

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

Suivi en semi-continu de la
Leysse et du Sierroz

Opération C3-3

Année 2011

Avril 2012

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 2011	4
3	Météorologie et hydrologie de l'année 2011	9
3.1	Données météorologiques.....	9
3.1.1	<i>Températures</i>	10
3.1.2	<i>Précipitations</i>	11
3.2	Données hydrologiques.....	12
3.2.1	<i>Hydrologie de la Leysse en 2011</i>	13
3.2.2	<i>Hydrologie du Sierroz en 2011</i>	14
3.2.3	<i>Bilan hydrologique</i>	15
4	Conformité vis-à-vis de la DCE et comparaison avec les années précédentes	15
4.1	La Leysse :.....	15
4.2	Le Sierroz :.....	16
4.3	Le Canal de Savières :	17
4.4	Ce qu'il faut retenir	17
5	Evolution des concentrations tous régimes confondus	18
5.1	Par paramètre.....	18
5.2	Ce qu'il faut retenir	20
6	Bilan des apports au lac	21
6.1	Estimation des flux entrants de l'année 2011	21
6.2	Estimation des flux sortants	25
6.3	Bilan des nutriments dans le lac pour l'année 2011	25
7	La contribution du temps de pluie dans les flux	28
7.1	La Leysse.....	28
7.1.1	<i>Le rôle du temps de pluie</i>	28
7.1.2	<i>Les flux rejetés par les déversoirs d'orage et by pass</i>	29
7.1.3	<i>Les crues : un rôle déterminant dans les apports</i>	31
7.2	Le Sierroz.....	33
7.2.1	<i>Le rôle du temps de pluie</i>	33
7.2.2	<i>Les apports des 10 principales crues du Sierroz</i>	34
7.3	Bilan 2011 sur les apports de temps de pluie.....	36

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 2011	10
Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2011..	10
Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2010	11
Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2009..	11
Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2011 (source DIREN)	13
Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2011 (source DIREN).....	14
Figure 7 : Positionnement des prélèvements ponctuels sur l'hydrogramme du canal de Savières	17
Figure 8 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en Ptot et PO ₄	18
Figure 9 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NKT, NH ₄ et NO ₃	19
Figure 10 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en COD et COT	19
Figure 11 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en MES...	20
Figure 12 : Positionnement des principales crues de la Leysse.....	31
Figure 13 : Positionnement des principales crues du Sierroz.....	34

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 2011.	21
Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.	21
Tableau 3 : Ecart des apports de la Leysse et du Sierroz en 2010 et 2011	22
Tableau 4 : Apports au lac du canal de Savières.	23
Tableau 5 : Synthèse des apports connus au lac	24
Tableau 6 : Flux sortants par le canal de Savières.....	25
Tableau 7 : Bilan des nutriments dans le lac.....	26
Tableau 8 : Apports en temps de pluie de la Leysse.....	28
Tableau 9 : Différence entre 2010 et 2011 des apports totaux et de temps de pluie. ...	29
Tableau 10 : flux rejetés par les DO et by pass dans la Leysse en 2011 (mesure et estimations).....	30
Tableau 11 : Apports des principales crues de la Leysse.....	32
Tableau 12 : Apports en temps de pluie du Sierroz.	33
Tableau 13 : Différence entre 2010 et 2011 des apports totaux et de temps de pluie..	34
Tableau 14 : Apports des principales crues du Sierroz.....	35
Tableau 15 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie.....	36

L I S T E S D E S A N N E X E S

Annexe 1 : Les résultats bruts de la Leysse, du Sierroz

Annexe 2 : Les résultats de qualité pour la Leysse, le Sierroz et le canal de Savières

Annexe 3 : Apports des crues de la Leysse et du Sierroz

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 allégé** sur le lac du Bourget. Au terme de 25 ans de suivi, l'état du lac ne cesse de s'améliorer :

- La teneur en phosphates a été divisée par 8 pour atteindre 15 µg/l,
- la teneur en nitrates a diminué de 35 %, passant de 0,82 à 0,52 mg/l,
- la transparence estivale est passée de 2,8 à 7,3 m.

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. Afin de réaliser un bilan entrées/sorties du lac du Bourget, le CISALB réalise depuis février 2006 une analyse bimensuelle sur le canal de Savières, seul exutoire du lac.

Ce suivi en semi-continu a quatre objectifs :

- estimer les apports et les sorties en nutriments au lac (notamment en phosphate et nitrate),
- vérifier la conformité de ces rivières au regard des objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau (notion de bon état écologique),
- 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 2011.

Rappel : Les stations de mesures sont équipées d'un préleveur automatique et de sondes mesurant en continu la conductivité, l'oxygène dissous et la température.

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
carbone Organique Dissous	COD	mg/l de C	1
carbone Organique Total	COT	mg/l de C	1
matière en suspension	MEST	mg/l	2
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 2011

Conditions météorologiques : température et pluviométrie

		Moyenne 1974 - 2011	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Moyenne annuelle	°C	11,3	12,5	11,8	11,3	12,3	12	11,7	12,36	9,65	12,42
Écart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		+11,6	+4,4	+0,2	+9,3	+6,5	+3,4	+9,4	-1,4	+9,9

Evolution des moyennes annuelles des températures

		Moyenne 1974 - 2011	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cumul annuel	mm	1 239	889	1 027	888	1 004	1 238	1 214	929	1 031	1 079
Écart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		-31	-20	-30	-20	-2	-3,5	-26	-17	-13

Evolution des cumuls annuels de pluviométrie

Avec une moyenne annuelle de 12,42°C, l'année 2011 est l'année la plus chaude après 2003.

Avec 1 079 mm de **pluie** à Voglans et un **déficit** pluviométrique de **13%**, 2011 constitue une **année sèche**. A noter une forte **hétérogénéité** dans la saisonnalité des précipitations avec **des excédents de 100% en juillet et décembre et des déficits de 83% en novembre, 78% en février et 76% en avril**.

L'année 2011 est caractérisée par un printemps et un début d'automne chaud et sec et des mois de juillet et décembre très humides.

Hydrologie

- *La Leysse*

		QMNA5	Module	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,5	6,3	4,5	4,3	4,4	7,4	6	3,5	5,25	3,78
Q < module de l'année	jours			300	292	296	230	244	307	287	311
Q < QMNA5 de l'année	jours			33	22	4	0	0	51	15	0

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles de la Leysse

Cette année est marquée par un **débit moyen 40% inférieur au module interannuel**. Le débit moyen de l'année 2011 est le second plus faible après 2009 depuis 2004.

Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 311 jours** mais jamais inférieurs au Q_{mna5}. Les étiages ont donc été longs (les plus longs du suivi) mais avec une intensité plus faible que les années sèches précédentes (aucun débit enregistré n'a été inférieur au Q_{mna5}).

- Le Sierroz

		QMNA5	Module	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,2	2,4	1,5	1,3	1,7	2,2	2,4	1,5	1,94	1,27
Q < module de l'année	de jours			310	314	292	266	241	301	275	319
Q < QMNA5 de l'année	de jours			40	44	9	0	0	82	15	1,5

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles du Sierroz

Le débit moyen annuel est de 47% inférieur au module. Il est le plus bas du suivi.

Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 319 jours** et **inférieurs au Q_{MNA5} durant 1,5 jours**. On retrouve sur le Sierroz des étiages longs mais d'intensité plus faible que lors des années sèches précédentes.

Qualité de l'eau et conformité vis-à-vis de la Directive cadre sur l'eau (DCE)

Les objectifs physico-chimiques de la DCE ne s'appliquent que pour le régime établi, c'est-à-dire lorsque le cours d'eau n'est plus sous l'influence d'une crue et que son débit est stable.

- **la Leyse a été en bon état pour les paramètres généraux soutenant la biologie durant 98% des 221 jours de régime établi.**
- **le Sierroz a été en bon état pour les paramètres généraux soutenant la biologie durant les 201 jours de son régime établi.**

Les 2% de temps durant lesquels la Leyse n'est pas en bon état sont liés à un fonctionnement des déversoirs d'orage de CMCA suite à une pluie n'affectant pas les débits pourtant faibles de la Leyse.

Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume

		Leyse (296 Km ²)								Sierroz (133 Km ²)							
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Débit moyen	m ³ /s	4.51	4.26	4.43	7.34	5.98	3.53	5.25	3.78	1.51	1.34	1.68	2.22	2.37	1.53	1.94	1.27
Ptot	mg/l	0.2	0.1	0.09	0.08	0.029	0.06	0.066	0.12	0.27	0.17	0.14	0.1	0.11	0.09	0.123	0.23
PO ₄	mg/l(P)	0.025	0.028	0.015	0.014	0.01	0.009	0.006	0.007	0.03	0.028	0.029	0.02	0.015	0.017	0.016	0.016
NO ₃	mg/l(N)	1.47	1.24	1.15	1.01	0.93	1.12	1.128	0.95	2.46	2.07	2.15	1.85	1.49	1.88	2	1.67
NKT	mg/l	1.12	0.55	0.81	0.79	0.68	0.74	0.564	1.1	1.37	0.86	1.08	0.92	1.28	0.8	0.82	1.23
NH ₄	mg/l(N)	0.025	0.03	0.08	0.03	0.027	0.043	0.043	0.08	0.05	0.038	0.027	0.023	0.027	0.043	0.058	0.095
COD	mg/l	1.85	1.67	1.81	1.82	1.78	1.77	2.03	2	2.25	2.14	2.09	2.06	2.09	1.96	2.22	2.33
COT	mg/l	2.77	2.65	2.7	2.43	2.23	2.43	2.19	2.7	3.21	3.31	3.2	2.67	3	2.63	2.44	3.19
MES	mg/l	558	127	175	373	253	209	204.98	302	384	115	218	192	986	148	158	218

Les concentrations moyennes pondérées par le volume calculées sur l'année 2011 appellent les remarques suivantes :

- pour tous les paramètres suivis sauf les MES, le Sierroz présente des valeurs plus élevées que la Leyse,
- parmi les substances mesurées seules les nitrates sont en baisse dans les deux cours d'eau par rapport à 2010.
- les concentrations en Ptot mesurées tant dans la Leyse que dans le Sierroz sont les plus élevées depuis 2004-2005,

- les concentrations en PO₄ restent dans les valeurs basses du suivi.
- Les concentrations en NKT et Ptot de la Leysse sont en forte augmentation, multipliées par 2 par rapport à 2010. cette hausse du paramètre NKT s'explique en partie par la hausse de NH₄ dont les apports sont liés aux crues.

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)

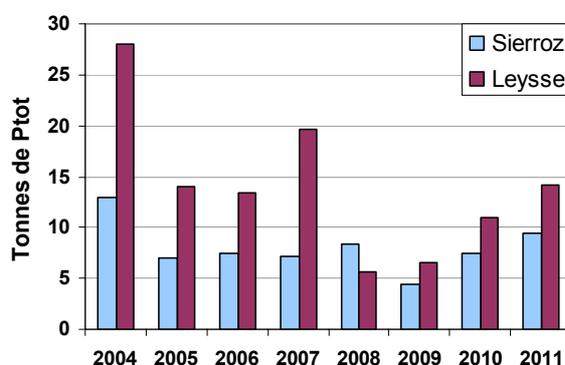
	1974	1983	1995-96	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ptot	300	150	94	41 + 2	21 + 2	21 + 4	27 + 5,8	14 + 4,2	11 + 2,7	18 + 2,4	23,6 +2,8
PO ₄	140		18	5,11	3,5	3,6	4,6	3	1,82	1,89	1,5
NO ₃	1.500	580	450	327	252	275	367	290	214	309	181
NO ₃ + NKT				552	361	446	617	516	334	454	360

Les apports de Ptot sont en hausse par rapport aux 3 années précédentes. Ils se rapprochent des apports mesurés en 2007, année hydrologiquement non déficitaire.

Ce résultat vient toutefois confirmer le passage sous le cap des 30 tonnes d'apports externes en Ptot au lac depuis 2008, limite préconisée théoriquement par la communauté scientifique pour permettre la réoligotrophisation.

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

Apports en Ptot au lac



Les apports de la Leysse sont supérieurs à ceux du Sierroz. Seule l'année 2008, marquée par des événements torrentiels sur le bassin versant du Sierroz avait marqué une tendance inverse.

Les apports de la Leysse et du Sierroz sont en augmentation entre 2009 et 2011 de 114%. Les apports de la Leysse et du Sierroz atteignent ou dépassent individuellement pour la première fois les valeurs de la période 2004-2007.

