure de la constatation:

Personne ayant fait la constatation:

Nature de la constatation:

Type d'anomalie:

Cause:

Durée de l'anomalie:

Localisation de la constatation :

Mesures mises en œuvre pour contenir la pollution :

Date de suppression de l'anomalie:

Remarque:

Profil de baignade du lac des HERMINES
Surveillance – Gestion préventive
Volet agricole

Fiche de communication d'anomalie constatée

En cas d'anomalie constatée concernant les activités agricoles:

- Déversement accidentel de lisiers lors du transport
- Toute autre anomalie susceptible d'engendrer des pollutions

Contacter la personne responsable de l'eau de baignade:

Mairie de Besse-et-Saint-Anastaise
Place de la mairie
63 610 BESSE et SAINT ANASTAISE

04 73 79 50 12

N° d'astreinte en cas d'absence :

.....

Date et heure de la constatation:

Personne ayant fait la constatation:

Nature de la constatation:

Type d'anomalie:

Cause:

Durée de l'anomalie:

Localisation de la constatation :

Mesures mises en œuvre pour contenir la pollution :

Date de suppression de l'anomalie:

Remarque:

ANNEXE 7 : FICHE « INFORMATION FERMETURE DE BAIGNADE »



INFORMATION BAIGNADE

Aujourd'hui l'eau de baignade est potentiellement de mauvaise qualité. Par précaution, la baignade est provisoirement fermée, dans l'attente des résultats d'analyse qui conditionnent sa réouverture. Merci de votre compréhension.

Baignade provisoirement interdite

Arrêté municipal

ANNEXE 8 : FICHE « GESTION D'UNE POLLUTION »

GESTION D'UNE POLLUTION		Fiche n°
ENCLICHEMENT DE LA PROCEDURE		
Date et heure de l'ouverture de la fiche :		
Type de procédure : - pollution à court terme anticipée - pollution non anticipée		
Source et origine de l'alerte :		
Mesures correctrices contre la pollution :		
Indicateur(s) retenu(s) : <i>Uniquement en cas de pollution à court terme anticipée</i>		
INFORMATION DU PUBLIC ET FERMETURE DE BAINADE		
Références de l'arrêté d'interdiction de baignade (copie jointe) :		
Date et heure d'affichage :		
Lieux d'affichage :		
INFORMATION DES AUTORITES SANITAIRES		
Heure d'envoi à l'ARS :		
Mode de transmission :		
Coordonnées du bureau des risques sanitaires de l'ARS Agence régionale de santé Auvergne Rhône Alpes Délégation territoriale du Puy-de-Dôme 60, avenue de l'Union Soviétique 63 000 CLERMONT FERRAND 04 81 10 61 00 ars-dt63-risques-sanitaires@ars.sante.fr		
ANALYSES BACTERIOLOGIQUES		
Laboratoire contacté :		
Heure d'analyse :		
Résultats de l'analyse (copies jointes) :	E.Coli/100ml	Entér./100ml
	Conformité	
DECISION		
	Réouverture	Maintien de la Fermeture
Motif :		
Date et Heure :		

GESTION D'UNE POLLUTION :

Annexe en cas de non-conformité des premières analyses bactériologiques

Fiche n°

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES SECONDAIRES

Laboratoire contacté :			
Heure d'analyse :			
Résultats de l'analyse (copies jointes) :	<i>E. Coli/100ml</i>	<i>Entér./100ml</i>	<i>Conformité</i>

DECISION

	Réouverture	Maintien de la Fermeture
Motif :		
Date et Heure :		