

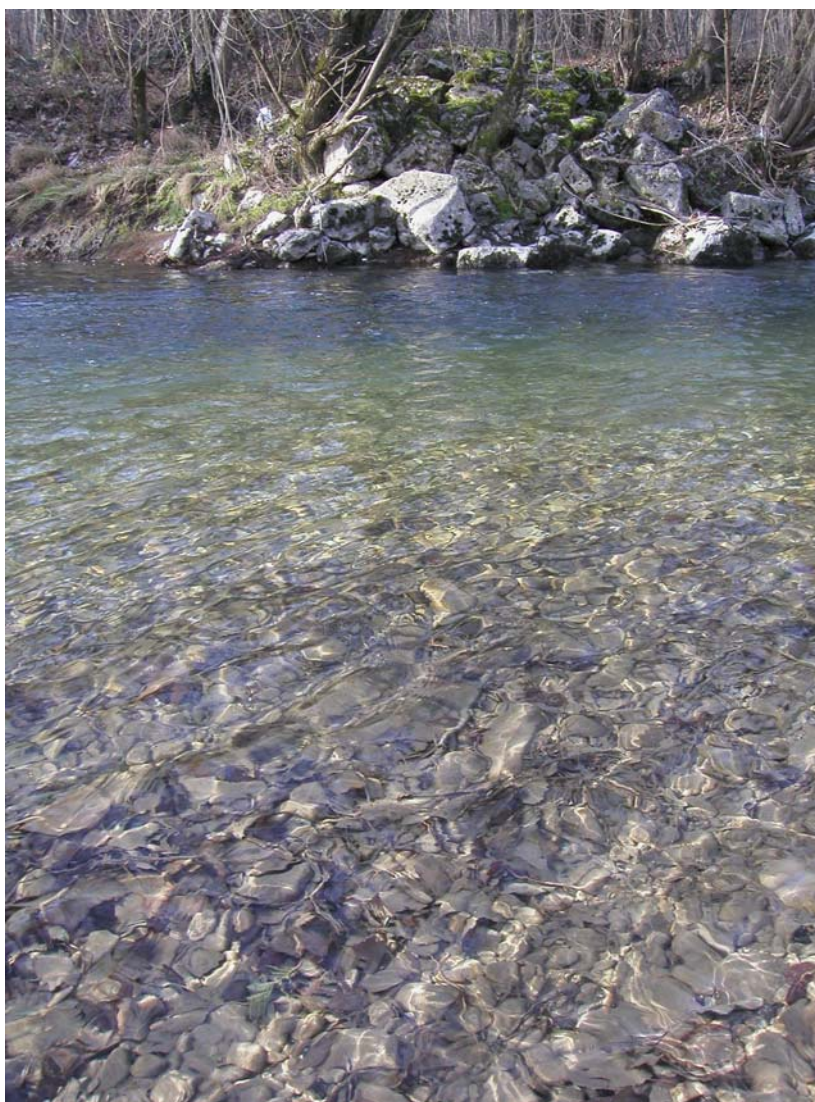
---

# 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 2004**



**Cisalb**

  
agence  
de l'eau  
rhône méditerranée & corse



---

# S O M M A I R E

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Synthèse et conclusion .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Météorologie et hydrologie de l'année 2004 .....</b>	<b>5</b>
3.1	Données météorologiques .....	5
3.1.1	Températures.....	6
3.1.2	Précipitations .....	6
3.2	Données hydrologiques .....	7
3.2.1	Hydrologie de la Leysse en 2004.....	8
3.2.2	Hydrologie du Sierroz en 2004 .....	9
<b>4</b>	<b>La qualité des cours d'eau .....</b>	<b>9</b>
4.1	La Leysse .....	10
4.1.1	Conformité vis-à-vis de la DCE.....	10
4.1.1.1	Le phosphore (ortho P, Ptot) .....	10
4.1.1.2	L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl) .....	11
4.1.1.3	Le carbone (carbone organique dissous et total) .....	12
4.1.1.4	Les MEST (matières en suspension totales).....	12
4.1.2	Origine des déclassements .....	12
4.2	Le Sierroz .....	15
4.2.1	Conformité vis-à-vis de la DCE.....	15
4.2.1.1	Le phosphore (ortho P, Ptot) .....	15
4.2.1.2	L'azote (nitrates, ammonium, azote kjeldahl) .....	15
4.2.1.3	Le carbone (carbone organique dissous et total) .....	16
4.2.1.4	Les MEST (matières en suspension totales).....	17
4.2.2	Origine des déclassements .....	17
4.3	Bilan de l'année 2004 .....	19
<b>5</b>	<b>Les apports au lac.....</b>	<b>21</b>
5.1	Estimation des flux .....	21
5.1.1	Bilan de l'année 2004.....	21
5.1.2	Analyse des flux par paramètres .....	22
5.1.2.1	La Leysse .....	22
5.1.2.2	Le Sierroz .....	24
5.2	La contribution du temps de pluie dans les flux .....	25
5.2.1	La Leysse .....	25
5.2.2	Le Sierroz .....	26
5.2.3	Bilan 2004 .....	27
5.3	Éléments d'interprétation sur le temps de pluie .....	28
<b>6</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>30</b>

---

## **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 1984 et 2004  
Figure 2 : Evolution de la moyenne annuelle des précipitations entre 1984 et 2004  
Figure 3 : Comparaison des précipitations journalières entre 2003 et 2004  
Figure 4 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2004  
Figure 5 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2004  
Figure 6 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans la Leysse en 2004  
Figure 7 : Classement SEQ des concentrations en azote dans la Leysse en 2004  
