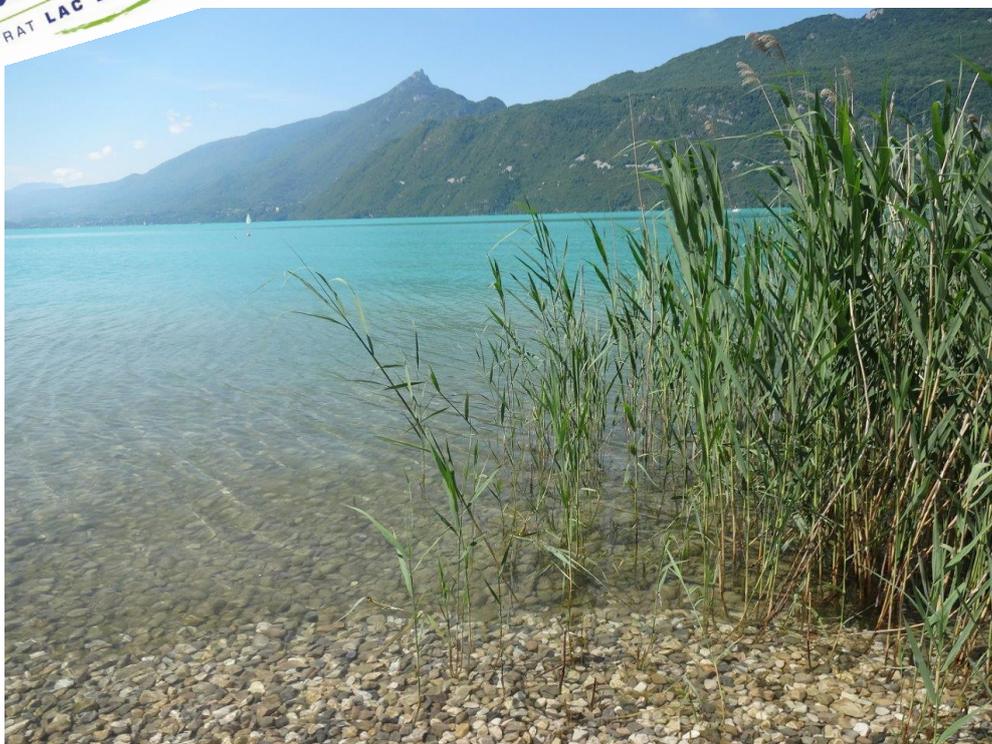


SUIVI SCIENTIFIQUE DU LAC DU BOURGET

ANNÉE 2017



Synthèse proposée au conseil scientifique (juin 2017)



Contact du responsable scientifique, coordinateur de l'étude, auteur de cette synthèse :

Stéphan Jacquet, INRA, Station d'Hydrobiologie Lacustre, 75 bis Avenue de Corzent, 74203 Thonon-les-Bains, 04 50 26 78 12

RÉSUMÉ

2017 a été une année remarquable sur de nombreux aspects.

Avec un écart de température de l'air de +1,6°C par rapport à la normale 1961-1990 et de +0,75°C par rapport à la période 1981-2010, 2017 a été enregistrée comme la 9^{ème} année la plus chaude dans les Alpes du nord depuis 1959. Elle s'est située au niveau de 2016, dans un groupe de 8 années dont les écarts à la normale tournent autour de +1,5°C. 2017 a également été une année atypique avec un record de température sur la période février-octobre, la plus chaude jamais mesurée : février, mars et juin terminant en 2^{nde} position de toute la chronique, comme le printemps et l'été, avec de fortes chaleurs de juin à août. Toutefois, une fin d'année très froide, venant se rajouter au mois de janvier et de septembre également plus froids que de coutume, a, au final, fait un peu baisser la température moyenne annuelle.

Une conséquence directe du froid du mois de janvier a été une homogénéisation complète des températures sur toute la colonne d'eau en milieu d'hiver (avec une température moyenne tout le long de la colonne d'eau de 6,34°C fin janvier). Toutefois, seule une réoxygénation partielle des eaux profondes jusqu'à 110 m a été enregistrée avec un maximum d'oxygène dissous de 9,17 mgO₂.L⁻¹ enregistré le 22 février 2017 (vs 5,53 mgO₂.L⁻¹ en 2016 et 9,7 mgO₂.L⁻¹ en 2015).

La moyenne annuelle de la température des eaux de surface (2 m) a été la plus élevée de la chronique atteignant 15,6°C soit 0,8°C de plus qu'en 2016. L'évolution interannuelle des températures moyennes de surface montre une tendance au réchauffement depuis 1984. Une augmentation plus ou moins régulière de la température à 140 m pendant les trois dernières années est aussi notable mais il n'y a pas de tendance significative de réchauffement des eaux profondes.

Les concentrations hivernales moyennes (sur la période janvier, février, mars) en orthophosphates (PO₄) et phosphore total (P_{tot}), avec des valeurs de 4,2 et 8,9 µgP/L ont globalement encore baissé ou se sont maintenues à des valeurs comparables aux années précédentes (soit 8,6 et 11,5 µgP/L en 2016 et 4,2 et 12,4 µgP/L pour PO₄ et P_{tot}, respectivement), suggérant que le seuil des 10 µgP/L semble franchi. Ces chiffres pourraient s'expliquer notamment par une baisse significative des apports en phosphore total des deux tributaires majoritaires (>90% de l'eau transitée au lac), la Leysse et le Sierroz, mesurés en 2017 à hauteur de 24 tonnes (passant donc sous le seuil préconisé par le conseil scientifique des 30 T), contre un peu moins de 40 T en 2016 et un plus de 60 T en 2015.

La dynamique de réoligotrophisation générale du lac n'est donc pas remise en question en 2017 et semble même encore progressée. La réponse de l'écosystème à la restauration reste toutefois encore un peu surprenante avec notamment la présence encore notable parmi le phytoplancton de la cyanobactérie filamenteuse toxique *Planktothrix rubescens* qui avait signé en 2016 un retour automnal remarqué. En 2017, elle a encore été très présente, a dominé la biomasse du phytoplancton en hiver puis à l'automne, et a

atteint de fortes concentrations cellulaires en période estivale dans la strate d'eau 20-25 m. La période printanière a surtout été dominée par des Chrysophycées, indicatrices de milieux oligotrophes mais habituellement rencontrées en été. Si la phase estivale a été dominée par une espèce de diatomée pennée, normalement plutôt indicatrice de milieux littoraux, la phase automnale et hivernale a été marquée par la prépondérance de *Dinobryon divergens*, une autre espèce typique des milieux oligotrophes, mais qui paradoxalement a donc accompagné à la même période *P. rubescens*. La biomasse phytoplanctonique annuelle (soit 1643 µg/L) est clairement en net recul par rapport à 2016 (2785 µg/L) et retrouve une valeur presque comparable à 2015 (1360 µg/L), avec l'absence de *P. rubescens*. *In fine*, les indices fonctionnels de Brettum et IPLAC ont été les plus hauts mesurés depuis le début de la chronique et signent le bon état global de l'écosystème.

Avec une concentration moyenne annuelle en chlorophylle *a* de 3,27 µg.L⁻¹, l'année 2017 est restée dans la tendance de ces dernières années avec une concentration qui fluctue depuis 2009 autour d'une valeur moyenne comprise entre 3 et 3,5 µg.L⁻¹. Cette valeur de concentration de la chlorophylle *a*, considérée uniquement pour la période estivale, a aussi été enregistrée à la baisse en 2017 (i.e. 3,2 µg.L⁻¹) comparativement aux années précédentes.

La transparence moyenne annuelle a été de 6,8 m en 2017. Elle a donc augmenté légèrement par rapport à 2016 qui était de 6,2 m, mais reste encore inférieure à 2013 et ses 8 m. Cette valeur de 6,8 m est toutefois dans la moyenne enregistrée depuis 2009 (soit 7,1 ± 0,9 m). Si 2016 avait été marquée par l'absence nette d'une phase des eaux claires, alors interprétée comme un signe d'oligotrophisation et/ou de changement dans la dynamique saisonnière du phytoplancton, 2017 retrouve à la fin du printemps cette caractéristique avec des transparences supérieures à 10 m pendant la deuxième quinzaine du mois de mai.

Si la dynamique du zooplancton a reproduit globalement celle des années précédentes, elle a été encore remarquable par les faibles abondances du pic printanier (et ce depuis 3 ans), qui pourraient elles-mêmes être liées à une composition phytoplanctonique atypique. Les relations entre les modifications des compartiments phytoplanctoniques et zooplanctoniques à l'échelle interannuelle ne s'expriment qu'au niveau de certaines caractéristiques structurelles (effectifs des calanoides) ou fonctionnelles (efficacité trophique). Toutefois, une compréhension plus approfondie des évolutions des dynamiques zooplanctoniques nécessiterait une intégration plus explicite de la prédation par les poissons. De plus, en 2016 et 2017, il faut rappeler ici le retour marqué de la cyanobactérie *P. rubescens*, qui a peut-être impacté d'une façon ou d'une autre une partie de la communauté zooplanctonique.

