

EUTROPHISATION et CYANOBACTERIES : va t'on vers les baignades interdites et la fermeture de captages?

Les cyanobactéries que l'on trouve dans les plans d'eau sont dites « **planctoniques** » et ce sont bien des bactéries, mais assez exceptionnelles !!

En effet elles sont capables de **photosynthèse** comme les végétaux, donc de production d'oxygène O₂ et de sucres à partir du CO₂. Ce sont elles qui il y a 2.5 Mds d'années ont permis peu à peu l'apparition de l'O₂ sur la terre, dont l'atmosphère contenant surtout de l'azote N₂ inerte et du CO₂ d'origine volcanique. Elles possèdent des **pigments** et sont colorées en jaune, vert, bleu, rouge...elles ont des tailles très variables.

Certains éléments (hétérocystes) font partie des bactéries capables de **capter l'Azote N₂ de l'air**, bouclant ainsi le cycle de l'azote entre les formes gazeuses et terrestres : différents genres de bactéries sont présents dans le sol, d'autres sont associées à des mycorhizes des légumineuses ou fabacées, plantes ou arbres (genre *Rhizobium*), ce même genre fait partie du microbiote des lichens (symbiose champignon algue), d'autres sont associées aux racines inondées des aulnes (genre *Frankia*) etc...[1]

Elles ont tendance à former des **filaments** et à se développer de cette façon, pouvant générer une biomasse très importante, dans certaines conditions et à une température favorable, on appelle cela **l'efflorescence : bloom** en anglais, à partir du fond de l'eau en montant vers la lumière (fig 1). La présence de nutriments est un facteur important, ainsi un plan d'eau oligotrophe (peu de nutriments) n'est pas favorable à leur croissance alors qu'un plan d'eau eutrophe l'est, suite à la présence surtout d'azote et de phosphore (citation p 5, [ANSES]).

Une désagrégation spontanée de cette structure filamenteuse se produit plus ou moins rapidement sous l'effet de facteurs abiotiques (refroidissement de l'air, pluie qui déstabilise et refroidit l'eau etc..) et biotiques (consommation par zooplancton, crustacés, mais aussi bactéries, virus, parasites et même champignons.....[2].

En période hivernale et sur plusieurs années elles ont une **capacité de survie très importante** au fond de l'eau grâce à une forme de spore minimaliste, l'akinète qui peut redonner une forme active dans des conditions favorables, parfois longtemps après. La présence de ces akinètes dans les sédiments des plans d'eau constitue « une véritable mémoire ».

Cycle annuel des cyanobactéries

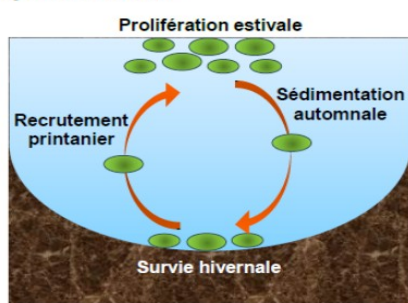


Fig 1

D Latour. 2015. -

« Les proliférations cyanobactériennes :
dynamique spatio-temporelle et
interactions eau-sédiment sur la retenue de
Grangent »

Ainsi l'équipe locale cyanobactéries dirigée par Delphine Latour (LMGE Laboratoire Microorganismes Génome Environnement, groupe IRTA : Interactions in Aquatic Food Webs) a pu étudier des cyanobactéries dans des carottes de sédiments du lac d'Aydat et a retrouvé des akinètes -pas forcément viables- mais présents depuis des milliers d'années [3]. Ceci parmi de nombreux travaux scientifiques sur les cyanobactéries réalisés à Clermont Fd.

Il faut rappeler bien sur que **des genres de cyanobactéries sont dits « toxigènes »** car ils produisent dans certaines conditions des **toxines**, qui ne sont pas compatibles avec la baignade [4] et ceci explique la surveillance ARS. C'est à l'occasion de leur prolifération qu'il y a une dangerosité. L'ARS gère la surveillance sur le département avec différents acteurs de terrains

Par ailleurs, les efflorescences vont contribuer à l'eutrophisation des plans d'eau en enrichissant le milieu en molécules organiques et en diminuant la luminosité et l'oxygénation en profondeur.

Nous avons pu faire une étude rétrospective sur 9 années de suivi sur nos 24 plans d'eau entre 2 protocoles différents préconisés par l'ANSES qui actualise et coordonne au niveau national la conduite à tenir sur cette problématique sanitaire

En tant qu'association de protection de la nature, nous avons effectué ce travail non dans un but réellement scientifique sur les cyanobactéries, car nous n'en avons pas les compétences, mais c'est pour nous un moyen d'avoir une idée des **problèmes d'eutrophisation dans différents secteurs de notre département où se trouvent les plans d'eau, par ailleurs dans le contexte du changement climatique.**

En effet la présence de cyanobactéries témoigne à la fois de circonstances météorologiques favorables et de la présence de nutriments dans l'eau (citation ANSES 2020 : « Les proliférations de cyanobactéries planctoniques surviennent principalement dans les eaux stagnantes (plans d'eau et rivières très lentes) eutrophisées. Elles nécessitent en effet, pour soutenir la production de biomasse, des concentrations élevées en phosphore (P) et en azote (N) dont les apports, directs ou indirects, peuvent avoir des origines multiples et diverses (*par exemple effluents d'élevage, compost, boues de station de traitement des eaux usées, engrais épandus sur les sols, rejets d'eaux usées insuffisamment traités, lessivage des sols lors d'épisodes pluvieux importants*). La réduction des apports de phosphore et d'azote dans les eaux de surface reste aujourd'hui la seule façon durable de protéger et/ou de restaurer ces écosystèmes vis-à-vis des proliférations de cyanobactéries planctoniques ».

Matériel et méthodes

Ce travail a été mené au départ dans le cadre d'un stage de M1 en 2023 effectué par Martin, puis nous l'avons complété jusqu'en 2025.