Figure 8 : Classement SEQ des concentrations en carbone dans la Leysse en 2004  
Figure 9 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans la Leysse en 2004  
Figure 10 : Corrélations entre les débits et les déclassements des 8 paramètres analysés de la Leysse en 2004  
Figure 11 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans le Sierroz en 2004  
Figure 12 : Classement SEQ des concentrations en azote dans le Sierroz en 2004  
Figure 13 : Classement SEQ des concentrations en carbone dans le Sierroz en 2004  
Figure 14 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans le Sierroz en 2004  
Figure 15 : Corrélations entre les débits et les déclassements des 8 paramètres analysés de le Sierroz en 2004  
Figure 16 : Cumul des flux de la Leysse pour les paramètres analysés  
Figure 17 : Cumul des flux du Sierroz pour les paramètres analysés  
Figure 18 : Apports Modes de transformation et de transport de l'azote et du phosphore dans le sol.  
Figure 19 : Variations des concentrations en azote et phosphore lors de la crue d'octobre 2004.

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

- Tableau 1 : Moyennes pondérées des concentrations dans la Leysse et le Sierroz.  
Tableau 2 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2004.  
Tableau 3 : Chronologie des apports au lac depuis 1974  
Tableau 4 : Apports en temps de pluie de la Leysse.  
Tableau 5 : Apports en temps de pluie du Sierroz.  
Tableau 6 : Apports au lac en temps de pluie.

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

- Annexe 1 : les résultats bruts en analyses  
Annexe 2 : les résultats du SEQ

---

## 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 dans le lac, passant de 120 à 24 µg/l,
- la teneur en nitrates dans le lac a diminuée de 25 %, passant de 0,82 à 0,62 mg/l,
- la transparence estivale est passée de 2,8 à 6,7 m,
- l'indice chlorophylle passe de 8,3 à 5,04 µg/l.

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.

Ce suivi en semi-continu a quatre objectifs :

- estimer les apports 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 ;
- orienter les politiques futures de dépollution.

**Le présent rapport présente les résultats de ce suivi pour l'année 2004.**

### Rappel

Les stations de mesures sont équipées d'un préleveur automatique (asservi à la hauteur d'eau) et de sondes mesurant en continu la conductivité, l'oxygène dissous et la température). Ces équipements sont détaillés dans le rapport 2003.