En bout de chaîne, le peuplement de poissons s'est révélé être dans un état satisfaisant avec un rendement des pêches relativement stable sur la série mais en baisse continue. Le fait marquant de l'année 2017 a en effet été la baisse de la population des corégones (le lavaret), indicateur d'une restauration de la qualité des eaux, pouvant être liée à un mauvais recrutement, mais aussi associée à un effort de pêche trop important et/ou une baisse du niveau trophique et/ou une compétition avec d'autres populations telles que le silure qui confirme sa présence et sa progression. La régression d'espèces indicatrices d'un milieu de moins bonne

qualité comme le sandre et le poisson-chat a également été confirmée. Les autres composantes piscicoles du peuplement sont dans un état relativement stable, avec des fluctuations des rendements en particulier ceux des juvéniles de perches, dont la population est à un niveau considéré comme moyen en 2017.

Enfin, la zone benthique, profonde et littorale, a aussi été étudiée via l'analyse du compartiment macrobenthique (e.g. les chironomes, bivalves, oligochètes) permettant d'obtenir un indice biologique de qualité, l'indice biologique lacustre (IBL). Le lac du Bourget a présenté en 2017 un IBL de 16,8/20 mettant en évidence sa forte capacité biogène et un transfert trophique non optimal. La stabilité de la communauté d'invertébrés et de l'IBL entre 2012 (noté 16/20) et 2017 suggère que le lac a eu un fonctionnement écologique stable au cours de cette période. Les actions de gestion touchant les zones littorales comme le marnage du lac opéré à l'automne 2017 ainsi que le développement de nouveaux macroinvertébrés ayant un fort potentiel invasif comme l'espèce *Hemimysis anomala* (qui n'a pas encore été capturée dans les suivis zooplanctonique ou macrobenthique) pourraient cependant avoir un effet significatif sur la communauté d'invertébrés et sur le fonctionnement écologique du lac dans les années à venir. Cette nouvelle information sur la bonne qualité du littoral renforce les données acquises au cours des 3 dernières années sur les macrophytes (IBML), les diatomées benthiques (IRS) et les mollusques (IMOL) ayant également statué sur le bon état écologique global des berges du lac.

L'examen 2017 du lac du Bourget confirme un bon état écologique global de l'écosystème pélagique. Le lac est en passe de devenir oligotrophe. Ce schéma est toutefois obscurci par le retour depuis 2016 de « *Planktothrix rubescens* », rappelant qu'il est toujours possible que des cyanobactéries potentiellement toxiques puissent se développer, en réponse à des conditions favorables et à la faveur d'événements particuliers. La baisse observée de la population de lavaret est aussi un élément important de l'évolution de l'écosystème qui mérite être surveillée.

Citation de cette synthèse

Jacquet, S., S. Cachera, V. Frossard, C. Girel, C. Goulon, J. Guillard, J. Neasat, F. Rimet, V. Tran-Khac. 2018. Synthèse du suivi environnemental des eaux du lac du Bourget pour l'année 2017. *Synthèse INRA-USMB-CISALB-ARS*, 20 pages.

Le schéma ci-dessous tente de résumer l'état et l'évolution du lac entre 2016 et 2017. Le code couleur se lit du bleu (excellent) vers rouge (mauvais). Les chiffres proposés comme objectifs à atteindre pour 2020-2021 restent à être validés par le conseil scientifique.

État (■) en 2017 et tendance (➡) depuis 2016 de l'état écologique du lac du Bourget

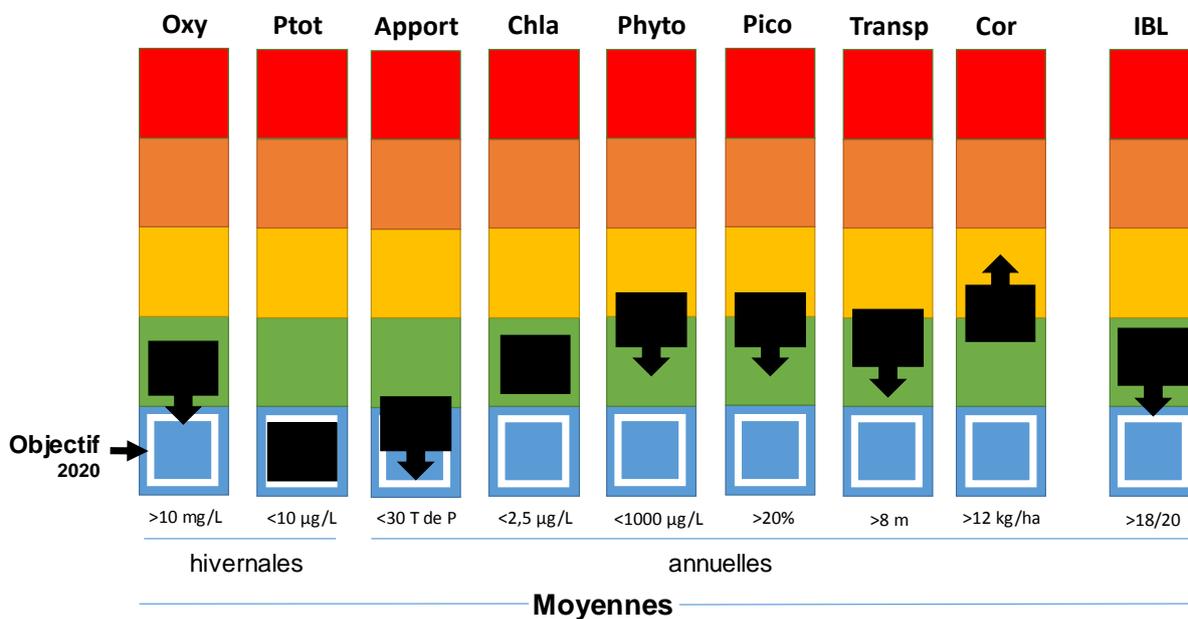
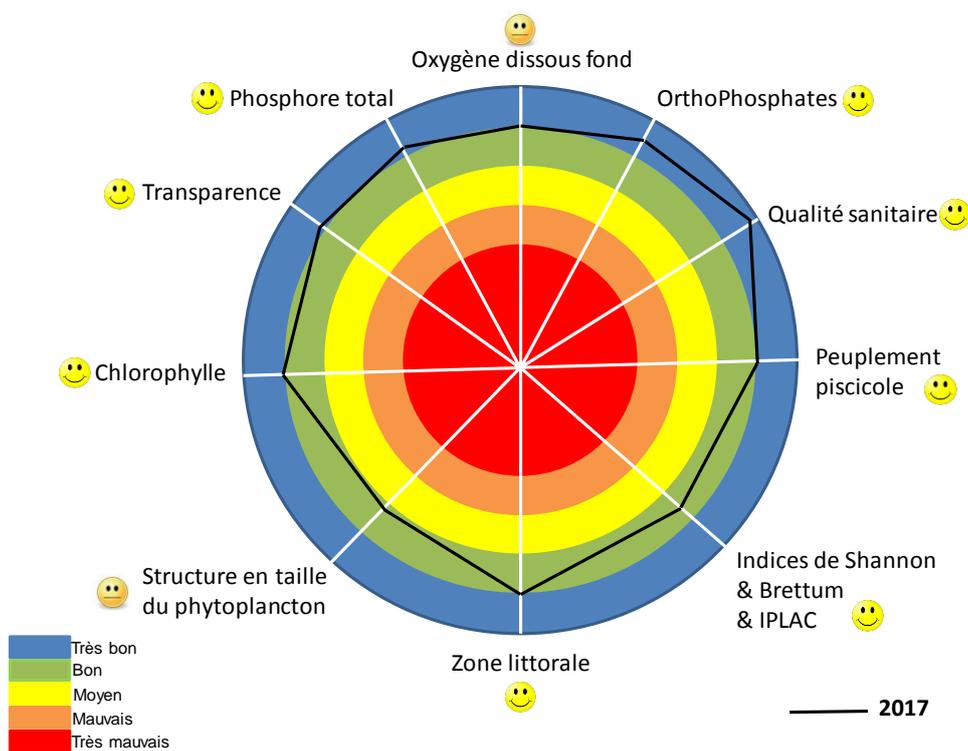


Schéma synoptique de l'état du lac proposé pour 2017



CE QU'IL FAUT RETENIR POUR L'ANNÉE 2017

Avec une moyenne annuelle de 12,2°C, l'année 2017 peut être considérée comme une année chaude puisque la température moyenne annuelle est supérieure de 6,6% à la normale. Seuls les mois de janvier, septembre, novembre (-8,5, -9,7%, -4,7%) et décembre (-12,5%) ont présenté des températures inférieures à la moyenne. Le reste de l'année, les températures mensuelles ont toujours été supérieures à la moyenne.

