

Suivi de la qualité des eaux des tributaires du lac du Bourget

Suivi en semi-continu de la
Leysse et du Sierroz

Opération C2-4

Année 2020

Mars 2021

RAPPORT

CISALB

42 rue du Pré Demaison
73000 Chambéry
Tél : 04 79 70 64 64
Fax : 04 79 70 06 12
www.cisalb.com

S O M M A I R E

1	Introduction	3
2	Synthèse et conclusion 2020	4
3	Météorologie et hydrologie de l'année 2020	8
3.1	Données météorologiques	8
3.1.1	<i>Températures</i>	9
3.1.2	<i>Précipitations</i>	10
3.2	Données hydrologiques	11
3.2.1	<i>Hydrologie de la Leysse en 2020</i>	12
3.2.2	<i>Hydrologie du Sierroz en 2020</i>	13
3.2.3	<i>Bilan hydrologique</i>	14
3.3	Par paramètre	14
4	Bilan des apports au lac	17
4.1	Estimation des flux entrants de l'année 2020	17
4.2	Estimation des flux sortants	19
4.3	Bilan du phosphore dans le lac pour l'année 2020	19
4.4	La contribution du temps de pluie dans les flux	21
4.5	La Leysse	21
4.5.1	<i>Le rôle du temps de pluie</i>	21
4.5.2	<i>Les crues : un rôle déterminant dans les apports</i>	21
4.6	Le Sierroz	23
4.6.1	<i>Le rôle du temps de pluie</i>	23
4.6.2	<i>Les apports des 10 principales crues du Sierroz</i>	24
4.7	Bilan 2020 sur les apports de temps de pluie.	25

L I S T E D E S F I G U R E S

Figure 1 : Evolution de la moyenne annuelle des températures entre de 1974 et 2020.....	9
Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2020	9
Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2020	10
Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2020	10
Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2020 (source DREAL et CISALB)	12
Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2020 (sources DREAL et CISALB).....	13
Figure 7 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en PO4 et Ptot	14
Figure 8 : Positionnement des principales crues de la Leysse	22
Figure 9 : Positionnement des principales crues du Sierroz.....	24

L I S T E D E S T A B L E A U X

Tableau 1 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2020	17
Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.....	17
Tableau 3 : Synthèse des apports connus au lac.....	18
Tableau 4 : Flux sortants de phosphore par le canal de Savières.....	19
Tableau 5 : Bilan des nutriments dans le lac	19
Tableau 6 : Apports en temps de pluie de la Leysse.....	21
Tableau 7 : Apports des principales crues de la Leysse.....	22
Tableau 8 : Apports en temps de pluie du Sierroz.....	23
Tableau 9 : Apports des principales crues du Sierroz	24
Tableau 10 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie	25

1 INTRODUCTION

Depuis 1975, d'importants travaux d'assainissement ont été réalisés sur le bassin versant pour enrayer le processus d'eutrophisation du lac du Bourget. Pour évaluer l'incidence de ce vaste chantier de restauration lacustre, les collectivités ont mis en place en 1980 un **suivi physico-chimique** des eaux du lac du Bourget. Au terme de plus de 30 ans de suivi, l'état du lac ne cesse de s'améliorer.

Depuis 2002 - année de signature du premier contrat de bassin versant du lac du Bourget - de nouvelles actions de dépollution sont engagées, avec pour objectif d'étendre la restauration de la qualité de l'eau aux rivières. Pour mesurer les bénéfices de ces actions, le CISALB s'est doté de deux stations de mesures en semi-continu : une sur la Leysse (mise en service en juin 2003) et une sur le Sierroz (octobre 2003). Ces deux rivières drainent plus de 70% du bassin versant du lac.

Ce suivi en semi-continu a un double objectif :

- estimer les apports et les sorties en nutriments au lac (notamment en phosphate et nitrate),
- évaluer l'effet des actions de dépollution sur la qualité des rivières et orienter les politiques futures de dépollution.

Le présent rapport présente les résultats de ce suivi pour l'année 2020.

Rappel : Les stations de mesures sont équipées d'un préleveur automatique. Sur chaque échantillon prélevé, la concentration des éléments suivants est mesurée :

Paramètres		Unités	Seuil de détection
Orthophosphates	PO ₄	mg/l de P	0,005
Phosphore total	Ptot	mg/l de P	0,005
Nitrate	NO ₃	mg/l de NO ₃	0,5
Ammonium	NH ₄	mg/l de NH ₄	0,02
Matière en suspension	MEST	mg/l	0,5
Azote kjeldahl	NKT	mg/l de N	0,2

Le seuil de détection du phosphore total était de 0,02 mg/l jusqu'à fin 2006 et de 0,01 jusqu'à fin 2009.

Attention le seuil de détection du PO₄ est exprimé en mg/l de P et a été divisé par 2 en 2010.

2 SYNTHÈSE ET CONCLUSION 2020

Conditions météorologiques : température et pluviométrie

L'année 2020 enregistre un écart de **+1,39°C** par rapport à la moyenne 1974-2020.

		Moyenne 1974 - 2020	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Moyenne annuelle	°C	11,51	12,3	12	11,7	12,4	9,65	12,4	12,1	11,3	12,7	12,4	12,2	12,2	13,3	12,6	12,9
Ecart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		9,3	6,5	3,4	9,4	-1,4	9,9	4,8	0	11,4	8,7	7	6,6	15,9	9,9	12,1

Evolution des moyennes annuelles des températures

Le bassin versant du lac du Bourget obtient une température moyenne annuelle de 12,9°C, valeur supérieure de 1,39°C soit 12,1% par rapport à la moyenne 1974-2020. Seuls les mois de juin et octobre présentent des températures très légèrement inférieures à la moyenne (respectivement -1 et -5%). Le reste de l'année les températures mensuelles sont supérieures à la moyenne avec un pic à 85% en février (+80% en décembre 2019).

		Moyenne 1974 - 2020	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cumul annuel	mm	1 243	1004	1238	1214	929	1031	1079	1385	1467	1231	1332	1181	1094	1150	1234	1031
Ecart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		-23	-5	-7	-29	-21	-17	7	13	-5	2	-9	-12	-7,5	-0,7	-0,1

Evolution des cumuls annuels de pluviométrie

Avec 1 031 mm de pluie à Voglans, l'année 2020 se situe, comme l'année 2010, en dessous de la moyenne sur la période 1974-2020.

On distingue des précipitations excédentaires pendant les mois de février, mai, juin, août et octobre (respectivement +8, +1, +52, +37 et +33% par rapport à la moyenne mensuelle) d'une part, et les mois de janvier, mars, avril, juillet, septembre, novembre et décembre déficitaires (respectivement -58, -6, -39, -89, -72, -72, -1% par rapport à la moyenne mensuelle).

L'année 2020 est caractérisée par une forte variabilité passant de mois très pluvieux (+52% en juin et +37% en août) suivis de mois très secs (-89% en juillet).

Hydrologie

- La Leysse

		Source DREAL sur 53 ans		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		Q _{MNA5}	Module													
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,68	6,2	6	3,5	5,25	3,78	6,55	9,17	6,32	6,3	6,77	4,29	7,31	6,22	5,86
Q < module inter annuel	jours			244	307	287	311	277	177	243	223	223	304	233	240	240
Q < Q _{MNA5} inter annuel	jours			0	51	15	0	0	0	0	0	9	48	70	38	58

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles de la Leysse

Cette année est marquée par un **débit moyen** équivalent au **module interannuel**.

Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 240 jours**. De plus, les débits instantanés ont été inférieurs au Q_{ma5} durant 58 jours et au débit minimum biologique pendant 48 jours (28 en 2019) dont 3 périodes de 7 jours consécutifs de fin juillet à fin août ainsi que 18 jours consécutifs en septembre.

- Le Sierroz

		Source DREAL sur 53 ans		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
		Q _{MNA5}	Module													
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,22	2,42	2,4	1,5	1,9	1,3	2,6	3,3	2,8	1,89	2,69	1,34	2,57	2,25	1,79
Q < module inter annuel	jours			241	301	275	319	256	135	232	183	227	308	192	272	290
Q < Q _{MNA5} inter annuel	jours			0	82	15	1,5	25	0	26	20	13	16	73	28	8

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles du Sierroz

Le débit moyen annuel est inférieur au module (-35%). Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 290 jours** (79% du temps) et **inférieurs au Q_{MNA5} durant 8,3 jours** (2% du temps). Enfin, le débit minimum biologique a, lui aussi, été dépassé pendant 8,4 jours (4 jours consécutifs fin septembre).

		Leysse													Sierroz														
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Débit moyen	m ³ /s	7,34	5,98	3,53	5,25	3,78	6,55	9,17	6,32	6,3	6,77	4,29	7,31	6,22	5,86	2,22	2,37	1,53	1,94	1,27	2,63	3,33	2,78	1,89	2,69	1,34	2,57	2,25	1,79
Ptot	mg/l	0,08	0,029	0,06	0,066	0,12	0,09	0,08	0,09	0,18	0,083	0,078	0,072	0,06	0,070	0,1	0,11	0,09	0,123	0,23	0,22	0,26	0,26	0,306	0,207	0,161	0,223	0,234	0,154
PO ₄	mg/l(P)	0,014	0,01	0,009	0,006	0,007	0,008	0,008	0,01	0,007	0,007	0,007	0,006	0,009	0,008	0,02	0,015	0,017	0,016	0,016	0,017	0,015	0,016	0,019	0,022	0,02	0,03	0,035	0,043
NO ₃	mg/l(N)	1,01	0,93	1,12	1,128	0,95	0,98	0,89	0,86	0,972	0,799	0,984	1,01	0,96	0,94	1,85	1,49	1,88	2	1,67	1,65	1,38	1,17	1,379	1,356	1,363	1,587	1,78	1,47
NKT	mg/l	0,79	0,68	0,74	0,564	1,1	0,9	0,6	0,6	0,836	0,538	0,563	0,517	0,63	0,46	0,92	1,28	0,8	0,82	1,23	1,37	1,12	0,96	1,168	1,204	1,265	1,219	1,75	1,05
NH ₄	mg/l(N)	0,03	0,027	0,043	0,043	0,08	0,055	0,04	0,026	0,041	0,031	0,041	0,038	0,024	0,028	0,023	0,027	0,043	0,058	0,095	0,071	0,046	0,026	0,027	0,048	0,047	0,1	0,124	0,144
COD	mg/l	1,82	1,78	1,77	2,03	2	1,6	1,89	1,89	1,792	1,647					2,06	2,09	1,96	2,22	2,33	2,08	2,14	2,05	2,126	2,079				
COT	mg/l	2,43	2,23	2,43	2,19	2,7	1,84	2,13	2,66	2,302	2,25					2,67	3	2,63	2,44	3,19	2,65	2,56	2,56	2,625	2,631				
MES	mg/l	373	253	209	205	302	330	260	228	548,6	279,4	233,5	214,7	331	218	192	986	148	158	218	474	925	454	556	369,2	334,6	364,3	860	197

Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume

Les concentrations moyennes, pondérées par le volume, calculées sur l'année 2020 appellent les remarques suivantes :

- Pour l'ensemble des paramètres analysés, le Sierroz présente encore des valeurs plus élevées que la Leysse.