Sur chaque échantillon prélevé, la concentration des éléments suivants est mesurée en laboratoire :

Paramètres		Unités	Seuil de détection
Orthophosphates	PO <sub>4</sub>	mg/l de PO <sub>4</sub>	0,04
phosphore total	Ptot	mg/l de P	0,02
nitrate	NO <sub>3</sub>	mg/l de NO <sub>3</sub>	0,5
Ammonium	NH <sub>4</sub>	mg/l de NH <sub>4</sub>	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

---

## 2 SYNTHÈSE ET CONCLUSION

---

### Température

2004 est une année normale.

### Pluviométrie

Avec un **déficit pluviométrique de 20%**, 2004 s'affiche comme la 5<sup>ème</sup> année la plus sèche de ces 20 dernières années.

### Hydrologie

Le débit moyen de la Leysse (**4,51 m<sup>3</sup>/s** en 2004) est bien inférieur au module interannuel (**6,48 m<sup>3</sup>/s**).

Sur le Sierroz, le débit moyen (**1,51 m<sup>3</sup>/s** en 2004) est inférieur au module (**2,52 m<sup>3</sup>/s**).

On notera que le débit a été souvent inférieur au module :

- . **82%** du temps sur la Leysse,
- . **85%** du temps sur le Sierroz.

Ces chiffres démontrent le caractère « sec » de l'année 2004.

### Conformité vis-à-vis de la Directive cadre sur l'eau (DCE)

Si l'on se limite à l'examen des échantillons prélevés en **régime établi** (critère imposé par la méthode du SEQ), on constate que :

- . la Leysse est conforme à la DCE **90%** du temps.
- . Le Sierroz est conforme à la DCE **72%** du temps. Les déclassements sont dus aux teneurs en **nitrate** (NO<sub>3</sub>) et **ammonium** (NH<sub>4</sub>).

Si l'on prend en compte **l'ensemble des échantillons** prélevés en 2004 (73 sur la Leysse et 71 sur le Sierroz), on constate que :

- . la Leysse est conforme à la DCE **67 %** du temps. Les déclassements se produisent en **temps de pluie** (MEST et dans une moindre mesure Ptot et NKT).
- . Le Sierroz est conforme à la DCE **47%** du temps. Les déclassements sont constatés en temps de pluie : MEST (rouge), Ptot (orange) et nitrates (jaune).

### Apport en nutriments au lac

	1974	1983	1995-96	2004
Ptot	300 T	150 T	94 T	<b>41 T</b>
PO <sub>4</sub>	140 T		18 T	<b>5,11 T</b>
NO <sub>3</sub>	1.500 T	580 T	450 T	<b>327 T</b>
NO <sub>3</sub> + NKT				<b>552 T</b>

En 2004, malgré une année hydrologiquement très favorable, l'apport en phosphore reste supérieur à la valeur théorique de 30 T permettant un retour vers le niveau mésotrophe.

79 à 95% des apports en phosphore et en azote sont consécutifs à un événement pluvieux. Le bruit de fond n'apporte que 10 à 20% des nutriments au lac.