1) Les plans d'eau

Dans le cadre du M1, nous avons recherché différentes données sur les 24 plans d'eau officiellement destinés à la baignade dans le 63 :

- altitude (entre 282 m et 1283 m)
- profondeur maximum (entre 3 m et 85m) et surface (entre 0.4 ha et 400 ha), pour avoir une idée très approximative du volume d'eau
- mode d'alimentation, à l'aide de géoportail ou IGN (cours d'eau directement, sinon dit indirect = nappe, écoulements en tête de bassin ou zone humide, prises d'eau...)

Et données environnementales

- « secteurs » autour du plan d'eau (prairies, boisements, cultures, présence d'une agglomération...) également à l'aide de géoportail.

- Pour l'évaluation de la surface totale et l'analyse des secteurs du Bassin Versant BV, nous nous sommes appuyés sur des données fournies par ATHOS Environnement, que Martin a complété lui même (QGIS) pour certains plans d'eau.

Nous avons ainsi réalisé le tableau synthétique ci dessous (**tableau 1**).

Par la suite, nous avons consulté **les fiches très détaillées** rédigées par Athos Environnement Clermont Ferrand (quelques unes par GéoNAT Limoges) concernant chaque plan d'eau : leur historique, leurs caractéristiques géographiques, pluviométriques et environnementales (analyse du bassin versant, alimentation du plan d'eau et apports nutritifs). Elles figurent dans le site de baignade de l'ARS : <https://baignades.sante.gouv.fr/baignades/> pour chaque plan d'eau (manquent Ambert qui a arrêté la baignade en 2022, Servant et Chabreloche).

Tableau 1 : plans d'eau surveillés entre 2014 et 2022

BV = Bassin Versant Profils : B = boisements (forêts ou parcelles boisées suite à déprise et friches), C = Cultures, P = Prairies, U = Agglomérations **Autour du lac** : B= Boisements, P= Prairies, Artif = Aménagements, U = Agglomération

NO = données non obtenues

	NOM	Nbe plages (Création)	Commune(s)	SURF (ha)	ALT (m)	PROF MAX	Alimentation	BV (ha) Surface	BV Profils	Autour du Lac
1	AMBERT	1	AMBERT	5	524	3	Nappe la Dore	920	B>>P>C>U	Artif - U
2	ANSCHALD plan d'eau	1 (1986)	BROMONT LAMOTHE PONTGIBAUD	33	660	5	Prise d'eau Sioule ZH	250	U>P>C>B	P - B
3	AUBUSSON D'AUVERGNE	1 (1990)	AUBUSSON D'AUVERGNE	26	410	11	Ruisseau le Couzon	4600	B>>P>C>U	B
4	AYDAT lac	1 Naturel	AYDAT	59	837	15	La Veyre	3000	P=C>>B>U	Artif - B - P U
5	BANNE PRE COHADON plan d'eau	1 (1995)	MURAT LE QUAIRE	2	1096	3	Ruisseau la Ganne et excès captages de Paillères	134	P=B>>U	Artif - Village
6	CHABRELOCHE plan d'eau	1 (?)	CHABRELOCHE	NO	636	NO	Ruisseau Le Sabot (à coté)	1260	B>>P>>C>U	Artif - U
7	CHAMBON lac	2 Naturel	CHAMBON MUROL	53	873	4	Couzes Chaudfour et Surains	3500	P>B>>U	B - P - Artif - U
8	COURNON plan d'eau	1 (1980)	COURNON	8	317	6	Ancienne gravière, nappe Allier	536000	NO	Artif - U
9	CUNLHAT plan d'eau	1 (1995)	CUNLHAT	4	679	4	Ruisseau Mende Mondoux à coté	1076	B>P>>C>U	P - U
10	FADES retenue	3 (1969)	MIREMONT ST JACQUES d'AMBUR	400	504	61	Sioule et Sioulet, ruisseaux locaux	150 000	B>P>>U>C	P - B
11	HERMINES lac	1 (1966)	BESSE (Super Besse)	9	1283	10	Tête de bassin, 4 ruisseaux	370	P>>B>U	Artif - U
12	ILOA plan d'eau	1 (2012)	THIERS	7	282	7	Ancienne sablière nappe Dore	111	P>U>B>C	Artif - U
13	LAPEYROUSE plan d'eau	1 (1986)	LAPEYROUSE	10	492	6	Ruisseau Sallans	350	P>C>U	P - U
14	LAQUEUILLE plan d'eau	1	LAQUEUILLE	0.4	892	NO	Miouze proche	600	P>>B>U	Artif - P
15	LA RIBEYRE plan d'eau	1 (1996)	SAINT VICTOR LA RIVIERE	2	648	3	Ruisseau à coté Planchette	1245	P>>B>U	P - U
16	LA TOUR D'AUVERGNE	1 (1970)	LA TOUR D'AUVERGNE	5	627	3	2 ruisseaux, Burandou proche	90	B>P>U	Artif - P - U
17	PHILIPPE Etang	1 (1980)	SAINT GERVAIS D'AUVERGNE	10	680	5	Captage de sources ruisseau	109	P>>C>U>B	P - U
18	ROZIERS étang	1 (1998)	SAVENNES MESSEIX	4	800	NO	Ruisseau Béal des Roziers	240	P>B>>U	P - B
19	SAINT ANTHEME	1 (2007)	SAINT ANTHEME	3	917	3	Prise d'eau dans chenal de l'Ance	5787	P=B>>U	P - U
20	SAINT ELOY plan d'eau	1 (2014)	SAINT ELOY LES MINES	17	483	14	Ruisseau des moulins/Mine	600	P>B>U>C	Artif - U
21	SAINT REMY Les Prades	2 (1996)	SAINT REMY SUR DUROLLE	10	650	9	ruisseau des Goyons, autres	350	B=P>>C>U	Artif - U
22	SERVANT La Prade	1 (NO)	SERVANT	9	556	8	Ruisseau de la Sillarde	430	P>>C>B=U	P - Artif
23	TAZENAT Gour	1 Naturel	CHARBONNIERES LES VIEILLES	33	630	65	Nappe souterraine Ruisseaux courts	237	P>>B>U>C	B - P
24	VERNET plan d'eau	1 (1970)	VERNET CHAMEANE	3	787	7	Ruisseau affluent du Pouchon	160	P>B>U	B - Artif - U

Pour être plus précis sur les aspects nutritifs, ces fiches développent les **apports externes** (« charges externes », en fait les apports liés à l'assainissement et à l'activité agricole) et la « **charge interne** », appelée parfois « mémoire du plan d'eau », concernant des éléments du sédiment, dont la présence de formes de survie des cyanobactéries).

