

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 2009

Mars 2010

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	5
2	Synthèse et conclusion 2009	6
3	Météorologie et hydrologie de l'année 2009	11
3.1	Données météorologiques.....	11
3.1.1	<i>Températures</i>	12
3.1.2	<i>Précipitations</i>	13
3.2	Données hydrologiques.....	14
3.2.1	<i>Hydrologie de la Leyse en 2009</i>	15
3.2.2	<i>Hydrologie du Sierroz en 2009</i>	15
3.2.3	<i>Bilan hydrologique</i>	16
4	La qualité des cours d'eau	17
4.1	La Leyse.....	18
4.1.1	<i>Répartition des résultats par classe de qualité</i>	18
4.1.1.1	Le phosphore (ortho P, Ptot)	18
4.1.1.2	L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl)	19
4.1.1.3	Les MEST (matières en suspension totales).....	20
4.2	Le Sierroz.....	20
4.2.1	<i>Répartition des résultats par classe de qualité</i>	20
4.2.1.1	Le phosphore (ortho P, Ptot)	20
4.2.1.2	L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl)	21
4.2.1.3	Les MEST (matières en suspension totales).....	22
4.3	Conclusions et perspectives.....	22
5	Conformité vis-à-vis de la DCE et comparaison avec les années précédentes	23
5.1	La Leyse :.....	23
5.2	Le Sierroz :	24
5.3	Le Canal de Savières :	25
5.4	Ce qu'il faut retenir	26
6	Evolution des concentrations tous régimes confondus	27
6.1	Par paramètre.....	27
6.2	Ce qu'il faut retenir	30
7	Bilan des apports au lac	31
7.1	Estimation des flux entrants de l'année 2009	31
7.2	Estimation des flux sortants	35
7.3	Bilan des nutriments dans le lac pour l'année 2009	35
8	La contribution du temps de pluie dans les flux	38
8.1	La Leyse.....	38
8.1.1	<i>Le rôle du temps de pluie</i>	38
8.1.2	<i>Les flux rejetés par les déversoirs d'orage et by pass</i>	39
8.1.3	<i>Les crues : un rôle déterminant dans les apports</i>	41

8.1.4	<i>La charge en P des sédiments : une piste de réflexion</i>	44
8.2	<i>Le Sierroz</i>	46
8.2.1	<i>Le rôle du temps de pluie dans la diminution des apports.....</i>	46
8.2.2	<i>Les apports des 10 principales crues du Sierroz</i>	48
8.3	<i>Bilan 2008 sur les apports de temps de pluie.....</i>	49

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 2009	12
Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2009..	12
Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2009	13
Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2009..	13
Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leyse en 2009 (source DIREN)	15
Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2009 (source DIREN).....	16
Figure 7 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans la Leyse en 2009...	18
Figure 8: Classement SEQ des concentrations en azote dans la Leyse en 2009	19
Figure 9: Classement SEQ des concentrations en MEST dans la Leyse en 2009	20
Figure 10 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans Le Sierroz en 2009	21
Figure 11: Classement SEQ des concentrations en azote dans le Sierroz en 2009.....	22
Figure 12 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans le Sierroz en 2009	22
Figure 13 : Positionnement des prélèvements ponctuels sur l'hydrogramme du canal de Savières	25
Figure 14 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en Ptot et PO ₄	27
Figure 15 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NO ₃ , NKT et NH ₄	28
Figure 16 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en COD et COT	29
Figure 17 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en MES...	29
Figure 18 : Positionnement des principales crues de la Leyse.....	41
Figure 19 : Hydrogramme et apports cumulés en Ptot de la Leyse en 2008 et 2009...	44
Figure 20 : Apports cumulés de Ptot et MES de la Leyse en 2007 à 2009.....	45
Figure 21 : Apports cumulés de Ptot du Sierroz en 2008 et 2009.....	47
Figure 22 : Positionnement des principales crues du Sierroz.....	48

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

Tableau 1 : Apports annuels de la Leyse et du Sierroz en 2009.	31
Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.	31
Tableau 3 : Ecart des apports de la Leyse et du Sierroz en 2007 et 2009	32
Tableau 4 : Apports au lac du canal de Savières.	32
Tableau 5 : Synthèse des apports connus au lac	34
Tableau 6 : Flux sortants par le canal de Savières.....	35
Tableau 7 : Bilan des nutriments dans le lac.....	36
Tableau 8 : Apports en temps de pluie de la Leyse.....	38
Tableau 9 : Différence entre 2008 et 2009 des apports totaux et de temps de pluie.	39
Tableau 10 : flux rejetés par les DO et by pass dans la Leyse en 2009 (mesure et estimations).....	40
Tableau 11 : Apports des principales crues de la Leyse.....	41

Tableau 12 : Volume et flux de Ptot enregistré aux DO et by pass lors des 5 crues majeures.....	43
Tableau 13 : Apports en temps de pluie du Sierroz.	46
Tableau 14 : Différence entre 2008 et 2009 des apports totaux et de temps de pluie..	47
Tableau 15 : Apports des principales crues du Sierroz.	48
Tableau 16 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie.	49

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 et du canal de Savières
- Annexe 2 : Les résultats du SEQ 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 6, passant de 120 à moins de 20 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 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 2009.

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 analysée :

Paramètres		Unités	Seuil de détection
Orthophosphates	PO ₄	mg/l de PO ₄	0,03
phosphore total	Ptot	mg/l de P	0,01
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.

2 SYNTHÈSE ET CONCLUSION 2009

Conditions météorologiques : température et pluviométrie

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

Evolution des moyennes annuelles des températures

		Moyenne interannuelle 1974 - 2009	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Cumul annuel	mm	1 258	889	1 027	888	1 004	1 238	1 214	929
Ecart / moyenne interannuelle calculée depuis 1974	%		-31	-20	-30	-20	-2	-3,5	-26

Evolution des cumuls annuels de pluviométrie

Avec une moyenne annuelle de 12,36°C, l'année 2009 est la deuxième année la plus chaude après 2003. Les plus forts excédents sont enregistrés sur la période d'avril (+24%) à septembre.

Avec 929 mm de **pluie** à Voglans et un **déficit** pluviométrique de **26%**, 2009 constitue une **année sèche** (classée 4^{ème} depuis 1974). A noter une forte **hétérogénéité** dans la saisonnalité des précipitations avec **40% de déficit sur la période de janvier à fin octobre**.

Hydrologie

- La Lysse

		Q _{MNA5}	Module	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,5	6,3	4,5	4,3	4,4	7,4	6	3,5
Q < module de l'année	jours			300	292	296	230	244	307
Q < Q _{MNA5} de l'année	jours			33	22	4	0	0	51

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles de la Lysse

Cette année est marquée par un **débit moyen nettement inférieur au module et aux années antérieures, 2003 compris (4 m³/s)**. Sur la chronologie 1980-2009, cette année est classée juste après 1989 (3,2 m³/s de QMA).

Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 307 jours** et **inférieurs au Q_{MNA5} durant 51 jours**. Ce qui constitue les durées de faibles débits les plus longues depuis 2004. La Lysse est restée en dessous du Q_{MNA5} au maximum 10 jours consécutifs (fin septembre – début octobre).

- Le Sierroz

		Q _{MNA5}	Module	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Moyenne annuelle	m ³ /s	0,2	2,4	1,5	1,3	1,7	2,2	2,4	1,5
Q < module de l'année	jours			310	314	292	266	241	301
Q < Q _{MNA5} de l'année	jours			40	44	9	0	0	82

Evolution des caractéristiques hydrologiques annuelles du Sierroz

Le débit moyen annuel est inférieur au module. En 1989 et 2003, années de sécheresse marquée, les QMA étaient respectivement de 1,2 et 1,3 m³/s.

Les débits instantanés sont **inférieurs au module durant 301 jours** et **inférieurs au Q_{MNA5} durant 82 jours** (durée multipliée par 2 par rapport aux précédentes années sèches). Les étiages ont été particulièrement sévères en période estivale. Le Sierroz est resté 23 jours consécutifs en dessous du Q_{MNA5} entre fin septembre et mi octobre.

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 classe verte du SEQ durant 189 jours sur les 222 jours de régime établi** soit 85% du temps. Les 15% de déclassements sont liés aux MES.
- **le Sierroz a été en classe verte du SEQ durant 161 jours sur les 189 jours de durée du régime établi** soit 85% du temps. Les 15% de déclassements sont liés aux MES et aux nitrates.

Les MES n'étant pas un des paramètres physicochimiques généraux de la DCE et les concentrations de nitrates ne dépassant jamais 50mg.l⁻¹, **la Leyse et le Sierroz sont conformes à la DCE sur toute la période de régime établi.**

Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume

		Leyse (296 Km ²)						Sierroz (133 Km ²)					
		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Débit moyen	m ³ /s	4,51	4,26	4,43	7,34	5,98	3,53	1,51	1,34	1,68	2,22	2,37	1,53
Ptot	mg/l	0,2	0,1	0,09	0,08	0,029	0,06	0,27	0,17	0,14	0,1	0,11	0,09
PO ₄	mg/l(P)	0,025	0,028	0,015	0,014	0,01	0,009	0,03	0,028	0,029	0,02	0,015	0,017
NO ₃	mg/l(N)	1,47	1,24	1,15	1,01	0,93	1,12	2,46	2,07	2,15	1,85	1,49	1,88
NKT	mg/l	1,12	0,55	0,81	0,79	0,68	0,74	1,37	0,86	1,08	0,92	1,28	0,8
NH ₄	mg/l(N)	0,025	0,03	0,08	0,03	0,027	0,043	0,05	0,038	0,027	0,023	0,027	0,043
COD	mg/l	1,85	1,67	1,81	1,82	1,78	1,77	2,25	2,14	2,09	2,06	2,09	1,96
COT	mg/l	2,77	2,65	2,7	2,43	2,23	2,43	3,21	3,31	3,2	2,67	3	2,63
MES	mg/l	558	127	175	373	253	209	384	115	218	192	986	148

Les concentrations moyennes pondérées par le volume calculées sur l'année 2009 appellent les remarques suivantes :

- pour tous les paramètres suivis sauf les MES, le Sierroz présente des valeurs plus élevées que la Leysse,
- la totalité des substances mesurées dans la **Leysse** sont en hausse ou équivalentes par rapport à 2008. Après l'importante baisse de 2008, la concentration en **Ptot** est en hausse de 107%. La tendance reste toutefois en forte baisse depuis 2004.
- Après des valeurs records liées aux crues torrentielles de la Meunaz en 2008, la concentration en **MES du Sierroz** est en diminution de **566%** et se situe à nouveau à des niveaux équivalents aux années antérieures.

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

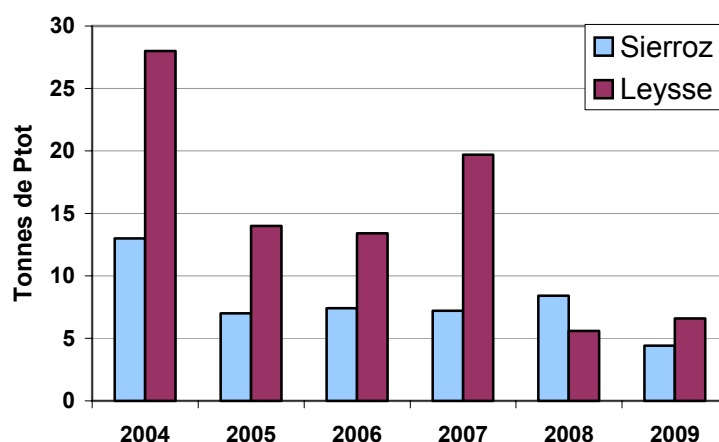
	1974	1983	1995-96	2004	2005	2006		2007		2008		2009	
	L+S	L+S	L+S	L+S	L+S	L+S	DO	L+S	DO	L+S	DO	L+S	DO
Volume (Mm ³)					176	193		304		266		159	
Ptot	300	150	94	41 + ?	21 + ?	21	4	27	5,8	14	4,2	11	2,7
PO ₄	140		18	5,11	3,5	3,6		4,6		3		1,8	
NO ₃	1.500	580	450	327	252	275		367		290		214	
NO ₃ + NKT				552	361	446		617		516		334	

Les apports en **Ptot** au lac s'élèvent à **13,7 tonnes**, en baisse par rapport à 2008 et aux années antérieures.

Ce résultat vient 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 à nouveau supérieurs à ceux du Sierroz.

Alors que les apports de la Leysse sont en légère augmentation (6,6 tonnes en 2009 contre 5,6 tonnes en 2008), ceux du Sierroz sont divisés par deux (8,4 tonnes en 2008 contre 4,4 tonnes en 2009).

La baisse des apports en Ptot par le Sierroz entre 2008 et 2009 (4 tonnes), non compensée par la hausse enregistrée sur la Leysse (1 tonne) est à l'origine de la diminution de 3 tonnes des apports totaux au lac.

Le temps de pluie et les crues : un rôle crucial

Globalement, le temps de pluie est responsable de 55 à 91% des apports en nutriments au lac. Le bruit de fond représente moins de 10% des flux de phosphore total rejetés au lac.

- La Leysse

La hausse de 1 tonne des apports en Ptot de la Leysse enregistrée entre 2008 et 2009, s'explique par les apports de temps de pluie.

En ne tenant compte que des apports liés aux principales crues, on remarque que :

- les 10 principales crues intervenues en 2009 expliquent l'intégralité de la tonne d'augmentation du flux de Ptot,
- les apports générés par les 5 crues ayant le plus mobilisé de Ptot entre 2008 et 2009 sont en hausse de 2 tonnes.

Si l'on regarde la répartition des apports de Ptot sur l'année, on constate que jusqu'à la fin octobre les apports sont en déficit de 58% par rapport à 2008. Les mois de novembre et décembre représente 70% des apports de la Leysse et les deux crues de fin décembre génèrent à elles seules 3,6 tonnes de Ptot soit 54% des apports totaux de la Leysse.

- 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 **0,9 tonnes de Ptot** soit 15% des apports de temps de pluie de la Leysse. A cela il faut ajouter les flux rejetés par les DO5 et 6 soit **0,35 tonnes** de Ptot environ.

Même si la contribution des rejets directs dans les apports de la Leysse est en baisse, il n'en reste pas moins qu'ils constituent une source importante de nutriments et de pollution. En effet, lors d'évènements pluvieux intenses les flux rejetés par le DO2 et le by pass représentent jusqu'à 47% (et même 56% en 2008) des apports en Ptot de la crue de la Leysse.

L'autosurveillance des rejets directs en terme de débit et de qualité pour le DO2 et le by pass révèle quelques points singuliers :

- la qualité des rejets du DO2 est stable entre 2008 et 2009, la baisse de 44% volume déversé s'est traduite par une diminution de 36% des flux de Ptot ;
- malgré une baisse de 40% des volumes déversés, les flux de Ptot et PO₄ sont équivalents et ceux de NO₃ en augmentation de 100%. La qualité du rejet s'est donc fortement dégradée sur ces paramètres.

- Le Sierroz

La diminution des apports en Ptot et MES du Sierroz est intégralement liée au régime de temps de pluie. Cette forte baisse entre 2008 et 2009 se justifie par

l'occurrence en 2008 de crues torrentielles sur la Meunaz. Si l'on compare avec 2007, la baisse est proportionnelle au volume transité.

- 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 2,7 en 2009 à 6 tonnes en 2007. Pour l'année 2008, ces rejets représentent 19% des apports totaux en Ptot au lac.

La mise en place, dans les prochaines années, 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 bruit de fond génère 10% des apports totaux de Ptot au lac et le temps de pluie les 90% restant. Sur les 12,7 tonnes d'apports de temps de pluie (L+S+DO), 4 tonnes proviennent des rejets des déversoirs d'orage et by pass soit 31% (36% en 2008). **Les rejets des déversoirs et by pass représentent donc 29% des apports totaux de Ptot au lac. La contribution reste stable entre 2008 (31%) et 2009.**

Perspectives

L'année 2009 a marqué le lancement d'une thèse sur les flux de phosphore en temps de pluie dont les objectifs sont de :

- préciser les origines préférentielles du phosphore dans le bassin versant,
- distinguer l'impact du mode d'occupation des sols sur les flux (agricole et urbain),
- confirmer le rôle des rejets de temps de pluie (déversoirs d'orage, by pass).

Pour ce dernier point, l'autosurveillance des UDEP et déversoirs d'orage permet déjà d'approcher les flux rejetés au milieu naturel. Toutefois, afin de mieux connaître qualitativement ces rejets et donc mesurer plus précisément les quantités de nutriments déversés, il faudra équiper ces ouvrages de préleveurs automatiques.