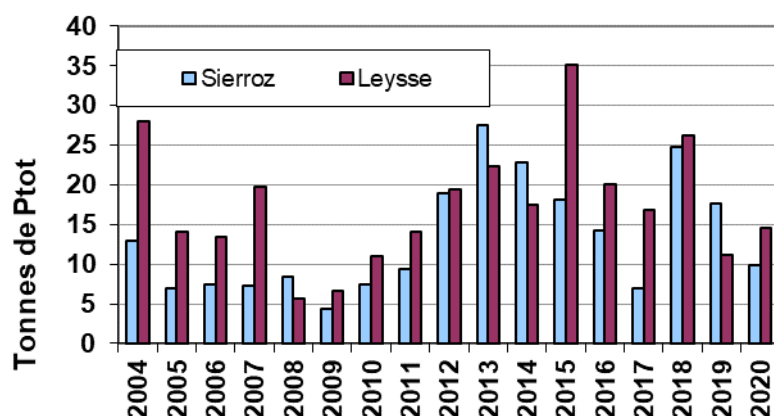
- Avec une concentration moyenne en Ptot de 0,07 mg/l sur la Leysse et de 0,154 mg/L sur le Sierroz, l'année 2020 est une année dans la moyenne des valeurs observées depuis 11 ans.
- Pour la Leysse les concentrations en PO₄ et en nitrates restent dans les valeurs basses du suivi. Dans le cas du Sierroz, une valeur de 0,043 mg/l de PO₄ représente la plus haute concentration des 13 dernières années. Le nitrate est dans les moyennes avec 1,47 mg/l.
- Sur la Leysse, avec 0,028 mg/l, les concentrations en NH₄ retrouvent des niveaux équivalents à 2014 et 2019 (0,026 et 0,024 mg/l). Pour le Sierroz, la moyenne des concentrations en NH₄ est la plus haute depuis les 3 dernières années avec 0,144 mg/l (0,100 et 0,124 mg/l en 2018 et 2019).
- Les concentrations en MES de la Leysse et du Sierroz en 2020 sont dans les moyennes des valeurs observées depuis 13 ans.

Bilan des apports au lac en nutriments par la Leysse (L), le Sierroz (S) et le déversoir des Biâtres (DO) (tonnes de P et N)

	1974	1983	1995-1996	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ptot (Leysse et Sierroz + DO)	300	150	94	27	14	11	18	24	38	50	40	53,4	31,9	26,3	51	28,8	24,4
				5,8	4,2	2,7	2,4	2,8	2,3	2,8	2,1	3,7	2,5	2,4	5,1	2,4	1,4
PO ₄	140		18	4,6	3	1,82	1,89	1,5	3,1	4	4,1	2,53	2,9	2,29	3,7	3,4	3,20
NO ₃	1,5	580	450	367	290	214	309	181	347	409	275	275	264	202	302	324	259
NO ₃ + NKT				617	516	334	454	360	654	704	503	510	462	378	544	538	396

Les apports externes en Ptot sont inférieurs à 30 tonnes (25,8 tonnes), limite préconisée théoriquement par la communauté scientifique pour permettre la réologotrophisation.

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



Le volume transité en 2020 par la Leysse et le Sierroz est de **242,1** Mm³.

Le temps de pluie et les crues : un rôle déterminant

Globalement, le temps de pluie est responsable de 50% à 89% des apports en nutriments au lac. Le bruit de fond représente **5,9%** des flux de phosphore total rejetés au lac.

- La Leysse

Les apports de temps de pluie de la Leysse en Ptot s'élèvent en 2020 à 12,42 T. Des valeurs en légères hausse par rapport à 2019 avec 9,76 T.

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 augmenté de 9,6% (9,07 T en 2020 contre 8,2 T en 2019). Les **10 principales crues** représentent **69,3 %** des apports de **temps de pluie**.

Si l'on regarde la répartition des apports principaux de Ptot sur l'année, on distingue trois périodes marquées :

- Début février (le 2 février), une crue moyenne succédant un temps sec de 10 jours, a apportée environ 1,8 T de Ptot,
- Début mars (le 2 et le 5 mars) deux crues successives importantes ont transporté 5,6 T,
- A partir de mi-mars jusqu'à début août, un temps plutôt sec sans crues importantes est responsable d'un apport globalement faible : seulement **0,29 T de Ptot en 149 jours**.

- Le Sierroz

Les apports de temps de pluie du Sierroz en Ptot s'élèvent en 2020 à 8,3 T contre 13,6 en 2019. On remarque que les flux de Ptot générés par les 10 principales crues ont baissé de 5,61 T entre 2019 et 2020 soit 55% (6,89 T en 2020 contre 12,5 T en 2019).

Si l'on regarde la répartition des apports principaux de Ptot sur l'année, on distingue plusieurs périodes :

- Une période d'apport important de Ptot début-mars qui transporte 3,26 T sur 14 jours,
- Une succession de crues moyennes à faibles de fin-avril à début-juin avec 2,7 T sur 47 jours,
- Une période sèche du 11 juin au 2 octobre sans crues significatives avec 0,32 T sur 113 jours,
- Une crue importante en fin-octobre a transitée 2,65 T de Ptot.

- Les flux rejetés par le déversoir des Biâtres

Depuis que le déversoir des Biâtres fait l'objet d'une autosurveillance, les flux de Ptot rejetés au lac varient de 2,3 en 2012 à 6 tonnes en 2007. Pour l'année 2020, ces rejets sont évalués à 1,41 T (5,13 T en 2018 et 2,42 T en 2019) pour 189 800 m³ répartis sur 179 jours soit 5,3% des apports totaux en Ptot au lac. Courant septembre 2020, un bassin de stockage-restitution de 10 000 m³ « des Biâtres » a été mise en service. Celui-ci capte les eaux unitaires rejetées vers le lac lors des épisodes pluvieux importants.

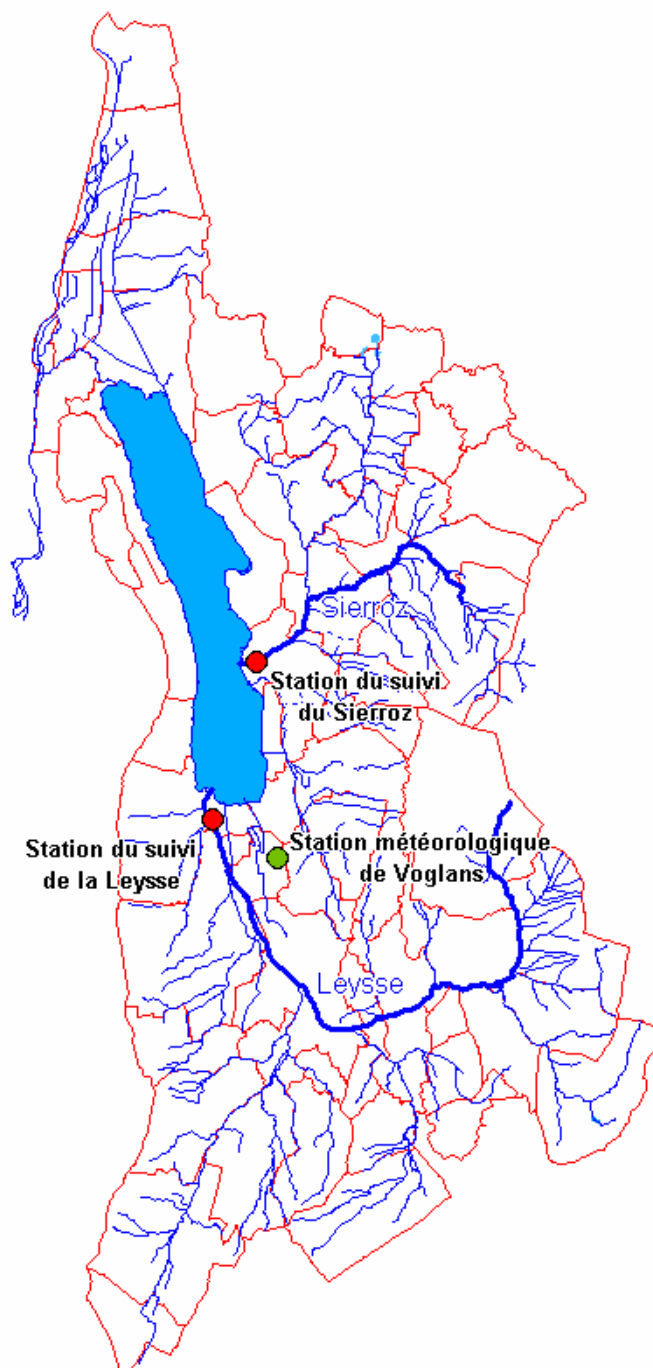
En résumé, **le temps de pluie** représente **82,5% des apports annuels de Ptot**.

3 METEOROLOGIE ET HYDROLOGIE DE L'ANNEE 2020

3.1 Données météorologiques

Les données exploitées dans le présent rapport proviennent de la station Météo France de Voglans (cf. le plan de situation géographique présenté ci-dessous).

Carte de situation des stations de mesure



3.1.1 Températures

Avec 12,93 °C de température moyenne, l'année 2020 est la deuxième année la plus chaude depuis 1974 après 2018. L'écart à la moyenne interannuelle 1974-2020 (11,54 °C) est de 1,39 °C soit +11% environ.