---

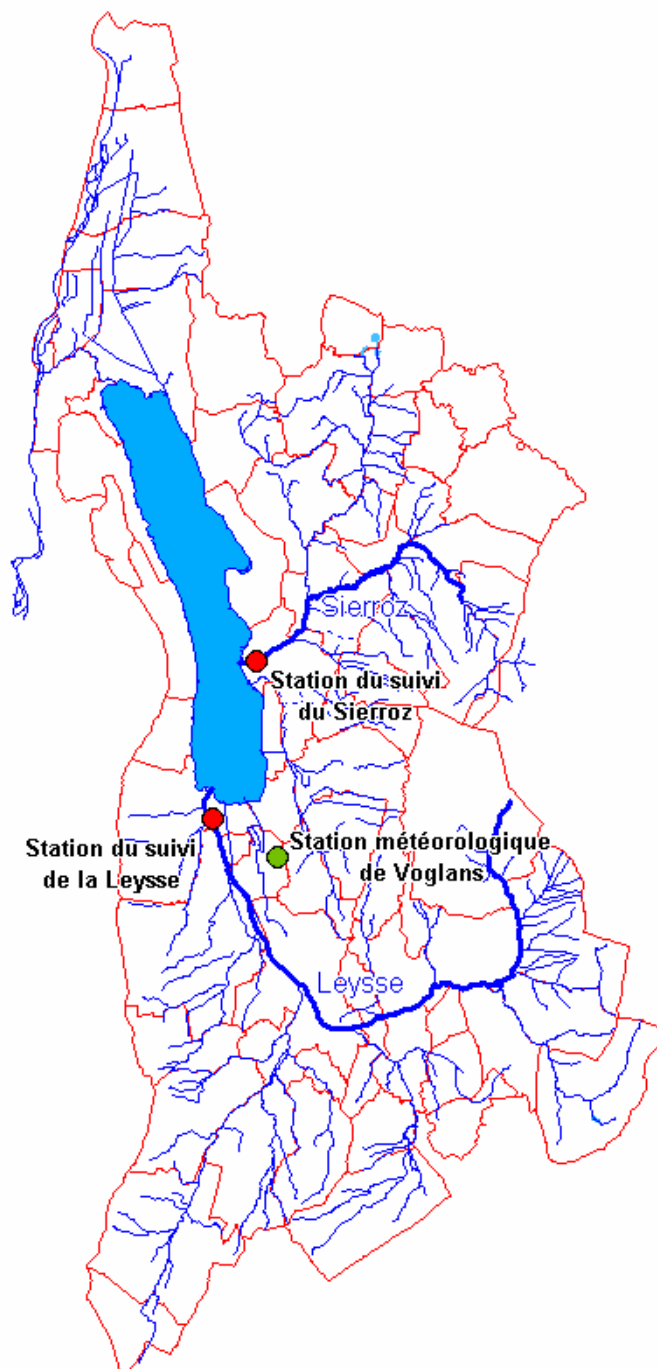
### 3 METEOROLOGIE ET HYDROLOGIE DE L'ANNEE 2004

---

#### 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 2004 présente un profil de températures assez proche de la moyenne observée sur la période 1984 – 2004.

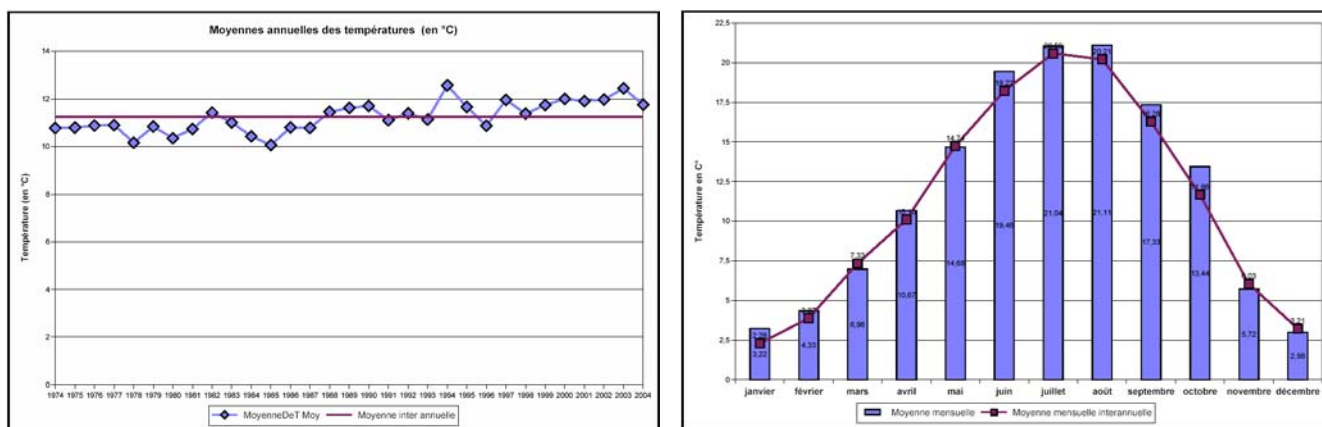


Figure 1 : Evolution de la moyenne annuelle et mensuelle des températures entre 1984 et 2004

### 3.1.2 Précipitations

Avec un cumul de 1.027 mm, l'année 2004 affiche un déficit de 20 % par rapport à une année normale (1.280 mm). 2004 s'affiche comme une des 5 années les plus sèches des 20 dernières années.