Le changement de laboratoire réalisé en début d'année 2010 (Université de Savoie) va permettre de mieux détailler les crues car les volumes demandés pour les analyses sont plus faibles.

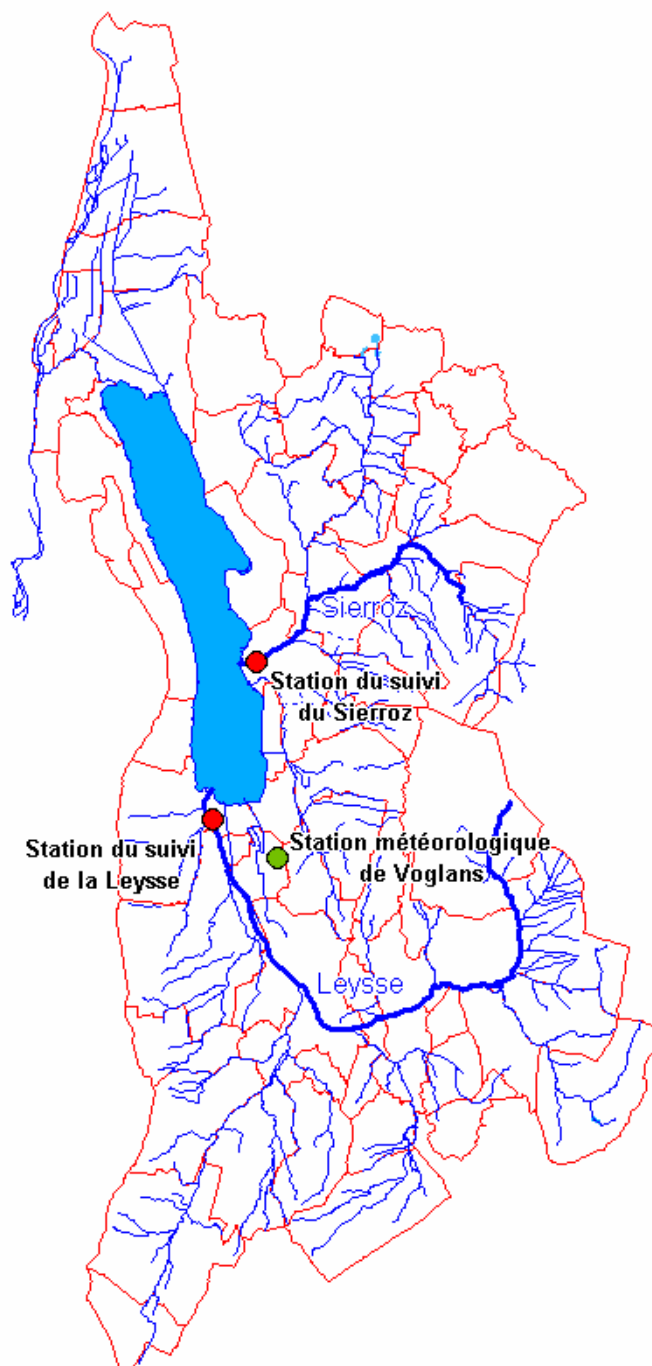
L'année 2010 doit voir également le lancement d'un nouveau plan d'action sur le bassin versant du lac du Bourget. Dans ce cadre, le suivi du Tillet qui représente 5% du volume transité au lac et entre 4 et 20% des apports en Ptot devra être intégré au suivi des affluents du lac.

3 METEOROLOGIE ET HYDROLOGIE DE L'ANNEE 2009

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 2009 a été une année plus chaude que les précédentes (12,36°C contre 11,3°C pour la période 1974-2009). Elle se classe juste derrière 2003 (12,5°C).

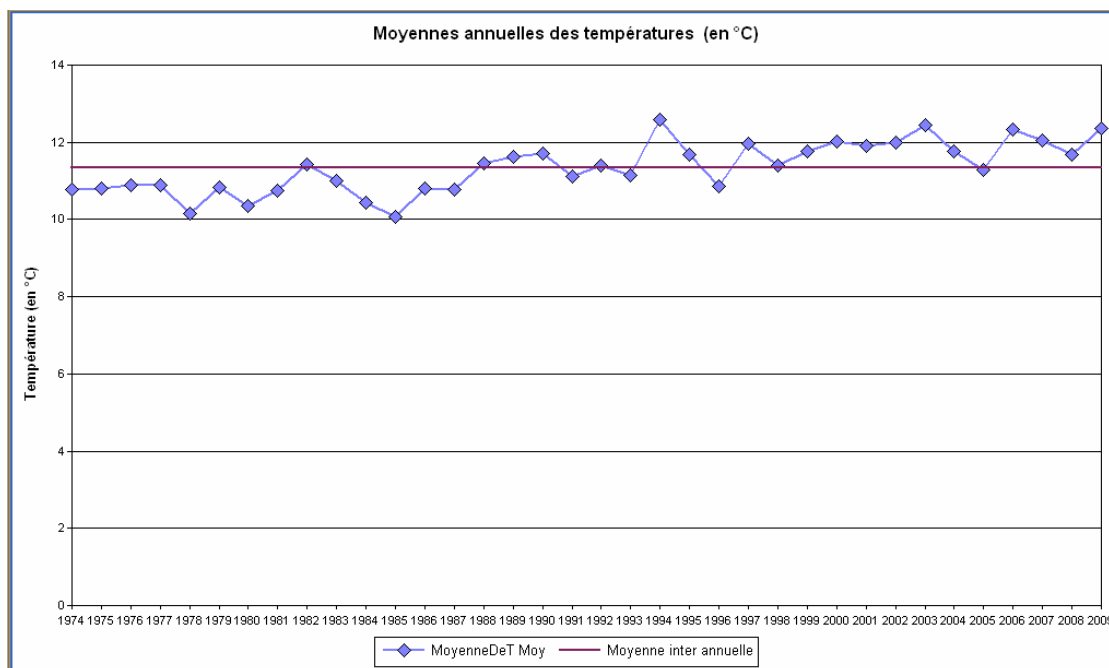


Figure 1 : Evolution de la moyenne annuelle des températures entre de 1974 et 2009

L'excédent de chaleur a été notamment du aux mois d'avril à septembre. La moyenne annuelle est toutefois limitée par les mois de janvier et février plus froid et les mois d'octobre et mars conformes aux moyennes interannuelles 1974-2009. En définitive, les températures de l'année 2009 ont été majoritairement supérieures à la moyenne avec un maximum pour avril de +24%.

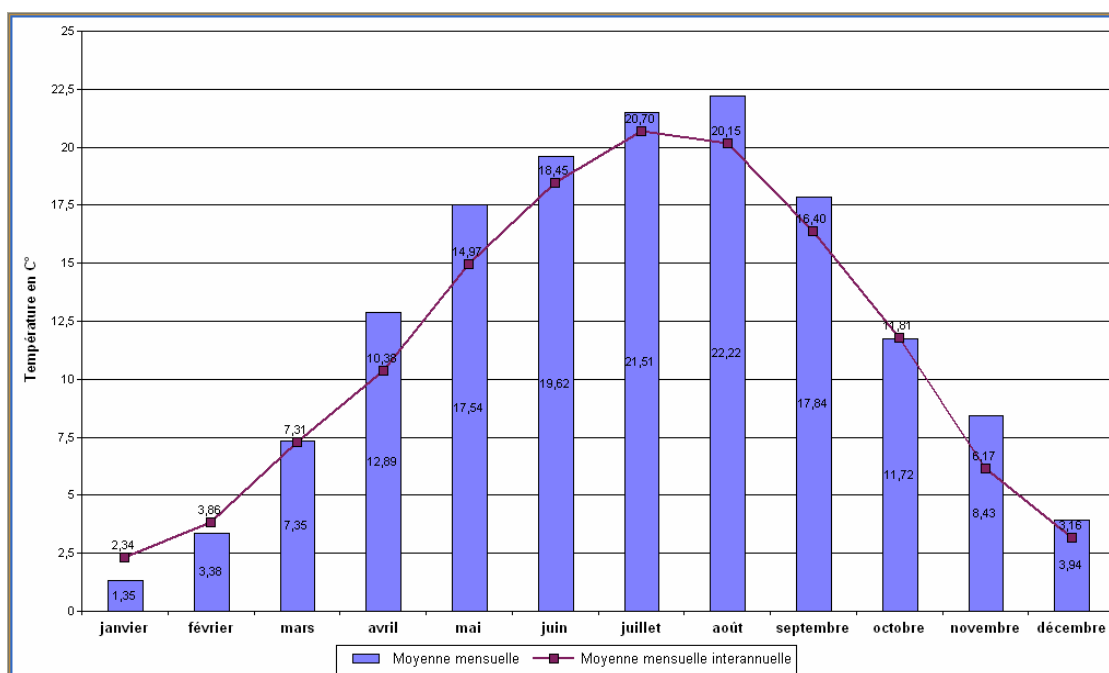


Figure 2 : Evolution de la moyenne mensuelle des températures entre 1974 et 2009

3.1.2 Précipitations

Avec un cumul de **928,8 mm**, l'année 2009 présente un fort **déficit d'environ 26%** par rapport à une année normale (1.249 mm). L'année 2009 est la 4^{ème} année la plus sèche depuis 1974.

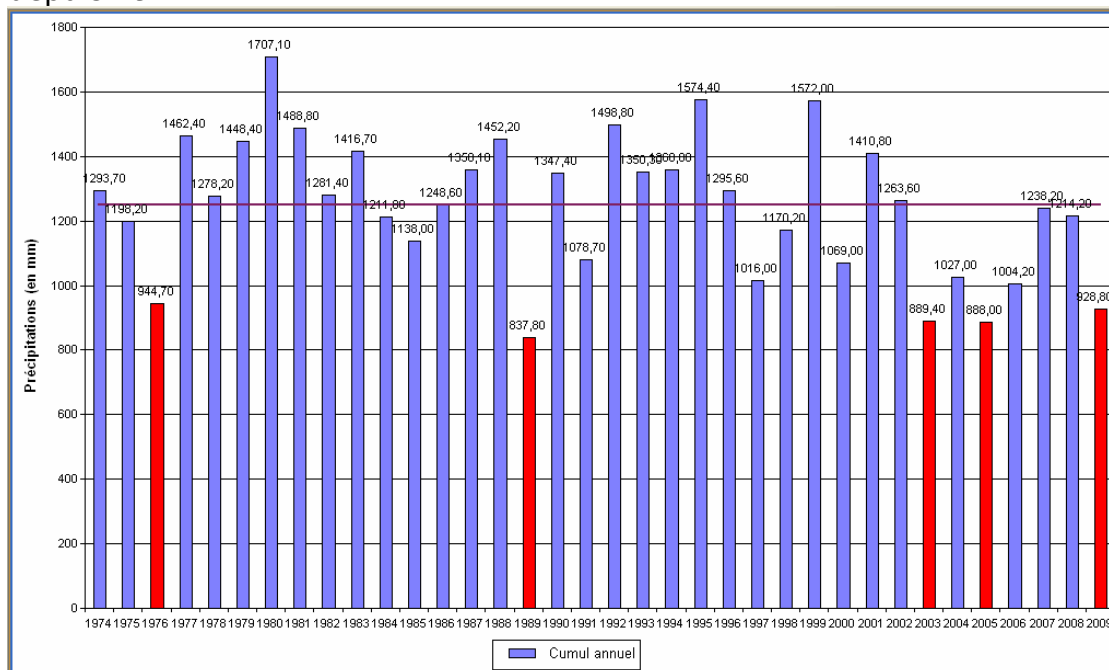


Figure 3 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1974 et 2009

Ce fort déficit pluviométrique annuel se caractérise par une forte variabilité mensuelle :

- le déficit pluviométrique atteint 40% fin octobre (tous les mois précédents sont déficitaires) ;
- **le mois de septembre enregistre une pluviométrie déficitaire record de 81%.**
- Les mois de **novembre** et décembre sont excédentaires respectivement de **62** et **17%**.

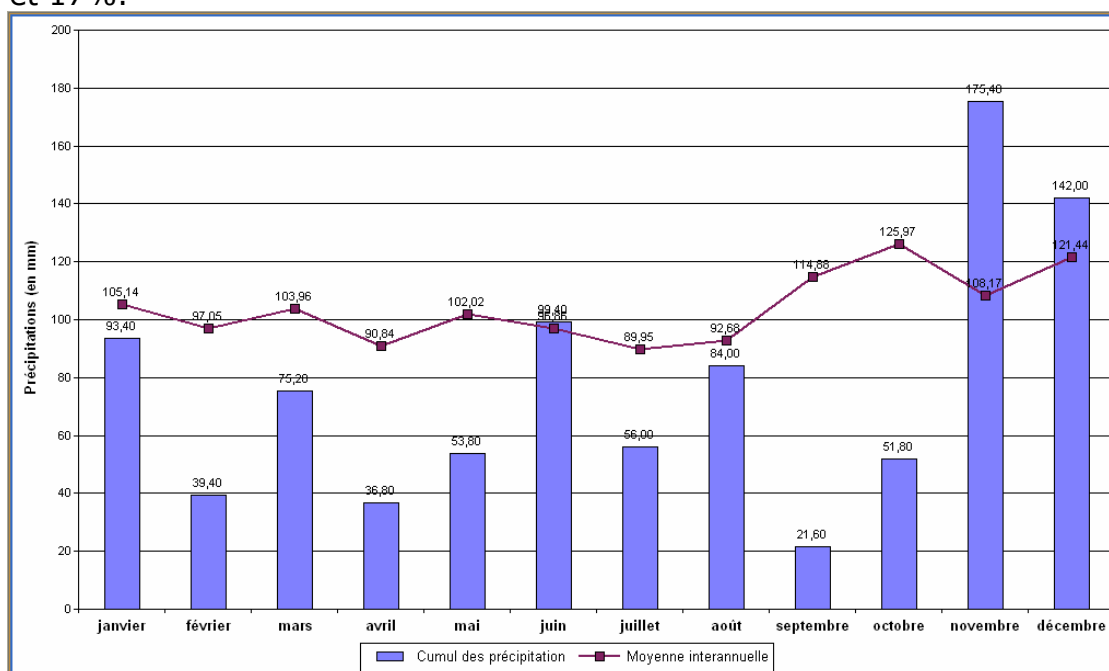
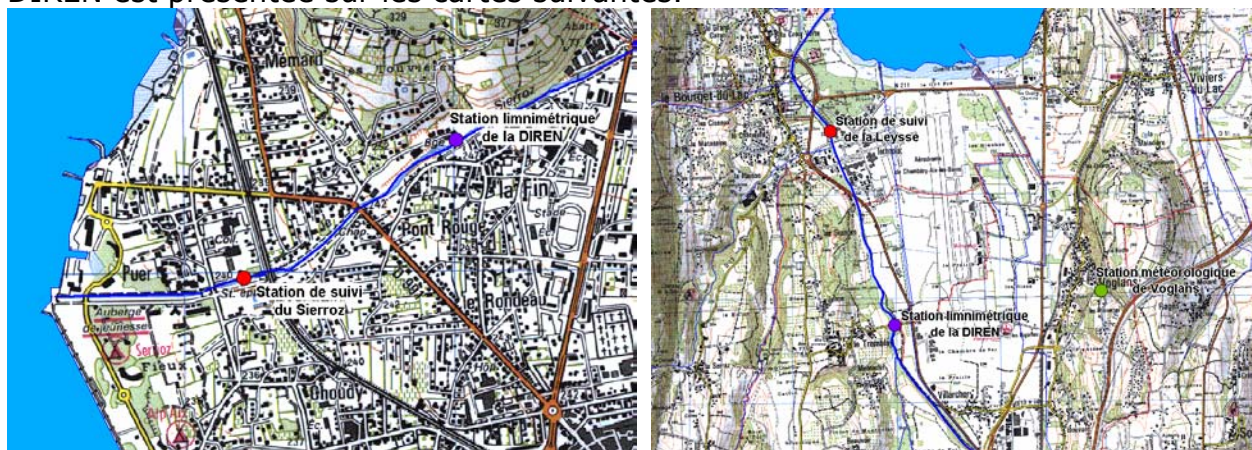


Figure 4 : Evolution de la moyenne mensuelle des précipitations entre 1974 et 2009

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	6,28	2,43
Q_{mna5}	m ³ /s	0,54	0,20

(source DIREN)

3.2.1 Hydrologie de la Leysse en 2009

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi donne un aperçu clair de l'hydrologie de la Leysse durant cette année 2009. Ce graphique appelle plusieurs constats :

- La plus forte crue s'est produite en janvier ($65,4 \text{ m}^3/\text{s}$), soit 40% en dessous de la crue biennale ($110 \text{ m}^3/\text{s}$).
- Le volume transité en 2009 est de **110 Mm³** pour un débit moyen de $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$;
- le débit a été **inférieur au module durant 307 jours soit 84%** du temps (contre 230 à 300 jours entre 2004 et 2008) et **inférieur au Qmna5 pendant 51 jours soit 14%** du temps (contre 0 à 33 jours entre 2004 et 2006).