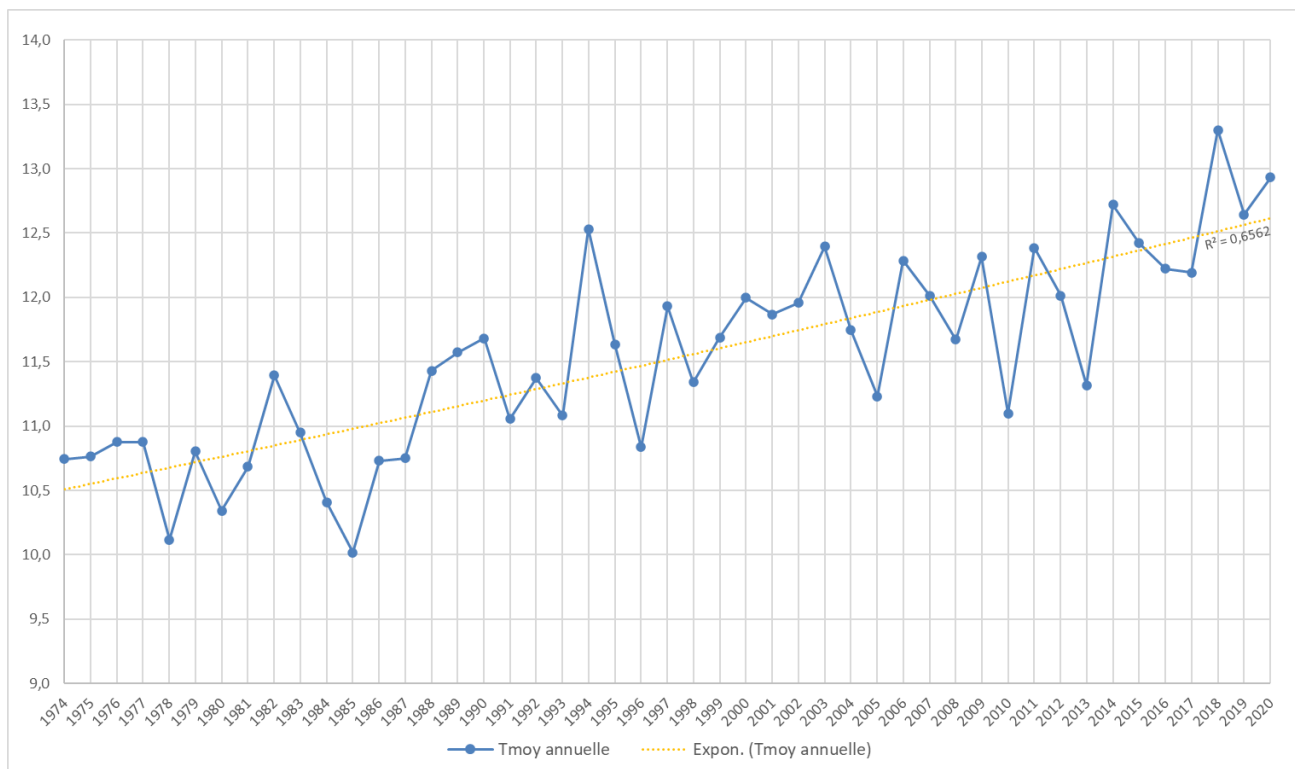


Figure 1 : Evolution de la moyenne annuelle des températures entre de 1974 et 2020

A l'exception des mois de juin et octobre légèrement plus froid que leur moyenne mensuelle (1974-2020) avec respectivement des déficits de -1 et -5%, l'année 2020 présente des températures mensuelles excédentaires (entre +9% pour les mois d'août et septembre et +43 et +85% pour les mois de janvier et février).

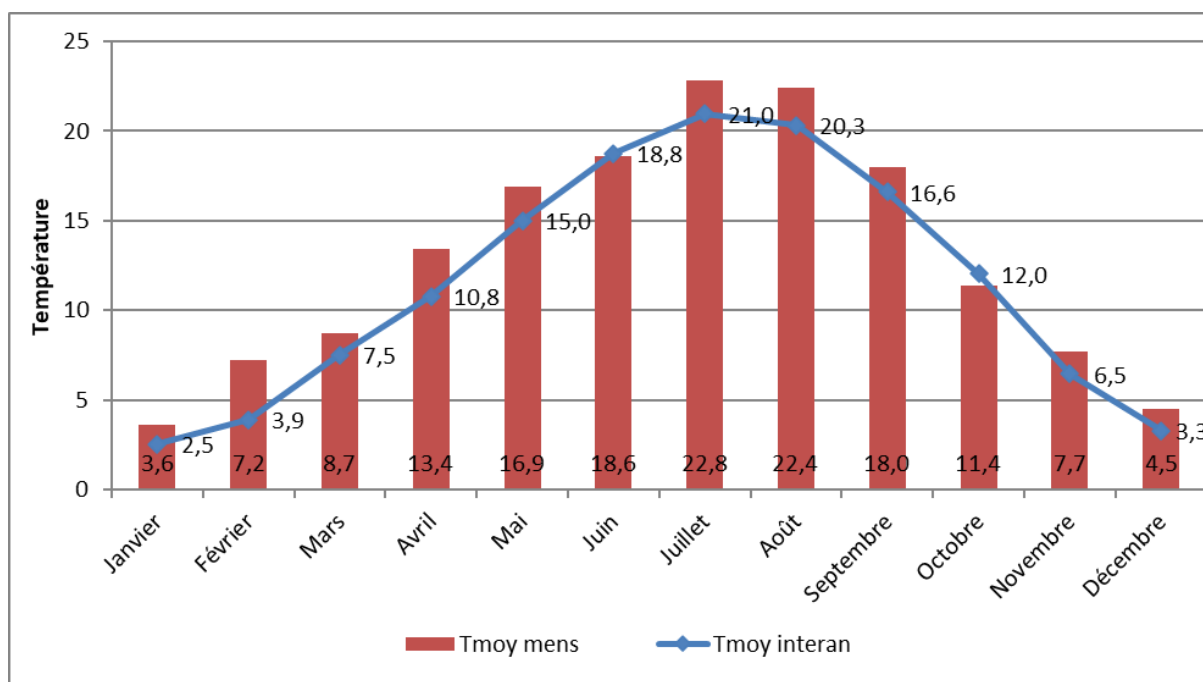


Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2020

3.1.2 Précipitations

Avec un cumul de **1 031 mm**, l'année 2020 est proche de la moyenne interannuelle (1 031 mm).

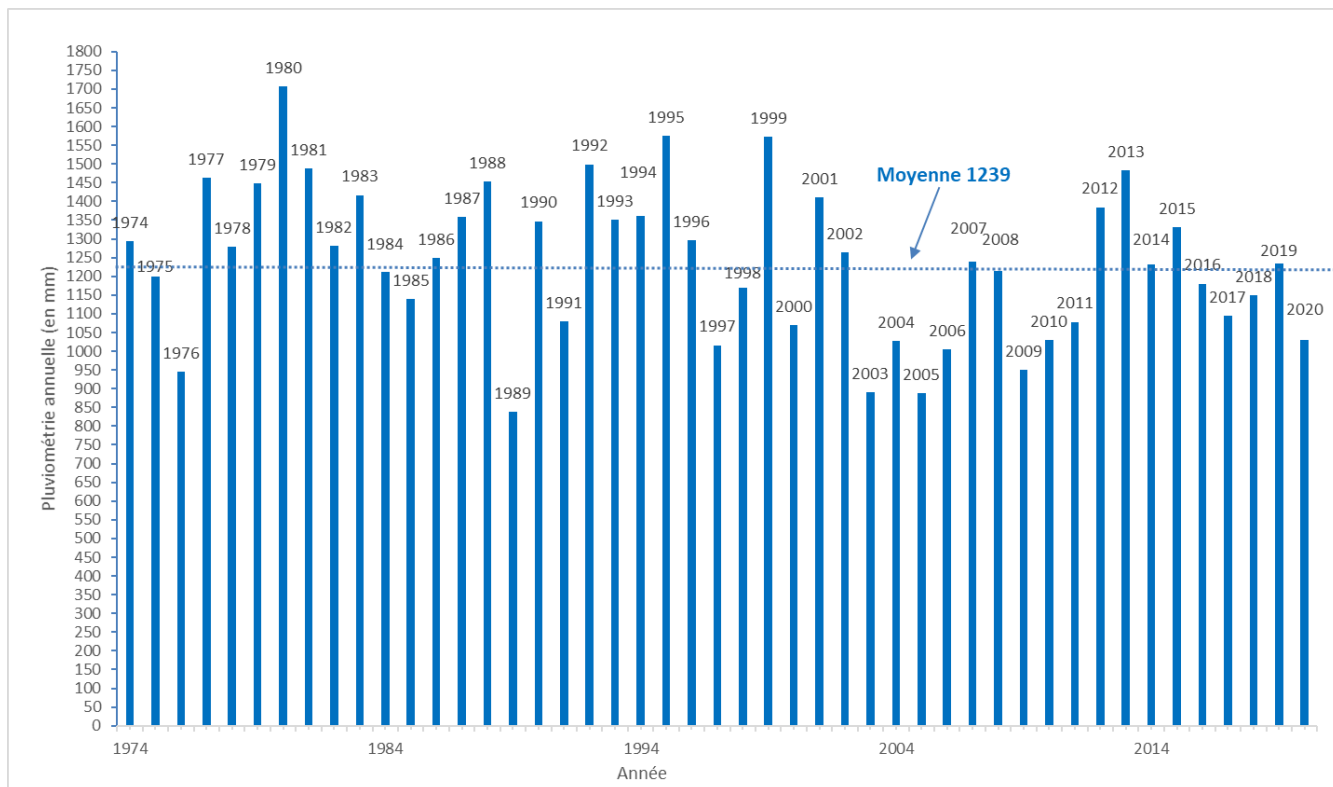


Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2020

Avec **7 mois déficitaires et 5 excédentaires**, les précipitations mensuelles sont **hétérogènes** sur l'année 2020 :

- Les mois de janvier, avril, juillet, septembre, novembre sont **déficitaires**. Le déficit moyen s'établit à **-48 % avec trois pics de -89% et deux de -72%** (respectivement en juillet, septembre et novembre) ;
- 5 autres mois sont excédentaires. **L'excédent moyen est de +27 %** avec un **maximum de +54 % pour le mois de juin**.

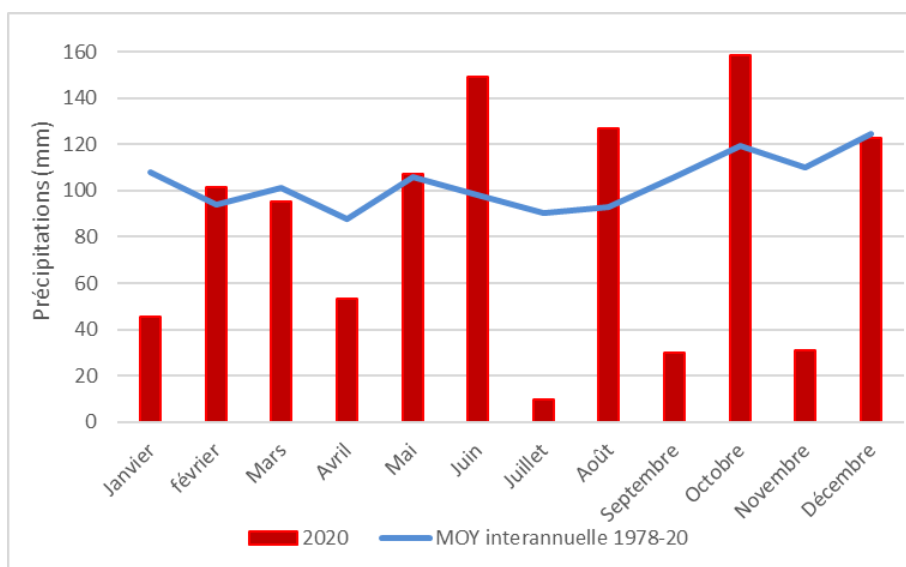
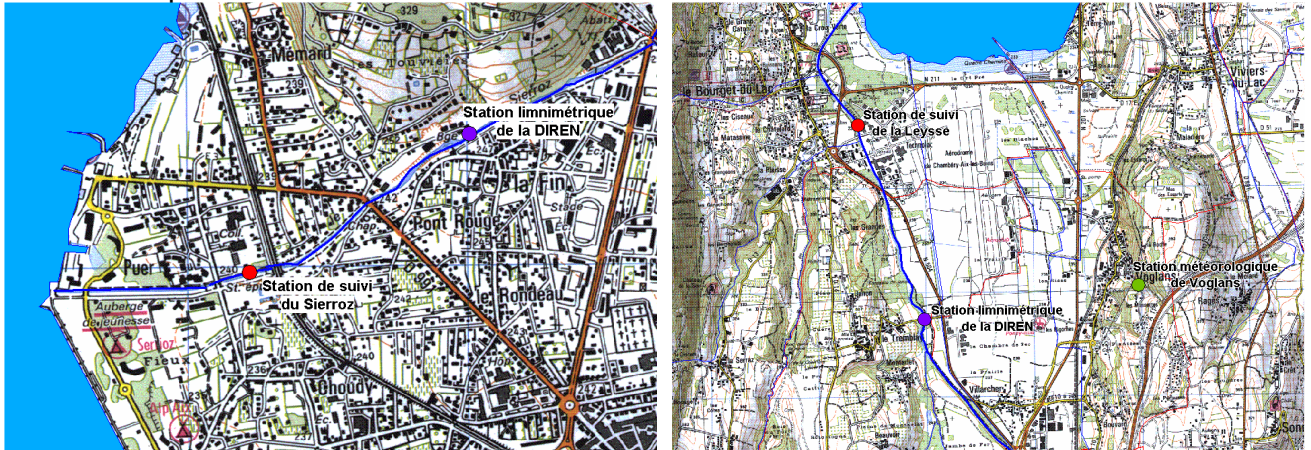


Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2020

3.2 Données hydrologiques

La localisation des stations de mesures de suivi et des stations limnimétriques de la DREAL est présentée sur les cartes suivantes.