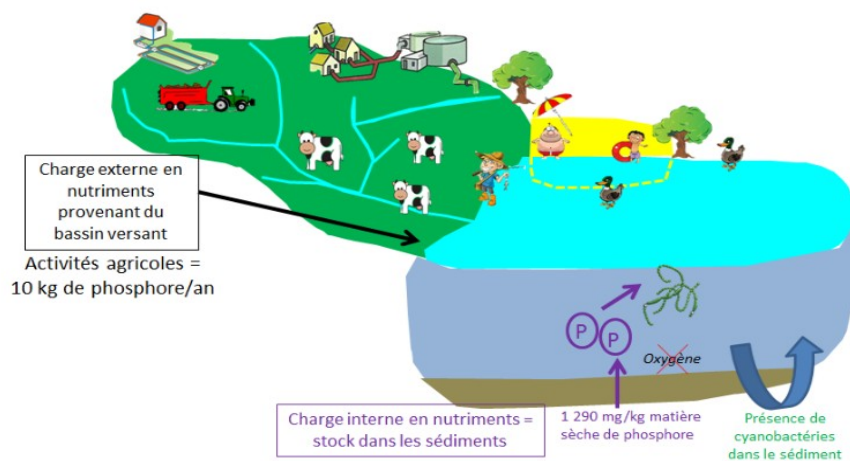


Figure 61 : Schématisation des causes probables de développement des cyanobactéries (Source : ATHOS Environnement)

Fig 2

Exemple d'une fiche ATHOS sur les différentes charges en nutriments d'un plan d'eau

2) organisation de la surveillance sanitaire des cyanobactéries dans les plans d'eau

L'ARS nous a fourni des données Excel très complètes, les résultats quantitatifs des numérations globalement et par genres.

L'ARS nous a ensuite accompagnés dans la réflexion sur la synthèse des données avec l'étudiant de M1, nous avons choisi de commencer en 2014 et de terminer en 2022, pour bénéficier d'une méthode reproductible et de résultats homogènes.

En effet, la mise en évidence des cyanobactéries se faisait initialement par une numération des genres observés. **En 2014**, l'ANSES recommandait de ne comptabiliser que les espèces susceptibles de libérer des toxines, dites « toxigènes » et de déclencher un dosage de microcystine en cas de nombre supérieur à 100 000/ml. **En 2022**, suite à l'avis et l'actualisation par l'ANSES [4] qui démontrait une hétérogénéité des données selon les régions, il est désormais préconisé de commencer par un dosage de chlorophylle a, marqueur de photosynthèse, qui en cas d'augmentation induit une numération des toxigènes, dont le résultat est exprimé en biovolume tenant compte de l'hétérogénéité de la taille des cyanobactéries et ensuite des dosage de toxines, protocole qui a commencé en 2022 sur 4 de nos plans d'eau. Notre étude finalement arrivait au bon moment.

Durant notre protocole, c'est la société ATHOS Environnement Clermont-Ferrand qui gérait les numérations et l'identification et le groupe CARSO Lyon qui gérait les prélèvements et certaines analyses. Martin a assisté à des prélèvements de routine (fréquence : tous les 15 jours, sauf si suspicion de problèmes, toutes les semaines, ceci de fin juin à début septembre) :



Fig 3 : Aperçu du matériel pour les prélèvements de routine (CARSO):

- 1) canne de prélèvements, 2) Thermomètre et pH mètre
- 3) Disques de Secchi pour mesurer la transparence de l'eau

Prélèvements effectués en 3 points du site de baignade, avec 2 cannes et dans le premier mètre de profondeur. Puis les prélèvements sont réunis et redistribués dans différents flacons, pour les différentes explorations.

photo Martin Repis

Lors du stage, Martin a effectué une synthèse des résultats quantitatifs supérieurs à 100 000/ml des cyanobactéries toxigènes par année de 2014 à 2022 et pour chaque plan d'eau.

Pour les années suivantes 2023, 2024 et année 2025 en cours, nous avons récupéré les données sur le site officiel des baignades : <https://baignades.sante.gouv.fr/baignades/navigMap.do?idCarte=fra>. Avec des réserves sur ces données récupérées au fur et à mesure, puisqu'il n'y a pas de traces des épisodes. Ces dernières données ne sont pas quantitatives et sont moins fiables que les précédentes.

Pour la période 2014-2022, nous avons ultérieurement étudié pour chaque plan d'eau la répartition des genres toxigènes (voir tableau 2), en sélectionnant dans les tableaux Excel une présence minimale de 20 000 cellules par ml et pu établir une sorte de profil du plan d'eau pour la période étudiée.

Tableau 2 : genres des cyanobactéries réputés toxigènes identifiés dans les plans d'eau (les initiales sont les têtes des colonnes du tableau excel de l'ARS)

<i>Sous réserve, modifications possibles depuis le rapport de l'ANSES en 2020 soit de la taxonomie, soit de la notion de toxigénèse</i>	
K = ANABAENA SP L = ANABAENOPSIS SP M = APHANIZOMENON SP N = APHANOCAPSA SP O = APHANTHECE SP P = CHROOCOCCUS SP Q = COELOMORON SP R = COELOSPHAERIUM SP S = CYANOBIUM SP T = CYANOCATENA SP U = CYANODICTYON V = CYLINDROSPERMOPSIS SP W = DOLICHOSPERMUM SP X = LEMMERMANNIELLA SP Y = LIMNOTHRIX SP Z = MERISMOPEDIA SP	AA = MICROCYSTIS SP AB = OSCILLATORIA SP AC = PLANKTOLYNGBYA SP AD = PLANKTOTHRIX SP AE = PSEUDANABAENA SP AF = RHABDODERMA SP AG = RHAPHIDIOPSIS SP AH = ROMERIA SP AI = SNOWELLA SP AJ = SPIRULINA AK = SYNECHOCOCCUS SP AL = SYNECHOCYSTIS SP AM = WORONICHINIA SP

Résultats

Lors de notre travail, nous n'avons pas du tout abordé les aspects de température et de pluviométrie, nous ne disposons pas de données et c'était beaucoup pour ce stage de M1. Cependant elles sont développées dans les fiches ATHOS.