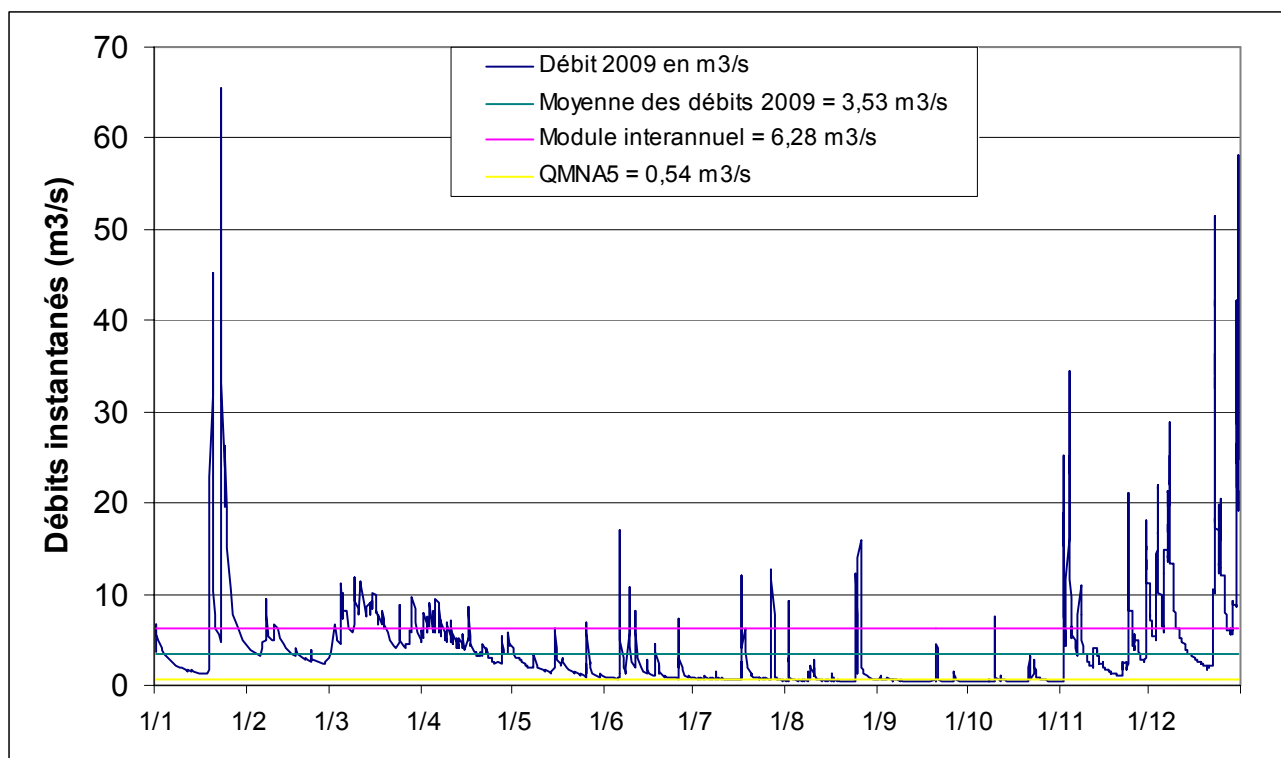


Figure 5 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2009 (source DIREN)

3.2.2 Hydrologie du Sierroz en 2009

Les remarques suivantes peuvent être formulées sur l'hydrologie du Sierroz en 2009 :

- La plus forte crue s'est également produite en janvier ($25,3 \text{ m}^3/\text{s}$) soit 52% en dessous de la crue biennale ;
- Le volume transité en 2009 est de **49 Mm³** pour un débit moyen de $1,53 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Le débit a été **inférieur au module durant 301 jours soit 83%** du temps (contre 341 à 310 jours entre 2004 et 2008) et **inférieur au Qmna5 pendant 82 jours soit 22,5%** du temps (contre 0 à 44 jours entre 2004 et 2008).

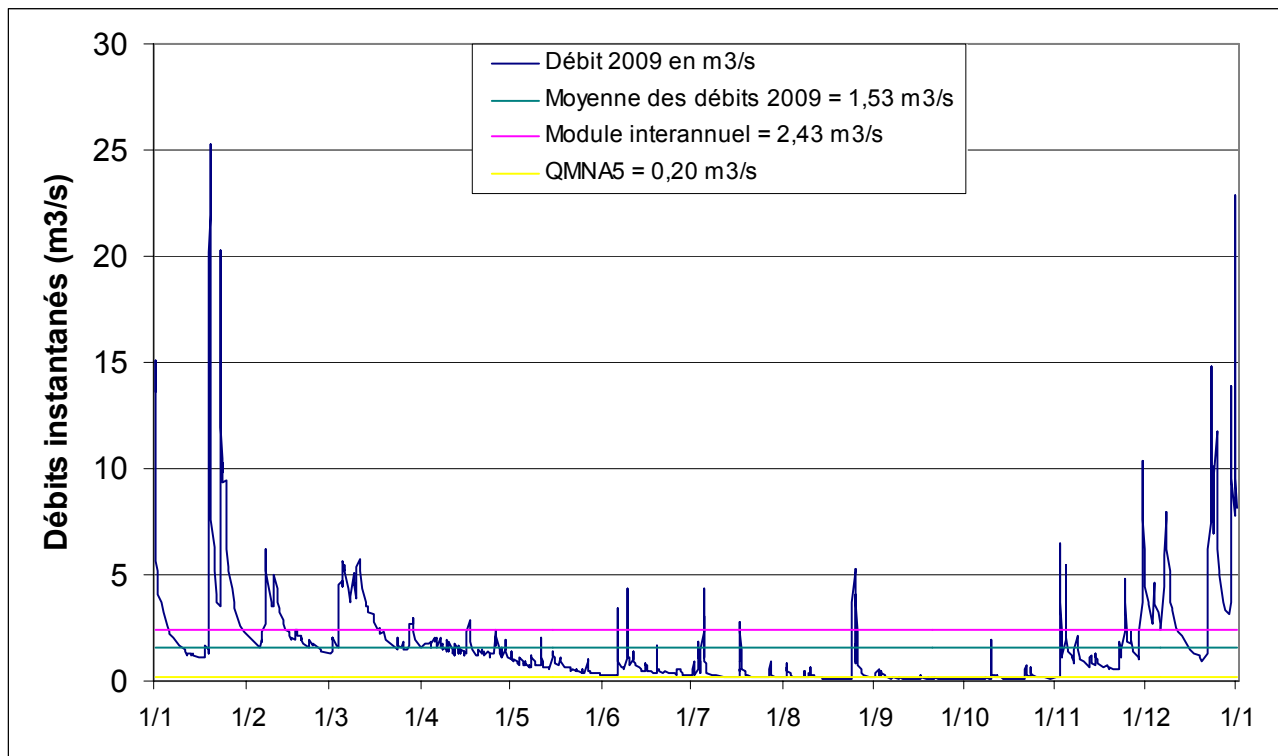
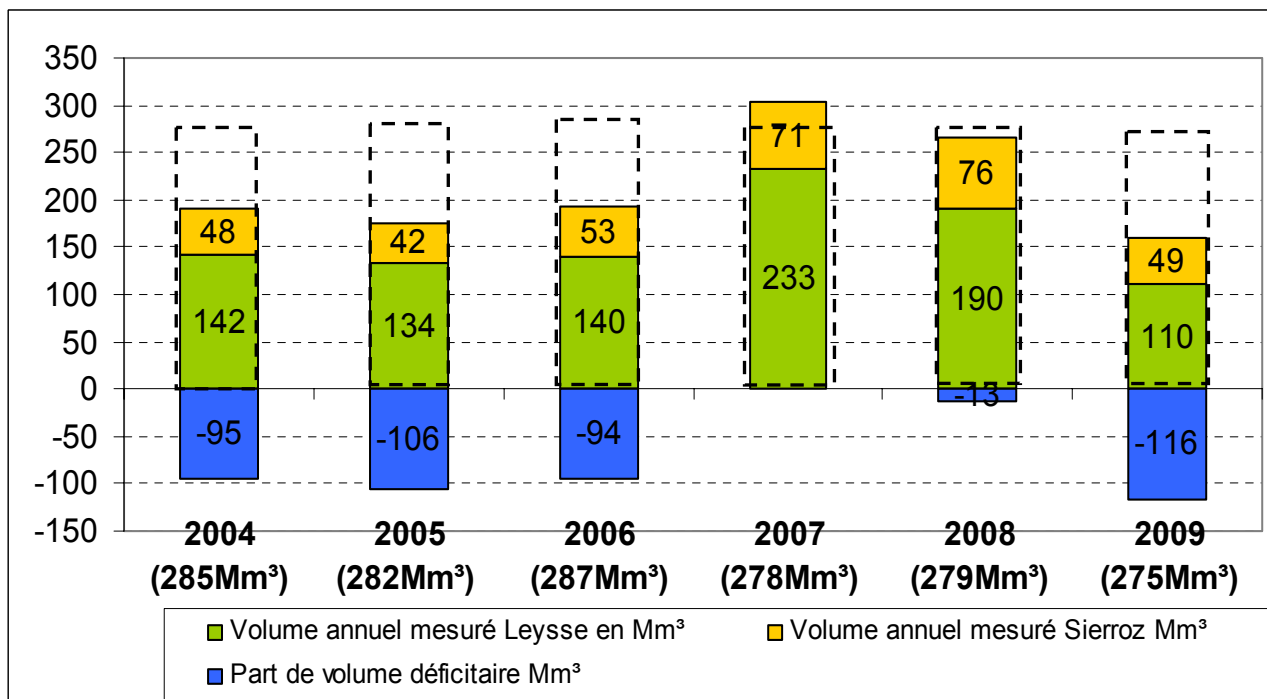


Figure 6 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2009 (source DIREN)

3.2.3 Bilan hydrologique

Le volume moyen mesuré sur la Leyse et le Sierroz en 2009, est à nouveau déficitaire : **159 Mm³** mesurés pour 275 Mm³ théoriques (apport moyen théorique des deux bassins versants, calculé avec les modules des deux rivières).



Le bilan négatif de l'année 2009 (**-116 Mm³ soit 42%**) résulte du déficit couplé de la Leyse et du Sierroz. En effet, la Leyse a apporté 110 Mm³ contre environ 198 Mm³ théoriques soit un apport en baisse de 44%. Le Sierroz avec 49 Mm³ produits contre 77 Mm³ théoriques enregistre également une baisse de 36% environ.

2009 est l'année la plus déficitaire depuis le début du suivi des tributaires du lac.

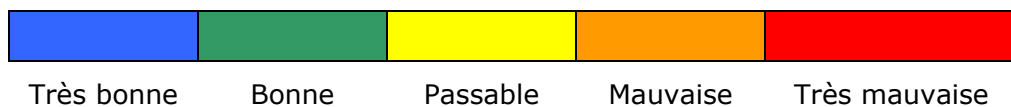
4 LA QUALITE DES COURS D'EAU

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) vise l'atteinte du **bon état** écologique des cours d'eau à l'horizon 2015. Ce qui signifie :

- un bon état **chimique** évalué au travers de normes de qualité environnementales pour 41 substances prioritaires.
- une bonne qualité **écologique** qui comprend les paramètres physico-chimiques généraux soutenant la biologie et les indices biologiques (IBGN, Indice poisson,...).
- une bonne qualité **physique** du cours d'eau.

Un des objectifs du suivi en semi-continu est de mesurer les paramètres **physicochimiques généraux** à un pas de temps quasi-quotidien.

La grille de notation des résultats est composée des 5 classes de qualité suivantes :



Il est utile de préciser que tous les prélèvements effectués par les stations de suivi ont été soumis à la grille de notation, et ce, quel que soit le régime hydrologique (étiage, crue, régime établi ou non). **Dans cette partie l'exercice d'évaluation de la qualité sera limité aux prélèvements réalisés en régime établi (critère du SEQ).**

L'objet du présent chapitre est de constater le classement des analyses 2009 sur la grille de notation précédente.

Remarque :

Pour permettre la compréhension des graphiques présentés dans les chapitres qui suivent, il est précisé que :

- *les couleurs correspondent aux classes de qualité du SEQ Eau dans sa version 2 ;*
- *on parle de déclassement dès lors que la notation est jaune, orange ou rouge ;*
- *les MES ne font pas partie des paramètres physicochimiques généraux ;*
- *la limite de bonne qualité pour les nitrates est de 50 mg/l pour la DCE ;*
- *chaque barre du graphique correspond à une analyse : ainsi, les traits grossis indiquent une juxtaposition de résultats identiques.*

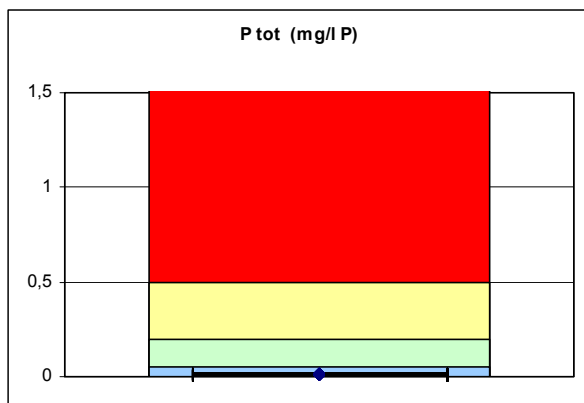
4.1 La Leysse

Au cours de l'année 2009, ce sont **83 analyses** qui ont été effectuées sur la Leysse dont **34 en régime hydrologique établi**.

4.1.1 Répartition des résultats par classe de qualité

4.1.1.1 Le phosphore (ortho P, Ptot)

La figure suivante présente la distribution des concentrations mesurées en phosphore total (Ptot) et orthophosphates (PO₄) sur les échantillons de l'année 2009.

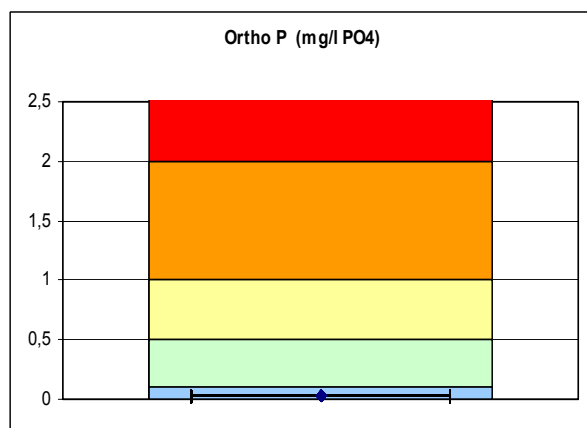


En période de **régime hydrologique établi**, les concentrations en Ptot présentent **peu de variabilité**.

Concentration moyenne pondérée :

0,012 mg.l⁻¹

Les concentrations en **Ptot** sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.