Sur le Sierroz, la station de suivi et la station limnimétrique contrôlent un bassin versant identique (**133 Km²**) : les débits fournis par la DREAL sont par conséquent exploitables en l'état pour l'estimation des flux.

Sur la Leysse, les stations contrôlent des bassins versants différents : **280 Km²** à la station limnimétrique du Tremblay et **296 Km²** à la station de suivi. Cette différence de superficie est due au Nant-Varon qui conflue avec la Leysse entre les deux stations. La sous-estimation qui en découle sur le débit à prendre en compte dans le calcul des flux pourrait être estimé à 5,4%, si l'on raisonne sur le rapport des superficies.

Toutefois, en l'absence de données précises sur l'hydrologie du Nant-Varon - notamment en période de crues, le principe retenu est de ne pas appliquer un quelconque coefficient correcteur arbitraire sur les débits de la station du Tremblay et de considérer que cette infime sous-estimation des flux n'est pas de nature à compromettre l'exploitation des résultats.

Le tableau suivant rappelle les modules, débits d'étiage et débits biennaux des deux rivières :

		Leysse (280 Km ²)	Sierroz (133 Km ²)
débit biennal	m ³ /s	100	47
module	m ³ /s	6,2	2,42
Q_{mna5}	m ³ /s	0,68	0,22

(Source DREAL)

3.2.1 Hydrologie de la Leysse en 2020

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi de la DREAL donne un aperçu réel de l'hydrologie de la Leysse durant cette année 2020.

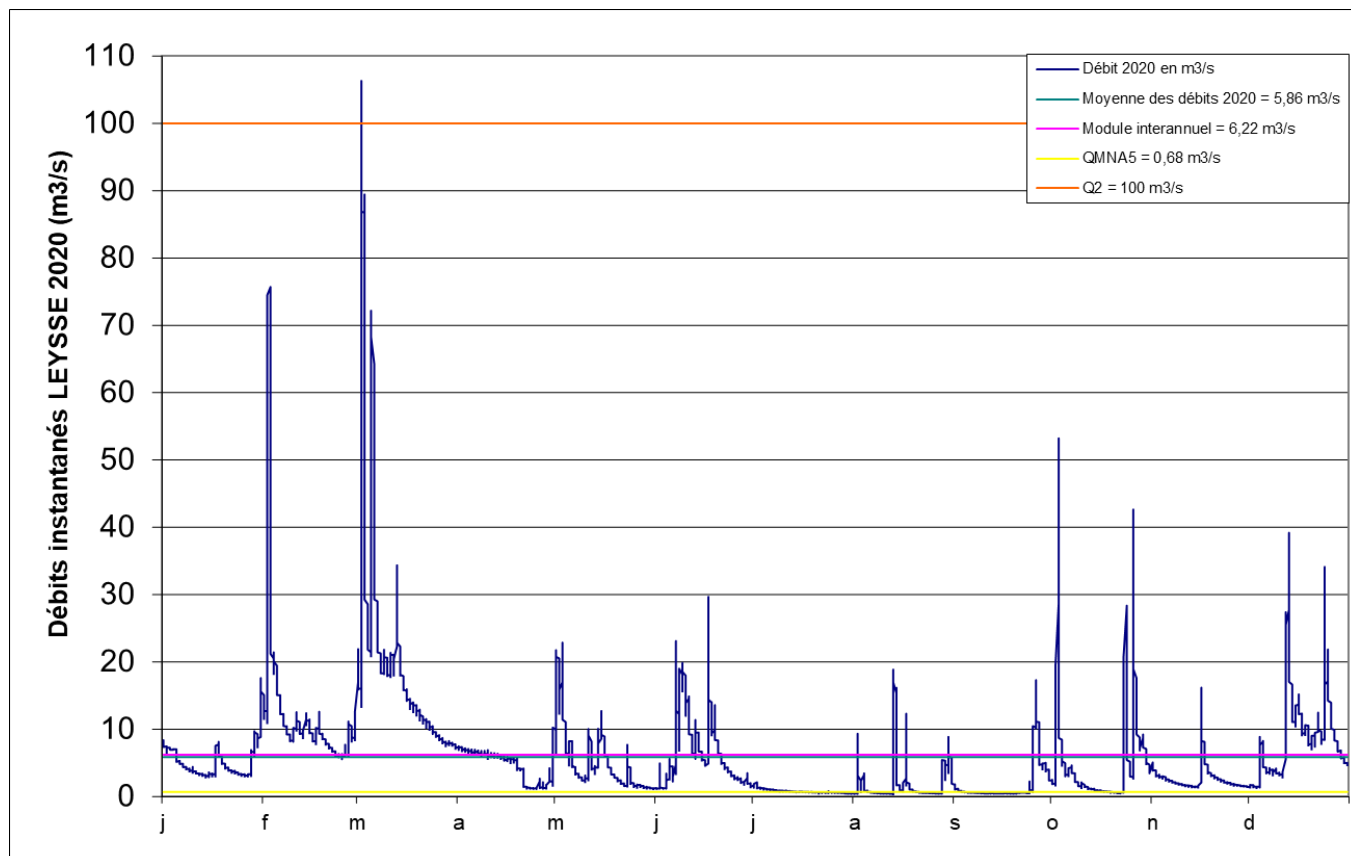


Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2020 (source DREAL et CISALB)

Ce graphique appelle plusieurs constats :

- Les crues de 2020 sont hétérogènes au cours de l'année. Les débits de pointe les plus élevés sont enregistrés sur la période février et mars :
 - 76 m³/s le 3 février. Cette crue fait suite à un temps sec de 14 jours,
 - 106 m³/s le 2 mars suivis de 73 m³/s le 5 mars,
 - une dynamique de variation journalière de mi-mars à mi-avril en lien avec la fonte du manteau neigeux,
 - Des crues faibles du 1^{er} mai au 19 juin avec des pointes de 12 m³/s à 30 m³/s,
 - Un temps sec de fin juin à fin septembre de 93 jours consécutifs ponctués de 3 crues faiblement représentatives (moyenne de 11 m³/s),
 - Des crues moyennes de 36 m³/s de fin-septembre à fin décembre avec un maximum de 52 m³/s.
- Le volume transité en 2020 est de **185 Mm³** pour un débit moyen de 5,86 m³/s,
- Le débit a été **inférieur au module** durant **240 jours soit 65,8%** du temps et **inférieur au Qmna5** pendant **58 jours**,
- Le débit a été inférieur au débit **minimum biologique** (0,6 m³/s) **pendant 48 jours**.

3.2.2 Hydrologie du Sierroz en 2020

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi de la DREAL donne un aperçu réel de l'hydrologie du Sierroz durant cette année 2020.

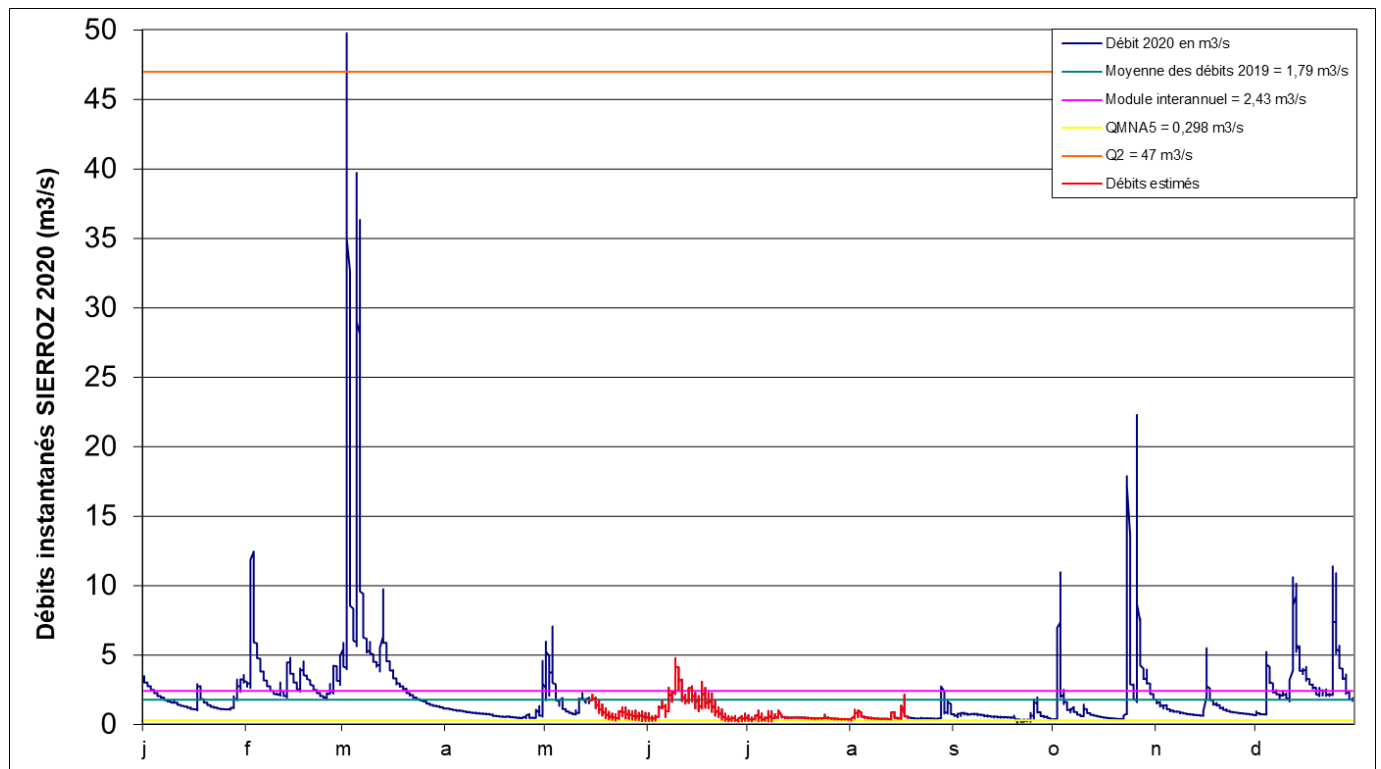


Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2020 (sources DREAL et CISALB)

Note : En raison de travaux réalisés sur la station DREAL, la section rouge de la courbe de débit correspond à une estimation basée sur les valeurs de hauteur d'eau.