La hausse globale des apports en phosphore provient à 60% de la Leysse et 40% du Sierroz pour un volume total transité identique à 2009 mais en augmentation pour le Sierroz (22%) et en baisse pour la Leysse (7%).

Le temps de pluie et les crues : un rôle déterminant

Globalement, le temps de pluie est responsable de 64 à 99% des apports en nutriments au lac. Le bruit de fond représente moins de 5% des flux de phosphore total rejetés au lac.

- La Leysse

La hausse de 3,2 tonnes des apports en Ptot de la Leysse enregistrée entre 2010 et 2011, s'explique à nouveau par la hausse des apports de temps de pluie.

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 doublés entre 2010 et 2011 (6,35 T contre 12,25 T),

Si l'on regarde la répartition des apports de Ptot sur l'année, on distingue 4 périodes :

- Janvier à juin, période durant laquelle les apports de Ptot sont proportionnels au volume transité. La concentration moyenne pondérée s'établit à 0,03 mg/l,
- Juin et juillet au cours desquels les crues sont à l'origine d'apports importants en Ptot. Les apports passent de 1,2T le 2 juin à 4,2 T le 22 juillet soit 3 T en 50 jours (21% des apports sur 13% de l'année). La concentration moyenne pondérée s'établit à 0,12 mg/l,
- Août à fin novembre, le flux de Ptot est à nouveau proportionnel au volume transité. La concentration moyenne pondérée s'établit à 0,03 mg/l,
- Le mois de décembre qui représente à lui seul 9,4T d'apports en Ptot soit 66% des apports annuels. La concentration moyenne pondérée s'établit à 0,28 mg/l.

Les pluies de décembre sont donc plus chargées en Ptot que le reste de l'année. Le même constat avait été fait les années précédentes.

- Les flux rejetés par le DO2 et le by pass dans la Leysse

Les rejets du DO2 (principal déversoir d'orage du réseau de CMCA) et du by pass représentent **1,3 tonnes de Ptot** soit 9,5% des apports de temps de pluie de la Leysse. A cela il faut ajouter les flux rejetés par les DO5 et 6 soit **1,3 tonnes** de Ptot environ. Les rejets directs de temps de pluie représentent donc environ 2,6 T de Ptot soit 20% des apports de temps de pluie. La part de PO₄ générée s'élève quant à elle à 50% des flux de temps de pluie, or le PO₄ est la forme la plus biodisponible du phosphore.

Des analyses effectuées aux déversoirs d'orage sur un évènement pluvieux ont montré que la méthode d'estimation des flux minimisait les apports de Ptot de l'ordre de 20% sur cet épisode pluvieux.

- Le Sierroz

La hausse des apports en Ptot est liée à la hausse des apports de temps de pluie. Le flux généré par les 10 principales crues dépasse largement l'écart annuel entre 2010-2011. Hors période de crue, les flux de Ptot sont donc en diminution par rapport à 2010.

On constate la même chronologie des apports en Ptot que sur la Leysse. Les crues de décembre représentent à elles seules 6,94 T soit 73% des apports en Ptot pour seulement 26% du volume annuel. Pour ce mois de décembre la concentration moyenne pondérée s'établit à 0,6 mg/l.

- 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 2,4 en 2010 à 6 tonnes en 2007. Pour l'année 2011, ces rejets sont évalués à 2,85 T soit 11% des apports totaux en Ptot au lac (contre 11,7% en 2010 et 17% en 2009).

La mise en place, dans le cadre du second contrat de bassin versant, d'un bassin de stockage restitution en amont du déversoir, devrait grandement améliorer la situation. En effet, le bassin projeté permettra la rétention des effluents pour une pluie de retour annuel. Pour l'année pluviométrique moyenne, cela reviendrait à réduire les flux déversés au lac de 78% pour le Ptot à 82% pour les MES.

En résumé, le temps de pluie représente 84% des apports annuels de Ptot. Sur les 22,5 tonnes d'apports de temps de pluie (L+S+DO), 5,4 tonnes proviennent des rejets des déversoirs d'orage et by pass soit 24%. **Les rejets des déversoirs et by pass représentent donc 20% des apports totaux de Ptot au lac. La contribution atteint 50% du temps de pluie pour le paramètre PO₄.**

Perspectives

Dans le cadre de l'étude de dimensionnement du bassin de stockage restitution prévu sur les DO 2, 5 et 6 de CMCA, le DO2 a été équipé d'un préleveur automatique asservi à la surverse. Il permettra de réaliser des pollutogrammes de surverse et de déterminer cette fois sans estimations les flux de nutriments générés.

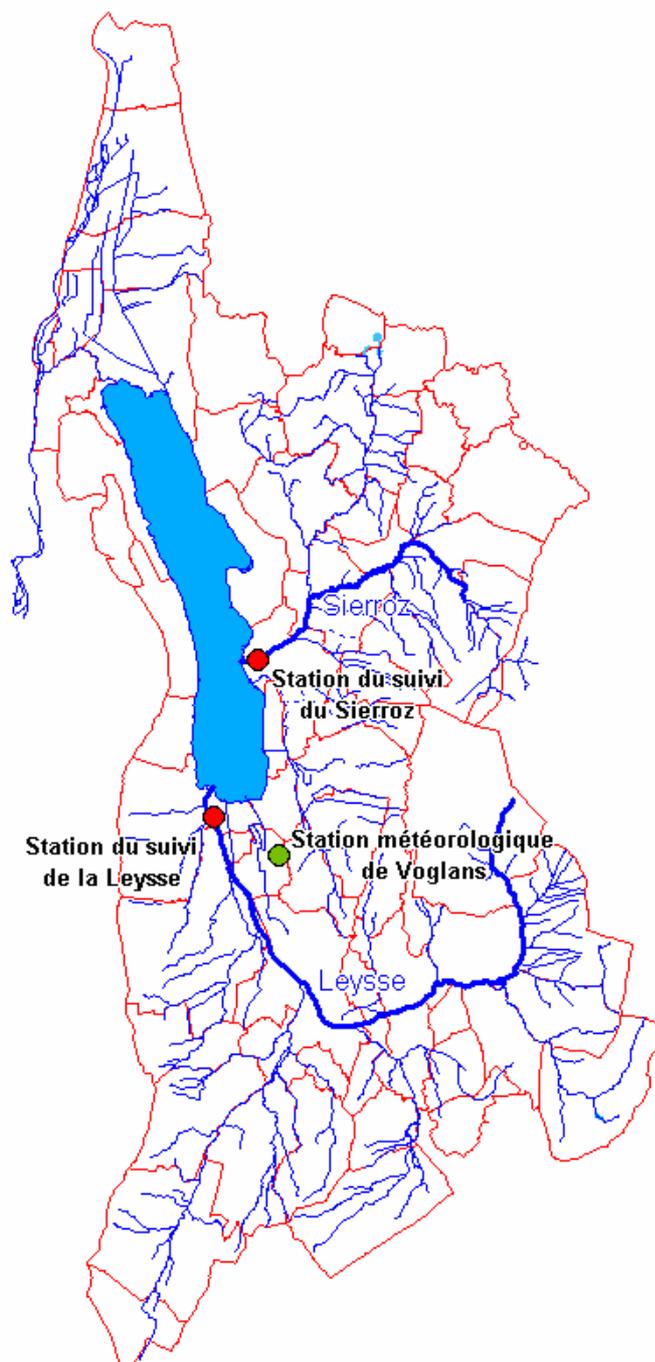
La thèse lancée en 2009 sur les flux de phosphore sur le secteur de la Deysse arrive à son terme et la modélisation apporte des réponses quant à l'origine des flux de phosphore. Ces résultats permettront également de modéliser les flux de phosphore générés par une année hydrologique moyenne, sèche et pluvieuse mais également de déterminer l'impact des pratiques agricoles sur les flux de phosphore.

3 METEOROLOGIE ET HYDROLOGIE DE L'ANNEE 2011

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

L'année 2011 a été la plus chaude après 2003 depuis 1974 avec une moyenne de 12,42 °C contre 11,3 °C pour la moyenne interannuelle.

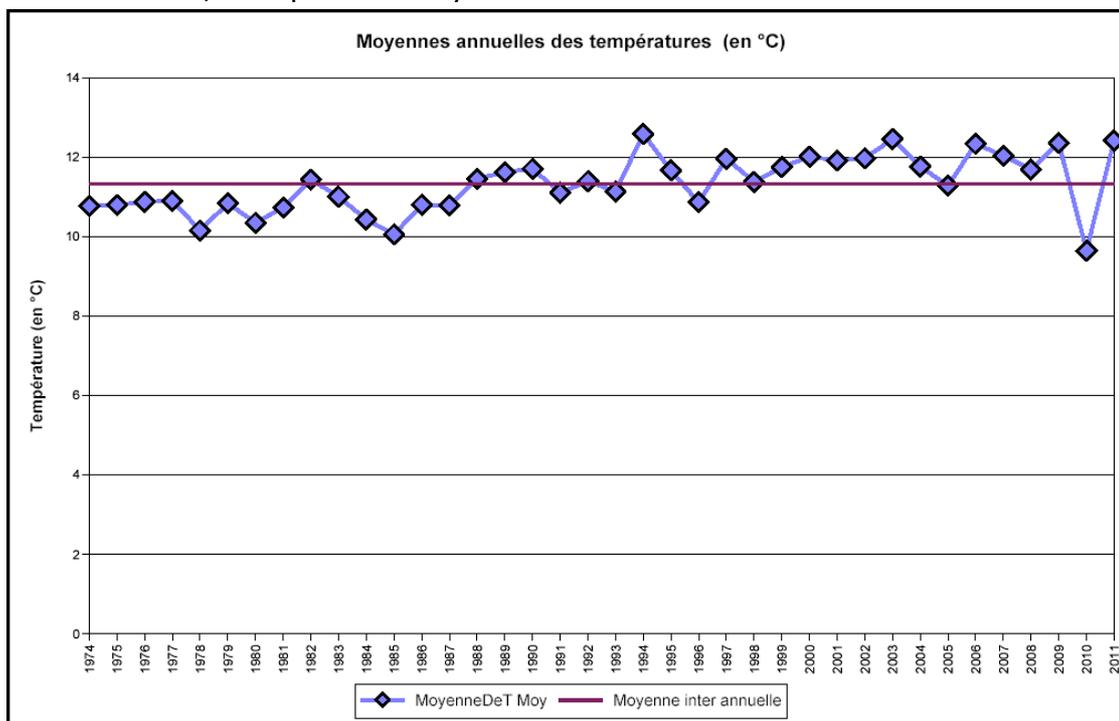


Figure 1 : Evolution de la moyenne annuelle des températures entre de 1974 et 2011

Seul le mois de juillet présente un déficit de 4 °C soit 20% par rapport à la moyenne de ce mois. Les 11 autres mois sont tous légèrement excédentaires (moins de 1% pour janvier à 24% en avril).

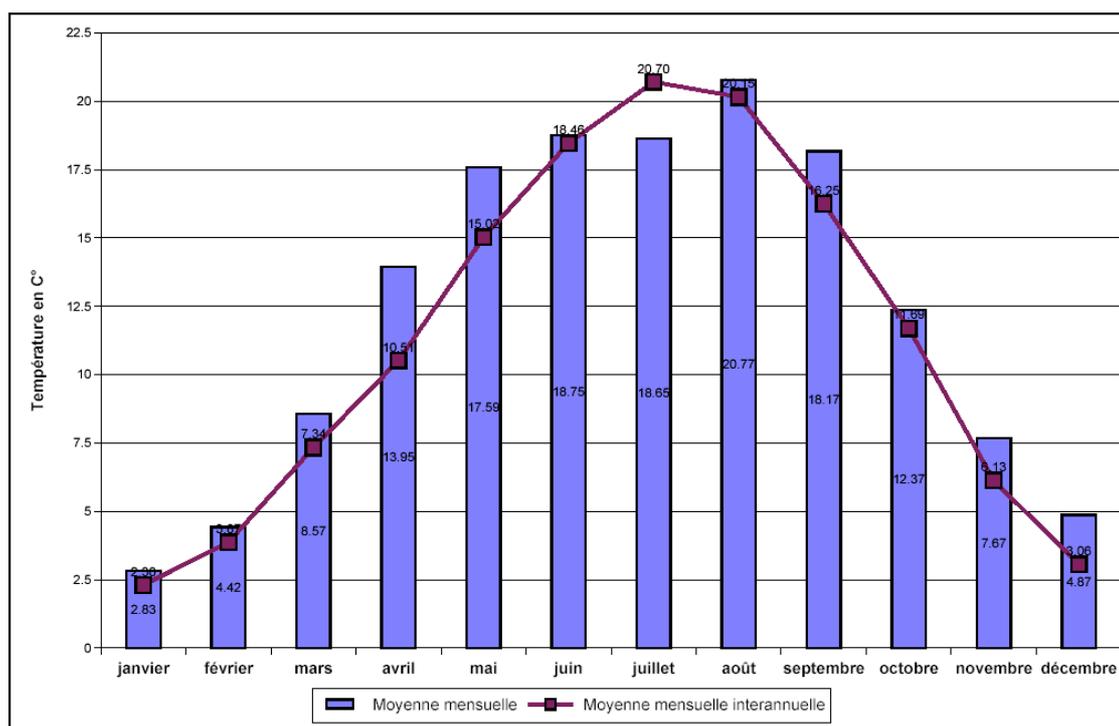


Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2011

3.1.2 Précipitations

Avec un cumul de **1.079 mm**, l'année 2011 présente un **déficit d'environ 13%** par rapport à la moyenne interannuelle (1.243 mm).