Le tableau 3 récapitule par année le nombre d'atteintes des plans d'eau, lors de l'étude 2014-2022 et les 3 années suivantes.

Nous pouvons observer **l'augmentation des atteintes avec les années**, avec des **pics certaines années** (11 sur 24 en 2018 et 13 sur 20 en 2022) et une année intermédiaire plus faible (2019). Des températures estivales (ou printanières) inhabituelles sont peut être en cause.

Pour les dernières années, on remarque que **les atteintes estivales ne sont pas réparties régulièrement** sur la courte période de prélèvements (fin juin à début septembre) : ainsi en 2024, le mois de juillet a été pluvieux et frais et il n'y a eu des atteintes qu'en Août, dont 3 la dernière semaine. Cette année 2025, une canicule fin juin a entraîné des atteintes précoces qui soit se sont arrêtées, soit se sont poursuivies toute la saison et de même fin Août sont apparues de nouvelles atteintes.

Par ailleurs le changement de protocole pour améliorer sensibilité et reproductibilité peut aussi modifier « la sensibilité » de la détection, qui est déclenchée par un dosage de chlorophylle a, mais ceci n'est pas dans notre domaine de compétence.

**Tableau n°3 : plans d'eau atteints entre 2014 et 2022 (données ARS)
et ensuite 2023, 2024, 2025 (données suivi site public)
(voir numéros des plans d'eau dans tableau 1)**

Année étude	Nombre plans d'eau exclus	Nombre plans d'eau atteints	Plans d'eau atteints (voir tab 1)	Année ensuite	Nouveau protocole Nombre plans d'eau atteints	Plans d'eau atteints (voir tab 1)
2014	0	0			Données suivi site baignade officiel (23 plans d'eau, Ambert arrêté), (1^{er} juillet à 31 Août), nouveau protocole	
2015	0	1	8	2023	8	3,9,10,13,15,19, 21,22
2016	0	2	8, 23			
2017	0	6	1,4,8,12, 21,22	2024	10 toutes en Août	3, 7, 9, 13, 17,19, 20, 21, 22, 24 (3 fin Août)
2018	0	11	1,4,8,9,10,11,15, 21,22,23,24			
2019	1	3	8,9,17	2025	8 (5 début juillet : dont 2 toute la saison et 1 fin Août, 3 fin Août)	7, 8, 10, 13, 16, 17, 20, 22
2020	2	6	1,13, 16,17,19, 23	Données sous réserves : un épisode peut passer inaperçu si on ne regarde pas très régulièrement le site et application du nouveau protocole 2022 (4 plans d'eau ont déjà bénéficié en 2022 de ce protocole et pas été inclus dans l'étude rétrospective).		
2021	0	5	1, 11,16, 18, 22			
2022	4 autre protocole	13	1,4,5,6,8,7,9,11,15,16, 17,21,22			

Le tableau 4 confronte les résultats des atteintes de cyanobactéries par plan d'eau en termes **quantitatifs** (nombres d'années de présence entre 2014 et 2022, avec nombre d'épisodes par année et nous avons extrapolé en nombre de jours d'interdiction de baignade en supposant que chaque épisode interrompait ces baignades pendant une semaine, ce qui est discutable sans doute) et **qualitatifs** (les 3 genres les plus représentés par plan d'eau sur la période 2014-2022), avec différentes données du tableau 1 sur les plans d'eau.

Pour cela nous avons repris ces données en les simplifiant.

- **pour les données géomorphologiques**, nous avons établi arbitrairement des **seuils en gras** pour voir si certains critères différaient entre les plans d'eau les plus atteints et les moins atteints (> 600 m pour l'altitude, > 10 ha pour la surface et profondeur max > 5 m).

- concernant la **capacité de renouvellement**, les critères choisis sont la surface du BV (seuil > 1000 ha), et le mode d'alimentation (en considérant le mode d'alimentation principal, puisque plusieurs modes sont possibles), par le terme **D = directe** (barrage, ou déversement direct d'un cours d'eau) et **I = indirecte** (dérivation, nappe d'accompagnement, prise d'eau, captage). L'alimentation indirecte par une nappe peut favoriser une relative filtration des polluants dans les alluvions, qui va partiellement protéger le plan d'eau.

Ceci est très réducteur par rapport aux fiches ATHOS qui étudient ce paramètre de façon beaucoup plus complète (volume du plan d'eau, temps de résidence de l'eau etc....)

Tableau 4 : Relations présence/genre des cyanobactéries et caractéristiques des plans d'eau correspondants entre 2014 et 2022