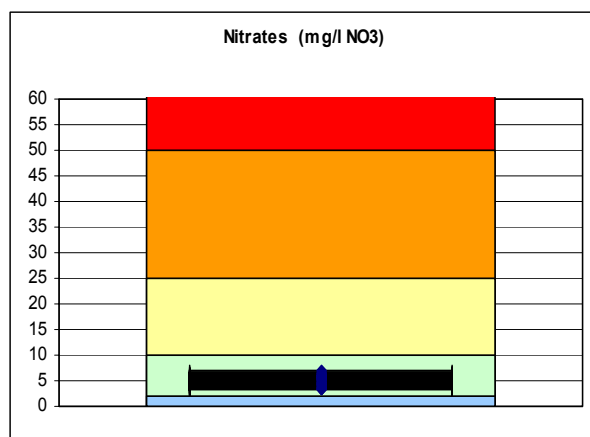
Les concentrations en PO₄ ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,0098 mgP.l⁻¹

Figure 7 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans la Leysse en 2009

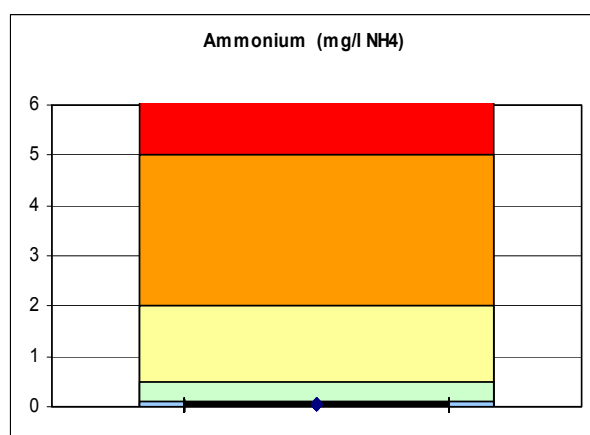
4.1.1.2 L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl)



Les concentrations en **NO₃** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

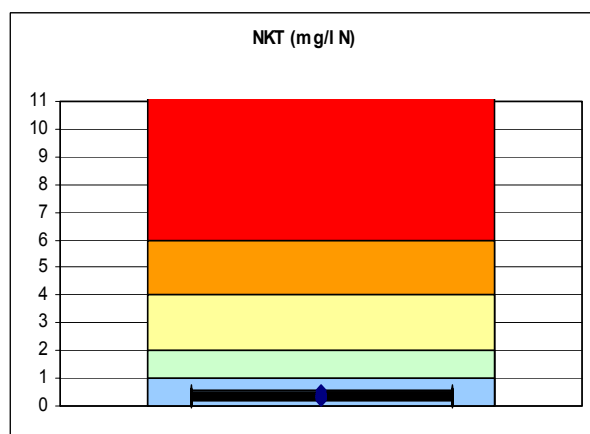
1,08 mgN.l⁻¹



Les concentrations en **NH₄** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,028.mgN.l⁻¹



Les concentrations en **NKT** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,34.mg.l⁻¹

Figure 8: Classement SEQ des concentrations en azote dans la Leyse en 2009

4.1.1.3 Les MEST (matières en suspension totales)

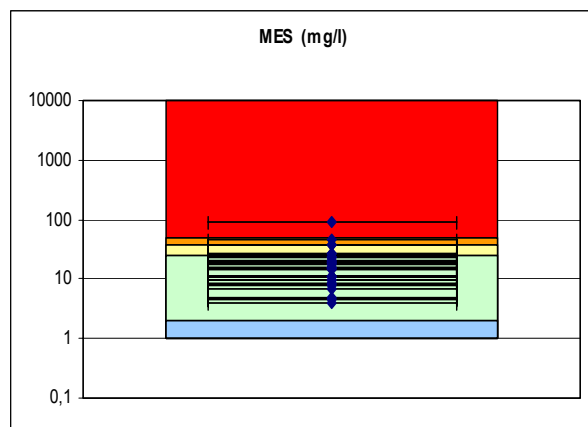


Figure 9: Classement SEQ des concentrations en MEST dans la Leysse en 2009

Les concentrations en **MES** présentent **6 déclassements** :

- 3 déclassements correspondent au ressuyage des crues du 19 juin (46mg/l), 28 juillet (91 mg/l) et 23 octobre (37 mg/l).
- les trois autres correspondent à de faibles pluies intervenant en étiage. Le ruissellement est déclassant mais n'occasionne pas de variation de débit.

Concentration moyenne pondérée :

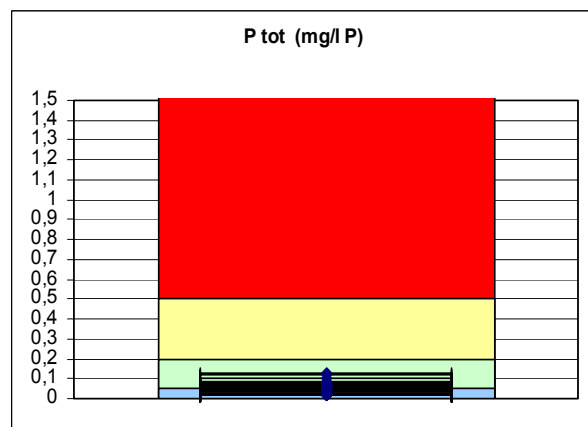
14,1 mg.l⁻¹

4.2 Le Sierroz

Au cours de l'année 2009, ce sont **81 analyses** qui ont été effectuées sur le Sierroz dont **31 en régime hydrologique établi**.

4.2.1 Répartition des résultats par classe de qualité.

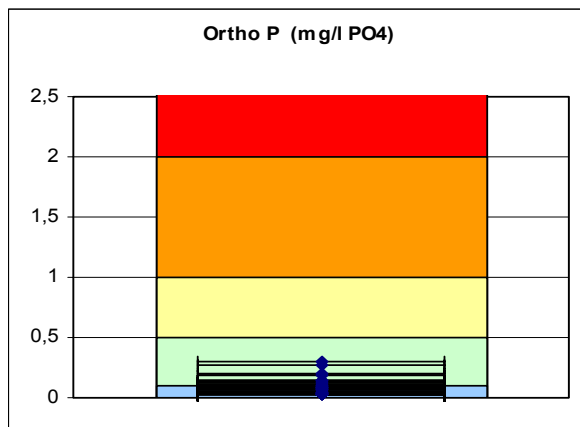
4.2.1.1 Le phosphore (ortho P, Ptot)



Les concentrations en **Ptot** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,028 mg.l⁻¹



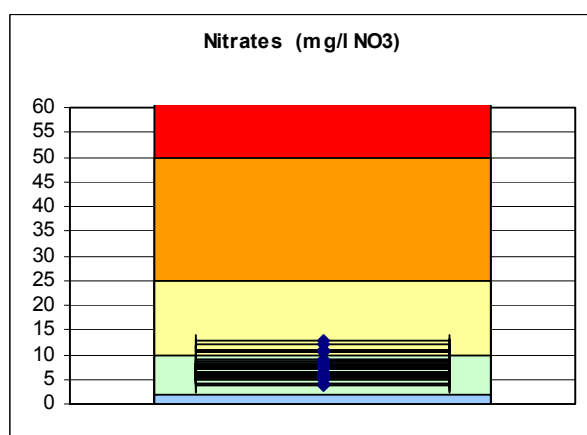
Les concentrations en **PO₄** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,014 mgP.l⁻¹

Figure 10 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans Le Sierroz en 2009

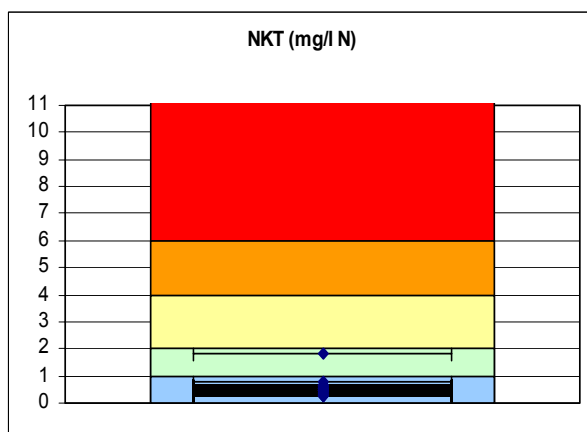
4.2.1.2 L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl)



Les concentrations en **NO₃** présentent **5 déclassements en jaune** mais restent toutefois **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**. Tous les déclassements sont liés à des périodes de ressuyages suite à des pluies plus ou moins importantes.

Concentration moyenne pondérée :

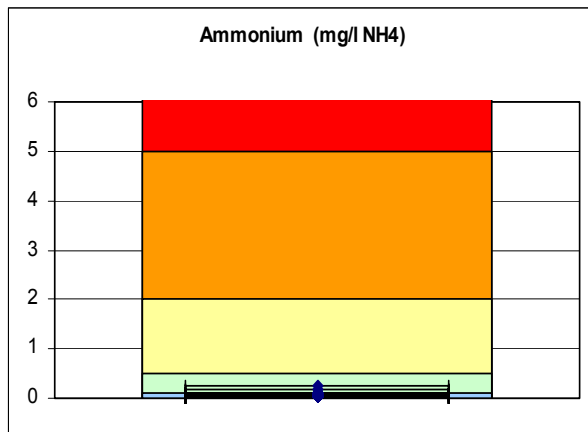
1,66 mgN.l⁻¹



Les concentrations en **NKT** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,52 mg.l⁻¹



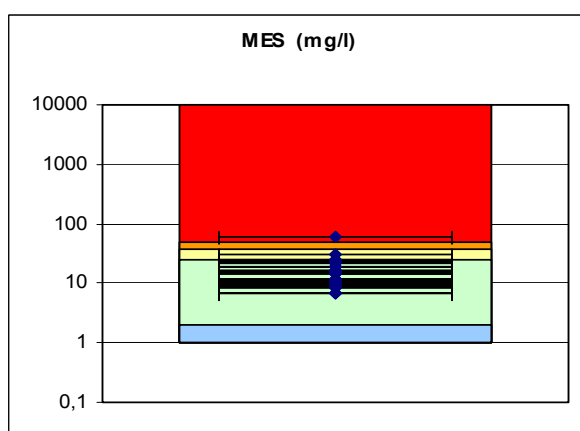
Les concentrations en **NH₄** ne présentent **aucun déclassement** et sont **conformes** aux objectifs de la DCE pour **100% du temps**.

Concentration moyenne pondérée :

0,039 mgN.l⁻¹

Figure 11: Classement SEQ des concentrations en azote dans le Sierroz en 2009

4.2.1.3 Les MEST (matières en suspension totales)



Les concentrations en MEST présentent **2 déclassés** dont un en rouge (61 mg/l mesuré durant le ressuyage de la crue de fin octobre).

Concentration moyenne pondérée :

14,3 mg.l⁻¹

Figure 12 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans le Sierroz en 2009

4.3 Conclusions et perspectives

Les paramètres azotés et phosphorés n'engendrent aucun déclassement en régime stabilisé. Les concentrations pondérées restent stables entre 2007 et 2009.

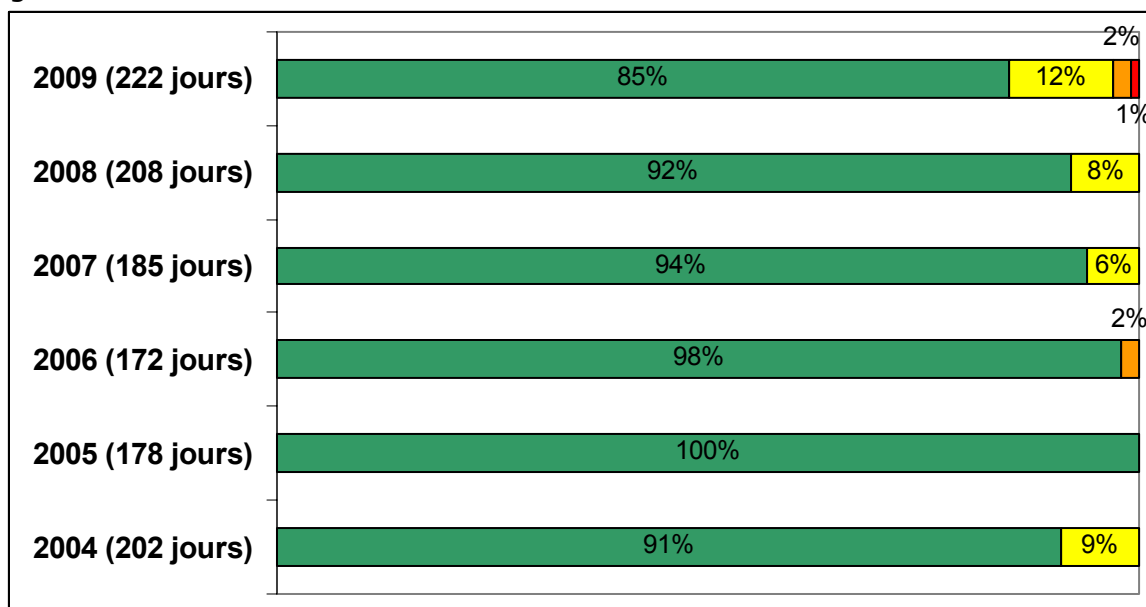
Les seuls déclassés observés sont liés aux paramètres « matières en suspension » et « nitrates » et tous sont consécutifs à des pluies plus ou moins fortes.

Les paramètres physico-chimiques généraux sont conformes aux normes de qualité environnementales définissant le bon état écologique des cours d'eau.

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

5.1 La Leysse :

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



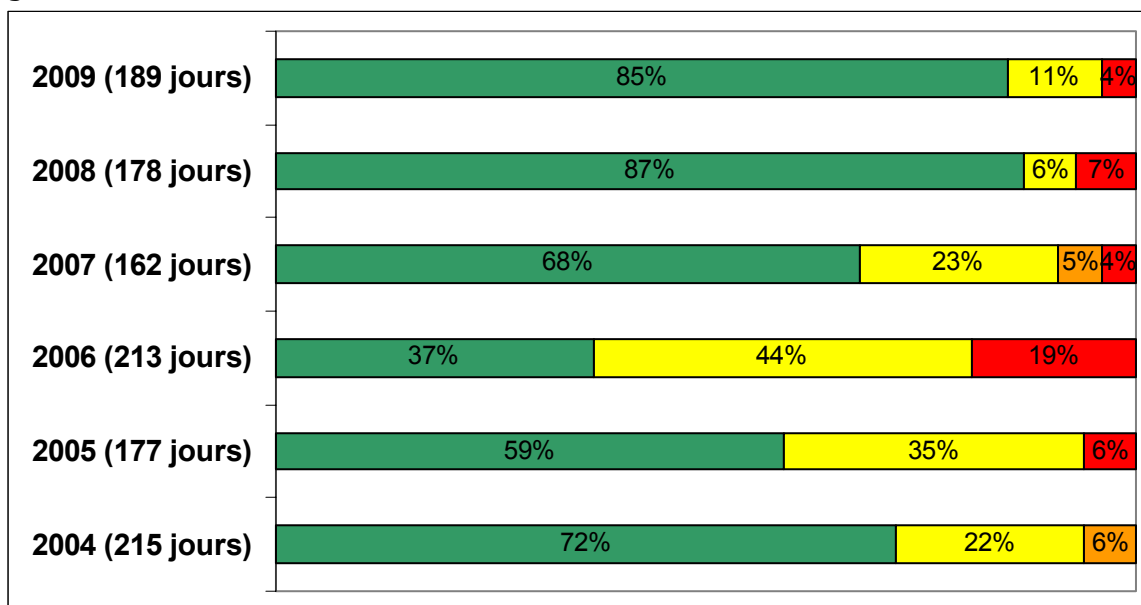
On notera qu'en 2009 :

- Au cours des 85% du temps durant lequel la Leysse est en classe verte, le **paramètre limitant est à 28% les nitrates et 72% les MES.**
- les **15% du temps pendant lequel la Leysse est déclassée** correspondent à des déclassements liés aux MES.
- Les MES n'étant pas prises en compte pour l'évaluation du bon état la **Leysse** est donc **conforme** à la DCE **100%** du temps en régime établi ;

En 2009, les MES sont l'unique paramètre déclassant sur la Leysse et toujours consécutivement à une pluie.

5.2 Le Sierroz :

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



On remarque que :

- Au cours des **85% du temps** durant lequel le Sierroz est en classe verte, le **paramètre limitant est à 61% les nitrates, 34% les MES et 5% les matières azotées.**
- Au cours **des 11% du temps** pendant lequel le Sierroz est déclassé en **jaune**, le paramètre déclassant est à **90% les nitrates et à 10% les MES.**
- Les concentrations en **MES sont responsables de 4% du temps de déclassement en rouge** du Sierroz.
- Les MES n'étant pas pris en compte dans l'évaluation du bon état et les concentrations en nitrates, même déclassantes restant en dessous des 50 mg/l, le **Sierroz est conforme** à la DCE **100%** du temps en régime établi.

Contrairement à l'année 2008, les nitrates sont à nouveau déclassants mais ceux-ci sont majoritairement consécutifs à un épisode de pluie.

5.3 Le Canal de Savières :

L'interprétation suivante porte sur les **26 prélèvements ponctuels** réalisés au cours de l'année 2009 et sur la chronique des débits horaires, fournie par la CNR.

Le canal de Savières étant l'exutoire du lac du Bourget, la notion de régime hydrologique stabilisé n'intervient pas, par contre une distinction peut être faite entre le mode de **fonctionnement classique d'exutoire du lac (Rhône < Lac)** et les périodes pendant lesquelles le débit s'inverse et où le **Rhône devient un affluent du lac (Rhône > Lac)**.