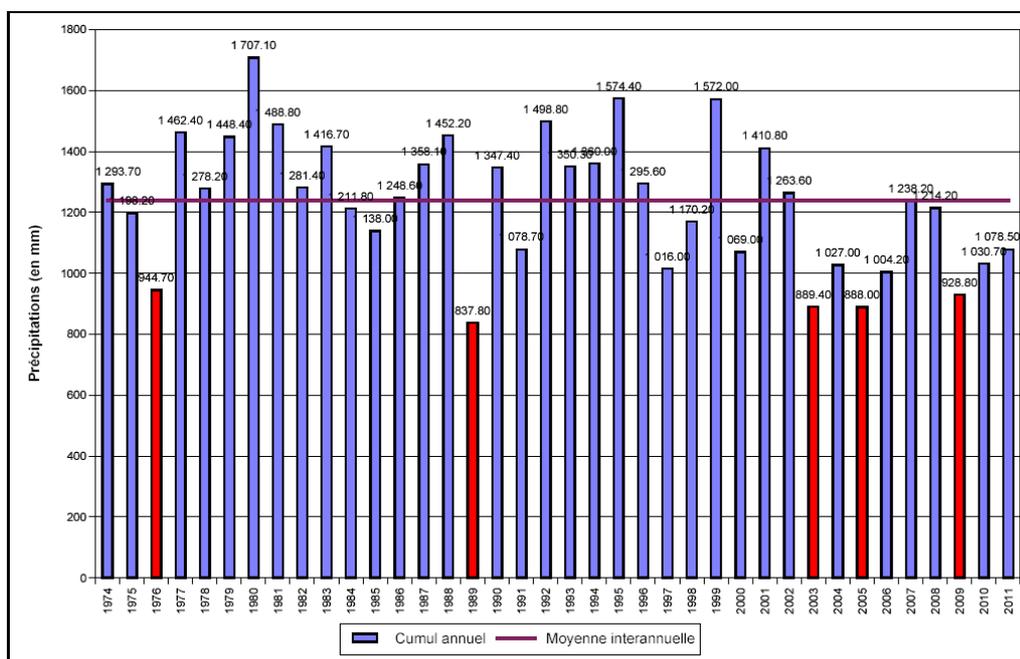


Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2010

Ce déficit pluviométrique annuel est caractérisé par une forte variabilité mensuelle :

- Les mois de janvier à mai, puis de août à décembre sont **déficitaires** soit **9 mois sur 12**. Le **déficit moyen s'établit à 47%** avec un maximum de **78 à 83% pour les mois de février et de novembre** ;
- Les mois de juin, juillet et décembre sont excédentaires. **L'excédent moyen est de 83%** avec un **maximum de 116% pour le mois de décembre**.

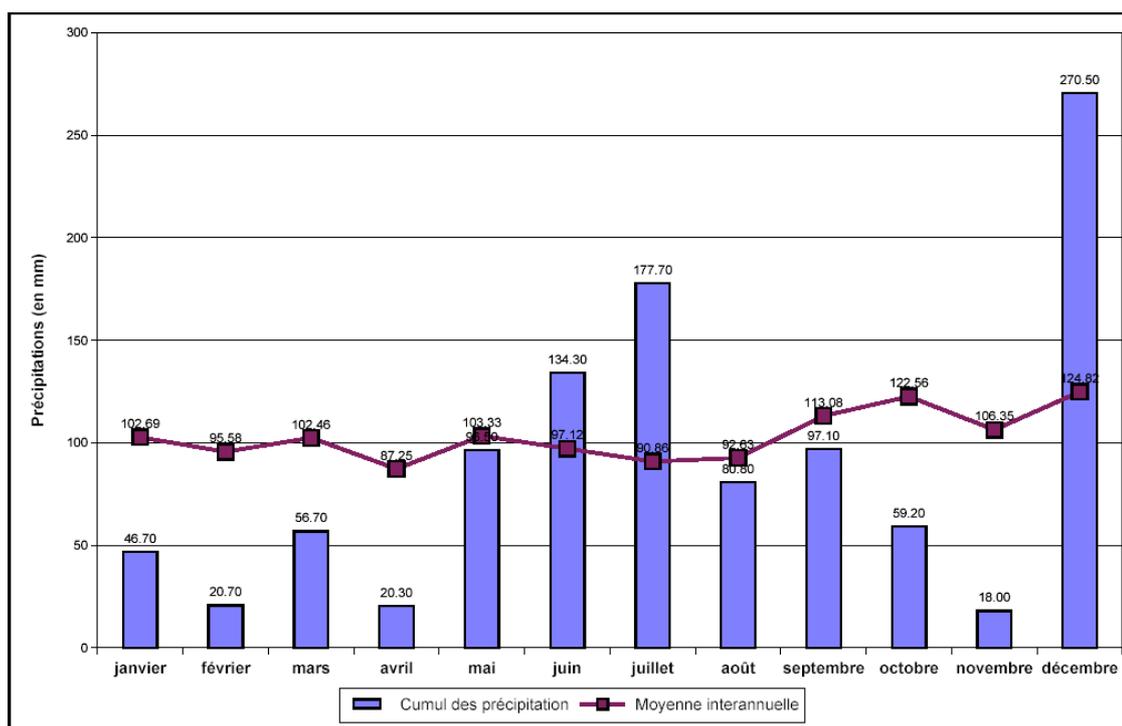
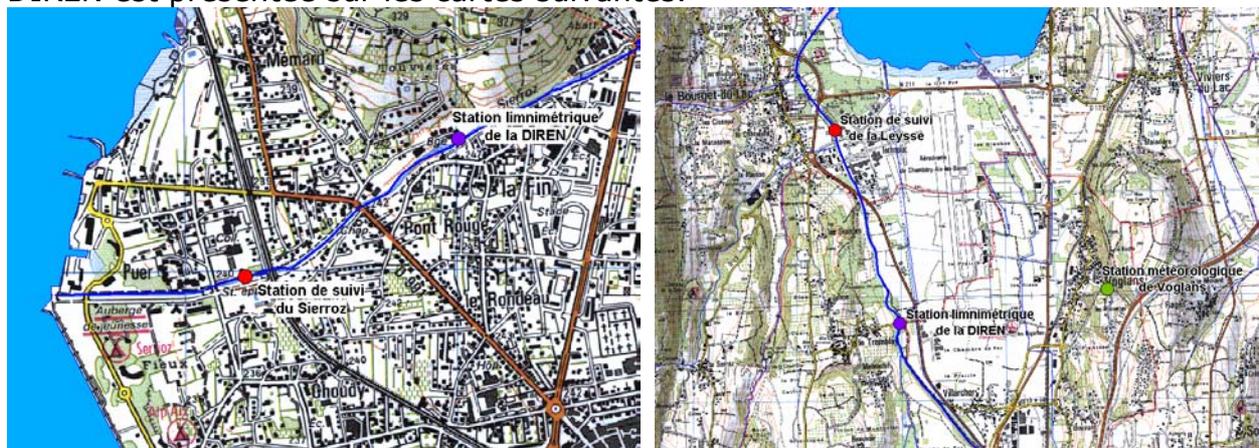


Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2009

3.2 Données hydrologiques

La localisation des stations de mesures de suivi et des stations limnimétriques de la DIREN 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 DIREN sont par conséquent exploitables en l'état pour l'estimation des flux.

Sur la Leysse, les stations contrôlent des bassins versant 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	110	53
module	m ³ /s	6,12	2,43
Q_{mna5}	m ³ /s	0,54	0,20

(source DIREN)

3.2.1 Hydrologie de la Leysse en 2011

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi de la DIREN donne un aperçu réel de l'hydrologie de la Leysse durant cette année 2011. Ce graphique appelle plusieurs constats :

- Deux crues présentent une intensité proche de la crue biennale : au mois de juillet avec 105 m³/s et décembre avec 99,7 m³/s ;
- Le volume transité en 2011 est de **119 Mm³** pour un débit moyen de 3,78 m³/s (soit 38% inférieur au module). Depuis 2004, le débit moyen 2011 est le second plus faible après 2009 ;
- le débit a été **inférieur au module durant 311 jours soit 85%** du temps (soit légèrement plus qu'en 2009) mais jamais **inférieur au Qmna5** (contre 22% en 2009).
- Le débit a été inférieur au débit minimum biologique durant 9 jours en 2011 (avec un maximum de 6 jours fin novembre – début décembre).

Les débits de la Leysse sont en moyenne faibles mais sans avoir atteint les minimas des années précédentes (51 jours sous le QMNA5 en 2009 et 15 en 2010). Les pluies de juin et juillet ont permis de passer la période d'étiage sans déficit trop important.

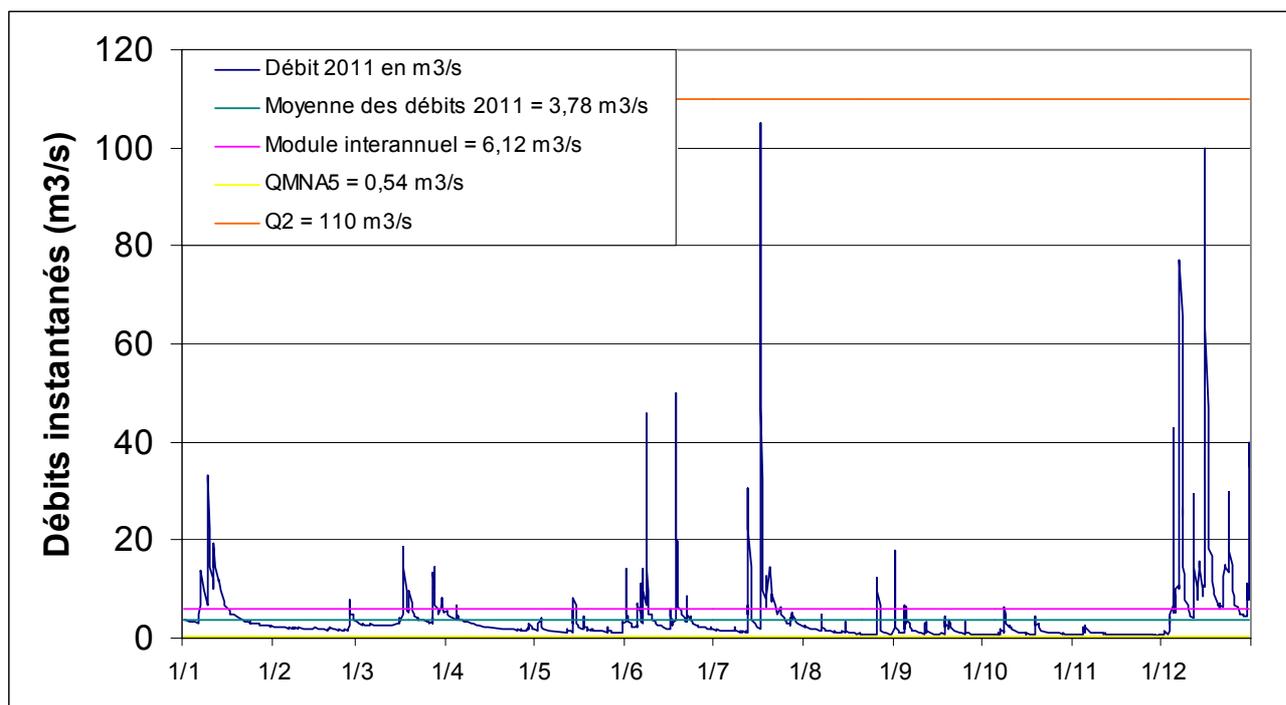


Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2011 (source DIREN)

3.2.2 Hydrologie du Sierroz en 2011

Les remarques suivantes peuvent être formulées sur l'hydrologie du Sierroz en 2011 :

- Deux crues seulement dépassent les 15 m³/s : une en juillet avec 33,2 m³/s et une en décembre supérieure à la crue biennale avec 54,4 m³/s ;
- Le volume transité en 2011 est de **40 Mm³** pour un débit moyen de 1,27 m³/s, soit le plus bas enregistré depuis 2003. Le débit moyen ne représente que 54% du module interannuel.
- Le débit a été **inférieur au module durant 320 jours soit 87%** du temps (durée supérieure à 2009) et **inférieur au Qmna5 durant seulement 1,5 jours soit moins de 1%** du temps (contre 22% en 2009).
- Le débit a été inférieur au débit minimum biologique durant 12 jours en 2011 avec un maximum de 2,5 jours consécutifs début octobre.