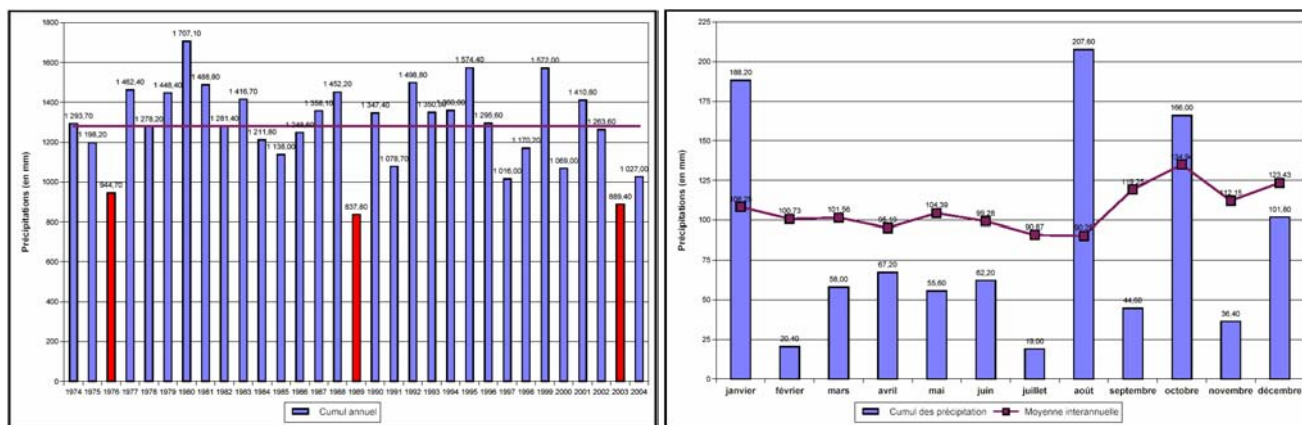


Figure 2 : Evolution de la moyenne annuelle et mensuelle des précipitations entre 1984 et 2004

Le graphe suivant permet de comparer les précipitations journalières des années 2003 (année exceptionnellement sèche) et 2004.