Au cours de l'année 2009, comme l'indique le graphique ci-dessous, le régime hydrologique du Canal de Savières s'est réparti ainsi :

- **265 jours** en fonctionnement **Lac > Rhône** pour un volume de **249,2 Mm³** transités.
- **100 jours** en fonctionnement **Rhône > Lac** pour un volume de **6,7 Mm³** transités.

Le graphique suivant permet de visualiser les prélèvements sur l'hydrogramme et de les situer par rapport aux deux régimes hydrologiques du canal de Savières.

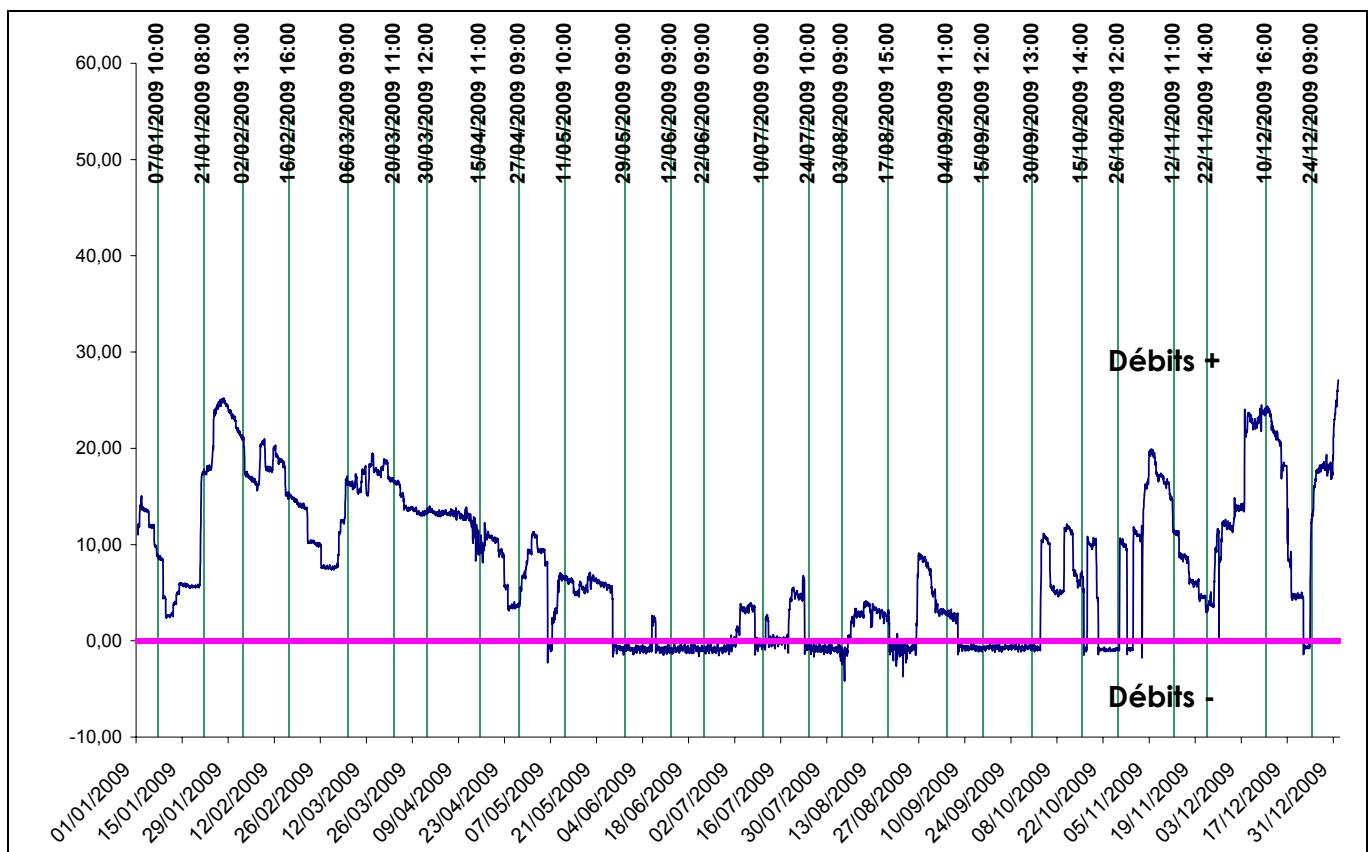


Figure 13 : Positionnement des prélèvements ponctuels sur l'hydrogramme du canal de Savières

Chaque prélèvement est matérialisé par un trait vertical dont la couleur est représentative de la classe de couleur SEQ.

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

2008

(366 jours, 27 prélèvements)



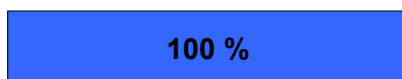
2008 Rhône < Lac

(340 jours, 25 prélèvements)



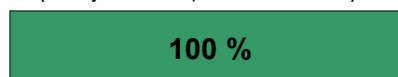
2008 Rhône > Lac

(26 jours, 2 prélèvements)



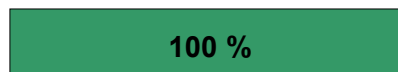
2009

(366 jours, 26 prélèvements)



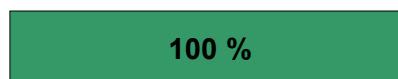
2009 Rhône < Lac

(266 jours, 18 prélèvements)



2009 Rhône > Lac

(100 jours, 8 prélèvements)



On remarque qu'**aucun déclassement** n'a été mesuré sur le canal de Savières au cours de l'année 2009. Les MES et dans une moindre mesure les nitrates sont les paramètres limitants.

5.4 Ce qu'il faut retenir

La Leyse est restée en classe verte du SEQ V2 durant 85% du régime établi. Les 15% de déclassements sont liés aux paramètre MES.

Le Sierroz présente des déclassements liés aux nitrates et aux MES durant respectivement 10% et 8% du régime établi.

Les déclassements sont pour une part influencés par des ressuyages de crues et pour une autre part liés à un régime hydrologique très sévère favorisant la concentration en nutriment dans les eaux.

En 2009, les tributaires du lac suivis ont été conformes à la DCE pour les paramètres physicochimiques généraux.

6 EVOLUTION DES CONCENTRATIONS TOUTS REGIMES CONFONDUS

6.1 Par paramètre

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

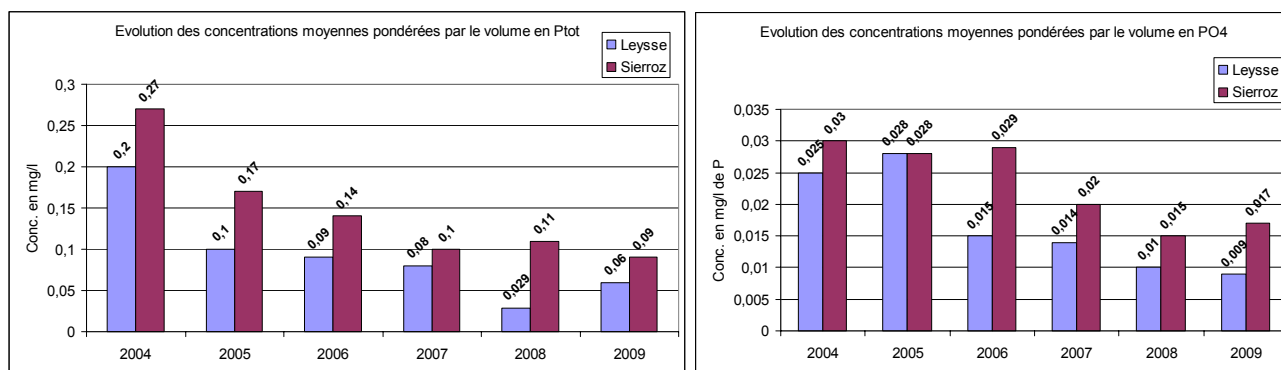


Figure 14 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en Ptot et PO₄

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

En 2009, **les concentrations en Ptot sont en baisse sur le Sierroz et en hausse sur la Laysse.** L'année 2008 avait été marquée par une réduction de 64% de la concentration en Ptot dans la Laysse principalement liée au temps de pluie. Cette année cela se traduit par une **augmentation de 107%** de la concentration moyenne pondérée de Ptot par rapport à 2008. Cette hausse est à relativiser eu égard à la diminution de 25% constatée entre 2007 et 2009. Les concentrations en Ptot sont divisées par 7 sur la Laysse et par 3 sur le Sierroz entre 2004 et 2009.

Excepté de légères augmentations constatées en 2006 et 2009 sur le Sierroz et en 2005 sur la Laysse, **les concentrations en PO₄ sont en baisse depuis le début du suivi : division par 3 des concentrations sur la Laysse et par 2 sur le Sierroz.**

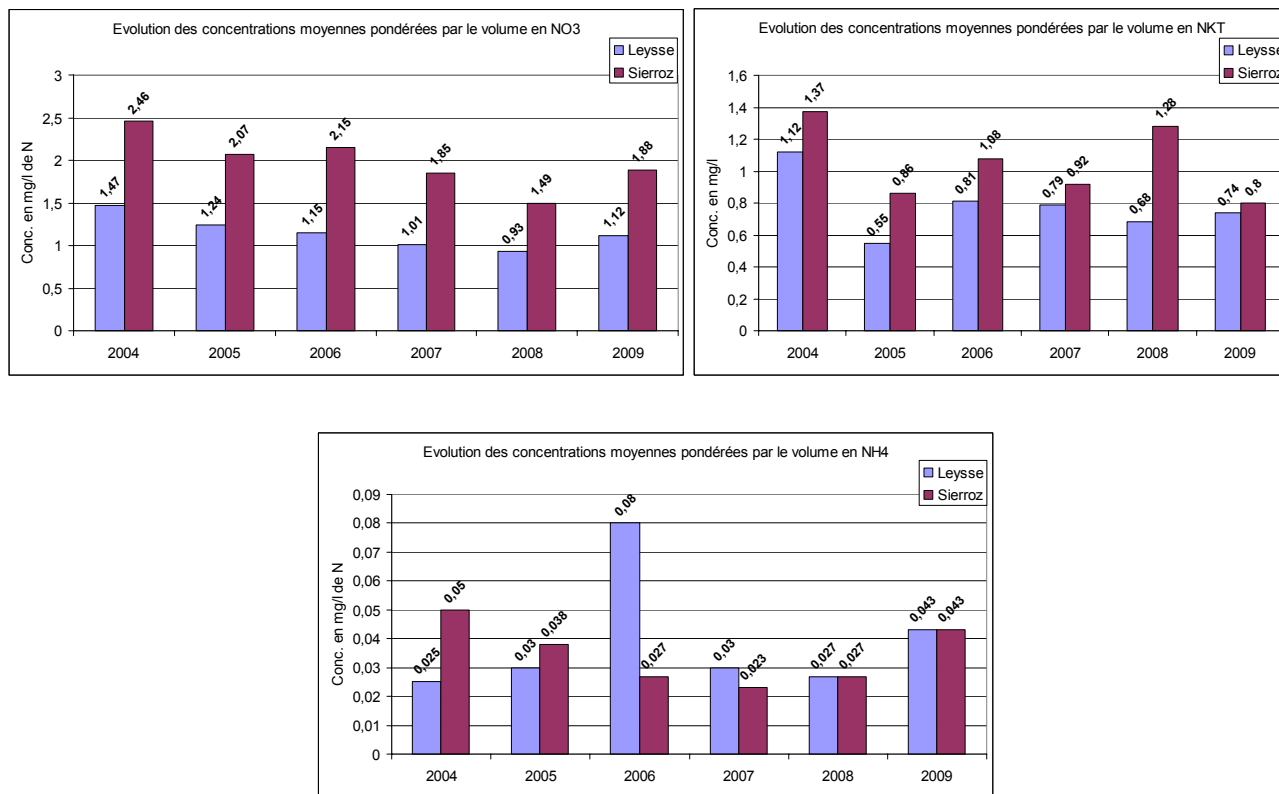


Figure 15 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en NO₃, NKT et NH₄

L'évolution des éléments azotés est plus contrastée. **Le NO₃ présente des concentrations plus élevées dans le Sierroz que dans la Leysse.** Jusqu'en 2008, celles-ci étaient en diminution sur les deux cours d'eau. Cette année est marquée par **une augmentation des concentrations en NO₃ de 20% sur la Leysse et de 26% sur le Sierroz.** La concentration moyenne pondérée calculée en régime établi est pour la première fois inférieure à celle calculée tout régime confondu. Ce constat est à mettre en relation avec l'année hydrologique particulièrement sévère.

Les concentrations en **NKT** restent **supérieures dans le Sierroz** mais aucune tendance globale ne peut être mise en évidence. **L'année 2009**, deuxième année la moins pluvieuse depuis le début du suivi **enregistre les teneurs les plus faibles** après 2005.

En 2004 et 2005, les concentrations NH₄ étaient plus élevées dans le Sierroz que dans la Leysse mais la tendance s'inverse en 2006 et 2007. Depuis deux ans, les concentrations sont équivalentes sur les deux cours d'eau. Le pic enregistré en 2006 dans la Leysse, correspond à des rejets d'ammonium lors de la réalisation de travaux dans la galerie de l'Épine (rejets de CMCA dans le ruisseau de l'Érier en amont de la station de mesure).

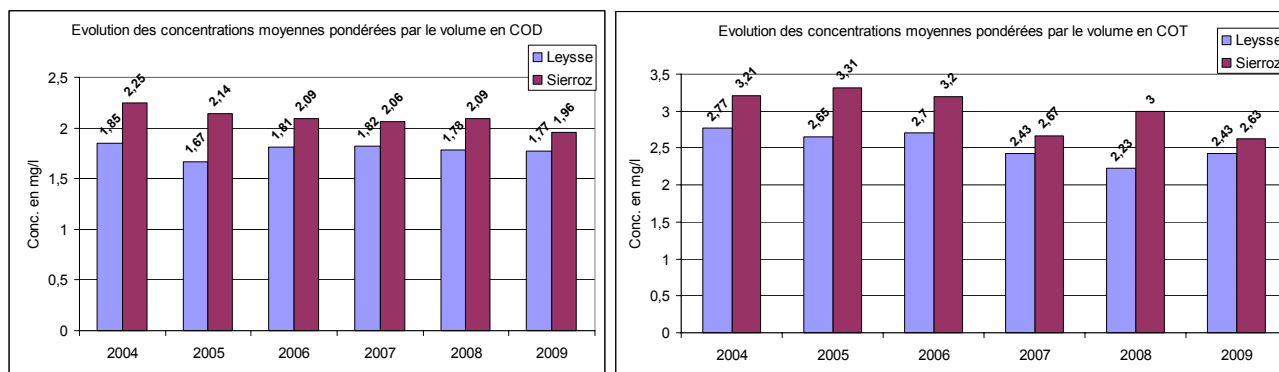


Figure 16 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en COD et COT

Les **paramètres carbonés** du suivi présentent également des concentrations **plus élevées dans le Sierroz que dans la Laysse**. On constate une **diminution des concentrations entre 2004 et 2009 dans les deux cours d'eau**.

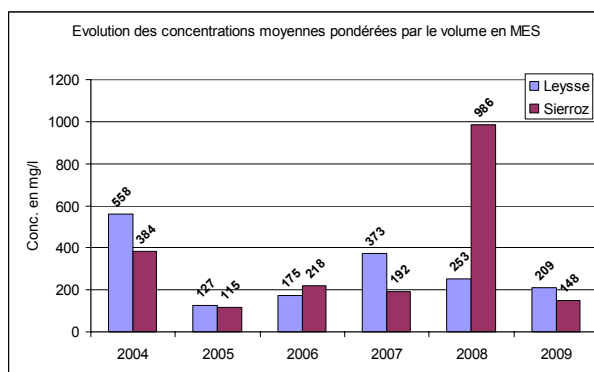


Figure 17 : Evolution des concentrations moyennes pondérées par le volume en MES

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 Laysse**. 2006, avec 2008, sont aussi les années durant lesquelles la contribution du Sierroz au volume total apporté au lac est la plus haute du suivi (respectivement 28 et 29%),
- **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 calculées 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**, deuxième année la plus sèche du suivi, avec une **baisse de 85%** de la concentration en MES **sur le Sierroz**. Si l'on compare avec 2005, la concentration en MES est représentative du déficit pluviométrique.

6.2 Ce qu'il faut retenir

Pour l'année 2009, le Sierroz présente des concentrations toujours plus élevées que la Leysse.