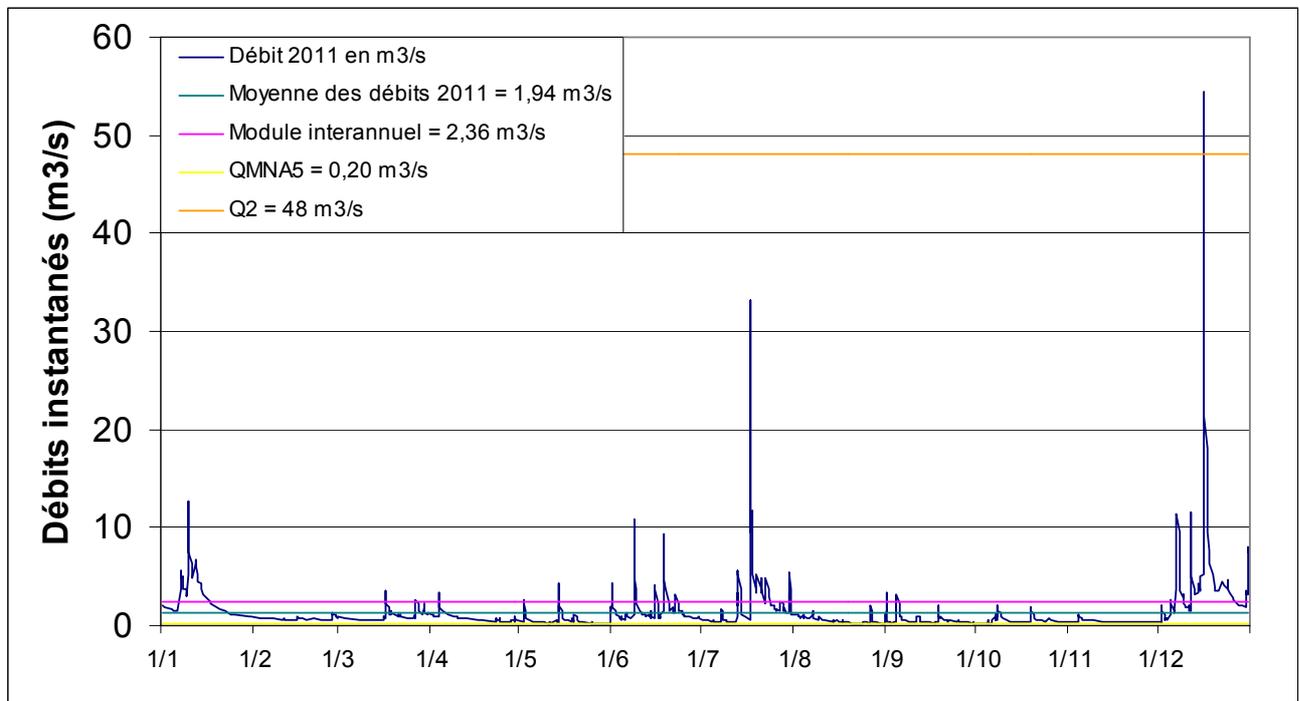
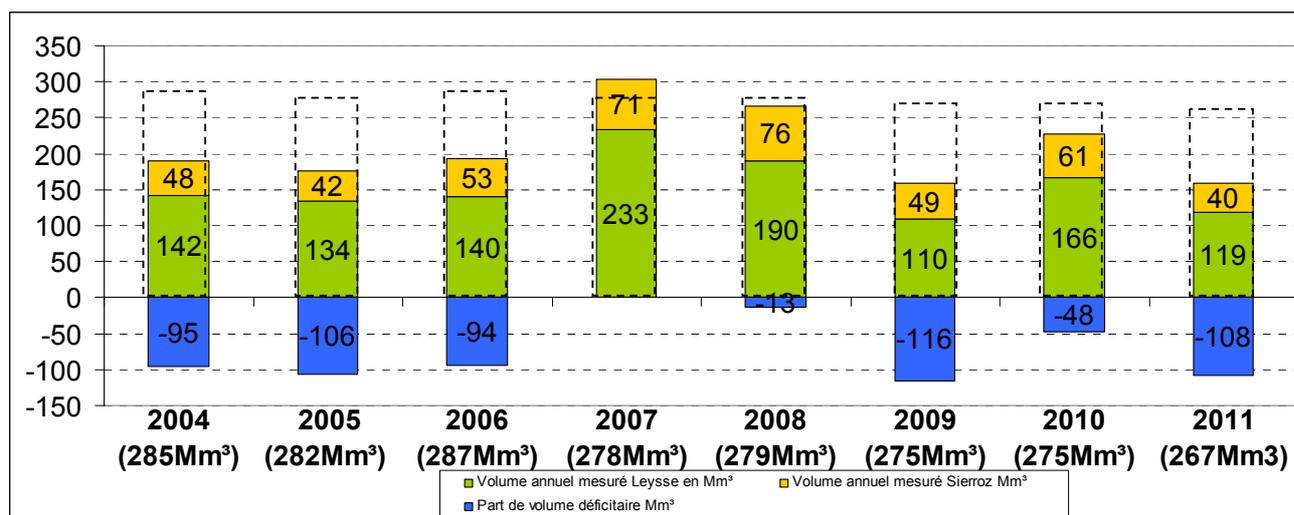


Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2011 (source DIREN)

3.2.3 Bilan hydrologique



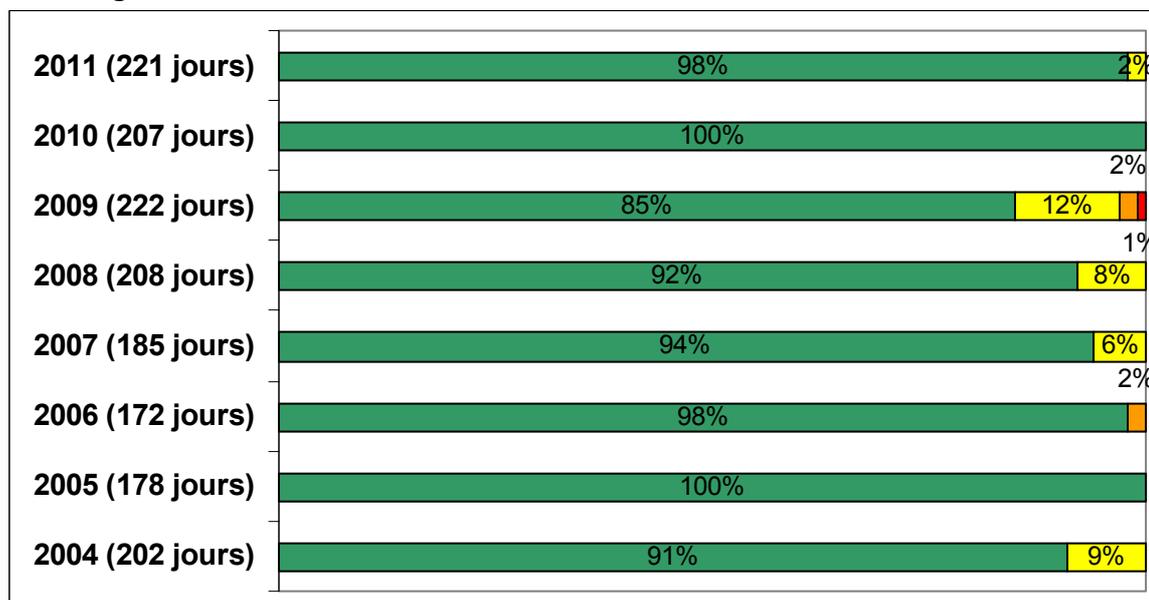
Le volume moyen mesuré sur la Leysse et le Sierroz en 2011, est à nouveau déficitaire : **159 Mm³** mesurés pour 267 Mm³ théoriques (apport moyen théorique des deux bassins versants, calculé avec les modules des deux rivières).

Le bilan négatif de l'année 2011 (**-108 Mm³ soit 40%**) résulte du déficit couplé de la Leysse et du Sierroz. En effet, la Leysse a apporté 119 Mm³ contre environ 193 Mm³ théoriques soit un déficit de 38%. Le Sierroz avec 40 Mm³ produits contre 74,4 Mm³ théoriques enregistre un déficit encore plus marqué de 46% environ.

4 CONFORMITE VIS-A-VIS DE LA DCE ET COMPARAISON AVEC LES ANNEES PRECEDENTES

4.1 La Leysse :

Les figures suivantes présentent les classes de qualité de l'eau en pourcentage de temps du régime établi.

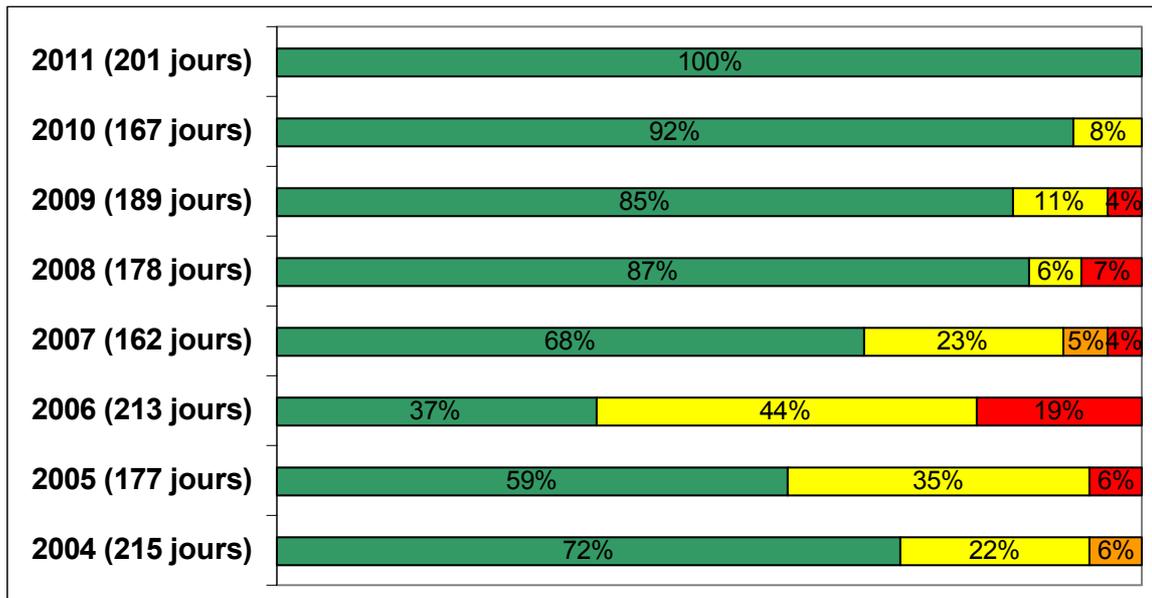


On notera qu'en 2011 :

- La Leysse, en régime établi, est en bon état écologique pour les paramètres soutenant la biologie durant 98% du temps,
- 2% du temps la Leysse est en jaune, déclassée par l'ammonium. Ce déclasserment correspond au fonctionnement des déversoirs d'orage de CMCA dans un contexte de très faibles débits de la Leysse.
- L'ammonium est le paramètre limitant pour l'atteinte du très bon état.