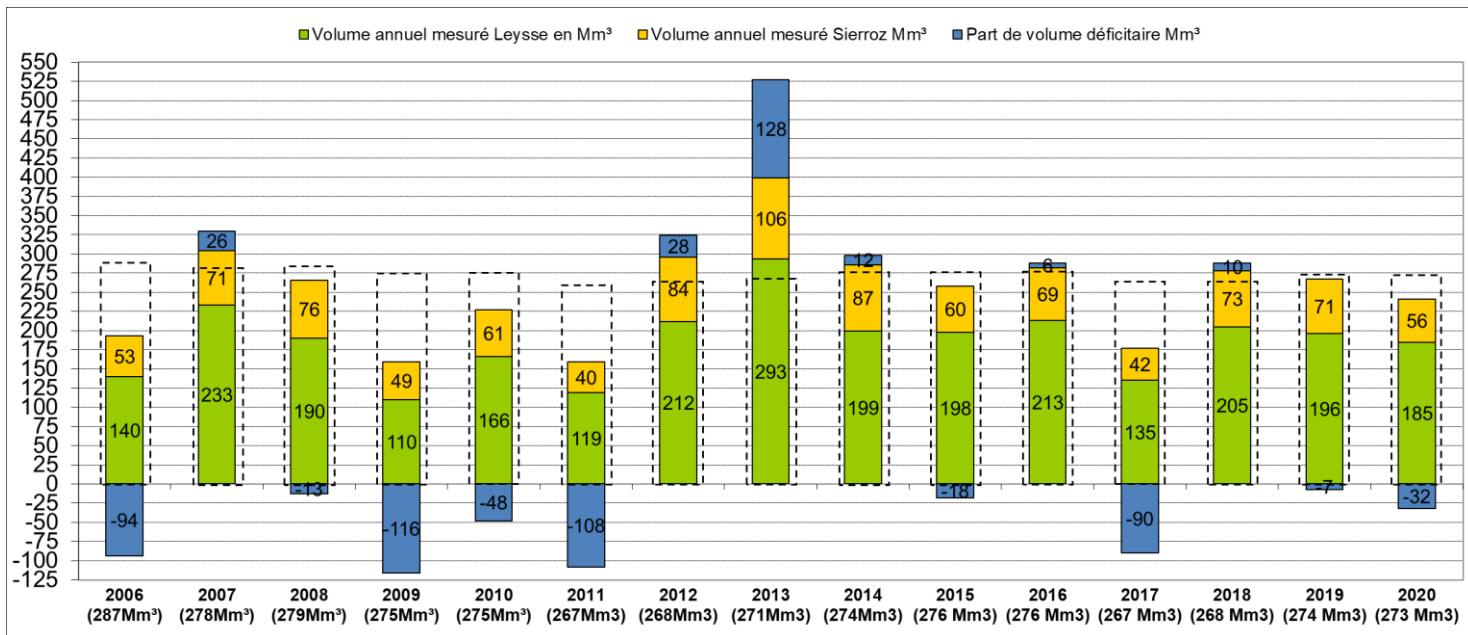
L'année 2020 correspond à une répartition hydrologique **très hétérogène**. On peut constater :

- 12,5 m³/s le 20 février qui succèdent à un temps sec de 42 jours,
- 49,8 m³/s le 20 mars, crue majoritaire de 2020,
- Un temps sec de 48 jours de mi-mars à fin avril,
- Une fluctuation sur la période de mi-mai à mi-juin (moyenne de crues de 4,1 m³/s,
- Une période sèche du 20 juin au 20 octobre,
- Des crues moyennes de 10,4 m³/s de fin-septembre à fin décembre avec un maximum de 22 m³/s.

Le volume transité en 2020 est **de 56,4 Mm³** pour un débit moyen de 1,79 m³/s.

- Le débit a été inférieur au **module** durant **290 jours soit 79,5%** du temps et inférieur au **Qmna5** durant **8 jours soit 8,4 %** du temps.
- Le débit a été inférieur au débit **minimum biologique** (0,3 m³/s) durant **7 jours** soit **8,2% du temps** (13,3 % en 2019).

3.2.3 Bilan hydrologique



Le volume moyen mesuré sur la Leyse et le Sierroz en 2020 est déficitaire de : **32 Mm³** mesurés pour 273 Mm³ théoriques (apport moyen théorique des deux bassins versants, calculé avec les modules des deux rivières en pointillé) soit 11,7 %.

Le Sierroz est à l'origine de 65% du déficit avec 21 Mm³ manquant (56 Mm³ contre 77 théoriques).

3.3 Par paramètre

Les graphiques suivants présentent l'évolution des concentrations moyennes annuelles tous régimes confondus pondérées par le volume.

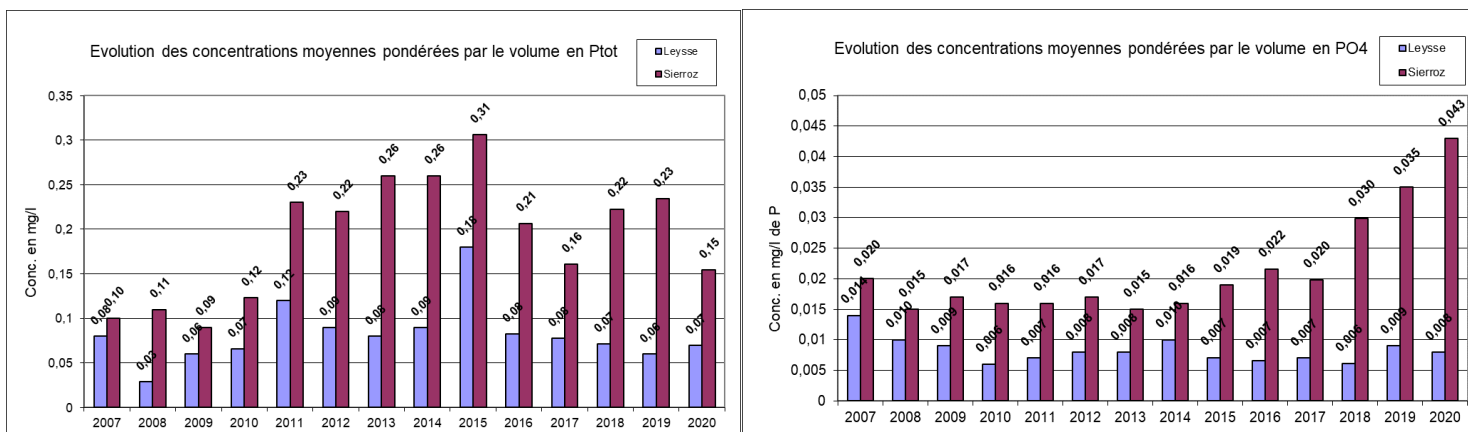


Figure 7 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en PO4 et Ptot

De façon générale, les concentrations en **éléments phosphorés** sont toujours **plus élevées dans le Sierroz que dans la Leyse**.

Depuis les 5 dernières années la concentration en Ptot se stabilise sur la Leyse avec une **concentration moyenne de 0,07 mg/l**.

Sur le Sierroz la concentration en Ptot est de 0,154 mg/l, équivalente à 2017 et dans les valeurs moyennes de la chronique 2008-20 (en baisse par rapport aux valeurs hautes des années 2013-15 mais encore supérieure aux concentrations de la période 2008-10).

Après une chute observée entre 2004 et 2007, les concentrations en **PO₄ sur la Leyse, sont depuis relativement stables** et comprises entre 0,007 et 0,01 mg/l. Après une période stable durant les années 2008-14, les concentrations en **PO₄ sur le Sierroz** sont en **hausse continues avec 0,043 mg/l** en 2020 (0,030 en 2018 et 0,035 en 2019).

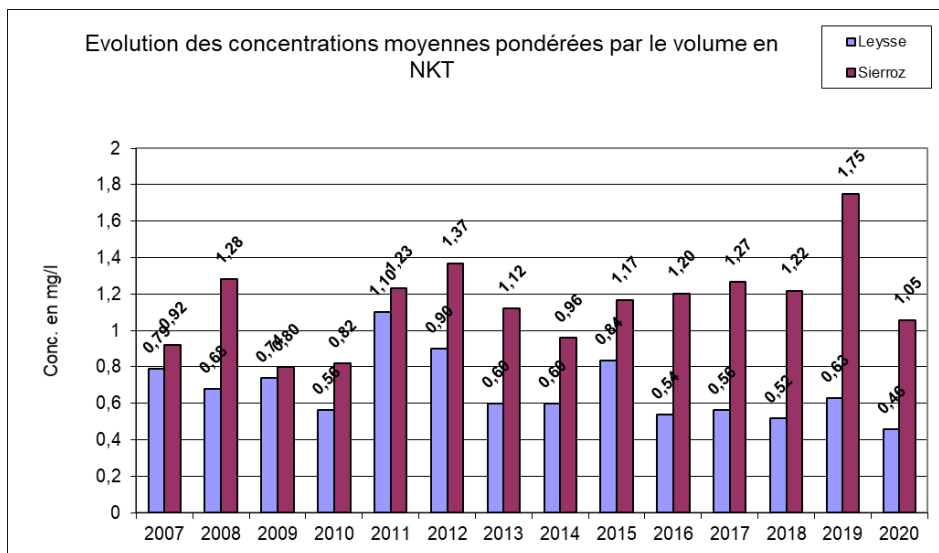


Figure 8 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NKT

Les concentrations en **NKT** présentent une évolution différente selon le cours d'eau considéré. La **Leysse** montre une concentration en NKT dans la moyenne des 5 dernières années et dans la moyenne interannuelle avec 0,49 mg/l.

Après une augmentation en 2019 de 1,75 mg/l, le Sierroz obtient 1,05 mg/l, valeur équivalente à la moyenne de 2013-18 (1,14 mg/l).

La concentration moyenne pondérée du Sierroz est 2 fois supérieure à celle de la Leysse en 2020 (3 fois supérieurs en 2019). Seules les années 2009-11 présentaient des concentrations moyennes pondérées proches de celles de la Leysse.