Au cours de l'année 2009, les paramètres P_{tot}, NO₃ et NH₄ sont en augmentation sur la Leysse. **La concentration en P_{tot} présente une augmentation de 107% en un an mais une baisse globale de 25% entre 2007 et 2009.**

Le Sierroz retrouve une concentration en MES de l'ordre de grandeur des années 2004-2007 soit une baisse de 85% par rapport à 2008.

7 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).

7.1 Estimation des flux entrants de l'année 2009

L'estimation des flux a été calculée 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 2009				
	TOTAL	Leysse (296 Km ²)		Sierroz (133 Km ²)	
Volume transité (Mm ³)	159	110	69%	49	31%
Ortho P (Tonnes de P)	1,82	0,99	54%	0,83	46%
Ptot (Tonnes)	11	6,6	60%	4,4	40%
NO ₃ (Tonnes de N)	214	123	57%	91	43%
NH ₄ (Tonnes de N)	6,8	4,7	69%	2,1	31%
COD (Tonnes)	290	194	67%	96	33%
COT (Tonnes)	396	268	68%	128	32%
MES (Tonnes)	30 281	23 092	76%	7 189	24%
NKT (Tonnes)	120	81	67%	39	33%

Tableau 1 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2009.

Le tableau suivant présente l'évolution des apports de 1974 à 2009 (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
Ptot	300	150	94	41 + ?	21 + ?	21 + 4	27 + 5,8	14 + 4,2	11+2,7
PO ₄	140		18	5,11	3,5	3,6	4,6	3	1,82
NO ₃	1.500	580	450	327	252	275	367	290	214
NO ₃ + NKT				552	361	446	617	516	334

Tableau 2 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.

Les apports en Ptot de la Leysse et du Sierroz mesurés en 2009 (11 T) sont très nettement inférieurs aux années antérieures et notamment à 2005 (21 T), seule année comparable pour le cumul des précipitations.

Le tableau suivant détaille les écarts entre les apports 2008 et 2009.

	Leysse			Sierroz		
	2009	2008	Ecart en %	2009	2008	Ecart en %
Volume transité (Mm ³)	110	190	-42	49	76	-36
Ortho P (Tonnes de P)	0,99	1,9	-48	0,83	1,1	-25
Ptot (Tonnes)	6,6	5,6	+18	4,4	8,4	-48
NO ₃ (Tonnes de N)	123	177	-30	91	113	-19
NH ₄ (Tonnes de N)	4,7	5,2	-10	2,1	2,1	0
COD (Tonnes)	194	339	-43	96	159	-40
COT (Tonnes)	268	424	-37	128	228	-44
MES (Tonnes)	23 092	48 195	-52	7 189	74 743	-90
NKT (Tonnes)	81	129	-37	39	97	-60

Tableau 3 : Ecart des apports de la Leysse et du Sierroz en 2007 et 2009

Après la hausse de 2008, les flux de Ptot dans le Sierroz sont en diminution par rapport aux années antérieures (4,4 T en 2009, environ 7 entre 2005 et 2007). La baisse globale des apports en Ptot provient uniquement du Sierroz (-4 T).

Pour le Sierroz, comparativement à la baisse du volume (36%), la diminution des flux de Ptot (48%) et de MES (90%) est plus importante. L'origine du surplus de MES et de Ptot en 2008 provenait d'un phénomène de crue torrentielle sur la Meunaz.

Malgré une hydrologie déficitaire responsable de la diminution des apports de 10% à 90% entre 2008 et 2009, le flux de Ptot de la Leysse est en hausse de 1 tonne.

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 **100 jours en 2009**.

	2009		TOTAL LAC
	Rhône > Lac		
Volume transité (Mm ³)	6,7	4%	165,7
Ortho P (Tonnes de P)	0,08	4,2%	1,9
Ptot	0,16	1,4%	11,16
NO ₃ (Tonnes de N)	1,5	0,7%	215,5
NH ₄ (Tonnes de N)	0,38	5,3%	7,18
COD	10,4	3,5%	300,4
COT	13,8	3,4%	409,8
MES	27,1	0%	30 308,1
NKT	2,4	2%	122,4

Tableau 4 : Apports au lac du canal de Savières.

Le calcul des flux transitant par le canal de Savières est fondé sur des prélèvements instantanés effectués tous les 15 jours depuis 2006.

Cette année le canal de Savières a fonctionné durant plus d'un quart de l'année dans le sens Rhône vers lac contre 1 à 1 mois et demi depuis le début du suivi. De ce fait et quelques soient les incertitudes engendrées par les analyses ponctuelles, on constate que les apports du canal sont tous en augmentation. En comparaison de ceux de la Leysse et du Sierroz, ils restent faibles (entre 0 et 5,3% selon les paramètres).

A noter que cette année, nous pouvons estimer le **volume transité par le Tillet** qui est de **8,86 Mm³** soit environ 5% du volume total transité au lac. De plus, les campagnes ponctuelles réalisées dans le cadre de l'observatoire 2008 permettent d'appréhender les valeurs min et max des concentrations de Ptot. Ces teneurs sur le Tillet aval varient de 0,06 à 0,26 mg/L. En appliquant ces valeurs sur l'année 2009, on estime des **apports en Ptot** variant **de 0,5 T à 2,3 T** soit 4 à 20% des apports de la Leysse et du Sierroz. Ces valeurs donnent un ordre de grandeur très variables mais néanmoins significatif des apports du Tillet. Afin d'affiner la connaissance des flux de nutriments du Tillet, il s'agira par exemple de mettre en place un suivi plus régulier comme sur le canal de Savières.

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 :

- d'eau mixte par le **réseau unitaire d'Aix-les-Bains** au déversoir des Biâtres (**2,7 T de Ptot**) ;
- d'eaux usées traitées via la Leysse lors de la coupure de la galerie de l'Épine (**0,135 T de Ptot**).

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

	2009										
	TOTAL	Leysse (296 Km ²)		Sierroz (133 Km ²)		DO Aix		Savières		Coupure galerie	
Volume transité (Mm ³)	166,4	110	66,1%	49	29,5%	0,37	0,2%	6,7	4%	0,32	0,2%
Ortho P (Tonnes de P)	2,03	0,99	48,8%	0,83	41%			0,08	4%	0,126	6,2%
Ptot (Tonnes)	14	6,6	47,1%	4,4	31,4%	2,73	19,5%	0,16	1,1%	0,135	0,9%
NO ₃ (Tonnes de N)	216	123	56,9	91	42,4%			1,5	0,7%	0,174	0%
NH ₄ (Tonnes de N)	23,2	4,7	20,2%	2,1	9%	8,63	37,2	0,38	1,6%	7,41	32%
COD (Tonnes)	300,4	194	64,6%	96	31,9%			10,4	3,5%		
COT (Tonnes)	409,8	268	65,4%	128	31,2%			13,8	3,4%		
MES (Tonnes)	30 322	23 092	76%	7 189	23,7%	111,6	0,3%	27,1	0%	2,52	0%
NKT (Tonnes)	141	81	57,4%	39	27,6%	17,49	12,4%	2,4	1,7%	1,24	0,9%

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 pour la deuxième année consécutive même en tenant compte de l'estimation faite sur le Tillet.
- Contrairement à 2008, les apports en nutriments du Sierroz restent inférieurs à ceux de la Leysse pour la totalité des paramètres.
- Les apports en Ptot du Sierroz sont en forte baisse par rapport à 2008 (-48%) et aux années précédentes (en lien avec la diminution des apports en MES).
- Le déversoir des **Biâtres** représente 2,7 T soit **19,5 % des apports en Ptot** (contre 4 T en 2008 soit 21%) et 12% des apports en NKT pour 0,2% du volume total. **Les flux de NH₄ déversés représentent 37% des apports totaux.** La forte concentration des rejets en azote ammoniacal est liée à la nature même des effluents mixtes. En effet dans un réseau unitaire, le phénomène **d'ammonification** (transformation de l'azote organique en NH₄) engendre une forte teneur en NH₄.
- La coupure annuelle dans le cadre de la visite technique de la galerie de l'Épine qui transporte les effluents traités de CMCA et de la CALB vers le Rhône, génère également un flux important de **NH₄ : 7,4 T soit 32% du flux annuel** total sur 7 jours de déversement et 0,2% du volume apporté au lac. Ces rejets sont stables d'année en année. Les effluents traités rejetés lors de la coupure proviennent des stations d'Aix-les-Bains et de Chambéry Métropole principalement, et parcourent un trajet de plusieurs kilomètres en conduite de

refoulement. Ce temps de transport peut générer des concentrations en NH₄ élevées du fait du phénomène d'ammonification.

7.2 Estimation des flux sortants

Le suivi du canal de Savières (exutoire du lac) permet d'estimer les flux sortants. Le canal de Savières a fonctionné dans le sens **exutoire** du lac durant **265 jours** en 2009.

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

	2009	
	Savières	
	Flux annuels sortants du lac	% par rapport aux apports totaux
Volume transité (Mm ³)	249,3	150%
Ortho P (Tonnes de P)	2,6	128%
Ptot (Tonnes)	4,9	35%
NO ₃ (Tonnes de N)	110,9	51%
NH ₄ (Tonnes de N)	5,8	25%
COD (Tonnes)	472	157%
COT (Tonnes)	550	134%
MES (Tonnes)	1 007	3%
NKT (Tonnes)	98,3	70%

Tableau 6 : Flux sortants par le canal de Savières.

Globalement les flux sortants du lac sont très variables selon les paramètres. Ils représentent de 157% des apports totaux au lac de COD à 35% pour le Ptot ou encore à 3% pour les MES. **On peut remarquer qu'il sort plus de Ptot par le canal de Savières qu'il n'en rentre par le Sierroz.**

7.3 Bilan des nutriments dans le lac pour l'année 2009

Le suivi réalisé au cours de l'année 2009 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 2009 :

	2009		
	ENTREES	SORTIES	BILAN
Volume transité (Mm ³)	166,4	249,3	- 82,9
Ortho P (Tonnes de P)	2,03	2,6	- 0,57
Ptot (Tonnes)	14	4,9	9,1
NO ₃ (Tonnes de N)	216	110,9	105,1
NH ₄ (Tonnes de N)	23,2	5,8	17,4
COD (Tonnes)	300,4	472	-171,6
COT (Tonnes)	409,8	550	-140,2
MES (Tonnes)	30 322	1 007	29 315
NKT (Tonnes)	141	98,3	42,7

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 (175 entrant contre 249 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 est régulé, le volume d'eau qui passe par le canal de Savières sert à maintenir des niveaux du lac fixes selon les saisons.

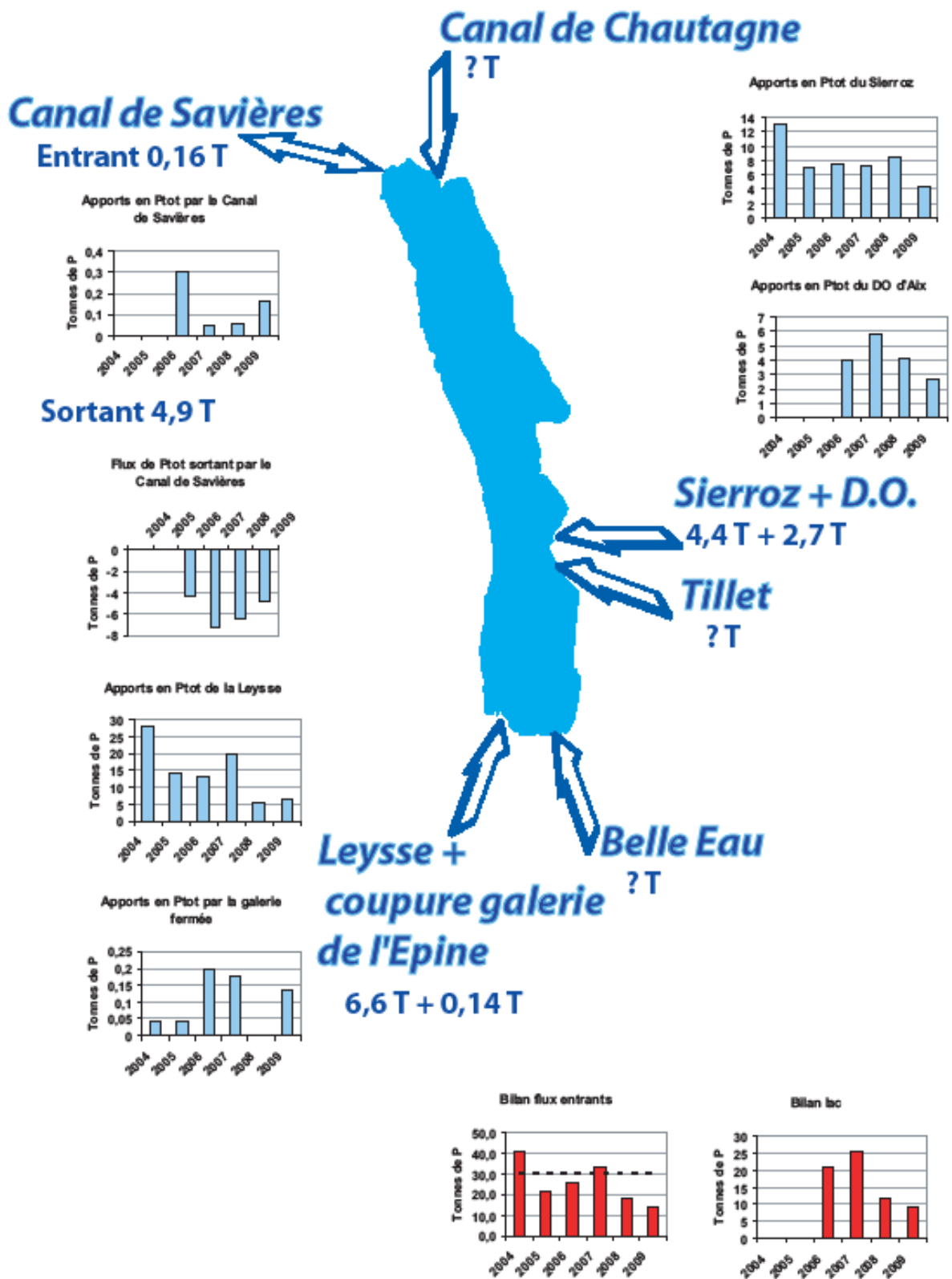
La part des flux sortants est plus importante pour les formes dissoutes que pour les formes particulières. Ce constat s'explique par le faible taux de sortie en MES et le volume important véhiculé du lac vers le Rhône. En effet, les MES apportées au lac précipitent au fond et ne sont donc pas transportées 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.

Le solde négatif pour PO₄ est proportionnel à la différence de volume entrant et sortant. En effet la concentration moyenne pondérée de la Leysse et du Sierroz est égale à la concentration moyenne mesurée dans le canal de Savières.

Les paramètres Ptot, NO₃ et NKT ont un solde positif. On peut cependant remarquer que ce dernier est en nette régression depuis 2004 avec des apports entre 2 et 4 fois moindres et des sorties équivalentes.

Une partie importante des matières azotées et phosphorées entrant dans le lac est, soit consommée rapidement dans le lac soit précipitée au fond du lac. Ces nutriments précipités s'ajoutent au stock interne dont une part, qui reste à préciser, est potentiellement biodisponible.

Pour 2009, on peut résumer le bilan du lac ainsi :



8 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).

8.1 La Leysse

8.1.1 Le rôle du temps de pluie

Le régime de temps de pluie de la Leysse s'étale sur **142 jours** soit **39%** 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)	60,9	55%
Ortho P (Tonnes de P)	0,52	52%
Ptot (Tonnes)	6,02	91%
NO ₃ (Tonnes de N)	69,83	57%
NH ₄ (Tonnes de N)	3,37	71%
COD (Tonnes)	128,61	66%
COT (Tonnes)	188,66	70%
MES (Tonnes)	22.398	97%
NKT (Tonnes)	64,54	79%

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

52 à 97% des apports sont consécutifs à un événement pluvieux.

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

- **en hausse de 3% pour les apports en Ptot,**
- proportionnelle au volume transité pour les éléments dissous hors NH₄,
- supérieure à 79% pour les paramètres ayant une composante particulaire,

Le volume du temps de pluie a été divisé par 2 entre 2008 et 2009. Ce qui entraîne logiquement une baisse de moitié des apports en éléments dissous sauf pour le NH₄.