4.2 Le Sierroz :

Les figures suivantes présentent les classes de qualité en pourcentage de temps du régime établi.



On remarque que :

- Le Sierroz, tout au long de la période de régime stabilisé, est conforme aux objectifs de bon état pour les paramètres soutenant la biologie.
- L'ammonium et dans une moindre mesure le phosphore total sont les paramètres limitants de l'atteinte du très bon état.

4.3 Le Canal de Savières :

Suite à 4 années de suivi ponctuel du Canal de Savières, il s'est avéré que les concentrations mesurées dans l'épilimnion du lac du Bourget étaient très proches de celles mesurées au pont de Portout. Il a donc été décidé en 2010 de ne plus poursuivre ces prélèvements et analyses et de baser l'estimation des « entrées » et « sorties » du lac via le Canal de Savières sur les résultats du suivi allégé annuel du lac.

L'interprétation suivante porte donc sur la chronologie des débits horaires mesurés par la CNR au barrage de Savières et sur les analyses réalisées à 2m de profondeur au point B du lac du Bourget.

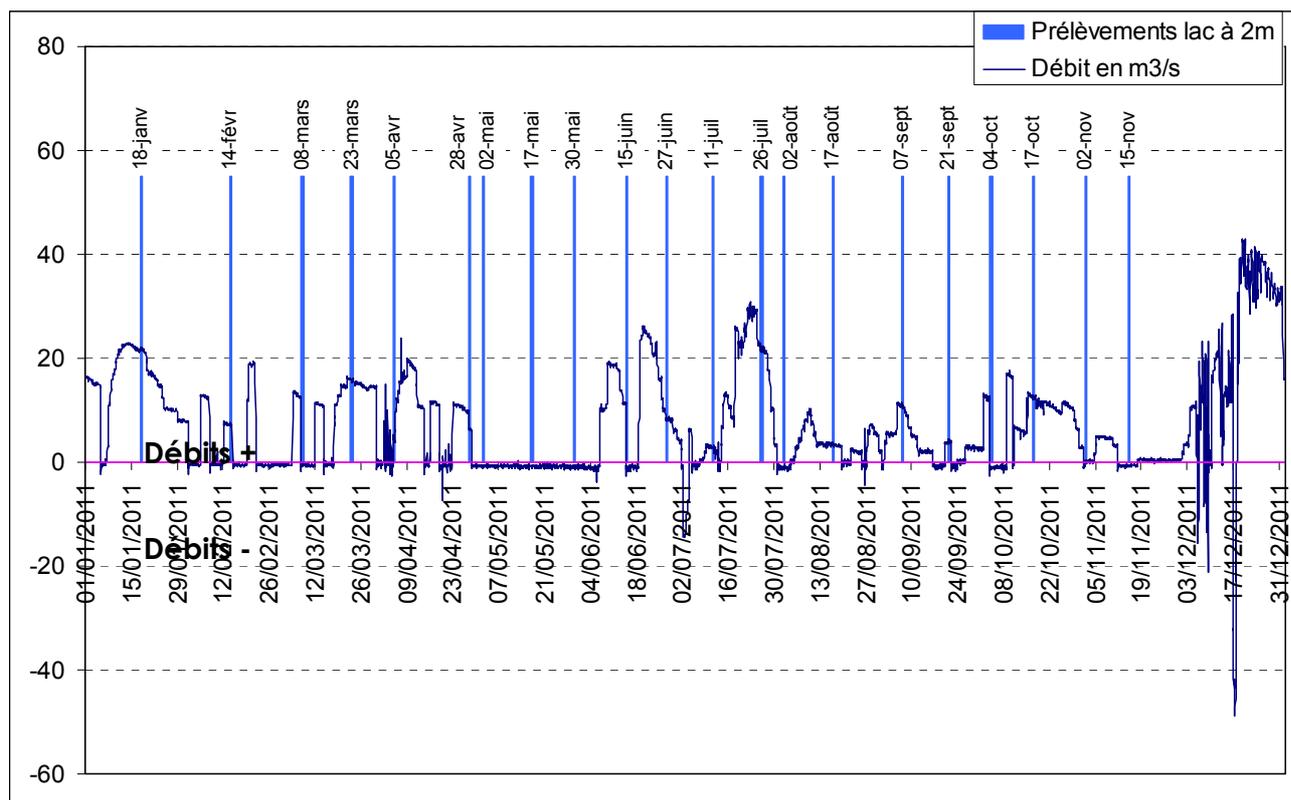


Figure 7 : Positionnement des prélèvements ponctuels sur l'hydrogramme du canal de Savières. Chaque prélèvement du suivi scientifique du lac est matérialisé par un trait vertical dont la couleur est représentative de la classe de qualité.

4.4 Ce qu'il faut retenir

Les deux principaux affluents du lac du Bourget respectent les objectifs de bon état écologique pour les paramètres soutenant la biologie.

Les paramètres qui restent limitant sont principalement l'ammonium et le phosphore total pour le Sierroz uniquement.

5 EVOLUTION DES CONCENTRATIONS TOUTS REGIMES CONFONDUS

5.1 Par paramètre

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

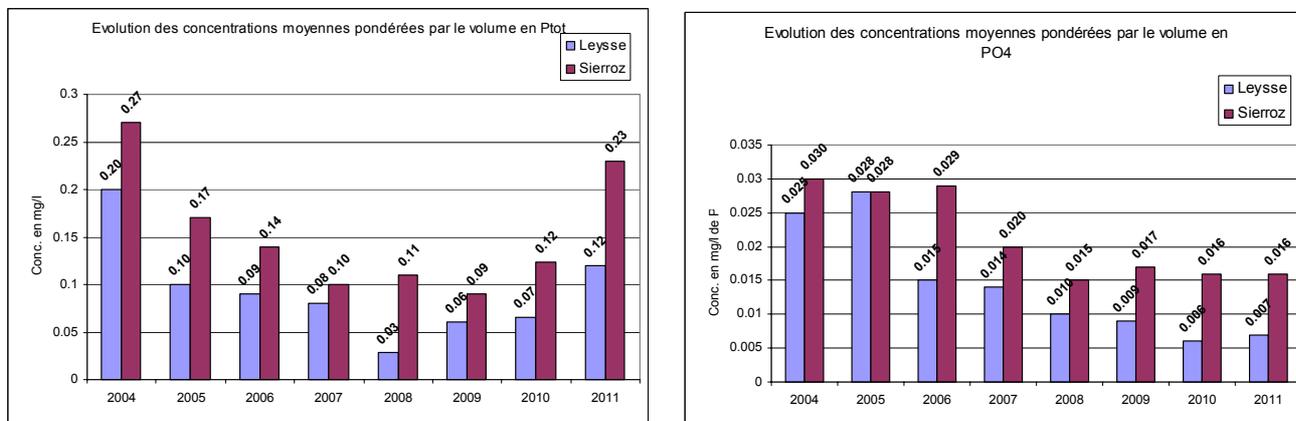


Figure 8 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en Ptot et PO₄

De façon générale, les concentrations en **éléments phosphorés et particulièrement en PO₄** sont toujours **plus élevées dans le Sierroz que dans la Laysse**.

En 2011, **les concentrations en Ptot sont en forte hausse sur la Laysse et le Sierroz** (respectivement +71% et +92%). Entre 2008 et 2011, les concentrations en Ptot ont été multipliées par 4 dans la Laysse et par 2 dans le Sierroz. Elles restent encore inférieures à 2004 pour la Laysse mais sont quasiment atteintes sur le Sierroz.

L'année **2011** marque une **légère hausse** des concentrations en **PO₄ sur la Laysse (+16%)**. Cette hausse met fin à 6 années de baisse. Les concentrations mesurées dans le Sierroz sont égales à celles de 2010 et conformément aux résultats obtenus depuis 2008.

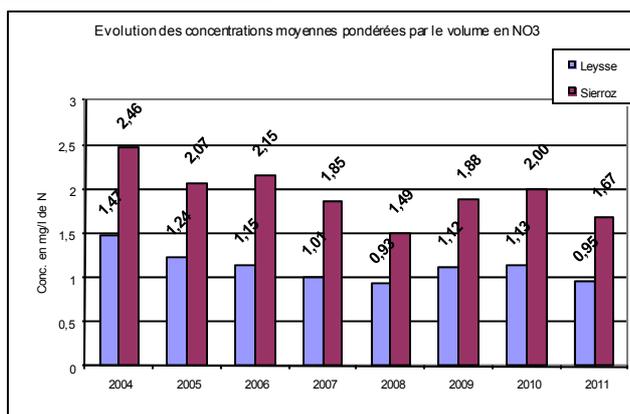
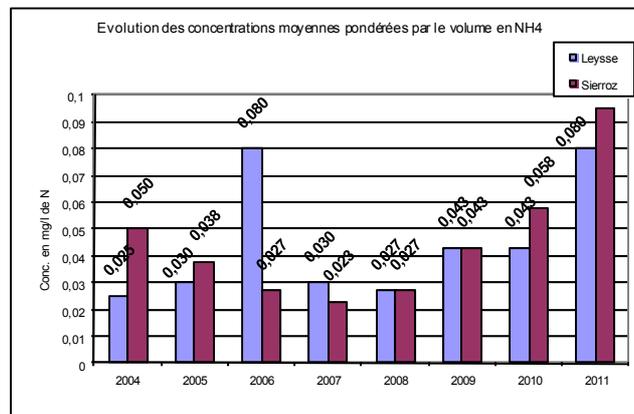
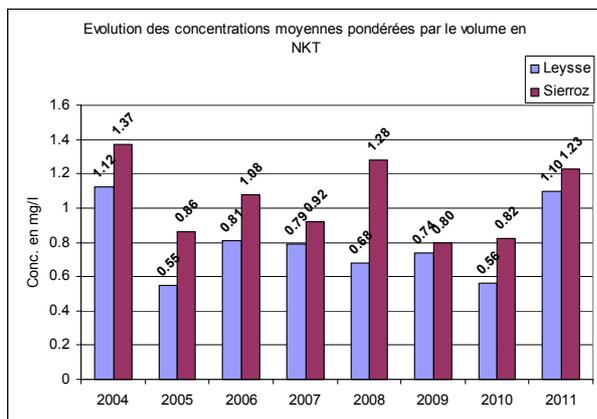


Figure 9 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NKT, NH4 et NO3

Le Sierroz présente des concentrations en **matières azotées** plus élevées que dans la Laysse.

L'année 2011 présente des concentrations moyennes pondérées en **nitrates** à nouveau en baisse par rapport aux deux dernières années.

Les concentrations en **NKT et NH4** sont en forte hausse en 2011 (multipliée par 2 dans la Laysse). Cette corrélation entre ces deux paramètres est normale puisque la concentration en NKT prend en compte celle de NH4.

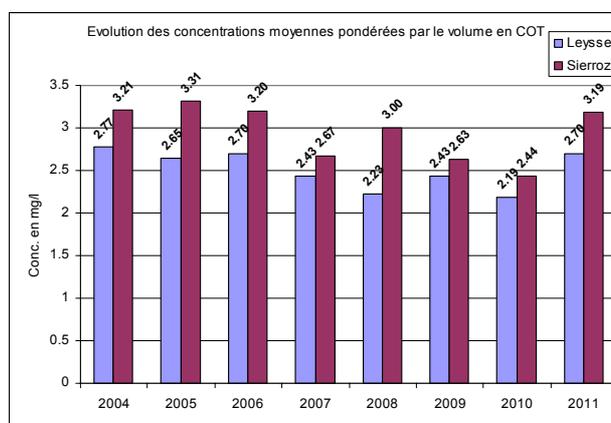
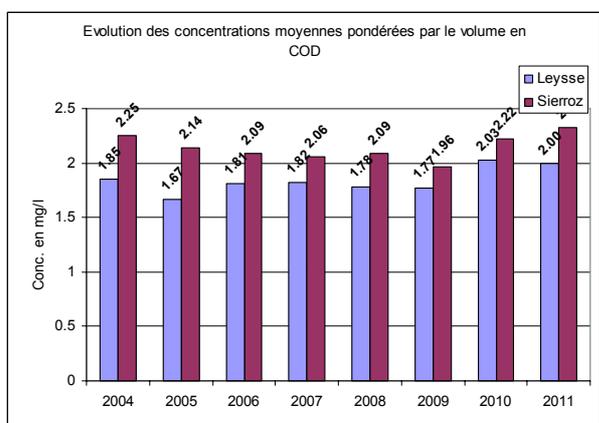


Figure 10 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en COD et COT

Les **paramètres carbonés** du suivi présentent également des concentrations **plus élevées dans le Sierroz que dans la Laysse**. Les concentrations en COD sont équivalentes à celles mesurées en 2010.