Nombre années de présence	PLAN D'EAU Commune	Episodes (jours)	Géomorphologie			Capacité renouvellement		Facteurs environnementaux		Genres principaux
			ALT m	SURF ha	PROF m	Taille BV en ha	Alim	Profil BV	Autour du lac	
6	COURNON (1)	6 228	317	8	6	536 400	I	<i>NO</i>	AU	V>AC>AL
5	AMBERT (2)	6 100	524	5	3	920	I	B > PC	AU	N= W >O
4	HERMINES Besse	4 140	1283	9	10	370	D	P > B	AU	O> AE >N
	SERVANT	4 66	556	9	8	430	D	PC>>BU	PA	AM>Z>M
3	AYDAT (3)	3 39	837	59	15	3000	D	PC>>BU	AUB ZH 2016	AE>K=O
	CUNLHAT	5 58	679	4	4	1076	D	B>PC	PU	N>AL>Z
	LA TOUR d'AUVERGNE	3 66	627	5	3	90	D	B>P>U	PAU	N> W >T
	St REMY sur DUROLLE	3 28	650	10	9	350	D	B=P	AU	O>T=AL
	TAZENAT (3) Charbonnières	3 51	630	33	65	237	D	PC>>B	BP	O> AD >AL
2	PHILIPPE St Gervais d'Auv	2 59	680	10	5	109	I	PC>>U>B	PU	AL> W =T
	LA RIBEYRE St Victor la rivière	4 37	648	2	3	1245	I	P>>B	PA	T>AL>Z
	Le VERNET la Varenne	2 31	787	3	7	160	I	P>>B	BP	N>O>T
1	BANNE Murat Le Quaire	1 7	1096	2	3	134	D	P=B	AU	N>O
	CHABRELOCHE	1 25	636	<i>NO</i>	<i>NO</i>	1260	I	B>>P>>C>U	AU	N, Z
	CHAMBON Chambon, Murol	1	873	53	4	3500	D	P>>B	BPAU	N>O> Q
	ILOA Thiers	1 7	282	7	7	<i>NO</i>	I	<i>NO</i>	AU	Z>T>N
	FADES Miremont, St Jacques (4)	3 à 5 15 à 22	504	400	61	150 000	D	B>P	BP	Y>AE>K
	LAPEYROUSE	1 31	492	10	6	350	D	P=C	PU	Z>N
	ROZIERS Savennes	1 7	800	4	<i>NO</i>	<i>NO</i>	D	<i>NO</i>	PB	Z>T>N
	ST ANTHEME	1 7	917	3	3	5787	D	P=B	PU	O>Z
0	ANSCHALD Bromont Lamothe	0	660	33	5	250	I	PC>U	PB	O>N
	AUBUSSON D'AUVERGNE	0	410	26	11	4600	D	B	AP	N>O=Z
	LAQUEUILLE	0	892	0.4	<i>NO</i>	600	I	P>>B>U	AP	N, O...
	ST ELOY LES MINES	0	483	17	14	600	I	PC>>BU	AU	N, O..

tableau n° 4 . Légendes

AN : nombre d'années avec atteintes entre 2014 et 2022

Jours = jours de fermeture suite à une concentration de plus de 100 000 cyanobactéries toxigènes/Episodes/ ceci sur l'ensemble des années de présence

Données géomorphologiques

ALT : altitude en m (valeurs en gras > ou égales à 600 m)

SURF : surface en ha (valeurs en gras > ou égales à 10)

PROF : Profondeur maximale en m (valeurs en gras > ou égales à 5)

Capacité renouvellement

- surface du bassin versant (BV) en ha (valeurs en gras >1000 ha)

- alimentation : **D** directe (cours d'eau : barrage ou déversement direct) ou **I** indirecte (dérivation d'un ruisseau ou nappe alluviale, prises d'eau ou captage.....)...

Facteurs environnementaux

- profil du bassin versant (BV) obtenu avec OGIS :

P = Prairies, C = Cultures

B = boisements (forêts ou boisements près déprise)

U = zones urbanisées ou agglomérations

En gras secteur prédominant

- alentours du lac (Géoportail satellite)

A = Artificialisation, aménagements

B = boisements (forêts ou boisements près déprise)

P = prairies

U = zones urbanisées

En gras secteur prédominant

NO= non obtenu

Genres

principaux genres observés entre 2014 et 2022 par plan d'eau, seuls les 2 ou 3 plus fréquents sont cités. (pour les abréviations voir tableau 2)

Commentaires

1- nombreux aménagements pour améliorer à Cournon, rien depuis 2019

2- abandon après 2022

3- depuis 2016 2017 aménagements alentour (ZH sur la Veyre pour Aydat et gestion agricole stricte pour le Gour de Tazenat), rien depuis 2019

4- résultats complexes pour les Fades, prélèvements et résultats différents selon les plages

- Pour les **facteurs environnementaux** (BV et proximité), nous avons mis en gras les secteurs principaux. L'analyse des profils des BV permet de repérer les sources des nutriments par secteurs, les cours d'eau d'alimentation du plan d'eau sont à considérer bien sur, ainsi que leurs affluents.

La proximité du plan d'eau joue aussi un rôle, des eaux pluviales se déversent parfois directement ou en amont, avec les polluants possibles (exemple hydrocarbures, parfois polluants des eaux usées mal séparées etc...). Les surfaces artificialisées favorisent cela.

Les apports en nutriments azote N et phosphore P principalement (« charge externe ») proviennent :

- de secteurs habités **U**: suite à un assainissement insuffisant des eaux usées (assainissement collectif ancien pour les agglomérations, assainissement non collectif ANC non conforme pour les habitats dispersés). Les contrôles effectués sont décrits dans les fiches ATHOS, des améliorations sont en cours globalement.

Un humain émet par jour entre 12 et 15 g d'Azote par jour et 2 à 4 g de Phosphore par jour

- de secteurs agricoles **P** et **C** : suite à des épandages de lisier dans les prairies (soit après la mise à l'abri du bétail l'hiver, soit toute l'année en lien avec des élevages intensifs).

Ils proviennent aussi du pâturage, mais de façon moins importante, en raison du piétinement lors de l'abreuvement de bétail pâturant en tête de bassin sur des écoulements ou ruisselets qui iront alimenter en aval les cours d'eau.

On évalue la quantité de N et P par UGB : Unité Gros Bétail (une vache laitière étant l'unité UGB, un jeune bovin représentant autour de 0.8, un porc 0.4, une brebis 0.15 UGB, une poule 0.015 etc..) et 1 UGB libère par jour 200g de N et 44 g de P (en gros !! ceci dépend aussi des espèces). Tout ceci est développé dans les fiches ATHOS ainsi que les solutions pratiques.

La fertilisation des cultures est aussi à considérer.