Si l'on regarde la contribution du temps de pluie sur les apports totaux entre 2008 et 2009, la diminution est moins marquée est trompeuse, 13% pour le volume et entre 6 et 20% pour les éléments dissous hors NH₄ qui reste stable. Conséquence d'une baisse globale supérieure à 30% des volumes et apports dissous au lac sur l'année 2009.

Le tableau suivant présente la différence des apports totaux et des apports de temps de pluie entre 2008-2009.

	Différence 2008-2009	
	Apports annuels	Apports de temps de pluie
Volume transité (Mm ³)	-80,3	-68
Ortho P (Tonnes de P)	-1	-0,88
Ptot (Tonnes)	+1	+1,05
NO ₃ (Tonnes de N)	-53,8	-42,9
NH ₄ (Tonnes de N)	-1,6	-1,16
COD (Tonnes)	-144,3	-126
COT (Tonnes)	-156,5	-134,9
MES (Tonnes)	-25 103	-25 104
NKT (Tonnes)	-48,2	-42,6

Tableau 9 : Différence entre 2008 et 2009 des apports totaux et de temps de pluie.

Contrairement à l'écart 2007-2008 qui s'expliquait exclusivement par le temps de pluie, la différence entre les apports 2008 et 2009 provient pour une part des apports de temps sec.

Le temps de pluie est en effet à l'origine de 90 à 100% des écarts pour les paramètres particuliers mais de seulement 72 à 88% pour les éléments dissous. Les étiages sévères enregistrés cette année ont fait également diminuer fortement le volume transité par temps sec (-20%), ce qui a un impact essentiellement sur les apports en éléments dissous.

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

Pour l'année 2009, 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 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). Dans l'attente d'investigations complémentaires **ces résultats, présentés en vert dans les tableaux suivants, ne sont qu'indicatifs d'un ordre de grandeur.**

	2009					
	DO2	By pass	DO5	DO6	TOTAL	
						% tps de pluie
Nombre de jours avec déversement	31	51	34	65		
Durée de déversement (heures)	57		58	239		
Volume rejeté (m ³)	134 601	184 470	28 376	92 354	439 801	0,7%
Ortho P (Tonnes de P)	0,24	0,16			0,4	77%
Ptot (Tonnes)	0,52	0,39	0,12	0,23	0,91	15%
NO ₃ (Tonnes de N)	0,35	0,34			0,69	1%
NH ₄ (Tonnes de N)	2,39	6,16			8,55	253%
MES (Tonnes)	39	19,5			58,5	0,2%
NKT (Tonnes)	2,82	6,73			9,55	14,8%

Tableau 10 : flux rejetés par les DO et by pass dans la Leyse en 2009 (mesure et estimations).

Le coefficient de transfert du phosphore dans la Leyse 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% des apports en Ptot de temps de pluie de la Leyse. En ajoutant le by pass**, la part des rejets directs s'élève à **15% du Ptot**.

Si l'on prend en compte également les résultats issus des estimations pour les DO 5 et 6, les rejets sont responsables de 21% des apports en Ptot de la Leyse en période de pluie.

On constate une baisse de 40% des volumes rejetés et seulement de 23% des rejets de Ptot entre 2008 et 2009. Les effluents rejetés en 2009 sont donc plus chargés en Ptot. Ce premier constat nécessite de distinguer les différents points de déversements :

- **la qualité des eaux mixtes rejetées au DO2 est stable (-44% de volume pour -36% d'apports de Ptot),**
- par conséquent celle des DO5 et 6 l'est également puisque leur estimation découle directement des résultats obtenus sur le DO2,
- **malgré une baisse de 40% du volume by passé en sortie de traitement primaire, les apports en Ptot et PO₄ sont identiques à 2008 et l'on constate une augmentation pour les autres paramètres atteignant 100% pour le NO₃.**

La qualité des effluents by passé au cours de l'année 2009 est nettement moins bonne que durant les années précédentes. Ceci est peut-être lié à la volonté du gestionnaire de moins traiter le phosphore dans l'étage primaire pour faciliter le traitement biologique.

La hausse des apports de temps pluie en Ptot (1,05 T) ne peut provenir des rejets directs puisque ceux-ci sont en baisse de 0,28 T entre 2008 et 2009. L'origine du surplus de phosphore est donc interne ou liée au lessivage des terres et berges.

8.1.3 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.**

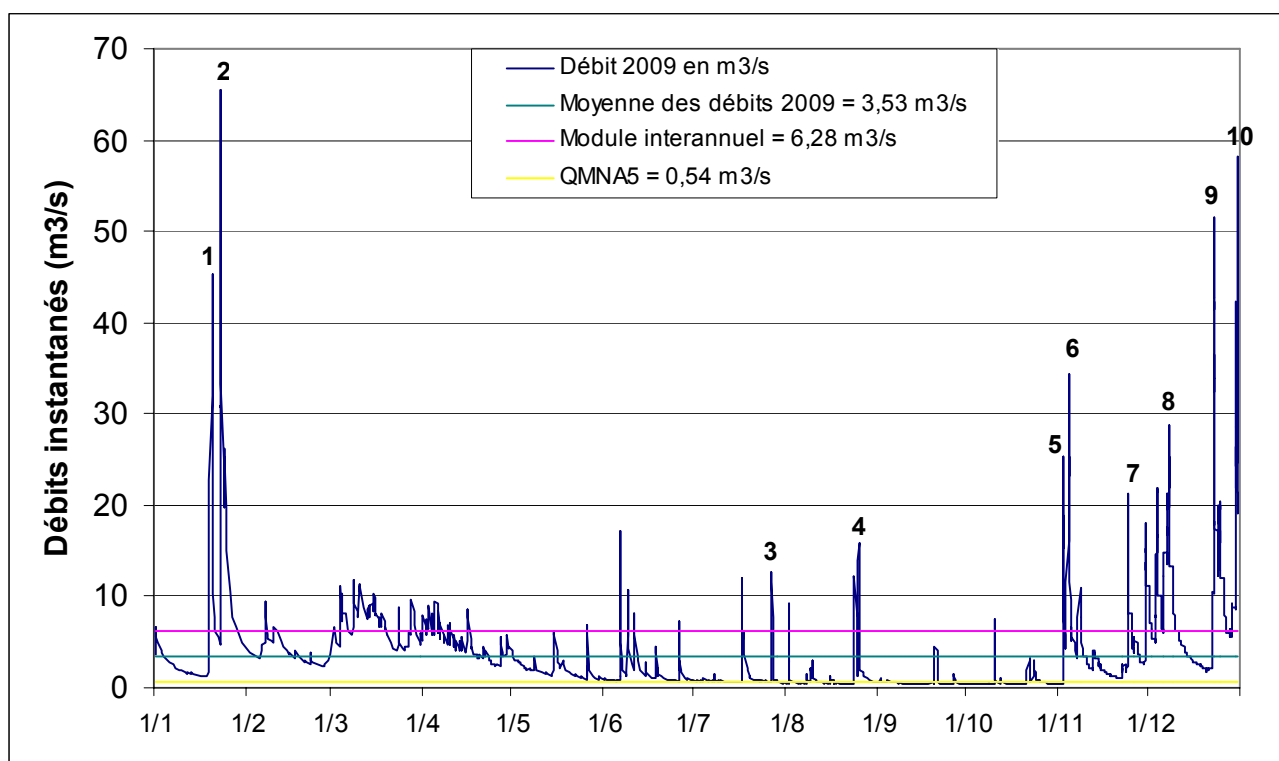


Figure 18 : Positionnement des principales crues de la Leysse

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)	34	24%
Volume transité (Mm ³)	31,5	52%
Ortho P (Tonnes de P)	0,23	44%
Ptot (Tonnes)	5,3	88%
NO ₃ (Tonnes de N)	36,4	52%
NH ₄ (Tonnes de N)	2,18	65%
COD (Tonnes)	75,8	59%
COT (Tonnes)	120,8	64%
MES (Tonnes)	20 672	92%
NKT (Tonnes)	48,8	75%

Tableau 11 : Apports des principales crues de la Leysse.

Les 10 principales crues de l'année sont à l'origine de **44 à 92% des apports de temps de pluie en 2009 contre 38 à 91% en 2008.**

La hausse des apports en Ptot entre 2008 et 2009 provient des crues (1,06 T d'apports de temps de pluie supplémentaires et 1,84 T de plus liés aux crues).

Comparativement à 2007, le déficit est également lié aux 10 principales crues (12,91 T de déficit de temps de pluie dont 11 proviennent des crues).

La part d'apports de Ptot des crues de 2009 représente 88% de la contribution du temps de pluie ce qui reste conforme aux années antérieures

Si l'on ne regarde que les 5 crues (2, 5, 6, 9 et 10) 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 (52% en 2008 et 71% en 2007) et 76% des MES (83% en 2008 et 75% en 2007) pour 35% des 60,9 Mm³ transités en temps de pluie (32% des 128,9 Mm³ de 2008 et 43% des 180,7 Mm³ de 2007).

Les concentrations moyennes pondérées en Ptot sur les 5 crues principales confirment ces derniers éléments : 0,17 mg.l⁻¹ en 2007, 0,06 mg.l⁻¹ en 2008 et 0,21 mg.l⁻¹ en 2009. Les crues de 2009 ont été les plus « chargées » en phosphore.

Les concentrations en Pparticulaire et le rapport Ppart/MES apporte également des éléments sur la nature du phosphore véhiculé lors des crues :

- 80 à 97% du phosphore est sous forme particulaire,
- 2009 présente la plus forte proportion de Pparticulaire,
- en 2009, la charge en P des MES est 5 fois plus élevée qu'en 2008 et du même ordre qu'en 2007. Les crues de décembre présentent les plus forts rapports Ppart/MES.

Si l'on dissocie les apports de chacune des crues, on observe que les plus mobilisatrices ont été les crues de décembre qui dépassent toutes les deux 1 tonne d'apports (1,9 T pour la première et 1,7 T pour la seconde). Elles sont responsables à elles seules de 60% des apports en Ptot de temps de pluie. En 2007, les 5 crues principales dépassaient 1 tonne d'apports de Ptot et en 2008, aucune crue n'a excédé les 0,8 T d'apports.

Lors de ces 5 crues le by pass ainsi que les DO2, 5 et 6 ont fonctionnés. Les apports consécutifs à ces déversements sont les suivants :

Crue	By pass		DO2		DO5		DO6		Total			
	V m ³	P _{tot} T	V m ³	P _{tot} T	V m ³	P _{tot} T	V m ³	P _{tot} T	V		P _{tot}	
									m ³	%	T	%
2	32 826	0,053	8 038	0,02	1 653		12 133		52 997	0,9	0,073	15
5	18 404	0,03	18 830	0,084	3 561		7 153		47 948	3,9	0,114	47
6	12 815	0,02	5 735	0,013	1 471		4 234		24 255	0,8	0,033	12
9	6 556	0,004	5 029	0,012	464		3 714		15 763	0,2	0,016	0,8
10	11 490	0,007	17 720	0,048	2 767		6 532		38 509	1,1	0,055	3
Total									179 472	0,8	0,29	6,3

Tableau 12 : Volume et flux de P_{tot} enregistré aux DO et by pass lors des 5 crues majeures
% est exprimé en % de la ou des crues.

Les apports générés par les rejets des DO sont très variables lors des crues majeures (de 0,8 à 47% des apports totaux de la crue). Au global, seuls **6,3% des apports en P_{tot} lors des 5 crues de la Leyse sont issus des rejets du DO2 et du Bypass.**

Il ressort qu'au cours de ces 5 crues ce sont environ 82 000 m³ qui ont été déversés à la Leyse par le by pass. Ce volume est deux fois moins important qu'en 2007 et 2008 alors que les apports en P_{tot} sont du même ordre de grandeur (0,11 T en 2009 contre 0,14 T en 2008).

Les DO5 et 6 ont rejetés 43 700 m³ en 2009 contre 86500 m³ en 2008 et 50 000 m³ en 2007. Le DO2 rejette quant à lui 55 400 m³ soit 60% moins qu'en 2008. Pendant cette même période, ce sont 21 Mm³ qui ont transité dans la Leyse contre 41 Mm³ en 2008.

Les rejets en P_{tot} du DO2, seul déversoir « suivi qualitativement », participe à hauteur de **8% des apports en P_{tot} sur le temps de pluie** mais **son impact lors des 5 fortes crues peut s'élever à 39%** des apports de la Leyse sur la période.

Globalement, les rejets de temps de pluie ont un impact modéré sur les apports annuels de la Leyse ainsi que sur les apports de temps de pluie. Par contre, lors des crues principales, les quantités de nutriments rejetées dans la Leyse, peuvent atteindre plus de 47% des apports et être à l'origine d'un véritable choc de pollution.

8.1.4 La charge en P des sédiments : une piste de réflexion

On a pu voir dans le paragraphe précédent que les rejets directs sont en baisse en 2009 par rapport à 2008. La hausse des apports en P_{tot} au lac entre 2008 et 2009 a donc une autre origine.

Le graphique suivant représente les apports cumulés en P_{tot} sur les hydrogrammes des années 2008 et 2009.

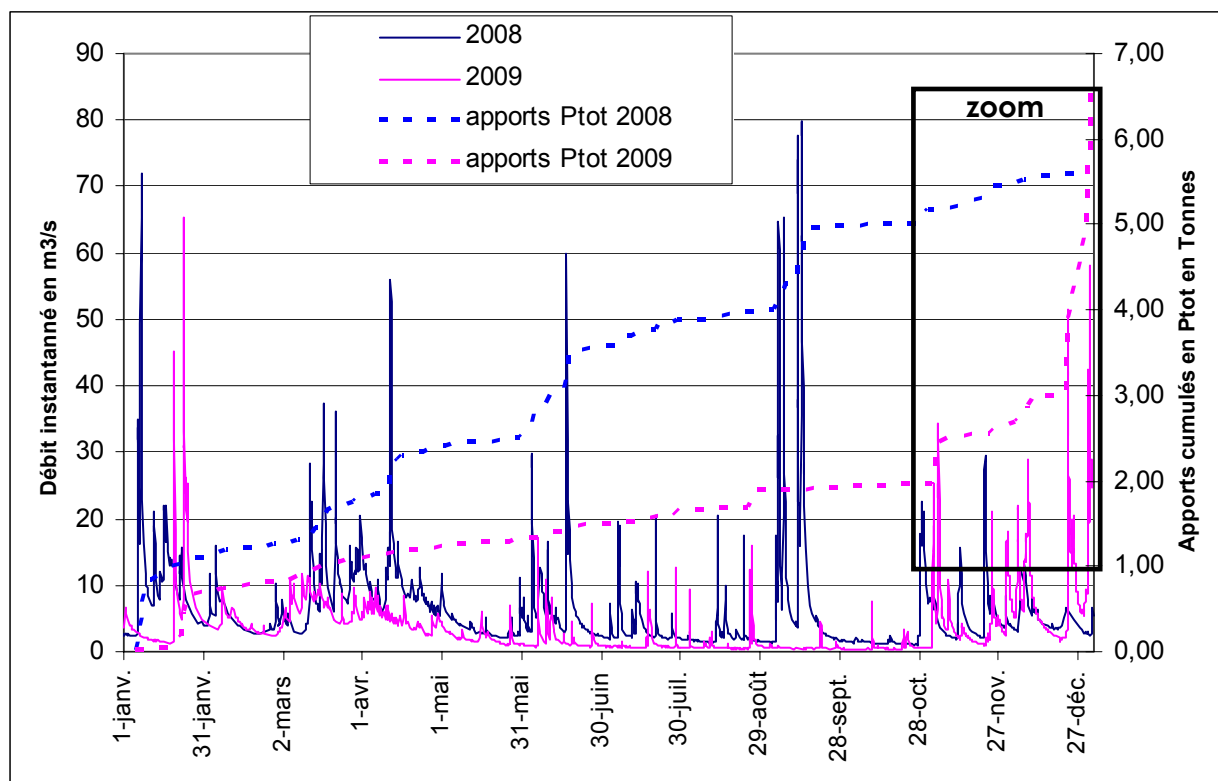
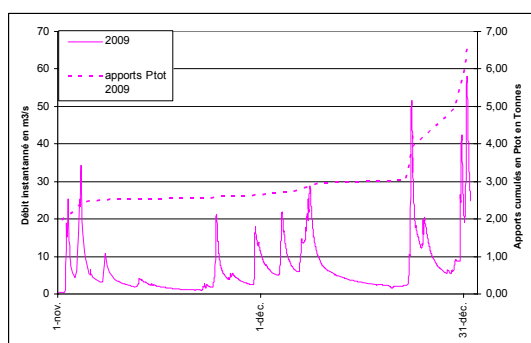


Figure 19 : Hydrogramme et apports cumulés en P_{tot} de la Leysse en 2008 et 2009



En 2009, la chronologie des apports cumulés en P_{tot} corrobore les conclusions du paragraphe précédent. Ce sont 5 à 10 crues principales qui déterminent la quantité de phosphore annuelle apportée au lac par la Leysse.