Les concentrations en COT sont équivalentes à celles mesurées sur la période 2004-06 et donc en hausse par rapport à 2007-10.

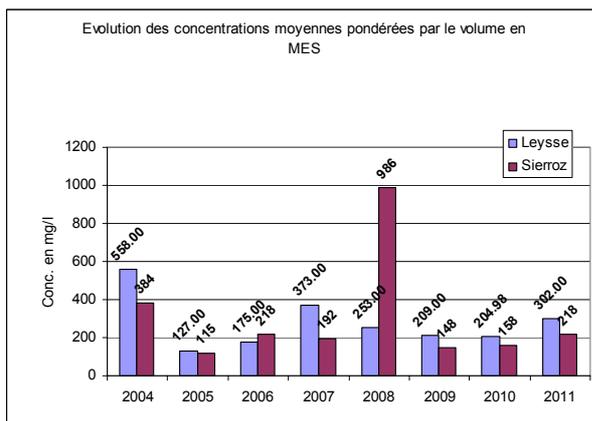


Figure 11 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en MES

L'évolution des concentrations en MES se caractérise par :

- des **valeurs très faibles** sur les deux affluents **en 2005**, année la moins pluvieuse du suivi,
- une **année 2006 durant laquelle les concentrations dans le Sierroz sont plus élevées que dans la Leysse**,
- **une année 2008 marquée par une concentration très élevée et en hausse de plus de 400%, dans le Sierroz**. La stabilité des concentrations moyennes pondérées du régime établi en 2007 et 2008 (respectivement 17,68 et 17,51 mg.l⁻¹) met en évidence le rôle majeur du temps de pluie dans cette forte hausse. Et plus particulièrement les crues du 10 juin et du 13 septembre, qui, à elles seules, génèrent 75% des apports aux lacs par le Sierroz. Le phénomène de crues torrentielles apparus à plusieurs reprises cette année sur la Meunaz, affluents du Sierroz, est à l'origine de ces apports excédentaires,
- un retour à des **valeurs faibles en 2009, 10 et 11**, années marquées par des déficits pluviométriques importants..

5.2 Ce qu'il faut retenir

Pour l'année 2011, le Sierroz présente des concentrations toujours plus élevées que la Leysse sauf pour les MES.

Les concentrations mesurées en 2011 sont en hausse pour l'ensemble des paramètres sauf pour NO₃.

6 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 et rejets UDEP Aix-les-Bains).

Des pannes intervenues sur la station du Sierroz n'ont pas permis d'isoler la crue de juillet 2011. Les bilans sont donc établis sans les apports liés à cet événement. Une estimation des flux générés par cet événement a pu être établie et doit être comptabilisée dans les apports totaux.

6.1 Estimation des flux entrants de l'année 2011

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 2011				
	TOTAL	Leysse (296 Km ²)		Sierroz (133 Km ²)	
Volume transité (Mm ³)	159,2	119,2	75%	40	25%
Ortho P (Tonnes de P)	1,51	0,84	56%	0,67	44%
Ptot (Tonnes)	23,58	14,14	60%	9,44	40%
NO ₃ (Tonnes de N)	180,7	113,9	63%	66,8	37%
NH ₄ (Tonnes de N)	13,65	9,85	72%	3,8	28%
COD (Tonnes)	337,1	243,8	72%	93,3	28%
COT (Tonnes)	447,8	320,1	71%	127,7	29%
MES (Tonnes)	44 842	36 090	80%	8 752	20%
NKT (Tonnes)	179,2	130	73%	49,2	27%

Tableau 1 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2011.

Les apports au lac du Sierroz sont sous estimés du fait d'une panne de prélèvement lors de la crue biennale de juillet. Cette dernière représente 0,8 tonnes d'apports en phosphore par la Leysse soit 6% des apports totaux. Par comparaison simple, la crue sur le Sierroz aurait généré 0,6 tonnes de phosphore total.

Le tableau suivant présente l'évolution des apports de 1974 à 2011 (en tonnes). A partir de 2006, ont pu être mesurés les apports de la Leysse, du Sierroz + du DO des Biâtres.

	1974	1983	1995-96	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ptot	300	150	94	41 + ?	21 + ?	21 + 4	27 + 5,8	14 + 4,2	11 + 2,7	18 + 2,4	23,6 +2,8
PO ₄	140		18	5,11	3,5	3,6	4,6	3	1,82	1,89	1,5
NO ₃	1.500	580	450	327	252	275	367	290	214	309	181
NO ₃ + NKT				552	361	446	617	516	334	454	360

Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.

Les apports en Ptot de la Leysse et du Sierroz mesurés en 2011 (23,6 T) sont en forte hausse, +31% par rapport à 2010 et multipliés par 2 par rapport à 2009. 2011 était pourtant une année pluviométrique déficitaire équivalente à 2010.

Le tableau suivant détaille les écarts entre les apports 2010 et 2011.

	Leyse			Sierroz		
	2011	2010	Ecart en %	2011	2010	Ecart en %
Volume transité (Mm ³)	119,2	166,2	-28%	40	60,5	-34%
Ortho P (Tonnes de P)	0,84	0,92	-9%	0,67	0,97	-31%
Ptot (Tonnes)	14,14	10,95	+29%	9,44	7,43	+27%
NO ₃ (Tonnes de N)	113,9	187,5	-39%	66,8	121,9	-45%
NH ₄ (Tonnes de N)	9,85	7,1	+39%	3,8	6,1	-38%
COD (Tonnes)	243,8	337	-28%	93,3	134,5	-31%
COT (Tonnes)	320,1	364	-12%	127,7	147,8	-14%
MES (Tonnes)	36 090	34.068	+6%	8 752	9.592	-9%
NKT (Tonnes)	130	95,8	+36%	49,2	49,7	-1%

Tableau 3 : Ecart des apports de la Leysse et du Sierroz en 2010 et 2011

Alors que les **volumes transités sont en baisse**, les apports en **Ptot sont en hausse de presque 30%** sur la Leysse et le Sierroz.

Les apports en **NO₃** sont en baisse. Cette dernière est de 10 points plus élevées que celle du volume pour les deux cours d'eau. Les apports en nitrates restent corrélés au volume transité.

Les flux de **PO₄ sont en baisse** mais d'une amplitude **plus forte pour le Sierroz**.

Sans l'échantillon pollué du mois de juin 2010 à l'origine des forts apports annuels en **NH₄ du Sierroz**, ceux-ci auraient été de **3,5 T** soit **légèrement inférieur** à ceux de **2011**. Les apports de la **Leyse** subissent une forte hausse de **+39%**.

L'augmentation des apports d'ammonium de la Leysse se répercute sur le paramètre **NKT** lui-même en **hausse de +36%**.

Les paramètres dissous, à l'exception de l'ammonium, subissent une baisse plus importante que les paramètres particuliers.

Les **MES** sont en hausse sur la Leyse et en baisse sur le Sierroz. Cette différence peut s'expliquer par la crue non comptabilisée sur le Sierroz très génératrice de MES.

A ces apports doivent être ajoutés les **apports du Rhône** par le canal de Savières, lorsque le courant s'inverse, ce qui s'est produit durant **116 jours en 2011** (contre 100 en 2009 et 62 en 2010). Cette situation peut avoir deux origines : l'expansion d'une crue du Rhône ou le maintien à l'étiage des niveaux du lac.

	Rhône > Lac		TOTAL LAC
Volume transité (Mm ³)	13,3	7,7%	172,5
Ortho P (Tonnes de P)	0,055	3,5%	1,56
Ptot	0,14	0,6%	23,72
NO ₃ (Tonnes de N)	2,44	1,3%	183,14
NH ₄ (Tonnes de N)			
COD			
COT	30,5	6,4%	478,3
MES			
NKT			

Tableau 4 : Apports au lac du canal de Savières.

Le calcul des flux transitant par le canal de Savières est fondé sur les prélèvements effectués dans le cadre du suivi allégé du lac à 2m de profondeur.

Cette année le canal de Savières a fonctionné durant près de 4 mois dans le sens Rhône vers lac. Cette durée est en hausse par rapport à 2010 mais équivalente à 2009 (étiage plus long et deux épisodes de crues biennales sur le Rhône). Les apports en forte hausse (fois 2 ou 3) restent toutefois faibles comparativement à ceux des principaux affluents (entre 0,6 et 7,7 % des apports de la Leysse et du Sierroz).

En 2011, le **volume transité par le Tillet** s'élève à **9,68 Mm³** (contre 8,9 Mm³ en 2009 et plus de 13 en 2010) soit, comme les années précédentes, environ 5% du volume total transité au lac. De plus, les campagnes d'analyses réalisées dans le cadre des suivis RCO permettent d'appréhender les valeurs min et max des concentrations de Ptot. Sur la période 2010-2011, les teneurs sur le Tillet aval varient de 0,03 à 0,16 mg/L. En appliquant ces valeurs sur l'année 2011, on estime des **apports en Ptot** variant **de 0,29 T à 1,54 T** soit 1,2 à 6,5% des apports de la Leysse et du Sierroz. Cela donne un ordre de grandeur satisfaisant des apports du Tillet.

Pour compléter le bilan des apports au lac, il faut tenir compte des apports du Belle-Eau, 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** au déversoir des Biâtres (**2,85 T de Ptot**) et d'eaux usées durant la période de fermeture de la galerie (0,26 T entre le 11 et le 17 mars).

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

	2011										
	TOTAL	Leysses (296 Km ²)		Sierroz (133 Km ²)		DO Aix		Savières		Coupure galerie	
Volume transité (Mm ³)	173,2	119,2	69%	40	23%	0,48	0,2%	13,3	7,7%	0,2	0,1%
Ortho P (Tonnes de P)	1,56	0,84	54%	0,67	43%			0,055	3%		
Ptot (Tonnes)	26,83	14,14	52,5%	9,44	35%	2,85	11%	0,14	0,5%	0,26	1%
NO ₃ (Tonnes de N)	183,2	113,9	62%	66,8	36,5%			2,44	1,37%	0,05	0,03%
NH ₄ (Tonnes de N)	35,9	9,85	27,5%	3,8	10,6%	15,51	43,2%			6,7	18,7%
COD (Tonnes)	337	243,8	72%	93,3	28%						
COT (Tonnes)	478,3	320,1	67%	127,7	37%			30,5	6%		
MES (Tonnes)	44 962	36 090	80,27%	8 752	19,47%	109,4	0,24%			10,3	0,02%
NKT (Tonnes)	212	130	61,3%	49,2	23,2%	24,18	11,4%			8,7	4,1%

Tableau 5 : Synthèse des apports connus au lac

Ce tableau de synthèse amène plusieurs remarques :

- L'objectif de **moins de 30 T** d'apports de **Ptot** au lac est atteint même en tenant compte de l'estimation faite sur le Tillet.
- Les apports en Ptot sont en forte hausse par rapport à 2009. Cette hausse n'est pas proportionnelle à celle du volume. Ce déséquilibre est beaucoup plus marqué sur le Sierroz que le volume est plus nettement en baisse.
- Le déversoir des **Biâtres** représente 2,85 T soit **11 % des apports en Ptot** (% identique à celui de 2010) et 11% des apports en NKT pour 0,2% du volume total. Une analyse en temps de pluie, réalisée en mars 2010 sur le déversoir des Biâtres montre que cette estimation est sous estimée. En effet, pour le même évènement la concentration en Ptot utilisée pour l'estimation était de 4,62 mg.l⁻¹ alors que la concentration mesurée a été de 9,61 mg.l⁻¹.

6.2 Estimation des flux sortants

Le canal de Savières a fonctionné dans le sens **exutoire** du lac durant **249 jours** en 2011.

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

	SAVIERES 2011	
	Flux annuels sortants du lac	% par rapport aux apports totaux
Volume transité (Mm ³)	245,9	142 %
Ortho P (Tonnes de P)	1,1	70,5 %
Ptot (Tonnes)	2,7	10 %
NO ₃ (Tonnes de N)	56,1	30,6 %
NH ₄ (Tonnes de N)	2,77	7,7 %
COD (Tonnes)		
COT (Tonnes)	551,4	115 %
MES (Tonnes)		
NKT (Tonnes)		

Tableau 6 : Flux sortants par le canal de Savières.