		Moyenne 1974 - 2017	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Moyenne annuelle	°C	11,4	11,3	12,3	12	11,7	12,36	9,65	12,42	12,06	11,3	12,7	12,4	12,2	12,19
Ecart / moyenne interannuel le calculée depuis 1974	%		+0,2	+9,3	+6,5	+3,4	+9,4	-1,4	+9,9	+4,8	0	+11,4	+ 8,7	+7,0	+6,6

Les températures de l'eau de surface du lac du Bourget ont été, en 2017, inférieures à celles de 2016 pour les périodes de janvier à mi-mars et de novembre à décembre. En revanche sur la période d'avril à fin octobre, les températures de surface ont été globalement supérieures à celles de 2016. Un maximum a été mesuré le 27 juin 2017 avec 25,3°C, soit un mois avant les 25,5°C du 11 juillet 2016. *In fine*, la moyenne annuelle de température de l'année 2017 à 2 m de profondeur a été la plus élevée de la chronique avec 15,6 °C, soit 0,8 °C de plus qu'en 2016, et l'évolution interannuelle des températures moyennes confirme la tendance au réchauffement des eaux de surface depuis 1984 (~13°C en 1984 vs ~15,5°C en 2017). Comparativement, les températures de la couche profonde n'ont pas encore relevé un réchauffement significatif malgré l'observation de l'augmentation plus ou moins régulière de la température à 140 m au cours de ces dernières années.

Avec 1094 mm de pluie à Voglans, l'année 2017 se situe en dessous de la moyenne sur la période 1974-2017. Toutefois, la répartition de ces précipitations dans l'année a été contrastée avec des mois de mai, juin, avril et décembre excédentaires (respectivement +2, +39, +41 et +85% par rapport à la moyenne mensuelle) d'une part, et les mois de janvier, février, mars, avril, juillet, septembre, octobre et novembre déficitaires (respectivement -67, -4, -4, -56, -41, -48, -76 et -18% par rapport à la moyenne mensuelle). L'année 2017 a donc été caractérisée par deux périodes : un printemps et automne très sec avec 21 jours sans pluie en janvier, 21 en mars, 24 en avril et 19 en octobre, et une fin d'année pluvieuse avec des précipitations importantes (+85% par rapport à la moyenne).

		Moyenne 1974 - 2016	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Cumul annuel	mm	1 248	888	1004	1238	1214	929	1031	1079	1385	1467	1231	1332	1181	1094
Ecart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		-32	-23	-5	-7	-29	-21	-17	+7	+13	-5	+2	-9	-16

L'hydrologie de la Leyse en 2017 a été marquée par un débit moyen légèrement supérieur au module interannuel. Les débits instantanés ont été inférieurs au module durant 304 jours. De plus, les débits instantanés ont été inférieurs au Q_{mna5} durant 48 jours et au débit minimum biologique pendant 9 jours. Cet étiage sévère est intervenu durant fin janvier et octobre.

		Q_{MNA5}	Module	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,54	6,3	7,4	6	3,5	5,25	3,78	6,55	9,17	6,32	6,30	6,77	7,03
Q < module inter annuel	jours			230	244	307	287	311	277	177	243	223	223	304
Q < Q_{MNA5} inter annuel	jours			0	0	51	15	0	0	0	0	0	9	48

Le débit moyen annuel du Sierroz a été 24% supérieur au module. Les débits instantanés ont été inférieurs au module durant 316 jours soit 89 jours de plus qu'en 2016 et inférieurs au Q_{MNA5} durant 17 jours. Enfin, le débit minimum biologique a été atteint pendant 16 jours. Cet étiage sévère est intervenu durant mi-juillet et fin août.

		Q_{mna5}	Module	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,23	2,46	2,2	2,4	1,5	1,94	1,27	2,63	3,33	2,78	1,89	2,69	2,44
Q < module inter annuel	jours			266	241	301	275	319	256	135	232	183	227	316
Q < Q_{MNA5} inter annuel	jours			0	0	82	15	1,5	25	0	26	20	13	17

Le Phosphore présent dans le lac a 3 origines possibles : les apports des rivières drainant le bassin versant, les rejets directs (déversoir d'orage de la station d'épuration d'Aix) et les apports internes (processus complexe de relargage par les sédiments au fond du lac). Avant les années 2000, les apports totaux au lac en termes de phosphore total (Ptot), orthophosphates (PO₄) et nitrates (NO₃) étaient estimés. Depuis 2004, ces apports sont mesurés grâce aux stations de mesure automatisées sur la Leyse et le Sierroz. Les déversoirs d'orage de Chambéry métropole et de la CALB ont également été équipés en stations de mesure. Depuis 2004, les apports en Ptot au lac ont varié entre approximativement 13 et 57 tonnes/an contre ~100 T/an dans les années 1990 et ~300 T/an dans les années 1970. Le bilan des apports au lac en nutriments par la Leyse, le Sierroz et le déversoir des Biâtres (en tonnes de P et N) est résumé dans le tableau ci-dessous (correspondant aux apports au lac en nutriments par la Leyse, le Sierroz et le déversoir des Biâtres). La baisse significative des apports observée entre 2015 et 2016 se confirme en 2017 et passe

sous la barre symbolique des 30 tonnes, limite théorique préconisée par le conseil scientifique pour permettre une réoligotrophisation durable, et qui n'avait plus été observée depuis 2011.

	1974	1983	1995-96	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Ptot	300	150	94	21 + 4	27 +5,8	14 +4,2	11 +2,7	18 +2,4	24 +2,8	38 +2,3	50 +2,8	40 +2,1	53,4 +3,7	31,9 +2,5	26,3 +2,4
PO₄	140		18	3,6	4,6	3	1,82	1,89	1,5	3,1	4	4,1	2,53	2,9	2,29
NO₃	1.500	580	450	275	367	290	214	309	181	347	409	275	275	264	202
NO₃ + NKT				446	617	516	334	454	360	654	704	503	510	462	378

En 2017, les apports de la Leysse ont été légèrement supérieurs à ceux du Sierroz. Le volume transité en 2017 par la Leysse et le Sierroz a été de 177 Mm³ contre 282 Mm³ en 2016. Globalement, le temps de pluie a été responsable de 69 à 99% des apports en nutriments au lac.

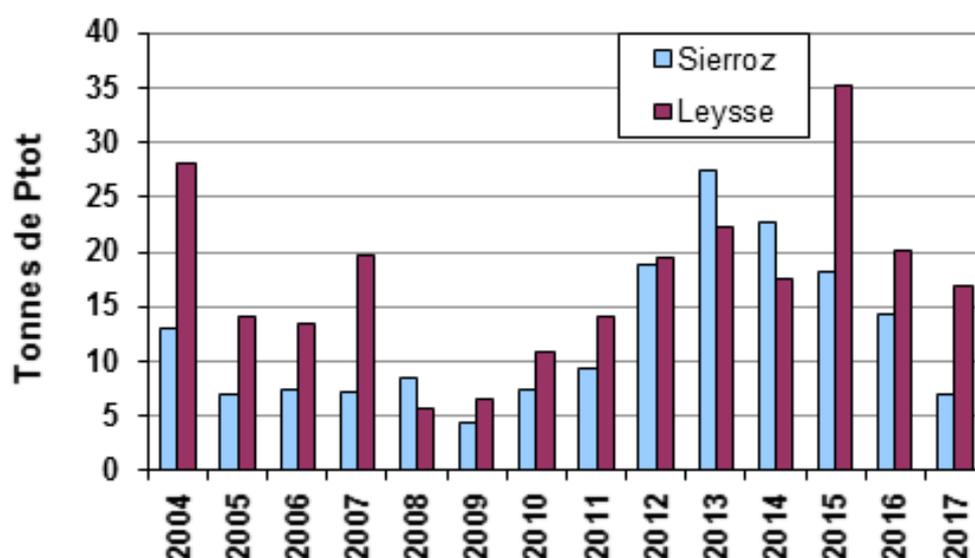
Les apports de temps de pluie de la Leysse en Ptot se sont élevés en 2017 à 15,89 T, contre 18,9 T en 2016. En ne tenant compte que des apports liés aux principales crues, on remarque que les flux de Ptot générés par les 10 principales crues ont été proches des valeurs calculées pour l'année 2015 (15,5 T en 2015 et 14,2 T en 2017). Les 10 principales crues ont représenté 84 % des apports de temps de pluie.

Les apports de temps de pluie du Sierroz en Ptot se sont élevés en 2017 à 6,73 T. Les flux de Ptot générés par les 10 principales crues ont diminué de 5 T entre 2016 et 2017 (10,7 T contre 5,65 T).

Depuis que le déversoir des Biâtres fait l'objet d'une auto-surveillance, les flux de Ptot rejetés au lac ont varié de 2,3 T en 2012 à 6 T en 2007. Pour l'année 2017, ces rejets ont été évalués à 2,43 T soit 9,7% des apports totaux en Ptot au lac. Hormis 2015, les apports des Biâtres sont donc stables et varient autour de 2,5 T.

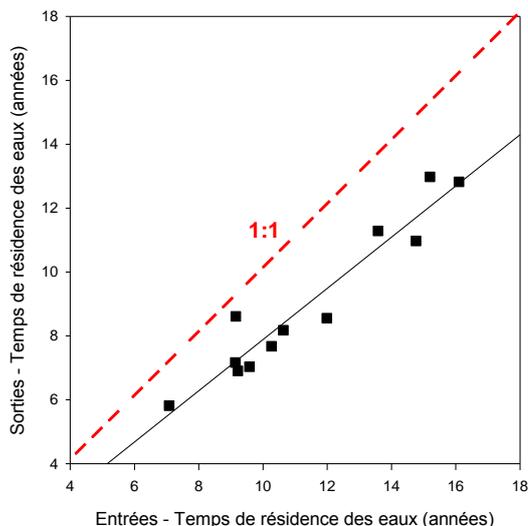
La Figure suivante présente l'évolution des apports en Ptot au lac de la Leysse et du Sierroz.