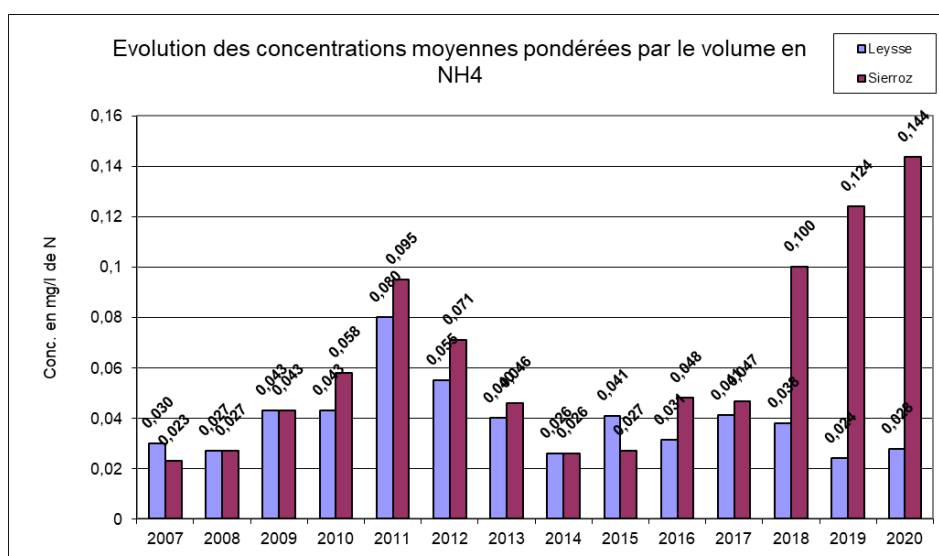


Figure 9 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NH4

L'évolution interannuelle des concentrations en NH₄ est différente sur la Leysse et sur le Sierroz :

- Hausse de 2008 à 2011 avec des concentrations égales sur les deux cours d'eau ou légèrement supérieures pour le **Sierroz** (34% max),
- Baisse de 2011 à 2017 avec un « creux » sur les années 2014-15. Les concentrations restent proches sur les deux masses d'eau à la seule exception de 2015, année durant laquelle les concentrations sur la **Leysse** sont supérieures à celles du **Sierroz** (25%),
- 2018-20, durant lesquelles la concentration de la **Leysse** reste stable par rapport à la période 2013-17. Les concentrations du Sierroz sont quant à elles en forte augmentation – fois 2 en 2018, fois 2,6 en 2019 et fois 3 en 2020.

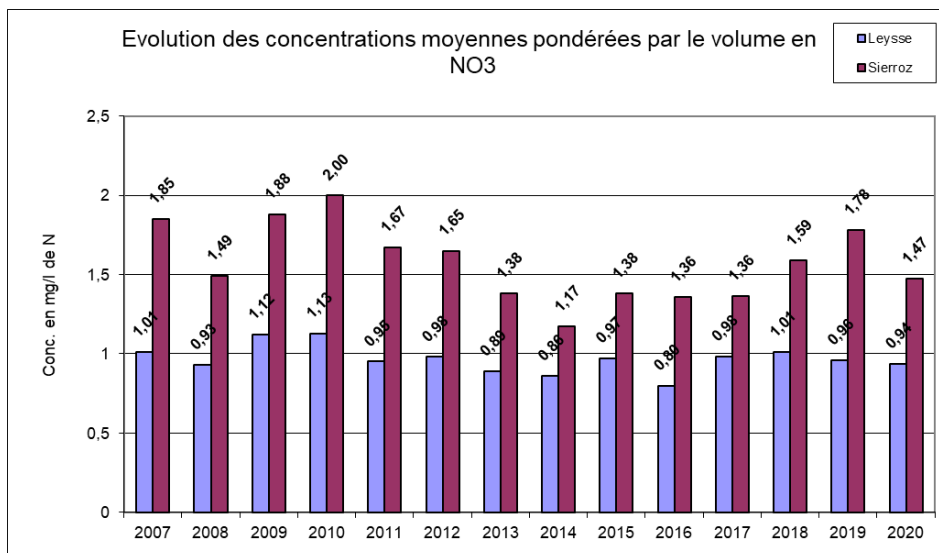


Figure 10 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NO3

Les concentrations moyennes pondérées en nitrates de la Leysse restent relativement stables autour de 0,98 mg/l. Celles du Sierroz sont plus variables, entre 1,17 et 2 mg/l. Elles sont en légères hausses depuis 2017 (avec +30% en 2020 par rapport à la moyenne 2007-20).

Comme pour les éléments phosphorés, le Sierroz présente des concentrations en **matières azotées** plus élevées que dans la Leysse.

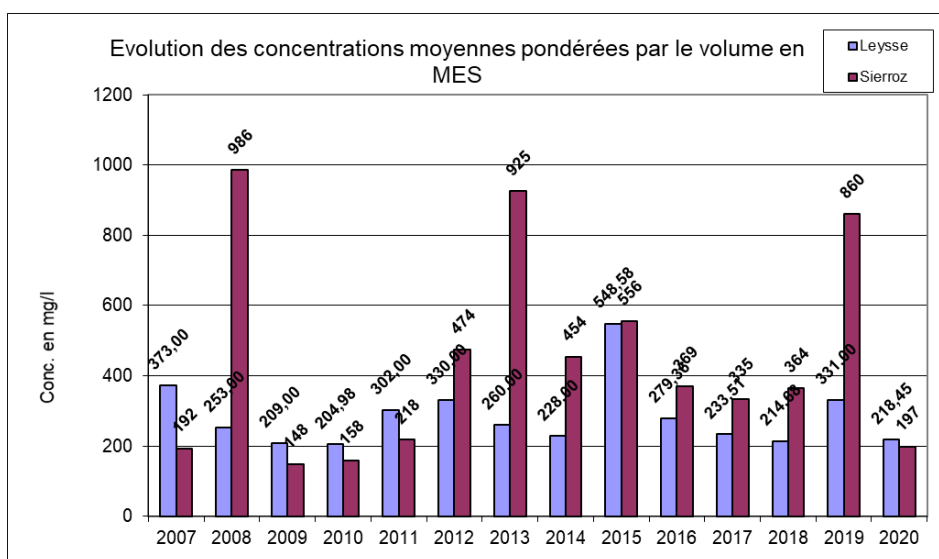


Figure 11 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en MES

En 2020, les concentrations en MES sont faibles pour le Sierroz avec 197 mg/l (55% inférieur à la moyenne des 13 dernières années de 430 mg/l). Les valeurs les plus importantes sont enregistrées début mars et octobre, période de crues importantes. Les concentrations en **MES** de la Leysse restent dans la moyenne interannuelle (218 mg/l pour 277 en moyenne).

4 BILAN DES APPORTS AU LAC

L'objectif de cette partie est d'évaluer les apports en nutriments au lac par les principaux tributaires que sont la Leysse et le Sierroz, et de quantifier les rejets directs effectués au cours de l'année (DO des Biâtres, rejets UDEP Aix-les-Bains et fermeture de la galerie de l'Épine).

4.1 Estimation des flux entrants de l'année 2020

L'estimation des flux a été établie en multipliant le volume transité de chaque échantillon par la concentration de chaque élément analysé. Le tableau suivant présente les apports de la Leysse et du Sierroz :

	Année 2020				
	TOTAL	Leysse (296 Km ²)		Sierroz (133 Km ²)	
Volume transité (Mm ³)	241,8	185,42	76,7 %	56,40	23,3 %
Ortho P (Tonnes de P)	3,0	1,38	45,3 %	1,67	54,7 %
Ptot (Tonnes)	24,4	14,49	59,3 %	9,93	40,7 %
NO₃ (Tonnes de N)	258,7	172,38	66,6 %	86,34	33,4 %
NH ₄ (Tonnes de N)	9,9	4,55	45,8 %	5,38	54,2 %
MES (Tonnes)	58388	42902	73 %	15486	27 %
NKT (Tonnes)	137,2	71,63	52,2 %	65,56	47,8 %

Tableau 1 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2020

Le tableau suivant présente l'évolution des apports de 1974 à 2020 (en tonnes). A partir de 2006, ont pu être mesurés les apports de la Leysse, du Sierroz + du DO des Biâtres.

	1974	1983	1995-1996	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ptot	300	150	94	27	14	11	18	24	38	50	40	53,4	31,9	26,3	51	28,8	24,4
				5,8	4,2	2,7	2,4	2,8	2,3	2,8	2,1	3,7	2,5	2,4	5,1	2,4	1,4
PO ₄	140		18	4,6	3	1,82	1,89	1,5	3,1	4	4,1	2,53	2,9	2,29	3,7	3,4	3,04
NO ₃	1,5	580	450	367	290	214	309	181	347	409	275	275	264	202	302	324	259
NO ₃ + NKT				617	516	334	454	360	654	704	503	510	462	378	544	538	396

Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974

Avec **25,8 T de Ptot** d'apports au lac, l'année 2020 est inférieure à l'objectif fixé de 30 T d'apport annuel maximum. Globalement, trois années respectent cet objectif sur les 8 dernières (2017, 2019 et 2020).

En 2020, le **volume transité par le Tillet** s'élève à 13,3 Mm³ (contre 14,4 en 2018 et 13,5 Mm³ en 2019) soit **5,3% du volume total transité au lac**.

Une étude spécifique conduite entre mars et août 2013 a permis d'estimer que les apports en Ptot du Tillet représentaient 1 % des apports de la Leysse et du Sierroz.

Pour compléter le bilan des apports au lac, il faut tenir compte des apports du Belle-Eau et du canal de Chautagne qui restent inconnus mais également des apports consécutifs à des déversements directs au lac : notamment d'eau mixte par le **réseau unitaire d'Aix-les-Bains** par le déversoir des Biâtres (**1,41 T de Ptot**).

Le tableau suivant présente le bilan des apports connus au lac :

	Total	Laysse	%	Sierroz	%	DO GLac	%	Galerie	%	Savières	%
volume	245,6	185,42	75,5	56,40	23,0	0,19	0,08	0	0,00	3,59	1,46
Ortho P	3,2	1,38	43,1	1,67	52,2					0,151	4,73
Ptot	25,92	14,49	55,9	9,93	38,3	1,41	5,44	0,000	0,00	0,096	0,37
Nitrates	258,7	172,38	66,6	86,34	33,4						
Amonium	9,9	4,55	45,8	5,38	54,2						
MES	58388	42902	73,5	15486	26,5	0,1	0,00				
NKT	137,2	71,63	52,2	65,56	47,8	0,01	0,01				

Tableau 3 : Synthèse des apports connus au lac

Ce tableau de synthèse amène plusieurs remarques :

- L'objectif de **moins de 30 T** d'apports de **Ptot** a été atteint avec un total de **25,9 tonnes**.
- Le déversoir des **Biâtres** représente 1,41 T soit **5,44 % des apports en Ptot**.