Globalement les flux sortants du lac sont très variables selon les paramètres. Ils représentent de 142% du volume total rejeté au lac à 10% pour le Ptot. **On peut remarquer que les flux de Ptot rejetés par le déversoir des Biâtres sont égaux aux flux sortant par le canal de Savières.**

6.3 Bilan des nutriments dans le lac pour l'année 2011

Le suivi réalisé au cours de l'année 2011 permet d'approcher un bilan des nutriments dans le lac. En effet, les flux des principaux affluents ainsi que les flux à l'exutoire ont été mesurés. La différence entre les entrées (seuls le Belle-Eau, le Grand Canal et le Tillet ne sont pas suivis) et les sorties permet d'approcher la quantité de nutriments potentiellement utilisable par les organismes du lac ou stockés à terme dans les sédiments. La répartition entre ces deux finalités reste une inconnue qu'il reste à approfondir.

Le tableau suivant présente le bilan entrée / sortie des nutriments dans le lac pour l'année 2011 :

	LAC 2011		
	Entrée	Sortie	Bilan
Volume transité (Mm ³)	173,2	245,9	-72,7
Ortho P (Tonnes de P)	1,56	1,1	0,46
Ptot (Tonnes)	26,83	2,7	24,13
NO ₃ (Tonnes de N)	183,2	56,1	127,1
NH ₄ (Tonnes de N)	35,9	2,77	33,13
COD (Tonnes)	337		
COT (Tonnes)	478,3	551,4	-73,1
MES (Tonnes)	44 962		
NKT (Tonnes)	212		

Tableau 7 : 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 (173 entrant contre 245 sortant). Il existe plusieurs raisons à cela :

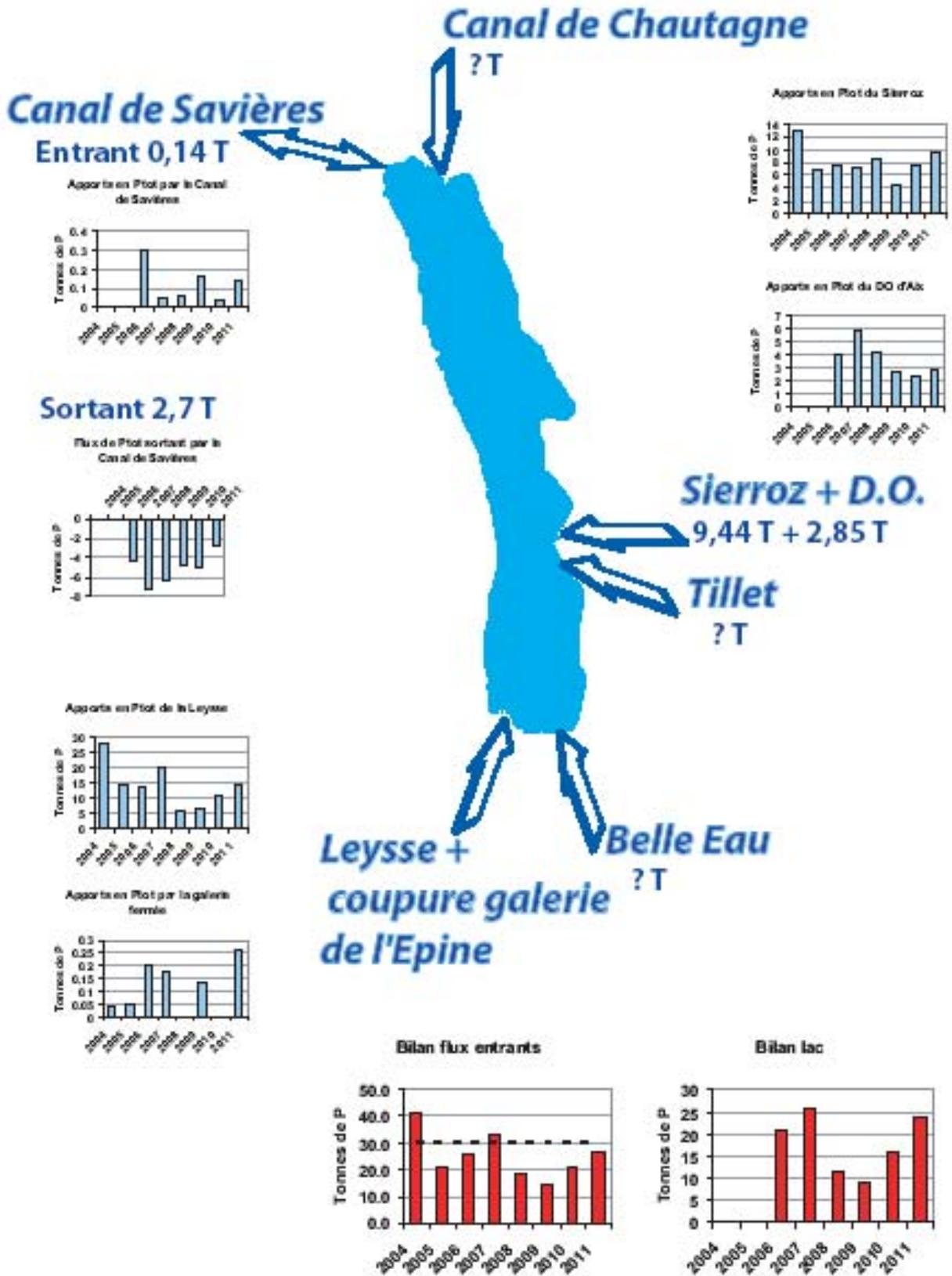
- Le volume d'eau entrant est sous estimé, des affluents certes minoritaires ne sont pas suivis ;
- Le lac perd par évaporation 28 Mm³ par an ;
- le lac est régulé, le volume d'eau qui passe par le canal de Savières sert à maintenir les niveaux du lac fixes selon les saisons.

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.

Par contre il est entré dans le lac plus de nitrates qu'il en est ressorti. Les NO₃ sont fortement biodisponibles et sont de ce fait consommé in situ.

Les paramètres Ptot et NO₃ ont un solde positif. Une partie importante des matières azotées et 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 potentiellement biodisponible.

Pour 2010, on peut résumer le bilan du lac ainsi :



7 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).

7.1 La Leysse

7.1.1 Le rôle du temps de pluie

Le régime de temps de pluie de la Leysse s'étale sur **144 jours** soit **39,5%** de l'année. 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)	82,67	69%
Ortho P (Tonnes de P)	0,64	76%
Ptot (Tonnes)	13,59	96%
NO ₃ (Tonnes de N)	75,55	66%
NH ₄ (Tonnes de N)	6,22	63%
COD (Tonnes)	192,2	79%
COT (Tonnes)	265	83%
MES (Tonnes)	35 857	99%
NKT (Tonnes)	114	88%

Tableau 8 : Apports en temps de pluie de la Leysse.

63 à 99% des apports sont consécutifs à un événement pluvieux.

La contribution du temps de pluie sur le volume transité et les apports en nutriments n'évolue que très peu. Concernant le phosphore total le temps de pluie représente entre un peu moins de 90% des apports totaux d'une année humide à 96% en année sèche.

Le volume du temps de pluie est en diminution par rapport à 2010 mais reste supérieur à 2009 (année la plus sèche du suivi) de 20 Mm³ soit d'un tiers.

Le tableau suivant présente la différence des apports totaux et des apports de temps de pluie entre 2010-2011, deux années de déficit pluviométrique comparable.

	Différence 2010-2011	
	Apports annuels	Apports de temps de pluie
Volume transité (Mm ³)	-47	-41,3
Ortho P (Tonnes de P)	-0,08	-0,05
Ptot (Tonnes)	+3,19	+3,02
NO ₃ (Tonnes de N)	-73,6	-59,15
NH ₄ (Tonnes de N)	2,75	0,58
COD (Tonnes)	-93,2	-75,4
COT (Tonnes)	-43,9	-26,3
MES (Tonnes)	+2 022	+2 163
NKT (Tonnes)	+34,2	+32,4

Tableau 9 : Différence entre 2010 et 2011 des apports totaux et de temps de pluie.

La différence entre les flux de 2010 et de 2011 provient, pour la majorité des paramètres, essentiellement du temps de pluie.

Le temps de pluie est en effet à l'origine de 21 à 95% des écarts entre les apports annuels de 2010 et 2011.

Entre 2010 et 2011, le rôle du temps de pluie est en diminution par rapport aux années précédentes. Effet pour une contribution de 88% de la baisse du volume transité le temps de pluie ne représente que 56% de la baisse de COT. A noter une hausse de 2,75 tonnes de NH₄ entre 2010 et 2011 cette hausse est intégralement liée à la coupure de la galerie par temps sec (6,7 tonnes). Sans cette dernière, la baisse serait de 3,95 tonnes alors que les apports de temps de pluie sont en hausse de 0,58 tonnes.

7.1.2 Les flux rejetés par les déversoirs d'orage et by pass

Pour l'année 2011, les flux rejetés par les DO et le by pass de CMCA, pris en compte dans les apports de temps de pluie de la Leysse, ont pu, à nouveau, être estimés. La qualité des effluents rejetés par le DO2, principal déversoir du réseau situé en amont immédiat de l'UDEP, peut être assimilée à celles des effluents en entrée de station. L'autosurveillance des réseaux combinée à celle de l'UDEP permet donc de calculer avec une bonne précision les flux rejetés par ce DO et par le by pass en aval du traitement physico-chimique. Concernant les DO5 et 6, positionnés plus en amont sur le réseau, il n'existe que très peu de données qualitatives. Une estimation est toutefois possible sur la base de l'étude du schéma directeur de Chambéry Métropole phase 2 (Etude diagnostique du réseau unitaire 2002) et des résultats des analyses effectuées en mars 2010 sur un évènement pluvieux. Dans l'attente d'investigations complémentaires **ces résultats, présentés en vert dans les tableaux suivants, ne sont qu'indicatifs d'un ordre de grandeur.**

	2011					
	DO2	By pass	DO5	DO6	TOTAL	
						% tps de pluie
Nombre de jours avec déversement	50	39	27	55		
Durée de déversement (heures)	70,5		53	166		
Volume rejeté (m ³)	170.363	76.633	39.379	76.053	362.428	0,4%
Ortho P (Tonnes de P)	0,28	0,04			0,32	50%
Ptot (Tonnes)	1,12	0,18	0,3	1	2,6	19%
NO ₃ (Tonnes de N)	0,21	0,04			0,25	0,3%
NH ₄ (Tonnes de N)	2,79	2,4			5,19	83%
MES (Tonnes)	47,5	11			58,5	0,1%
NKT (Tonnes)	5	3,6			8,6	7,5%

Tableau 10 : flux rejetés par les DO et by pass dans la Leysse en 2011 (mesure et estimations).

Le coefficient de transfert du phosphore dans la Leysse étant évalué à 0,74 en régime stable (Gay Environnement 2000), on peut faire l'hypothèse que celui-ci est proche de 1 en période de crue.

L'intégralité de la pollution rejetée en période de crue est transférée au lac.

L'ensemble des rejets annuels du **DO2**, représente **8,2% des apports en Ptot de temps de pluie de la Leysse. En ajoutant le by pass et les estimations des DO 5 et 6**, la part des rejets directs s'élève à **19% du Ptot et surtout 50% du PO₄**.

Les flux de NH₄ générés par les rejets de temps de pluie représentent 83% des flux de temps de pluie.