Apports en Ptot au lac



Depuis 2006, l'estimation du temps de résidence des eaux du lac du Bourget peut être donnée de manière assez précise. Le tableau ci-dessous résume les valeurs données en années de ce temps de résidence suivant que le calcul est fait en tenant compte des entrées (tributaires, précipitations) ou des sorties (exutoire, évaporation, pompages) du lac (source CISALB). On constate que ce temps de résidence peut fluctuer de manière très importante d'une année sur l'autre, notamment avec la quantité des apports dont l'importance varie fortement d'une année à l'autre. La relation entre « entrées » et « sorties » est une relation linéaire hautement significative ($r=0,96$, $n=12$) mais l'estimation effectuée à partir des « entrées » est toujours supérieure à celle des « sorties », de 0,5 an (minimum observé en 2007) à 3,8 ans (maximum observé en 2017) avec une moyenne de 2,4 ans, ce qui suggère une sur-estimation des entrées et/ou une sous-estimation des sorties. En 2017, la différence entre « entrée » et « sortie » est importante (14,8 ans vs 11 ans) sans doute en lien avec la baisse exceptionnelle du lac à l'automne suivie d'une sécheresse qui n'a pas permis de revenir à la côte souhaitée avant début 2018. Dans le calcul du temps de résidence, les valeurs les plus incertaines sont celles de l'évapo-transpiration (qui intervient dans le calcul des sorties) mais aussi des précipitations (qui intervient dans le calcul des entrées) sur le lac qui peuvent être hétérogènes d'un endroit à un autre. L'évapo-transpiration est en effet un chiffre global à l'échelle de la Savoie alors que les précipitations correspondent au cumul annuel mesuré à la Station météo France de Voglans, située au sud du lac. Les volumes entrant et sortant sont comparativement relativement bien connus. Au final, et en dépit d'incertitudes sur certains paramètres, il est possible d'estimer que le temps moyen de résidence des eaux dans le lac du Bourget pour la période de 2006 à 2017 varie entre 9 et 11,4 ans, l'année 2017 se situant dans la moyenne haute.

Année	Entrée	Sortie	Différence
2006	13,6	11,3	2,3
2007	9,1	8,6	0,5
2008	10,3	7,7	2,6
2009	16,1	12,8	3,3
2010	12,0	8,6	3,4
2011	15,2	13,0	2,2
2012	9,2	6,9	2,3
2013	7,1	5,8	1,3
2014	9,6	7,0	2,5
2015	10,6	8,2	2,5
2016	9,1	7,2	2,0
2017	14,8	11,0	3,8
<i>minimum</i>	7,1	5,8	0,5
moyenne	11,4	9,0	2,4
<i>maximum</i>	16,1	13,0	3,8



Depuis 1981, les valeurs de transparence indiquent une augmentation de la transparence annuelle moyenne (qui est passée de 3,6 m en 1982 à plus de 8 m en 2015 et 6,8 m en 2017) et estivale (qui est passée de 2,9 m en 1981 à 7,5 m en 2010 et 6,6 m en 2017) indiquant sur le long terme une nette amélioration de la qualité des eaux. En 2017, les valeurs de transparences moyennes annuelle et/ou estivale ont été significativement plus élevées qu'en 2016, en lien avec la baisse de la biomasse phytoplanctonique

entre les deux dernières années et l'enfoncement (>20 m) du pic de *P. rubescens*, observé depuis son « retour ».

L'objectif de la DCE à l'horizon 2021 est que la concentration en P-PO₄ soit inférieure ou égale à 10 µg.L⁻¹. Cette valeur a été atteinte pour la première fois en 2011 (avec 8 µg.L⁻¹) et 2012 (avec 10 µg.L⁻¹) et les années 2013-2014 (avec 8 µg.L⁻¹) et 2015 (6 µg.L⁻¹) l'ont confirmé. Bien que plus élevé en 2016 avec 7-8 µg.L⁻¹ le caractère oligo-mésotrophe voir même oligotrophe du lac du Bourget semble confirmé en 2017 avec une concentration moyenne hivernale de PO₄ record <5 µg.L⁻¹. Pour le phosphore total, la concentration moyenne hivernale a été de 9 µg.L⁻¹ (vs 12 µg.L⁻¹ en 2016), soit la valeur la plus basse enregistrée sur la chronique. La baisse de la concentration du phosphore se poursuit donc dans la zone pélagique du lac du Bourget, et semble trouver un écho à l'importante baisse enregistrée en 2017 au niveau des principaux apports via les tributaires (<30 tonnes). La forme du Phosphore issue des tributaires, principalement sous forme particulaire, n'est probablement pas tout de suite disponible et stockée au niveau sédimentaire si bien que l'on ne retrouve pas son influence en zone pélagique. Il est aussi possible que la charge interne ait été considérablement réduite au cours du temps si bien que le relargage par les sédiments est aujourd'hui amoindrie. Il ya encore beaucoup d'inconnus sur la façon dont cette charge interne est et sera remobilisée à l'avenir et quelles en seront les conséquences sur l'écosystème pélagique.

Avec 3,27 µg.L⁻¹ de concentration moyenne annuelle en chlorophylle *a* sur la couche d'eau supérieure 0-18 m, l'année 2017 ressemble à 2016 (3,33 µg.L⁻¹) et 2015 (3,3 µg.L⁻¹) et se rapproche de la valeur la plus basse qui avait été enregistrée en 2013 avec 3,1 µg.L⁻¹. La distribution interannuelle des concentrations moyennes de chlorophylle *a* est assez hétérogène, mais la tendance à la baisse depuis le démarrage de la chronique à la fin des années 1980, reste hautement significative, étant passée de 8,3 µg.L⁻¹ en 1984 à ~3,3-ces dernières années. La valeur estivale a aussi été la seconde plus basse enregistrée depuis le début de la chronique, avec 3,2 µg.L⁻¹. Il faut toutefois garder en tête que la forte biomasse de *P. rubescens* (concentrée au-delà des 18 m de profondeur) a largement échappé à cette mesure, qui ne reflète donc que les eaux de surface.

La biomasse phytoplanctonique avec 1643 µg.L⁻¹ a été réduite de presque moitié par rapport à l'année précédente qui affichait 2785 µg.L⁻¹. Cette valeur est donc plus proche de 2014-2015 (1556 et 1360 µg.L⁻¹) avant le « retour » de *P. rubescens*. En 2017, la proportion des formes microphytoplanctoniques reste élevée (~67% contre ~23% pour le nanophytoplancton et près de ~10% pour le picophytoplancton [e.g. les picocyanobactéries seulement]). L'évolution observée des différentes espèces dominantes rend l'interprétation difficile car celles-ci sont typiques de milieux de qualité différente, allant de l'oligotrophie (avec des espèces comme *Dinobryon divergens*, *D. sp*) à méso-eutrophe (comme la cyanobactérie toxique *P. rubescens*). Cela est peut être le signe d'une modification importante en cours dans la structure du phytoplancton qui répond à la réoligotrophisation du lac du Bourget. L'analyse de la dynamique des groupes fonctionnels confirme l'amélioration générale du niveau trophique du lac sur le long terme, avec une proportion des taxons appartenant aux groupes fonctionnels indicateurs de milieux oligotrophes depuis 2009 qui reste relativement élevée. D'ailleurs, les indices de Brettum et l'IPLac confirment cette évolution positive

en étant les plus élevés de la chronique. Toutefois, on note encore la présence de *P. rubescens* (qui n'est d'ailleurs pas pris en compte dans le calcul de l'IPLac).

Si la dynamique du zooplancton en 2017 a reproduit globalement celle des années précédentes, elle est remarquable par les faibles abondances du pic printanier (depuis 3 ans), qui pourraient elles-mêmes être liées à une composition phytoplanctonique atypique, comme déjà observé en 2015 et 2016. Les relations entre les modifications des compartiments phytoplanctoniques et zooplanctoniques à l'échelle interannuelle ne s'expriment qu'au niveau de certaines caractéristiques structurelles (effectifs des calanoides) ou fonctionnelles (efficacité trophique). Toutefois, une compréhension plus approfondie des évolutions des dynamiques zooplanctoniques nécessiterait une intégration plus explicite de la prédation par les poissons. Comme souligné précédemment, 2017 a aussi été marquée par la présence remarquable de *P. rubescens*, qui a peut-être impacté d'une façon ou d'une autre une partie de la communauté zooplanctonique depuis 2016.

Jusqu'en 2016, l'analyse du peuplement piscicole du lac du Bourget avait confirmé la stabilisation (avec toutefois une légère baisse d'année en année) de la population de lavaret (corégones), poisson emblématique indicateur d'une restauration de la qualité des eaux. 2017 marque peut être un tournant avec la baisse significative de la population de lavaret, en lien avec un mauvais recrutement, un effort de pêche trop important, une baisse du niveau trophique, et/ou encore une compétition avec d'autres populations tel que le silure, dont la présence et l'augmentation des effectifs se confirment. Parallèlement, 2017 a révélé ou confirmé la régression d'espèces indicatrices d'un milieu de moins bonne qualité comme le sandre et le poisson-chat, un rendement global de la pêche relativement stable sur la série mais en baisse continue, un état *a priori* stable des autres composantes piscicoles du peuplement, avec des fluctuations des rendements en particulier de juvéniles de perches, dont la population en cette année 2017 est à niveau moyen.