Il faut rappeler qu'il existe d'autres sources de P : érosion naturelle et normale des sols, favorisée par les pentes, le P étant adsorbé sur les particules du sol, et autres sources comme les feux d'artifice. ..

- **Pour les genres de cyanobactéries** : nous avons pour chaque plan d'eau souvent entre 6 et 10 genres différents à plus de 20 000/ml. Arbitrairement nous avons choisi de n'indiquer que les 3 principaux. Certains genres sont très ubiquitaires : *aphanothece*, *aphanocapsa*, *merismopedia*. Inversement, d'autres présentent une relative spécificité (en rouge une seule fois observation et en noir 2 sur l'ensemble de nos plans d'eau); Nous avons confronté aux fiches ATHOS réalisées à différentes dates, nous n'avons pas forcément retrouvé ces spécificités.

Nous les avons retrouvées pour Cournon avec les genres *cylindrospermopsis* et *plaktolyngbia*, pour Tazenat avec le genre *planothrix*, les Hermines avec le genre *pseudanabaena* et les Fades avec le genre *limnothrix*.

Nous présentons ces résultats mais n'irons pas plus loin dans leur analyse, car nous sortons de notre domaine de compétence.

Il s'avère que si on compare les plans d'eau les plus atteints et les moins atteints, aucun critère n'apparaît déterminant. Ceci est bien connu. Mais en pratique chaque plan d'eau a ses particularités que nous allons très rapidement évoquer, en partant des plus atteints sur la période 2014-2022 aux moins atteints.

Les fiches ATHOS nous ont aidés à analyser ces résultats : les apports de nutriments sont décrits (**charge externe**). Si on regarde les dates de création du tableau 1 (la majorité entre 1970 et 1998, 3 en 2007, 2012 et 2014), tous les plans d'eau artificiels sont relativement anciens et existaient avant d'avoir été sites de baignades officiels. Ils ont donc tous une certaine charge interne ou « **mémoire de plan d'eau** ». Ainsi leurs sédiments contiennent très souvent un **excès de phosphore** (suite à l'érosion des sols et à l'usage excessif des phosphates jusque vers les années 1990-2000, voire au-delà...), mais aussi des **formes de survie des cyanobactéries** susceptibles de réapparaître. Il s'avère que chaque fois que des dosages de phosphore ont été réalisés dans les sédiments, ils montraient un excès...au fond des lacs naturels comme des plans d'eau artificiels...

COURNON 6 années (2015 à 2018 puis 2022) (problème ponctuel 2025) : ce plan d'eau alimenté par la nappe d'accompagnement de l'Allier est donc en lien étroit avec celle-ci. Or les communes qui précèdent celle-ci sur son cours ainsi que la commune elle-même sont dites « vulnérables aux nitrates », conformément aux directives nitrates (c'est à dire que les dosages de nitrates sont trop élevés dans les eaux superficielles et ceci depuis plusieurs années). Devant les nombreuses atteintes observées, des mesures énergiques et curatives ont été prises pour améliorer la qualité du plan d'eau (radeaux végétalisés, rideaux de bulles et cascade pour diminuer et éloigner les nutriments de la zone de baignade).

AMBERT 5 années (2017 à 2022) : ce plan d'eau est alimenté par la nappe d'accompagnement de la Dore dont la qualité est correcte en amont (BV surtout forestier). Mais il est à proximité d'une agglomération importante dont l'assainissement est en cours de rénovation. En 2023 ce plan d'eau n'est plus un site de baignade.

HERMINES à Super Besse 4 années (2018, 2019, 2021, 2022) : ce plan d'eau est en tête de bassin versant et reçoit des écoulements venant des crêtes et traversant des pâtures en pente, réunis en 4 ruisseaux dont 2 passent sous la station de Super Besse, créée dans les années 1960. Des bassins de décantation sur les affluents ont été nécessaires en raison de l'apport de sédiments avant leur déversement dans le plan d'eau, ils doivent être curés régulièrement. Par ailleurs, depuis 2020 la correction petit à petit des problèmes d'assainissement, liés au vieillissement des structures de la station, a entraîné une nette amélioration de la situation.

SERVANT 4 années (2017, 2018, 2021, 2022) puis 2023, 2024 et 2025): plan d'eau alimenté par un ruisseau dans une zone plutôt agricole, dont nous reparlerons.

AYDAT 3 années (2017, 2018 et 2022) : alimenté par la Veyre venant de Pessade, ce lac est très étudié par les scientifiques locaux, la présence de cyanobactéries est très ancienne [3]. Une association locale Aquaveyre s'est battue depuis longtemps pour améliorer la qualité de l'eau, d'autres partenaires ont pris le relais et le SMVVA a pris en charge la restauration d'une zone humide à l'entrée de la Veyre dans le lac, avec une belle réussite.

TAZENAT à Charbonnières les vieilles, 3 années (2016, 2018, 2020) : une gestion agricole rigoureuse dans cette commune agricole vulnérable aux nitrates a permis de ne plus avoir d'atteintes.

Pour plusieurs autres plans d'eau atteints, on observe des points communs :

Les BV présentent des pentes importantes, favorisant des ruissellements importants souvent sur des sols peu perméables, avec à la fois un contexte agricole et des insuffisances d'assainissement liés à la dispersion des habitats :

CUNLHAT 3 années (2018, 2019 et 2022)

LATOUR D'AUVERGNE 3 années (2020, 2021 et 2022) et 2025

ST REMY /DUROLLE 3 années (2017, 2018 et 2022)

ST VICTOR LA RIVIERE 2 années (2018, 2022) et 2023

Pour d'autres le contexte agricole est très marqué,

ST GERVAIS D'AUVERGNE 2 années (2020, 2022) et 2024, 2025.

Des aménagements ont dus être faits en amont

LE VERNET 2 années (2018, 2019) et 2024 ;

Des vidanges ont été nécessaires et il a fallu faire des bassins de décantation.