** Les concentrations moyennes de Ptot et PO4 pour les apports du Canal de Savières sont obtenues à la station du Rhône au Pont de la Loi (code station : 06072300) sur la commune de Culoz (réf : naiades.eaufrance.fr).*

4.2 Estimation des flux sortants

Les flux sortants (uniquement de phosphore) par le canal de Savières ont été calculés à l'aide du volume transité par le canal de Savières (chronique des débits de la CNR) et de la concentration de P mesurée dans le lac à une profondeur de 2 m (suivi écologique INRA 2020).

Le tableau suivant présente les résultats du suivi des flux sortants :

	SAVIERES 2020	
	Flux annuels sortants du lac	% par rapport aux apports totaux
Volume transité (Mm ³)	351,1	143 %
Ortho P (Tonnes de P)	1,04	32,5 %
Ptot (Tonnes)	3,06	11,8 %

Tableau 4 : Flux sortants de phosphore par le canal de Savières

4.3 Bilan du phosphore dans le lac pour l'année 2020

Le suivi réalisé au cours de l'année 2020 permet d'approcher un bilan du phosphore dans le lac. En effet, les flux des principaux affluents ont été mesurés comme chaque année et les flux à l'exutoire ont été calculés. La différence entre les entrées (seules les quantités générées par le Belle-Eau et le Grand Canal ne sont pas estimées) et les sorties permet d'approcher la quantité de phosphore potentiellement utilisable par les organismes du lac et/ou stockés dans les sédiments et la colonne d'eau.

Le tableau suivant présente le bilan entrée / sortie du phosphore dans le lac pour l'année 2020 :

	LAC 2020		
	Entrée	Sortie	Bilan
Volume transité (Mm ³)	245,6	351,1	-105,5
Ortho P (Tonnes de P)	3,2	1,04	2,2
Ptot (Tonnes)	25,92	3,06	22,9

Tableau 5 : Bilan des nutriments dans le lac

On remarque en priorité que même en tenant compte des volumes transités par le Tillet, il sort plus d'eau du lac que ce qu'il n'en rentre (251,1 entrant contre 351,1 Mm³ sortant). Il existe plusieurs raisons à cela :

- Le volume d'eau entrant est sous-estimé, des affluents certes minoritaires ne sont pas suivis ;
- Les rejets directs liés aux rejets pluviaux ne sont pas pris en compte.

A ces volumes non comptabilisés vient s'ajouter une erreur de mesure plus importante sur des cours d'eau « torrentiels » que sur le canal de Savières, milieu lentique moins sujet aux variations brusques et importantes en amplitude.

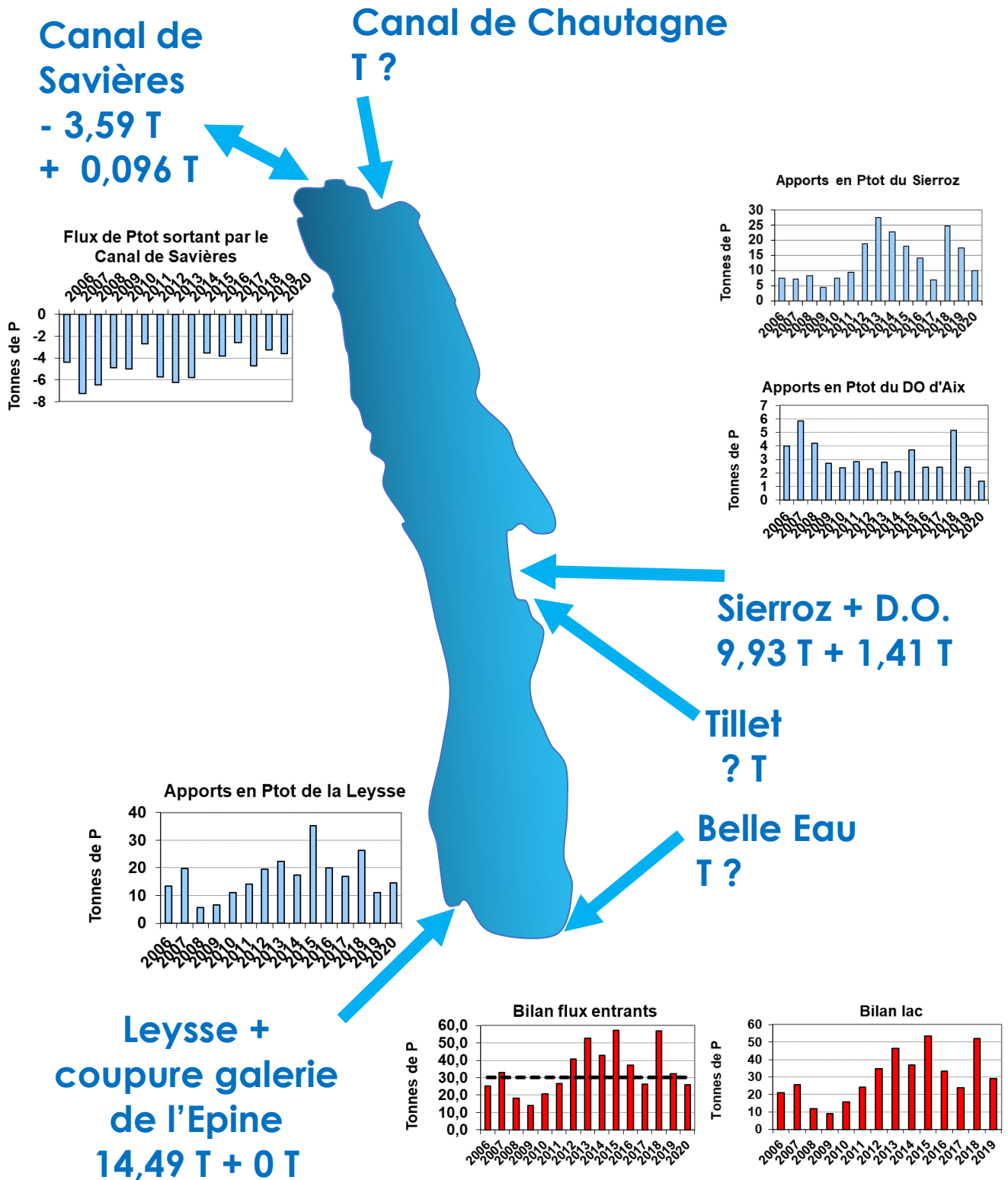
La part des flux sortants est plus importante pour les formes dissoutes que pour les formes particulières. Ce constat s'explique par le faible taux de sortie en MES et le volume important véhiculé du lac vers le Rhône.

En effet, les MES apportées au lac précipitent au fond et ne sont donc pas transportées à l'exutoire. Les nutriments particuliers associés aux MES sont donc

soit précipités au fond avec les MES soit désorbés sous forme dissoute dans la colonne d'eau et/ou utilisés par les organismes primaires.

Le paramètre Ptot présente un solde positif. Une partie importante des matières phosphorées entrant dans le lac est, soit consommée rapidement dans le lac soit précipitée au fond. Ces nutriments précipités s'ajoutent au stock interne dont une part, qui reste à préciser, est selon les conditions potentiellement biodisponible dans la colonne d'eau.

Pour 2020, on peut résumer le bilan du lac ainsi :



4.4 La contribution du temps de pluie dans les flux

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer la part des apports en fonction du régime hydrologique. Le temps de pluie a été arbitrairement défini comme la période durant laquelle le débit n'est pas stabilisé (montée et descente de crue).

4.5 La Leysse

4.5.1 Le rôle du temps de pluie

Le régime de temps de pluie de la Leysse s'étale sur **44 jours** soit **12%** de l'année (72 jours soit 20% en 2019). Les années 2017, 2018, 2019 et 2020 sont marquées par des durées de temps de pluie inférieures aux années précédentes (99 à 121 jours).

Le tableau suivant présente les apports de temps de pluie et le pourcentage par rapport aux apports totaux de la Leysse.

	Apports en temps de pluie	% de l'apport total
Volume transité (Mm ³)	63,56	34 %
Ortho P (Tonnes de P)	0,63	46 %
Ptot (Tonnes)	12,42	86 %
NO₃ (Tonnes de N)	52,64	31 %
NH ₄ (Tonnes de N)	2,56	56 %
MES (Tonnes)	35 618,53	83 %
NKT (Tonnes)	45,19	63 %

Tableau 6 : Apports en temps de pluie de la Leysse

31% à 86% des apports résultent d'un événement pluvieux.

La contribution du temps de pluie sur le volume transité et les apports en nutriments n'évoluent que très peu. Concernant le phosphore total, le temps de pluie représente **86%** des apports totaux (87,8% pour 2019).

4.5.2 Les crues : un rôle déterminant dans les apports

Le graphique suivant présente les **10 principales crues** de la Leysse. Est définie comme crue principale **une crue dont le débit maximal et/ou les apports générés sont élevés au regard des autres crues de l'année.**

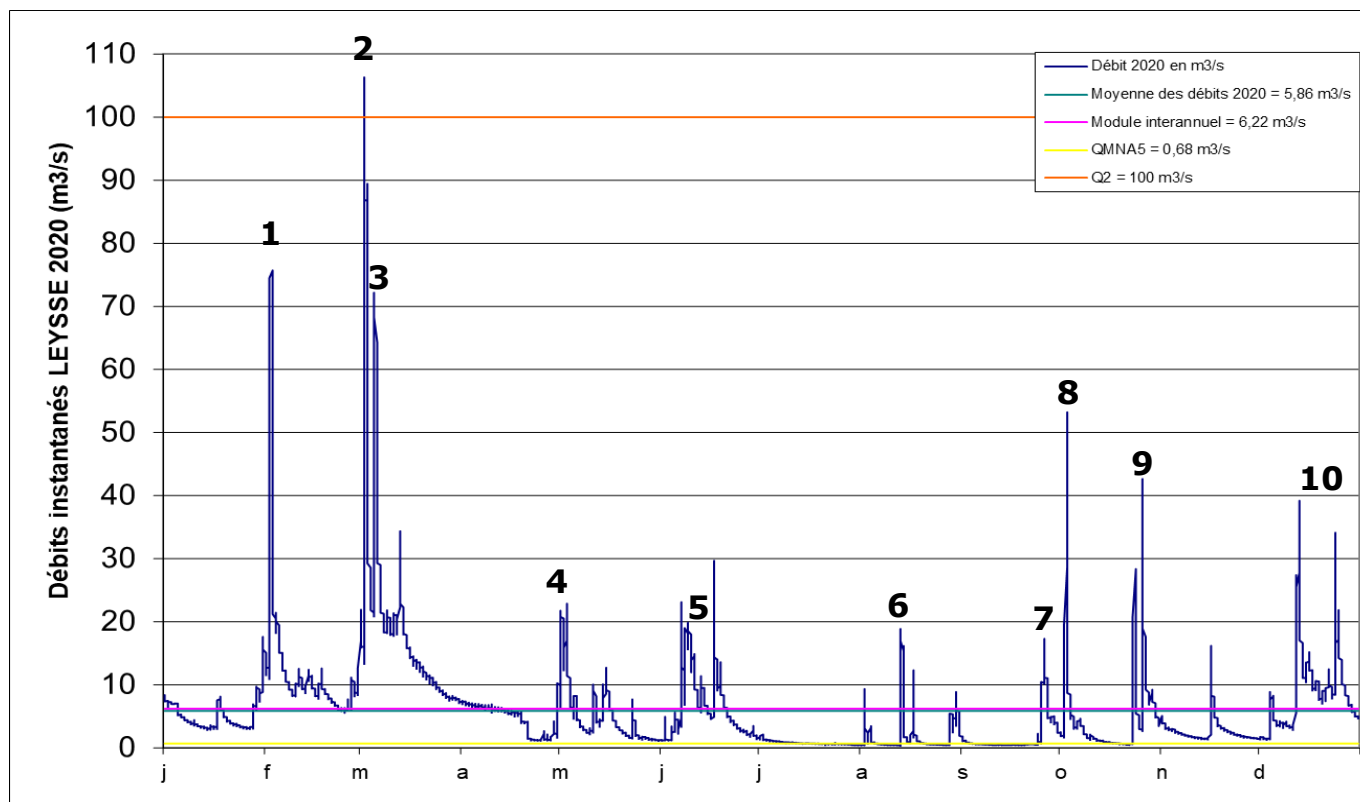


Figure 8 : Positionnement des principales crues de la Leysse

Les crues les plus importantes (n°1, 2 et 3) dont le débit de pointe dépasse 70 m³/s ont occasionné des apports en Ptot compris entre 1,7 et 3,56 tonnes.