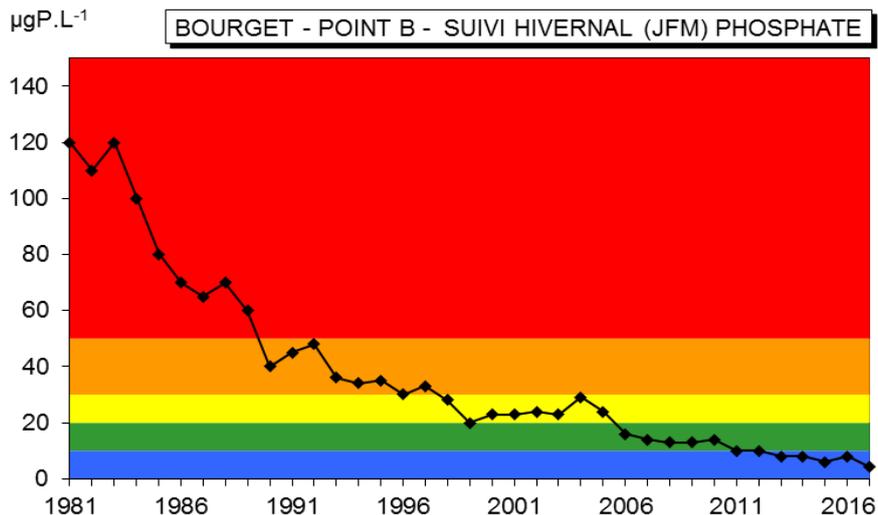
D'une manière globale, les eaux pompées dans le lac du Bourget puis distribuées en 2017 ont été de bonne qualité microbiologique pour les pompages de Mémard, de Hautecombe et de Tresserve. Les eaux des trois pompages sont restées conformes aux limites et références de qualité fixées par réglementation en vigueur pour tous les paramètres chimiques recherchés, ainsi la consommation humaine de l'eau du lac du Bourget ne présente pas de risque pour la santé du consommateur. Dans les eaux brutes, on peut noter la présence de bactéries telles qu'*Escherichia Coli*, d'Entérocoques, parfois de Salmonelles qui sont normalement détruites par l'action des traitements. On peut également noter la présence persistante de traces de pesticides appartenant à la famille des triazines tels que l'atrazine ou la simazine ainsi que de leurs produits de dégradation (atrazine-déséthyl, atrazine-déisopropyl, ...). On peut ainsi constater leur rémanence dans l'environnement puisque leur utilisation est interdite sur le territoire français depuis septembre 2003 pour l'atrazine et la simazine. Concernant la détection des autres pesticides à l'état de trace, elle s'explique par l'amélioration des techniques analytiques du laboratoire.

Pour la qualité des eaux de baignade, en 2017, les 10 zones de baignades aménagées ont été classées en excellente qualité, c'est-à-dire conformes aux normes de qualité. Depuis 2013 inclus, aucune plage n'a été classée avec des eaux, impropres à la baignade.

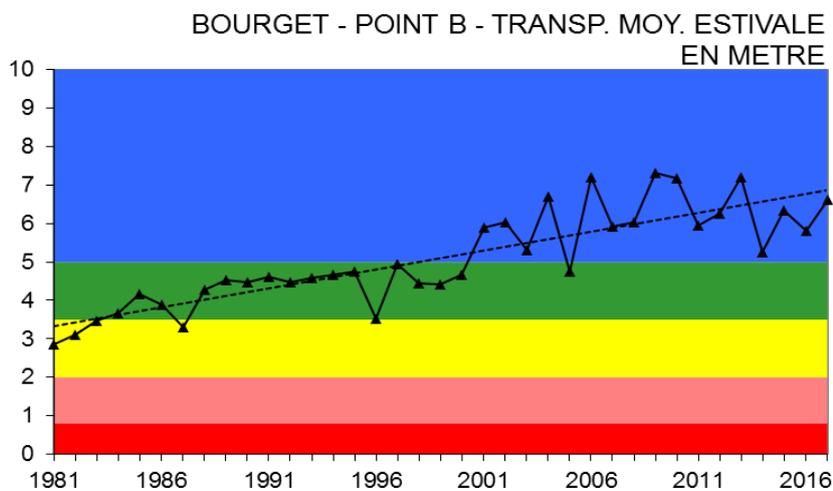
Enfin, l'analyse détaillée du compartiment des macro-invertébrés (chironomes, bivalves, oligochètes) en zone littorale et profonde du lac a révélé pour l'année 2017 une diversité relativement importante et la présence/abondance d'espèces conduisant à l'estimation de la note de 16,8/20 pour l'indice biologique lacustre (IBL), une note légèrement supérieure mais comparable à celle qui avait été obtenue en 2011 (soit 16/20). *In fine*, le statut écologique du lac pour sa partie benthique semble assez stable depuis quelques années et se caractérise par une forte capacité biogène, comparable aux lacs voisins d'Annecy et du Léman. Ils présentent des contextes trophiques similaires et un transfert de matière organique non optimal induisant une limitation de la colonisation des macro-invertébrés en zone profonde du fait de conditions d'oxygénation contraignante. Ce transfert non optimal de la matière organique suggère que, malgré la réduction des nutriments dans le lac, une fraction non négligeable de la biomasse produite n'est pas transférée dans le réseau trophique du lac. Cette altération peut avoir plusieurs causes dont la production de phytoplancton peu ou pas consommable par le zooplancton comme *P. rubescens* ?



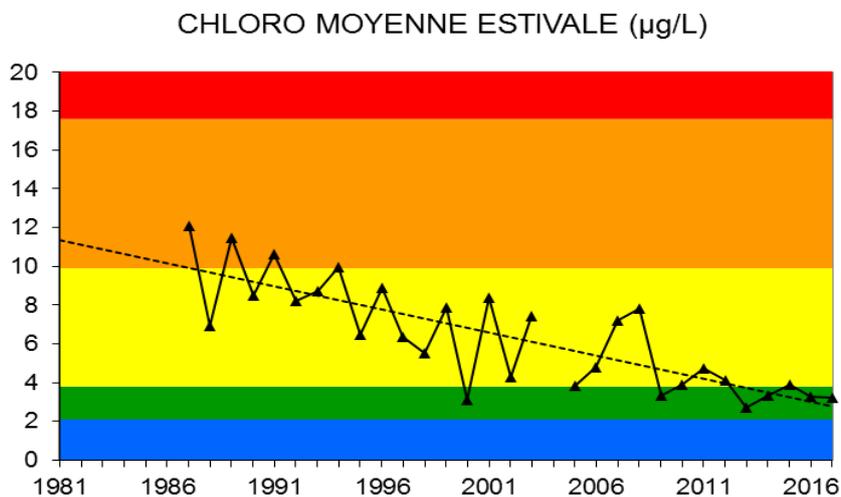
PO₄ (Concentration de P en µg/L)



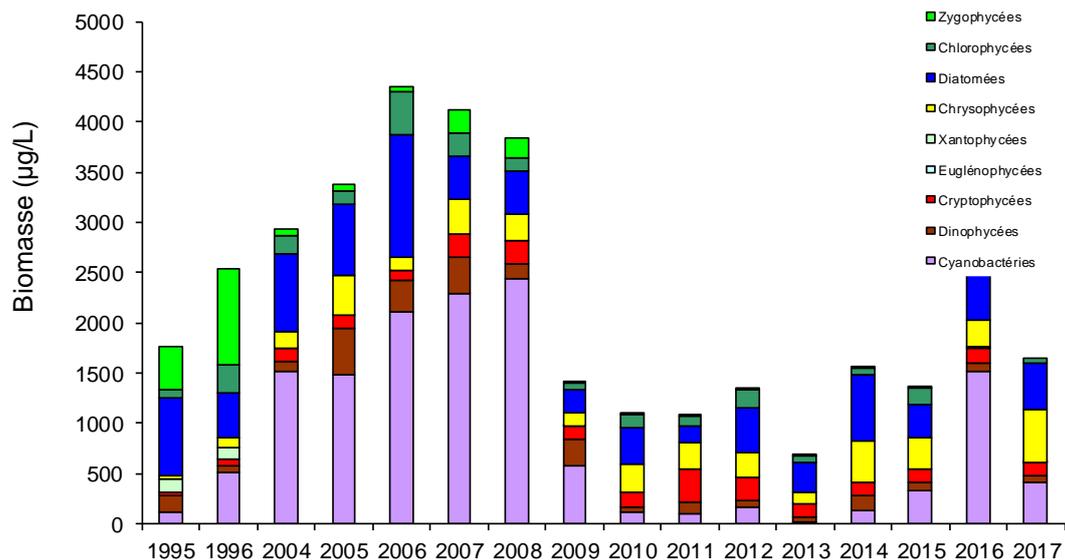
Transparence (m)