7.1.3 Les crues : un rôle déterminant dans les apports

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

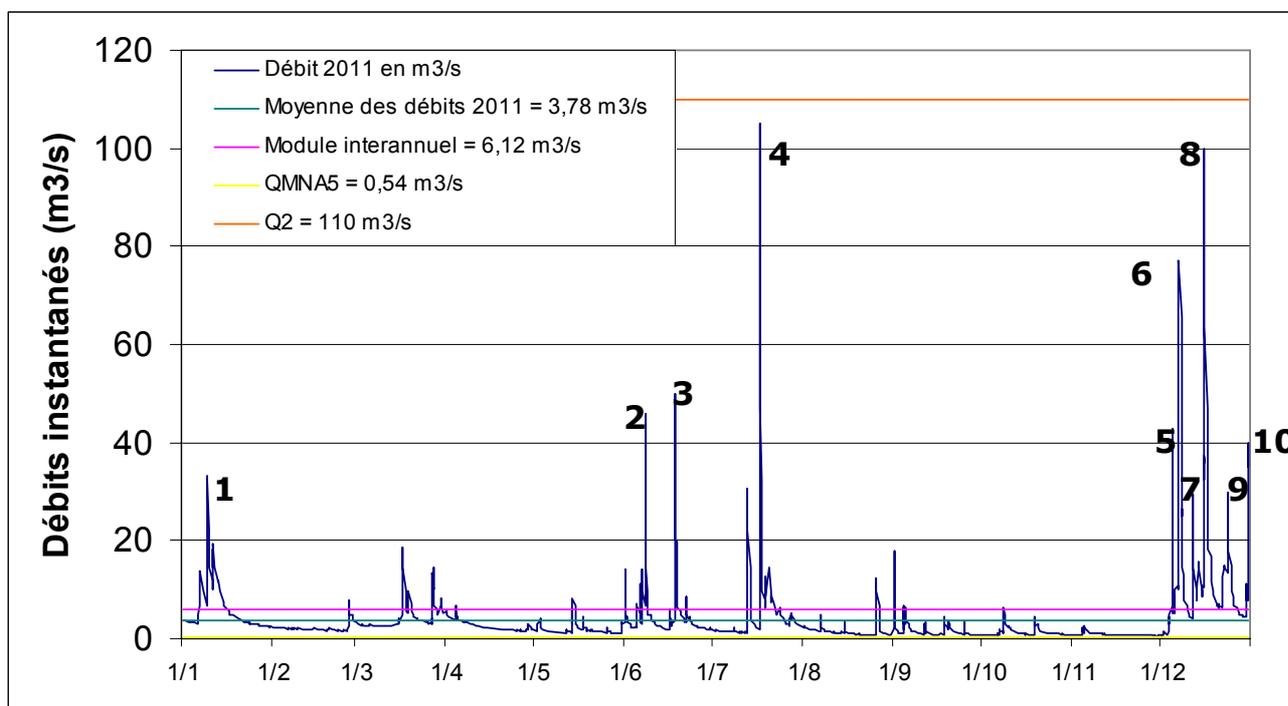


Figure 12 : Positionnement des principales crues de la Leysse

On remarque que 5 des 10 principales crues de 2011 se sont produites en décembre et que 2 d'entre elles sont supérieures à 2 tonnes d'apport en Ptot.

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

	Apports des 10 crues principales	
Durée (jours)	48	33%
Volume transité (Mm ³)	55	66%
Ortho P (Tonnes de P)	0,45	70%
Ptot (Tonnes)	12,25	90%
NO ₃ (Tonnes de N)	51,19	68%
NH ₄ (Tonnes de N)	4,2	67%
COD (Tonnes)	136,8	71%
COT (Tonnes)	199,5	75%
MES (Tonnes)	33.547	93%
NKT (Tonnes)	93,2	82%

Tableau 11 : Apports des principales crues de la Leysse.

Les 10 principales crues de l'année restent en 2012 prépondérantes dans les apports de temps de pluie. Pour un tiers de la durée du temps de pluie ce sont entre 66 et 93% des apports qui sont générés.

Les apports de Ptot par les crues ont été doublés entre 2010 et 2011 (6,35T en 2010 contre 12,25 en 2011).

Le nombre de crues et leur occurrence dans l'année sont à l'origine de quasiment la totalité des écarts annuels d'apports en Ptot.

La part des crues de 2010, dans les apports de Ptot représente 94% de la contribution du temps de pluie. L'impact des crues est en hausse par rapport aux années antérieures.

Si l'on ne regarde que les 5 crues (2, 3, 4, 6, 8) dont les flux de Ptot générés ont été les plus importants, on constate qu'elles sont à l'origine de 76% des apports en Ptot de temps de pluie (contre 85% en 2010) et 82% des MES (contre 92% en 2010) pour seulement 42% des 82,7 Mm³ transité en temps de pluie.

Les éléments des deux paragraphes permettent de conclure qu'il y a eu plus de crues en 2011 que lors des années précédentes et que ces dernières ont été de plus fortes intensités et génératrices de plus d'apports.

7.2 Le Sierroz

7.2.1 Le rôle du temps de pluie

Le régime de temps de pluie du Sierroz représente **164 jours** soit **45%** de l'année.

	Apports en temps de pluie	% de l'apport total Sierroz
Volume transité (Mm ³)	27,27	68%
Ortho P (Tonnes de P)	0,48	72%
Ptot (Tonnes)	8,89	94%
NO ₃ (Tonnes de N)	46,44	69%
NH ₄ (Tonnes de N)	2,84	75%
COD (Tonnes)	68,3	73%
COT (Tonnes)	99,8	78%
MES (Tonnes)	8 577	98%
NKT (Tonnes)	41,2	84%

Tableau 12 : Apports en temps de pluie du Sierroz.

68 à 98% des apports sont consécutifs à un événement pluvieux.

La part du temps de pluie dans les flux de nutriments du Sierroz est identique à celle de la Leyse sauf pour le NH₄. Le temps sec joue un rôle plus important sur les apports d'ammonium.

La durée du temps de pluie est supérieure de 20 jours à celle sur la Leyse, cela a tendance à marquer un retour au régime stabilisé plus long sur le Sierroz.

La contribution du temps de pluie sur le volume transité et les apports en nutriments est :

- globalement proportionnelle au volume transité pour les éléments dissous,
- proche à 90% pour les paramètres ayant une composante particulaire hors COT,

Le volume du temps de pluie est en baisse de presque 50% avec pourtant une hausse des apports en Ptot.

Si l'on regarde la contribution du temps de pluie sur les apports totaux entre 2010 et 2011, celle-ci est :

- en hausse de 26% pour Ptot,
- en baisse pour l'ensemble des paramètres (de moins de 10% pour les MES, COT jusqu'à plus de 50% pour les nitrates et 90% pour le NH₄).

Le tableau suivant présente la différence des apports totaux et des apports de temps de pluie entre 2010-2011.

	Différence 2010-2011	
	Apports annuels	Apports de temps de pluie
Volume transité (Mm ³)	-20,5	-21,3
Ortho P (Tonnes de P)	-0,3	-0,33
Ptot (Tonnes)	+2,01	+1,87
NO ₃ (Tonnes de N)	-55,1	-52,7
NH ₄ (Tonnes de N)	-2,3	-2,35
COD (Tonnes)	-41,2	-42,4
COT (Tonnes)	-20,1	-22,4
MES (Tonnes)	-840	-854
NKT (Tonnes)	-0,5	-3,3

Tableau 13 : Différence entre 2010 et 2011 des apports totaux et de temps de pluie

93 à plus de 100% de la différence d'apports annuels est liée au temps de pluie.

7.2.2 Les apports des 10 principales crues du Sierroz

Le graphique suivant présente les **10 principales crues** du Sierroz.

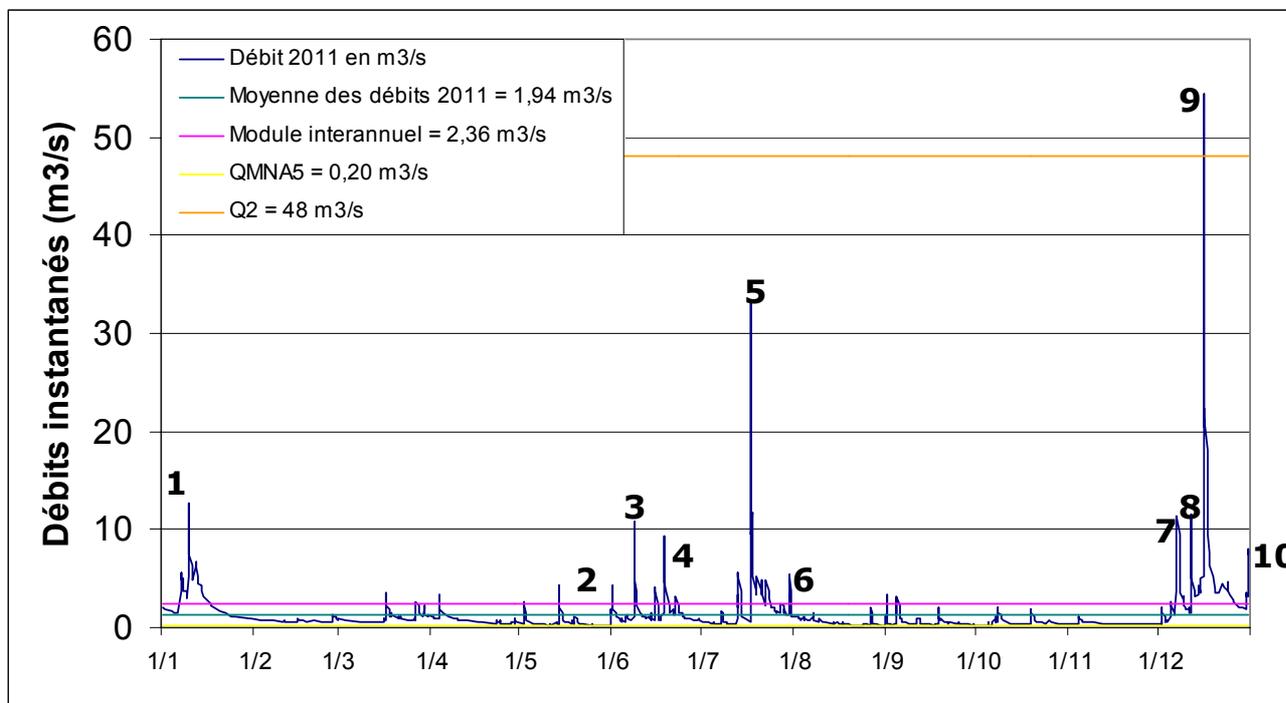


Figure 13 : Positionnement des principales crues du Sierroz

Le débit de pointe de la crue du 16 décembre est de 54,4 m³/s. Ce débit supérieur à la crue biennale n'avait pas été atteint depuis juin 2008.

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

	Apports des 10 crues principales	
Durée (jours)		
Volume transité (Mm ³)	23,3	85%
Ortho P (Tonnes de P)	0,4	83%
Ptot (Tonnes)	8,48	95%
NO ₃ (Tonnes de N)	40,7	87%
NH ₄ (Tonnes de N)	2,5	88%
COD (Tonnes)	58,3	85%
COT (Tonnes)	88,3	88%
MES (Tonnes)	8.331	97%
NKT (Tonnes)	37,4	91%

Tableau 14 : Apports des principales crues du Sierroz.

La durée enregistrée des 10 principales crues n'est pas significative suite à l'intégration de temps sec dans les échantillons lors de la panne du préleveur en juin et juillet.

L'analyse des résultats montre que celles-ci sont à **l'origine de 83 à 97% des apports**. La part des crues dans le temps de pluie est supérieure à celle de la Leysse et notamment pour les paramètres « dissous ». En effet les apports de crue sur la Leysse pour les paramètres dissous ne dépassent pas 70% contre plus de 80% sur le Sierroz. Les résultats du Sierroz sont proportionnels au volume transité. Les concentrations moyennes des crues ne sont pas plus élevées qu'en temps sec.

Les 5 crues (1, 3, 5, 7 et 9) **dont les flux de Ptot générés ont été les plus importants**, sont responsables de **86% des apports en Ptot de temps de pluie, et 89% des MES pour seulement 50% du volume transité**. La crue biennale de décembre représente à elle seule, avec plus de 6 tonnes de Ptot, 70% des apports de temps pluie.

7.3 Bilan 2011 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, Savières et coupure de la galerie de l'Épine). 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	110,5	64%
Ortho P (Tonnes de P)	1,12	72%
Ptot (Tonnes)	22,48	84%
NO ₃ (Tonnes de N)	122	67%
NH ₄ (Tonnes de N)	24,57	68%
COD (Tonnes)	260,5	77%
COT (Tonnes)	364,8	76%
MES (Tonnes)	44 544	99%
NKT (Tonnes)	179,4	85%

Tableau 15 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie.

Le temps de pluie apporte au lac 22,48 T de Ptot sur les 26,4 T, soit 84%, dont 2,6 T proviennent des rejets directs du réseau de Chambéry (DO et by pass) et 2,8 T du déversoir des Biâtres sur le réseau d'Aix-les-Bains.

Les apports en éléments dissous sont proportionnels au volume transité. Alors que le temps de pluie génère plus de 80% des flux de paramètres particuliers.