Les crues de débit de pointe compris entre 35 et 50 m³/s (n° 8, 9 et 10) ont respectivement apporté 0,55, 0,31, et 0,30 tonnes de Ptot.

Enfin les crues plus modestes – débit de pointe compris entre 19 et 30 m³/s - (n° 4, 5, 6 et 7) ont apporté 0,10, 0,13, 0,28 et 0,17 tonnes.

Les apports ne sont donc pas proportionnels au débit de pointe.

Les apports résultants des **10 principales crues** de la Leysse et le pourcentage par rapport au total du temps de pluie sont présentés ci-dessous :

	Apports des 10 crues principales	
Volume transité (Mm ³)	35,76	56 %
Ortho P (Tonnes de P)	0,44	69 %
Ptot (Tonnes)	9,07	73 %
NO₃ (Tonnes de N)	30,80	59 %
NH ₄ (Tonnes de N)	1,27	50 %
MES (Tonnes)	25 090	70 %
NKT (Tonnes)	29,71	66 %

Tableau 7 : Apports des principales crues de la Leysse

Les 10 principales crues de l'année restent en 2020 prépondérantes dans les apports de temps de pluie pour les paramètres Ptot et NKT respectivement 73 et 66%. Pour plus de la moitié de la durée du temps de pluie ce sont entre 56 et 73% des apports qui sont générés.

La part des crues de 2020, dans les apports de Ptot représente 73% (84% en 2019) de la contribution du temps de pluie.

Les 5 crues majeures (n° 1, 2, 3, 8 et 10), sont responsables de :

- 7,97 T soit 55% des apports en Ptot de temps de pluie (contre 68% en 2019),
- 51,4% des MES (contre 54,9% en 2019) pour 27,8% du volume transité en temps de pluie,
- 28,9% des apports de NKT en temps de pluie (contre 51,6% pour 2019).

Les éléments ci-dessus mettent en évidence que l'année 2020 se caractérise par une succession de crues moyennes avec une période de sécheresse intense et s'amplifiant de juillet à octobre. Les 5 principales crues ont représenté 55% des apports en Ptot des temps de pluie. L'apport le plus important a été enregistré en mars avec une crue forte (crue n°2).

4.6 Le Sierroz

4.6.1 Le rôle du temps de pluie

Le régime de temps de pluie du Sierroz représente **51 jours** soit **14%** de l'année.

	Apports en temps de pluie	% de l'apport total Sierroz
Volume transité (Mm ³)	25,6	45 %
Ortho P (Tonnes de P)	0,90	54 %
Ptot (Tonnes)	8,30	84 %
NO₃ (Tonnes de N)	43,89	51 %
NH ₄ (Tonnes de N)	2,64	49 %
MES (Tonnes)	13 858	89 %
NKT (Tonnes)	48,68	74 %

Tableau 8 : Apports en temps de pluie du Sierroz

45 à 89% des apports sont consécutifs à un événement pluvieux. Concernant le phosphore total, le temps de pluie représente 84% des apports totaux (71% pour 2019).

4.6.2 Les apports des 10 principales crues du Sierroz

Le graphique suivant présente les 10 principales crues du Sierroz.

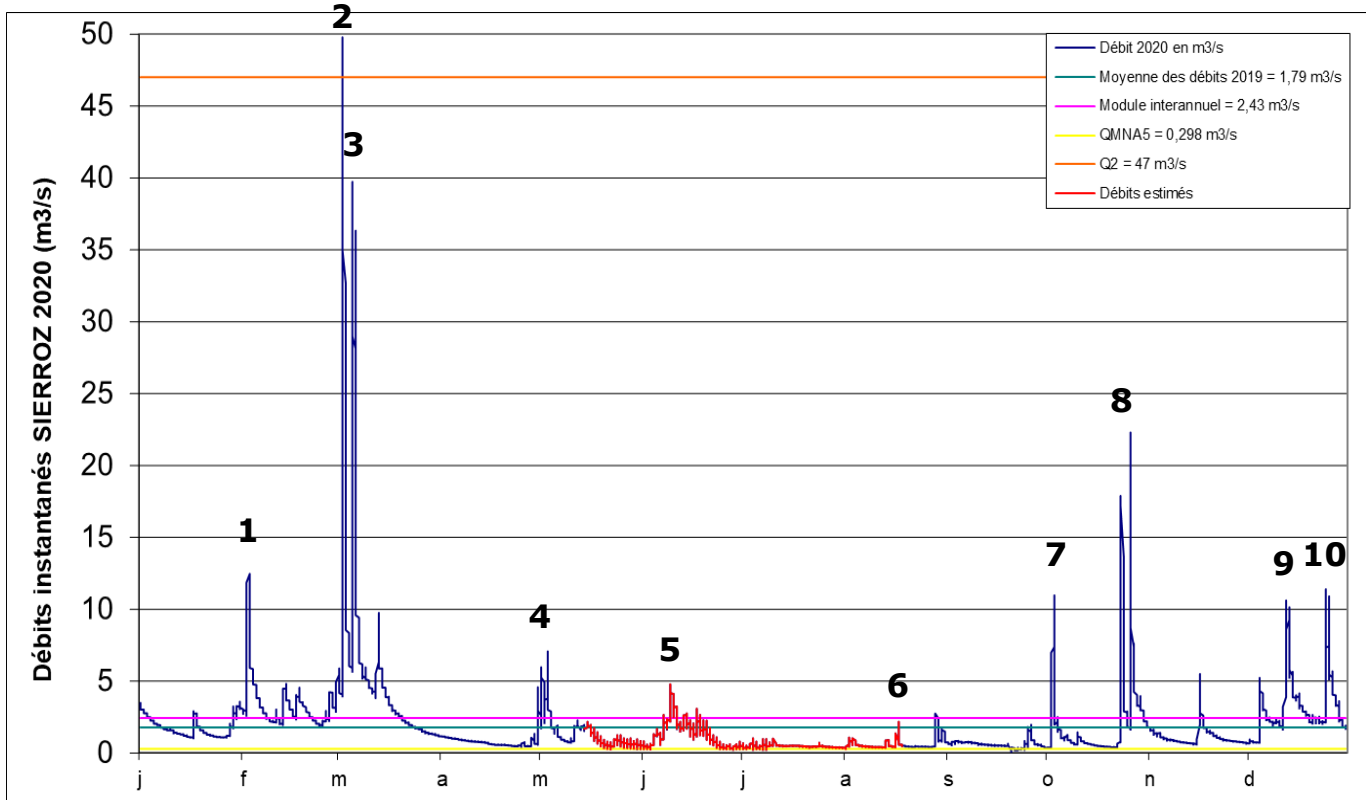


Figure 9 : Positionnement des principales crues du Sierroz

Sur le Sierroz, l'année 2020 a été marquée par deux crues. La plus importante en mars a apporté 1,60 tonnes de Ptot avec 4,4 Mm³. Les crues dominantes en termes d'apports ont été la n°2, 3 et 10 avec respectivement 1,21 et 1,24 T de Ptot pour 2,63 et 6,8 Mm³.

Durant le reste de l'année quelques crues moyennes (1, 4, 5 et 7) ont été recensées apportant des concentrations moyennes en Ptot (respectivement 0,38, 0,21, 0,31, 0,29 tonnes de Ptot).

Le tableau suivant présente les apports résultants des **10 principales crues** du Sierroz et le pourcentage que celles-ci représentent sur le total des apports de temps de pluie :

Apports des 10 crues principales		
Volume transité (Mm ³)	13,8	69,1%
Ortho P (Tonnes de P)	0,62	79,1 %
Ptot (Tonnes)	6,57	53,9 %
NO₃ (Tonnes de N)	23,65	64,9 %
NH ₄ (Tonnes de N)	1,72	79,6 %
MES (Tonnes)	11 035	78,9 %
NKT (Tonnes)	38,42	79,1 %

Tableau 9 : Apports des principales crues du Sierroz

L'analyse des résultats montre que les principales crues sont à l'origine en 2020 de **65 à 79 %** des apports (83 à 95 % en 2019).

Les 5 crues majeures (n° 1, 2, 3, 7 et 8) sont responsables de :

- 5,8 T soit 69% des apports en Ptot de temps de pluie (contre 81,8% en 2019),
- 69,8 % des MES (contre 82,6 % en 2019) pour 37,8% du volume transités en temps de pluie,
- 64,4% des apports de NKT en temps de pluie (77,8% pour 2019).

4.7 Bilan 2020 sur les apports de temps de pluie.

Le tableau suivant présente la part du temps de pluie (Leysse, Sierroz, DO des Biâtres) sur les apports totaux au lac (Leysse, Sierroz, Biâtres et Savières). Les flux entrants dans le lac en provenance du canal de Savières peuvent avoir pour origine : le soutien d'étiage au lac ou une crue du Rhône. Les crues du Rhône peuvent être considérées comme des apports de temps de pluie. Il est très difficile de différencier les deux origines des apports et ceux-ci sont globalement inférieurs à 1% des entrées au lac. Ils ne seront donc pas pris en compte dans le paragraphe suivant.

	Apports en temps de pluie	% de l'apport total
Volume transité	89,4	36,4 %
Ortho P (Tonnes de P)	1,5	48 %
Ptot (Tonnes)	22,1	85,4 %
NO3 (Tonnes de N)	96,5	37,3 %
NH4 (Tonnes de N)	5,2	52,4 %
MES (Tonnes)	49477	84,7 %
NKT (Tonnes)	93,9	68,4 %

Tableau 10 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie

Le temps de pluie apporte au lac 22,1 T de Ptot sur les 25,9 T, soit 85,4 % dont 1,41 T proviennent du déversoir des Biâtres sur le réseau d'Aix-les-Bains.