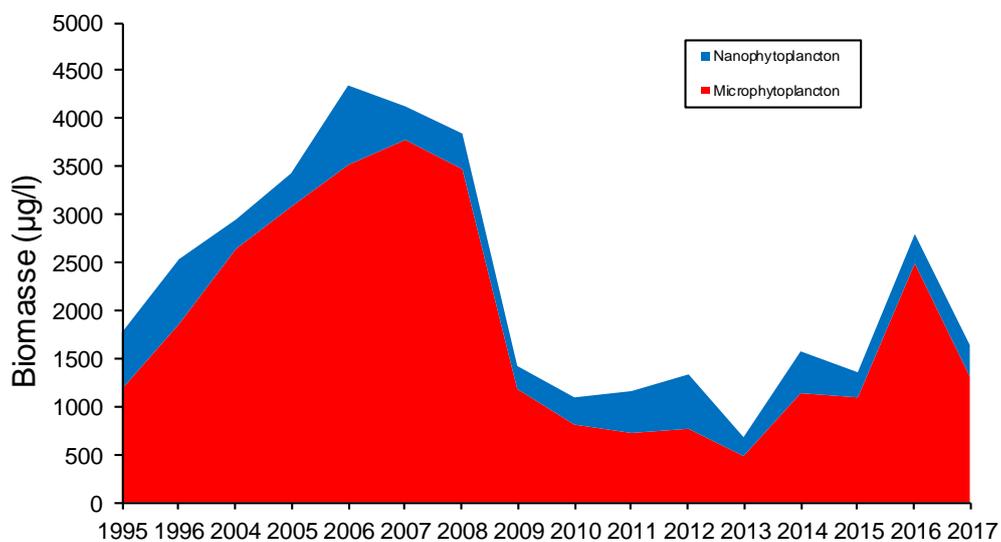
Chlorophylle a (µg/L)



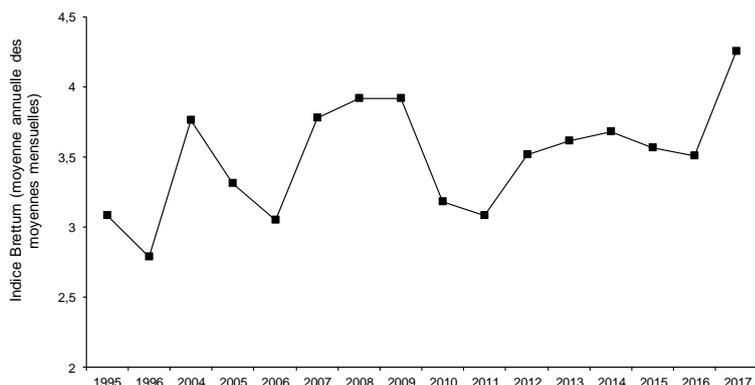
Biomasse phytoplanctonique ($\mu\text{g/L}$)



Répartition de la biomasse phytoplanctonique, micro- vs nano ($\mu\text{g/L}$)

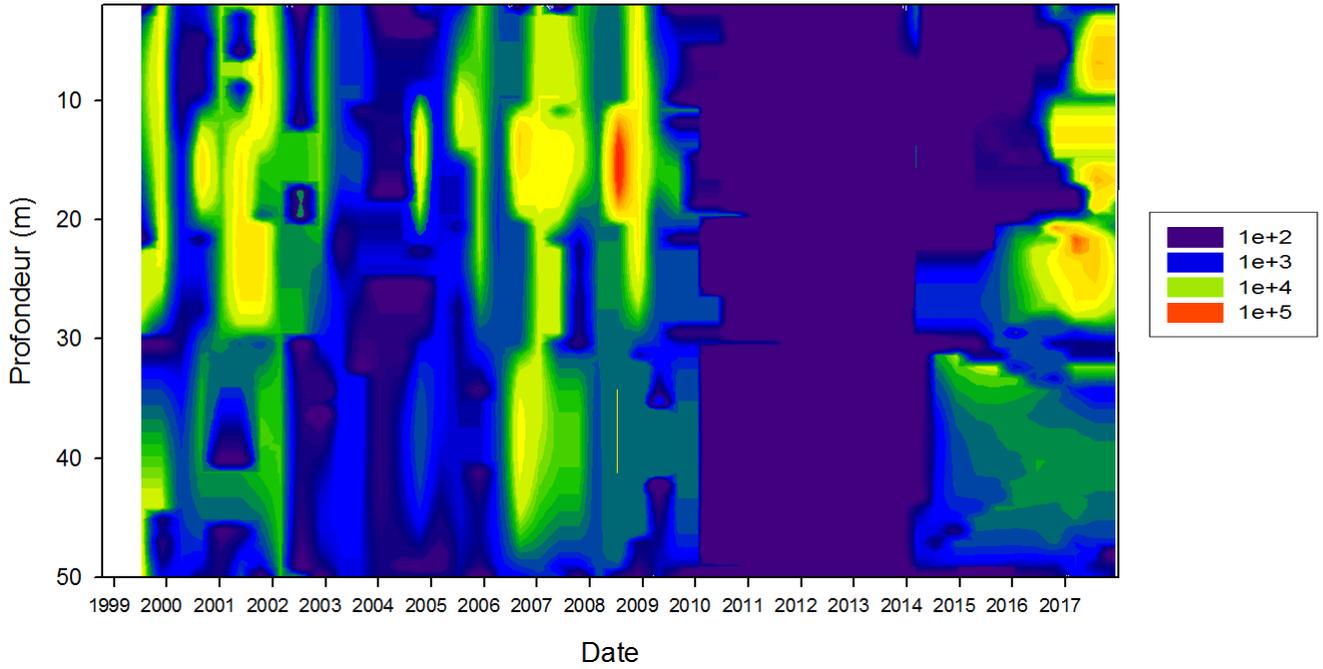


Evolutions de l'inde de Brettum et l'IPLAC

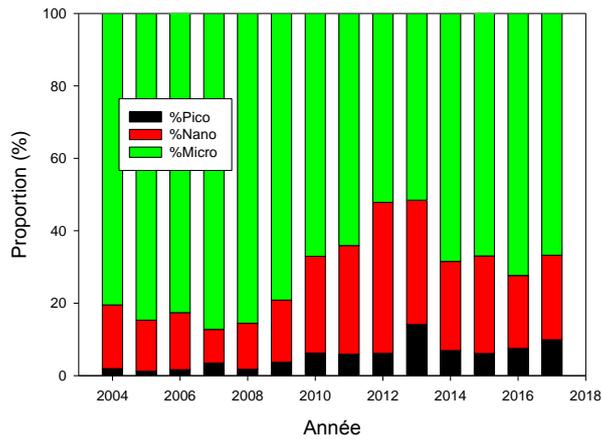
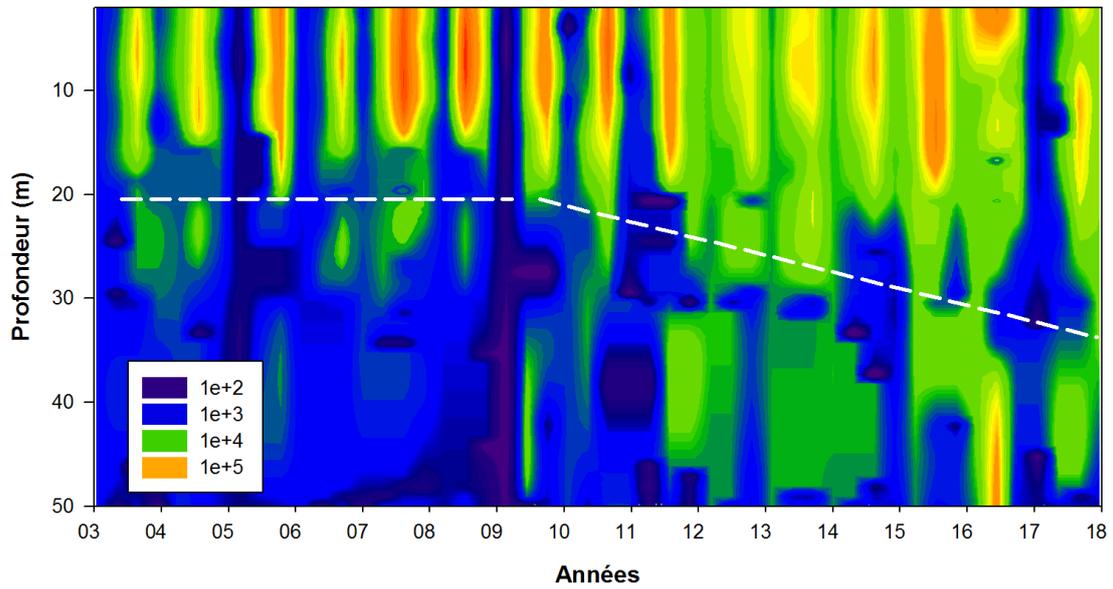


Année	IPLac	Statut
2009	0,64	B
2010	0,63	B
2011	0,63	B
2012	0,62	B
2013	0,65	B
2014	0,62	B
2015	0,57	M
2016	0,63	B
2017	0,74	B