D'autres plans d'eau avaient eu une seule atteinte entre 2014 et 2022

Puis n'en ont plus eu : Banne d'ORDANCHE, CHABRELOCHE, ILOA, ROZIERS, ST ANTHEME)

D'autres en ont eu ensuite :

- **CHAMBON (2022)** puis 2024 et 2025 : lac naturel alimenté par 2 Couzes, dans un BV pentu avec des écoulements importants, dans un contexte surtout agricole.

- **LAPEYROUSE (2020)** et 2023, 2024 et 2025 : Lapeyrouse est aussi une commune agricole.

- **LES FADES (2018)** et 2023, 2024 : cette grande retenue sur la Sioule et le Sioulet présente plusieurs plages qui sont très influencées localement par des ruisseaux venant du plateau. La aussi des causes agricoles et d'assainissement sont identifiées.

Enfin des plans d'eau n'ont eu aucune atteinte entre 2014 et 2022

Certains n'ont pas eu d'atteintes les années suivantes (ANSCHALD et LAQUEUILLE)

Certains en ont eu ensuite :

AUBUSSON D'AUVERGNE en 2023 et 2024 : on a des pentes importantes, des ruissellements et des causes agricoles et d'assainissement sont identifiées.

ST ELOY LES MINES en 2024 et 2025 : on a un contexte agricole marqué.

Discussion

Nous pouvons conclure que l'augmentation des proliférations de cyanobactéries observée depuis quelques années dans nos plans d'eau résulte à la fois du changement climatique avec l'augmentation des températures estivales et de l'imprégnation en nutriments de nos cours d'eau dans plusieurs secteurs du département. Pour nous, les cyanobactéries sont la preuve d'une eutrophisation, qu'elles aggravent en constituant une biomasse importante et c'est sous l'angle de l'eutrophisation que nous souhaitons analyser nos résultats

Pour nous, vis à vis des cyanobactéries, Azote N (biomasse) et Phosphore (prolifération et biomasse) sont responsables ensemble. Cependant P est souvent cité comme facteur limitant.

Cette notion mise en avant dans les années 1980 a suscité des interprétations erronées qui ont entraîné de nombreuses controverses [5], mais aujourd'hui tout est bien clarifié.

Tout d'abord, quand on envisage assainissement et fertilisation agricole, il est évident qu'on a un apport en parallèle des 2 éléments, dans des proportions bien sur différentes. Les éléments azotés seront sous forme de sels solubles et le phosphore sous forme plutôt adsorbée sur des particules entraînées au fond du lac, les phosphates étant ensuite facilement mobilisables (exemple : sous l'effet d'une diminution de l'oxygène en profondeur, fréquente lors des eutrophisations). Dans quasi tous nos plans d'eau, un excès de P dans les sédiments a été signalé, parfois associée à une hypoxie....

Un argument a souvent été avancé : les cyanobactéries peuvent capter l'azote de l'air donc avoir autant d'azote qu'elles veulent et P est le seul facteur limitant qui compte [5]. Ceci est aberrant : la nitrogénase, qui permet aux bactéries la captation de l'azote est très consommatrice d'énergie et il lui faut une relative anaérobiose (manque d'oxygène O₂). Or quand un système nécessite de l'énergie, la nature ne le réserve qu'aux besoins vitaux : ainsi une cyanobactérie dans une eau riche en azote le consomme de préférence, comme la légumineuse/fabacée dans un sol riche en nitrates, c'est d'ailleurs un bon « piège à nitrates », et dans les 2 cas, la nitrogénase ne fonctionne pas.

En 2022, un auteur [6] a signalé un paradoxe à prendre en compte aussi : la nitrogénase fonctionne mieux avec peu de O₂, or les cyanobactéries font de la photosynthèse, ce qui limite forcément la nitrogénase. Des végétaux ont aussi les 2 fonctions, mais dans des compartiments différents (feuilles et nodosités des racines).

Mais la controverse a surtout commencé en 1974: Schindler DW, ayant testé sur 2 lacs des expérimentations d'enrichissement en nitrates, sans ou avec P, a tenté de l'appliquer sur le lac Erié, victime de cyanobactéries depuis longtemps dans un contexte agricole : il a proposé une diminution des apports extérieurs de P sur une période assez longue, entre autre par la diminution des détergents et lessives, pourvoyeurs importants de phosphates, sans agir sur les nitrates [7]. Ceci semble avoir marché quelques années, des publications en attestent. Mais en 2011 et 2014, 2015 : des proliférations sévères de cyanobactéries ont eu des conséquences importantes, entre autre sur l'eau potable dans les villes alentour etc..[8]. En 2016, concernant cette expérimentation, un auteur met en évidence qu'en pratique le fait de réduire P a facilité la croissance et la toxicité en présence de N d'une cyanobactérie *microcystis*. [9]. Ainsi le lac Erié suite à la diminution de P est devenu plus « toxique » [10]. Si on ne diminue pas conjointement P et N, on ne peut pas contrôler ce genre, fréquent, mais aussi d'autres genres (*plankthotrix*...).

Finalement il est maintenant reconnu qu'il faut jouer sur les 2 nutriments simultanément dans le cas de nos plans d'eau, mais surtout sur l'azote, P étant toujours suffisamment présent [8]. Une publication de 2025 sur une expérimentation au Danemark [11] recommande de réduire prioritairement les apports d'azote pour lutter contre l'eutrophisation des plans d'eau comme les nôtres.

Ceci rejoint le « concept de vulnérabilité à l'eutrophisation » [8] : en pratique, c'est sur les dosages de l'azote que le risque d'eutrophisation est évalué au niveau européen, Nous suivons actuellement les « directives nitrates » européennes, visant à diminuer les nitrates dans l'eau et appliquant une réglementation contraignante vis à vis des agriculteurs dans les « zones dites vulnérables », communes ou secteurs définis par une teneur en nitrates trop élevée dans les eaux superficielles.

La planification de ces directives débute par la désignation de ces zones : nous sommes au début du 8^e plan et la DDT va décider des zones vulnérables départementales en 2026, elles sont en cours de désignation.