Le déficit 2009 se creuse dès le mois d'avril et ce n'est qu'à partir du mois de novembre que les apports en P_{tot} deviennent plus conséquents. En effet durant ces 7 mois moins d'1 T est transitée contre 3 T en 2008. Fin octobre le déficit était de 2,8 T.

En revanche, de novembre à décembre 4,6 T sont apportés soit 70% des apports de la Leysse contre 0,7 T en 2008.

Les graphiques suivant présentent les apports cumulés de MES et de P_{tot}.

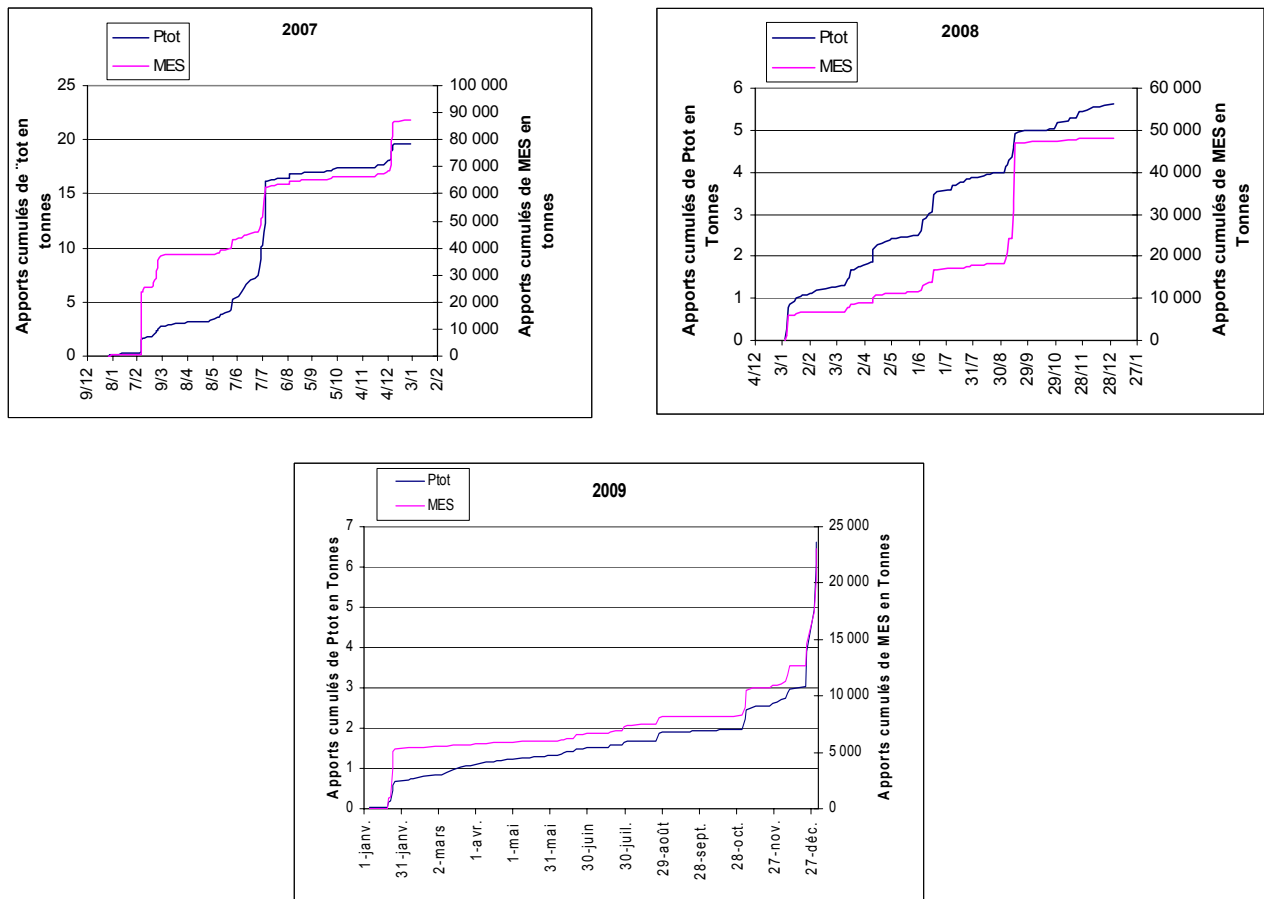


Figure 20 : Apports cumulés de Ptot et MES de la Leysse en 2007 à 2009

Ces graphiques ainsi que les calculs des rapports Ppart/MES viennent confirmer l'importance des crues et le rôle des MES dans le transport du phosphore au lac.

La comparaison des flux de Ptot et de MES entre les crues survenues en 2007 et 2008 avaient mis en évidence une différence fondamentale entre :

- les crues qui mobilisent peu de MES comparativement au flux de Ptot. La charge en phosphore des particules est forte et le rapport Pparticulaire/MES est alors élevé ($49 \cdot 10^{-5}$ en juillet 2007) ;
- et les crues fortement mobilisatrice de MES peu chargées en phosphore (février 2007 et septembre 2008). Le rapport Pparticulaire/MES est alors faible ($5 \cdot 10^{-5}$ en février 2007 et $2,5 \cdot 10^{-5}$ en septembre 2008)

Cette différence typologique des crues et leur occurrence annuelle expliquent en grande partie les différences interannuelles d'apports en phosphore.

Les crues de l'année 2009 s'inscrivent également dans ce schéma. On retrouve les deux typologies extrêmes précédentes et des crues plutôt intermédiaires :

- La crue de décembre qui présente un rapport Pparticulaire/MES de $40 \cdot 10^{-5}$.
- La crue de janvier dont le rapport ne dépasse pas $10 \cdot 10^{-5}$.
- Et des crues intermédiaires (octobre et août) dont la charge en phosphore des particules est moyenne (rapport compris entre 20 et $30 \cdot 10^{-5}$).

8.2 Le Sierroz

8.2.1 Le rôle du temps de pluie dans la diminution des apports

Le régime de temps de pluie du Sierroz représente **177 jours** soit **48%** de l'année.

	Apports en temps de pluie	% de l'apport total Sierroz
Volume transité (Mm ³)	34	70%
Ortho P (Tonnes de P)	0,6	74%
Ptot (Tonnes)	4,03	91%
NO ₃ (Tonnes de N)	66,7	73%
NH ₄ (Tonnes de N)	1,5	73%
COD (Tonnes)	73	76%
COT (Tonnes)	101	79%
MES (Tonnes)	6 977	97%
NKT (Tonnes)	31,2	80%

Tableau 13 : Apports en temps de pluie du Sierroz.

70 à 97% des apports sont consécutifs à un événement pluvieux.

Comparativement à la Leyse, le temps pluie sur le Sierroz représente une part plus importante des volumes et éléments dissous transités.

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

- en baisse de 3% pour les apports en Ptot,
- proportionnelle au volume transité pour les éléments dissous hors NH₄,
- supérieure à 79% pour les paramètres ayant une composante particulaire,

Le volume du temps de pluie est en baisse de 38% entre 2008 et 2009. Cela entraîne logiquement une baisse d'environ 30% des apports en éléments dissous sauf pour le NH₄.

Si l'on regarde la contribution du temps de pluie sur les apports totaux entre 2008 et 2009, celle-ci est en légère baisse pour le volume (2%) et le PO₄ (7%) et en hausse pour le NO₃ et le NH₄. Le temps de pluie occupe une plus grande part dans les apports totaux en éléments dissous malgré une diminution de la contribution en terme de volume.

Le tableau suivant présente la différence des apports totaux et des apports de temps de pluie entre 2008-2009.

	Différence 2008-2009	
	Apports annuels	Apports de temps de pluie
Volume transité (Mm ³)	-27	-21
Ortho P (Tonnes de P)	-0,33	-0,33
Ptot (Tonnes)	-3,9	-3,87
NO ₃ (Tonnes de N)	-21,4	-13,5
NH ₄ (Tonnes de N)	-0,45	-0,17
COD (Tonnes)	-63,1	-52,5
COT (Tonnes)	-99,3	-86,5
MES (Tonnes)	-67 555	-67 401
NKT (Tonnes)	-58,3	-56,7

Tableau 14 : Différence entre 2008 et 2009 des apports totaux et de temps de pluie

La baisse des apports en Ptot (-48%) et MES (-90%) du Sierroz est intégralement liée au régime de temps de pluie.

Le temps de pluie est également responsable de la baisse des apports en PO₄, NKT.

La figure suivante présente les apports cumulés de Ptot en 2008 et 2009 :

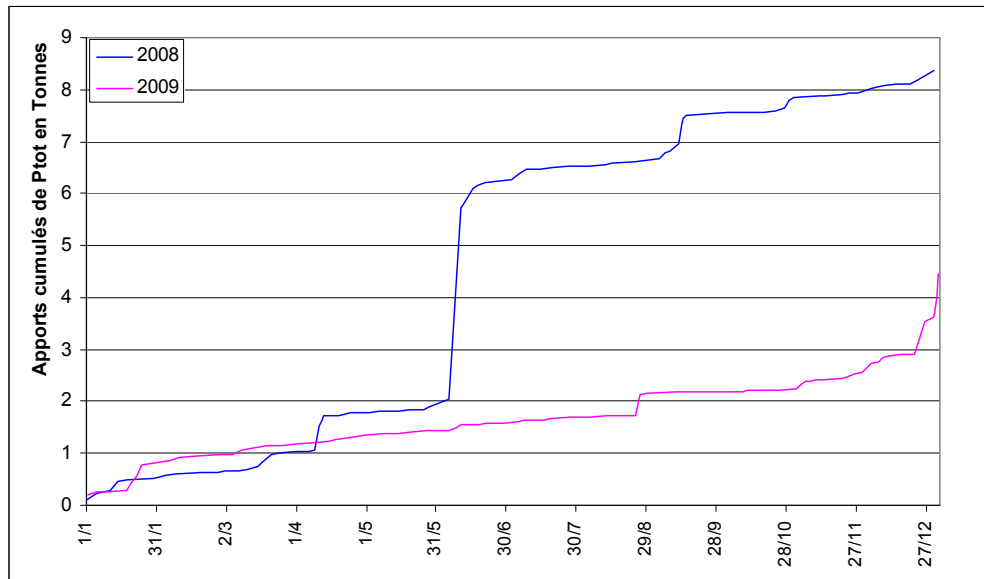


Figure 21 : Apports cumulés de Ptot du Sierroz en 2008 et 2009

En 2008, les surplus de MES et de Ptot étaient liés au régime de temps de pluie et en grande partie au phénomène de crues torrentielles de la Meunaz (la crue de juin 2008 a représenté 44% des apports totaux de Ptot). Cette année, ce phénomène ne s'est pas produit et les apports en Ptot se font par petit palier lors des 5 principales crues.

8.2.2 Les apports des 10 principales crues du Sierroz

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

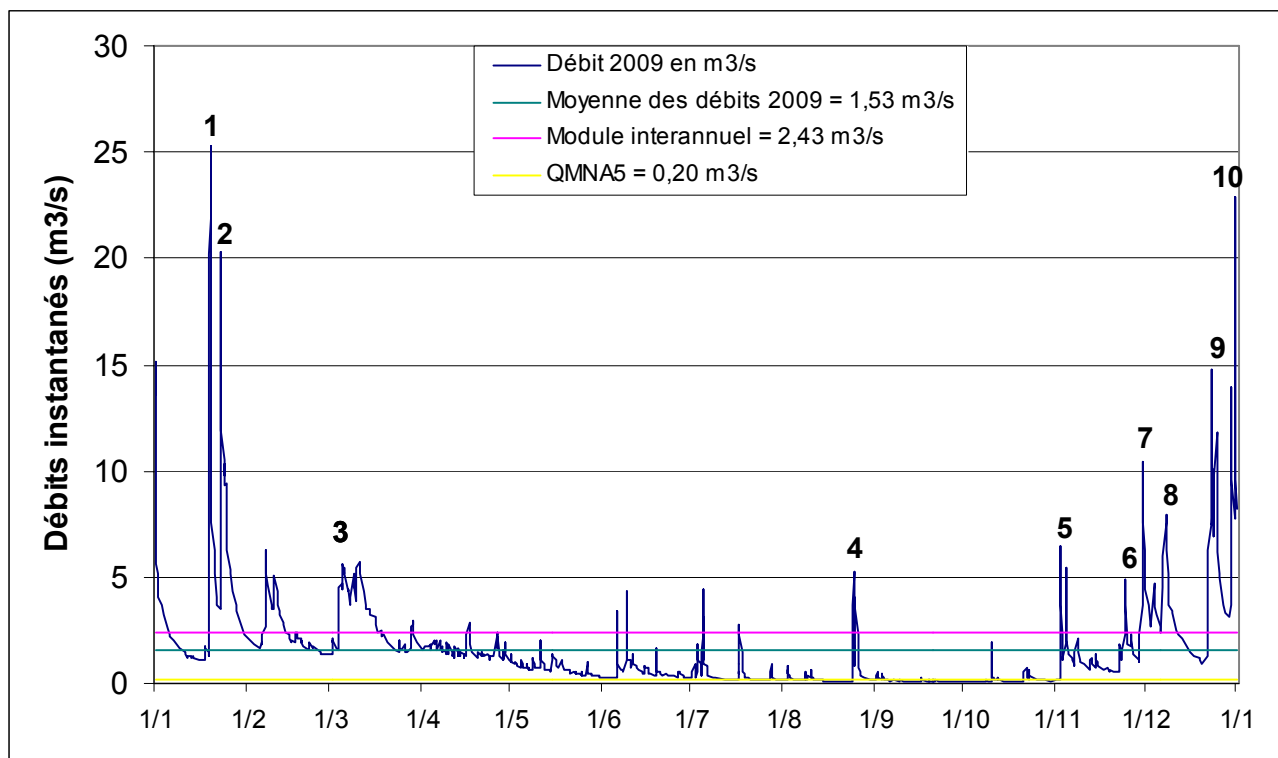


Figure 22 : Positionnement des principales crues du Sierroz

Le tableau suivant présente les apports résultants des **10 principales crues** du Sierroz et le pourcentage que ces apports représentent par rapport au total des apports de temps de pluie :

	Apports des 10 crues principales	
Durée (jours)	58	63%
Volume transité (Mm ³)	21,30	61%
Ortho P (Tonnes de P)	0,37	78%
Ptot (Tonnes)	3,15	71%
NO ₃ (Tonnes de N)	47,03	50%
NH ₄ (Tonnes de N)	0,74	65%
COD (Tonnes)	47,45	66%
COT (Tonnes)	66,43	86%
MES (Tonnes)	5 984,28	69%
NKT (Tonnes)	21,59	63%

Tableau 15 : Apports des principales crues du Sierroz.

L'analyse des résultats montre que celles-ci sont à **l'origine de 50 à 86% des apports**.

Si l'on ne regarde que **les 5 crues** (1, 2, 4, 9 et 10) **dont les flux de Ptot générés ont été les plus importants**, on remarque qu'elles sont responsables de **63% des**

apports en Ptot de temps de pluie, et 77% des MES pour 41% du volume transité.

Les deux crues successives de fin décembre ont apporté 1,5 T de Ptot soit 38% du temps de pluie contre 35% pour les MES.

8.3 Bilan 2008 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	95,27	57%
Ortho P (Tonnes de P)	1,12	55%
Ptot (Tonnes)	12,78	91%
NO ₃ (Tonnes de N)	136,5	63%
NH ₄ (Tonnes de N)	13,5	58%
COD (Tonnes)	201,6	67%
COT (Tonnes)	289,6	71%
MES (Tonnes)	29 487	97%
NKT (Tonnes)	113,2	80%

Tableau 16 : Apports par la Leysse et le Sierroz au lac par temps de pluie.

Le temps de pluie apporte 12,8 T de Ptot au lac dont 0,9 T provienne des rejets directs du réseau de Chambéry (DO et by pass) et 2,7 T du déversoir des Biâtres sur le réseau d'Aix-les-Bains.

55 à 91% des apports en phosphore et en azote sont consécutifs à un événement pluvieux. Le bruit de fond apporte moins de 10% du phosphore total au lac.