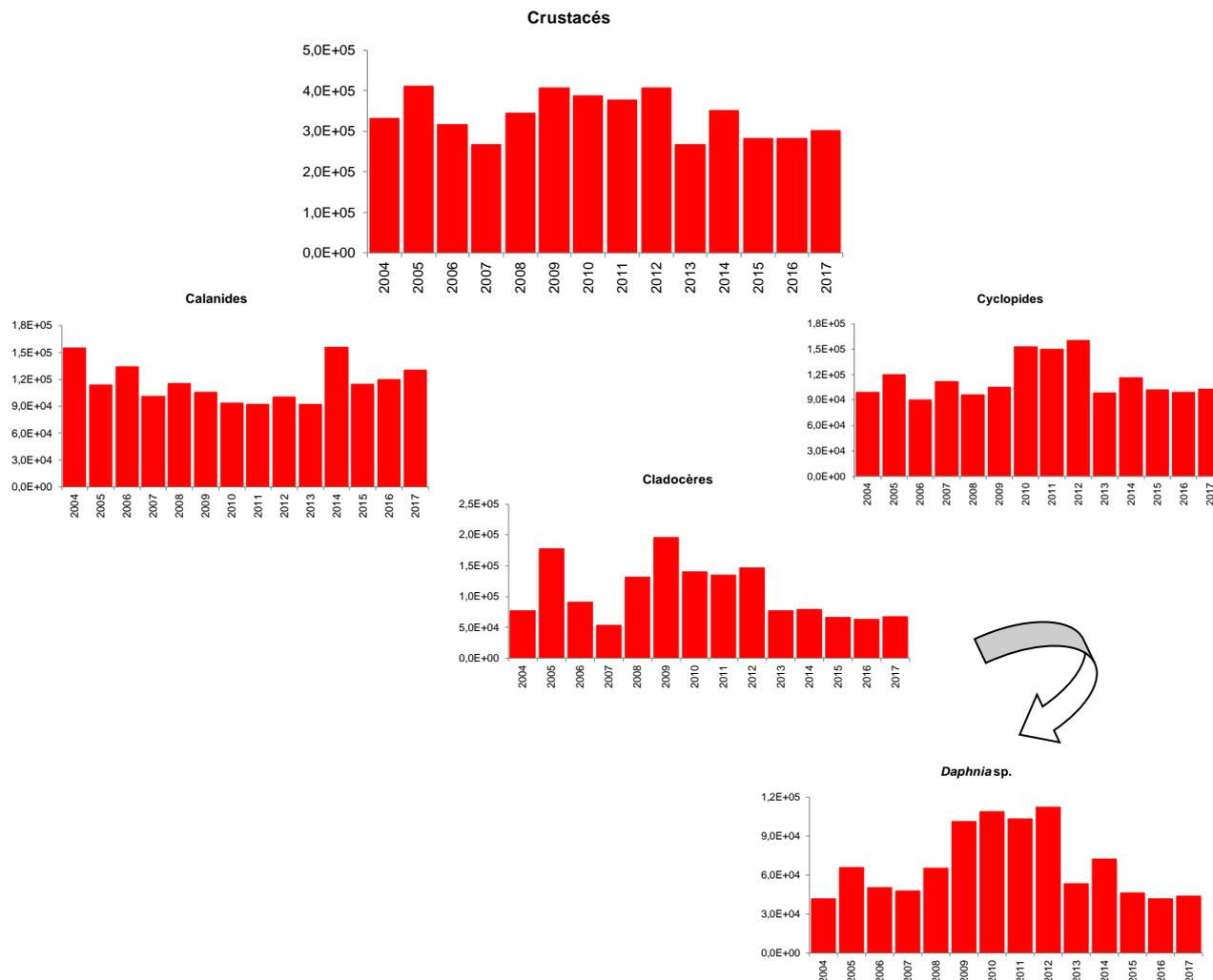
Abondances cellulaires de *Planktothrix rubescens* (cell/mL)



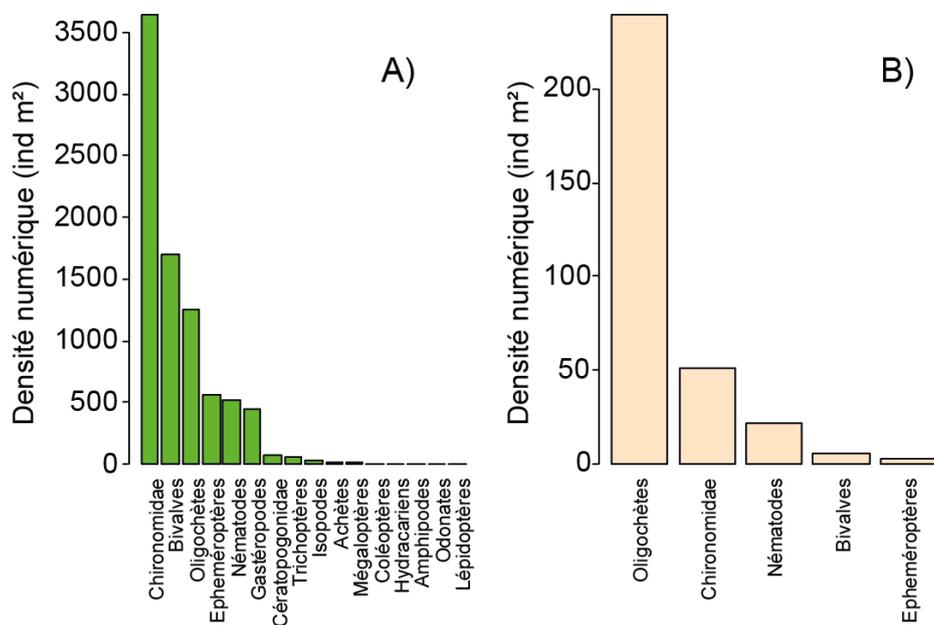
Abondances cellulaires des picocyanobactéries (cell/mL) et biomasse relative (%)



Abondances individuelles du zooplancton (ind/m²)



Macroinvertébrés (Densités numériques des différents taxons présents) et valeurs de l'IBL



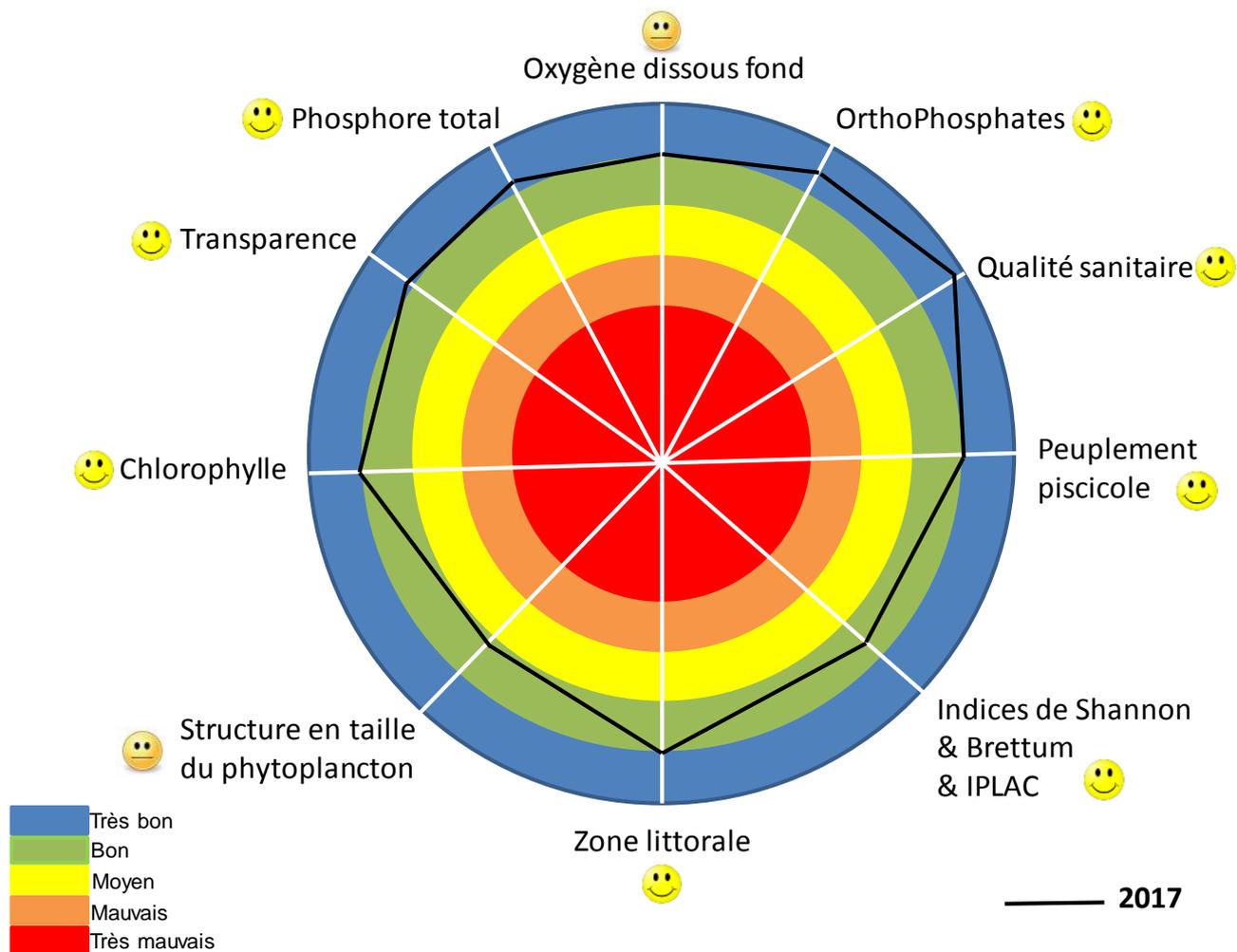
Lac	année	vl	dl	vf	k	ql	df	Bl	Df	IBL
Annecy	2011	51	4117	19	2,683	1	1	59,4	1	19,2
Léman	2011	49	10648	17	2,617	0,8	0,9	64,9	0,8	17,5
Bourget	2012	61	12139	10	3,013	0,8	0,5	73,5	0,56	16
Bourget	2017	49	8312	15	2,617	0,8	0,801	63,2	0,716	16,8