Il se trouve que FNE63 a pu participer à une réunion DDT fin 2020 (début du 7^e plan) qui présentait 50 communes du 63 vulnérables à classer et a constaté des oppositions lors de cette réunion. Mi 2021, 31 zones vulnérables seulement ont été publiées et 19 manquaient à l'appel (ceci était général au niveau du bassin Loire Bretagne, voir autre article ZV 2021 Loire Bretagne).

Nous pouvons en guise de première conclusion faire une simple analyse de certains de nos résultats :

- Aydat (avec la restauration de sa zone humide à l'arrivée de la Veyre) et Tazenat (commune vulnérable) ont bénéficié d'une gestion rigoureuse des nutriments qui a montré son efficacité.
- inversement, les communes des plans d'eau de Chambon (Chambon et Murol), Lapeyrouse, St Gervais d'Auvergne, St Eloy et Servant qui montrent des atteintes importantes et en augmentation étaient parmi ces 19 communes exemptées en 2021.

Mais on peut donner d'autres conclusions :

- les directives nitrates sont parmi les mesures réglementaires les plus rejetées par les agriculteurs, car elles sont contraignantes. Mais nous sommes d'accord avec eux qu'elles ne marchent pas !! Toute la surface agricole du pays va devenir vulnérable, car les retours en arrière sont rarissimes, c'est une première preuve. Mais par ailleurs, une région entière comme la Bretagne vulnérable depuis des années est pourtant la région qui compte le plus d'élevages intensifs.. ?
- Le phosphore joue un « mauvais » rôle dans cette affaire, mais il faut savoir que c'est une ressource finie au niveau de la planète et pourtant c'est un facteur indispensable à toute vie...contrairement à la réserve d'azote N₂ qui constitue 80 % des gazs de l'atmosphère, celle de phosphore est limitée... il faut absolument préserver ce qui existe.
- Les nitrates seraient « l'ennemi principal » ? C'est la seule forme d'azote assimilable par les racines de tous les végétaux...ce seraient plutôt des amis...mais il n'en faut pas trop .
- faut il supprimer l'élevage, ne plus manger de viande et boire de lait ? Non bien sur, voir dans la campagne des troupeaux paître et se reposer à l'abri des arbres et des haies, c'est la vraie vie, et c'est synonyme de produits de qualité à consommer avec sobriété. Par contre, continuer à développer de gros élevages, comme nous y incite la loi Duplomb (décrets en cours), c'est la course en avant vers l'eutrophisation de l'eau.

Remerciements

En premier lieu à **Martin Repis** venu en stage de M1 à FNE63, qui s'est investi beaucoup sur ce sujet et a réalisé une synthèse des résultats de cyanobactéries parallèlement à la caractérisation des plans d'eau. Sans lui ce travail n'aurait pas été possible.

Ensuite à l'ARS, **Mme Surrel, Mr Bidet**, qui nous ont fourni leurs données brutes et nous ont accompagnés pour présenter ces données.

Ensuite à Athos Environnement, **Mme Mauduit**, qui nous a fourni des données sur les bassins versants.

Ensuite à CARSO, **Mme Joffre** qui a permis à Martin d'assister aux prélèvements.

Arlette Tridon

Bibliographie

1- Brouquisse R et Puppo A, encyclopédie de l'environnement 2019, <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/plantes-air-du-temps/>

2- Gerphagnon M, Macarthur DJ, Latour D, Gachon CM, Van Ogtrop F, Gleason FH, Sime-Ngando T. [Microbial players involved in the decline of filamentous and colonial cyanobacterial blooms with a focus on fungal parasitism.](#) Environ Microbiol. 2015 Aug;17(8):2573-87. Review.

3- Legrand B, Miras Y, Beauger A, Dussauze M, Latour D [Akinetes and ancient DNA reveal toxic cyanobacterial recurrences and their potential for resurrection in a 6700-year-old core from a eutrophic lake.](#) Sci Total Environ. 2019 Oct 15;687:1369-1380.

4- ANSES : <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2016SA0165Ra.pdf>

2 parties :

- **AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail** relatif à l'actualisation de l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, les eaux de loisirs et les eaux (saisines 2015 et 2016), 51 pages.

- **Actualisation de l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, les eaux de loisirs et les eaux destinées aux activités de pêche professionnelle et de loisir), rapport d'expertise collective**, 438 pages

5- Barroin Guy, « Face à l'eutrophisation, seul le phosphore compte » dans PERSPECTIVES AGRIC Numéro 336 • JUILLET-AOÛT 2007,

https://www.arvalis.fr/sites/default/files/imported_files/336_8766758915404236229.pdf

6- Paerl H. The cyanobacterial nitrogen fixation paradox in natural waters F1000Res. 2017 Mar 9;6:24

7- Schindler DW Eutrophication and Recovery in Experimental Lakes: Implications for Lake Management Science, New Series, Vol. 184, No. 4139. (May 24, 1974), pp. 897-899

8- Ouvrage collectif INRAE CNRS, INRA, IFREMER et IRSTEA 2017 :

« EUTROPHISATION : MANIFESTATIONS, CAUSES, CONSEQUENCES ET PREDICTIBILITE »

<https://www.inrae.fr/sites/default/files/pdf/expertise-eutrophisation-synthese-148-p-2.pdf>

9- Gobler CJ, Burkholder JM, Davis TW, Harke MJ, Johengen T, Stow CA, Van de Waal DB. : The dual role of nitrogen supply in controlling the growth and toxicity of cyanobacterial blooms, Harmful Algae. 2016 Apr;54:87-97.

10- Hellweger FL, Martin RM, Eigemann F, Smith DJ, Dick GJ, Wilhelm SW. Models predict planned : phosphorus load reduction will make Lake Erie more toxic, Science. 2022 May 27;376(6596):1001-1005.

11- Jeppensen E, He Hu, [Søndergaard M](#), [Lauridsen T](#), Davidson T, Levi E, Mac Carthy M : Experimental evidence of the role of nitrogen for eutrophication in shallow lakes: A long-term climate effect mesocosm study, The Innovation Cell Press, Vol 6, Issue 4, Avril 2025