Synthèse 2017 suivant les crières de l'OCDE

Trophic status	TP (median) (µg/l)	Chlorophyll a (median) (µg/l)	Chlorophyll a maxima (µg/l)	Secchi (median) (m)	Secchi minima (m)
Ultra-oligotrophe	<=4	<1	<2.5	>12	>6
	<=10	<2.5	2.5-8	>6	>3
Oligotrophe	9		5,8	6,6	4,4
Mesotrophe		3,2			
	10-35	2.5-8	8-25	6-3	3-1.5
Eutrophe	35-100	8-25	25-75	3-1.5	1.5-0.7
Hyper-eutrophe	>=100	>25	>75	<1.5	<0.7

NB : Les valeurs propres au lac du Bourget sont notées en rouge et en gras

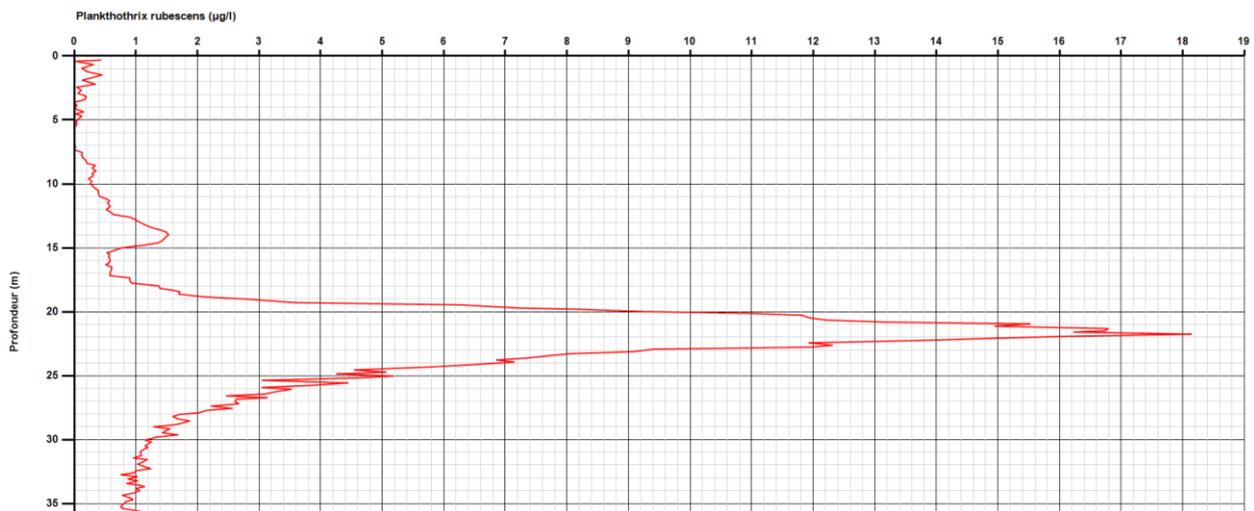
Schéma synoptique proposé pour 2017



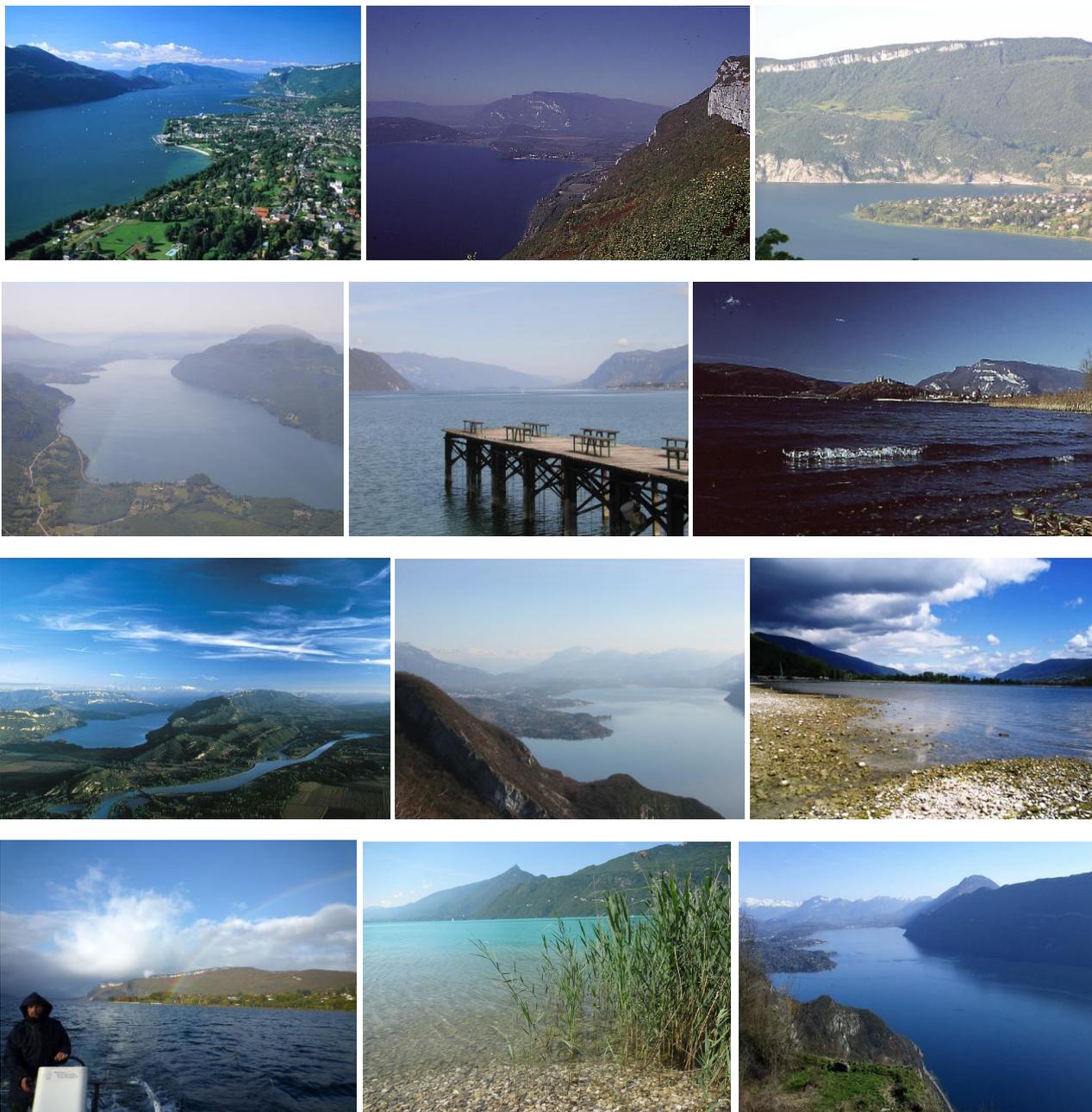
Le lac du Bourget qualifié d'oligo-mésotrophe depuis quelques années semble en passe de devenir oligotrophe. L'étude de sa zone littorale au cours des années précédentes confirme aussi globalement que ce lac est dans un bon état écologique. Le risque lié au développement de cyanobactéries indésirables reste toutefois toujours une possibilité et le rendement des pêches à surveiller.



Photographie prise sur le pont du bateau, le 29 mai 2017, après le trait de filets (64 et 212 μm) sur la tranche d'eau 0-50 m



Profil de la sonde bbe révélant le pic de biomasse (observé le 10 juillet 2017, au-delà des 20 m de profondeur) enregistré pour *Plankthothrix rubescens*, et correspondant à la concentration maximale mesurée en 2017 aux alentours de 46 000 cell/mL. Ces fortes concentrations cellulaires de la cyanobactérie sont susceptibles d'être associées à un niveau élevé de toxines hépatiques



*Ô lac ! Rochers muets ! Grottes ! Forêt obscure !
 Vous que le temps épargne ou qu'il peut rajeunir,
 Gardez de cette nuit, gardez, belle nature,
 Au moins le souvenir !*

*Qu'il soit dans ton repos, qu'il soit dans tes orages,
 Beau lac, et dans l'aspect de tes riants coteaux,
 Et dans ces noirs sapins, et dans ces rocs sauvages
 Qui pendent sur tes eaux !*

...

Ô temps, suspend ton vol !

Lamartine