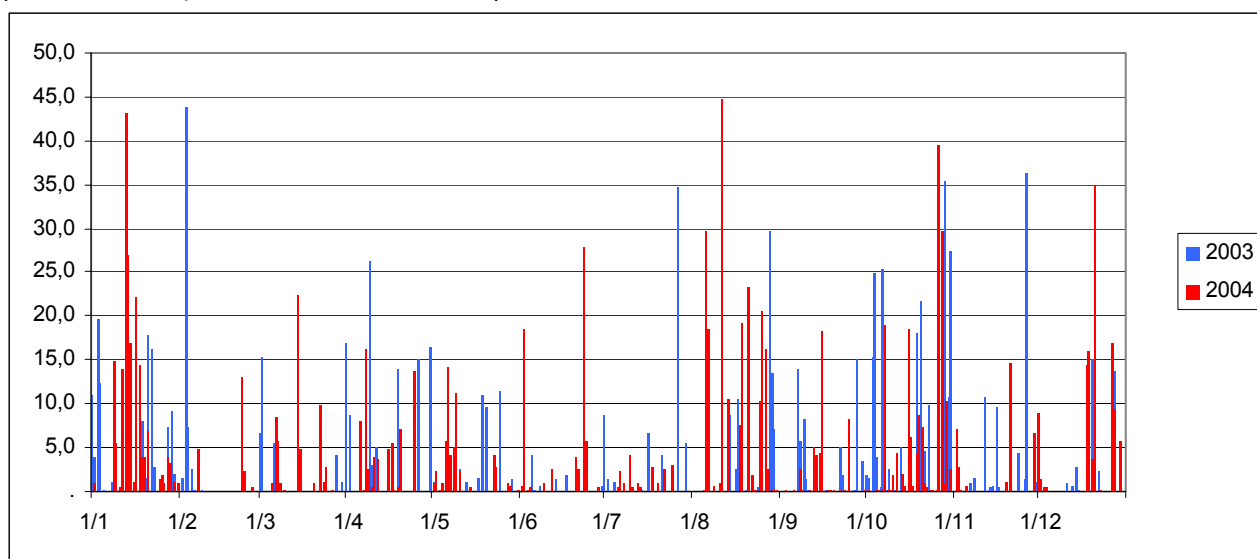
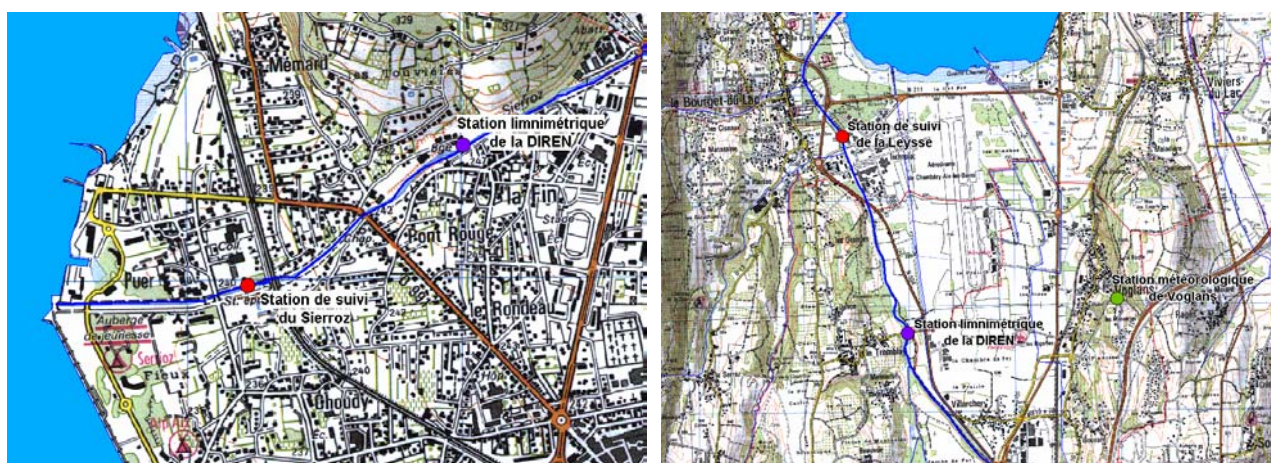


Figure 3 : Comparaison des précipitations journalières entre 2003 et 2004

### 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 Km<sup>2</sup>**) : 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 Km<sup>2</sup>** à la station limnimétrique du Tremblay et **296 Km<sup>2</sup>** 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 :

		<b>Leysse</b> (280 Km <sup>2</sup> )	<b>Sierroz</b> (133 Km <sup>2</sup> )
<b>débit biennal</b>	m <sup>3</sup> /s	<b>110</b>	<b>56</b>
<i>débit biennal spécifique</i>	m <sup>3</sup> /s/Km <sup>2</sup>	0,39	0,42
<b>module</b>	m <sup>3</sup> /s	<b>6,48</b>	<b>2,52</b>
<i>module spécifique</i>	l/s/Km <sup>2</sup>	26,9	20
<b>Q<sub>mna5</sub></b>	m <sup>3</sup> /s	<b>0,555</b>	<b>0,19</b>
<i>Q<sub>mna5</sub> spécifique</i>	l/s/Km <sup>2</sup>	3,9	1,57

### 3.2.1 Hydrologie de la Leysse en 2004

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi donne un bon aperçu de l'hydrologie de la Leysse durant cette année 2004. Ce graphe appelle plusieurs constats :

- La crue de janvier (105 m<sup>3</sup>/s) a une fréquence quasi-biennale (110 m<sup>3</sup>/s) ;
- Le volume transité en 2004 est de **142 Mm<sup>3</sup>** ;
- le débit a été **inférieur au module pendant 82%** du temps et **inférieur au Q<sub>mna5</sub> durant 9%** du temps.

Ces constats sont à mettre en relation avec la relative sécheresse de l'année.

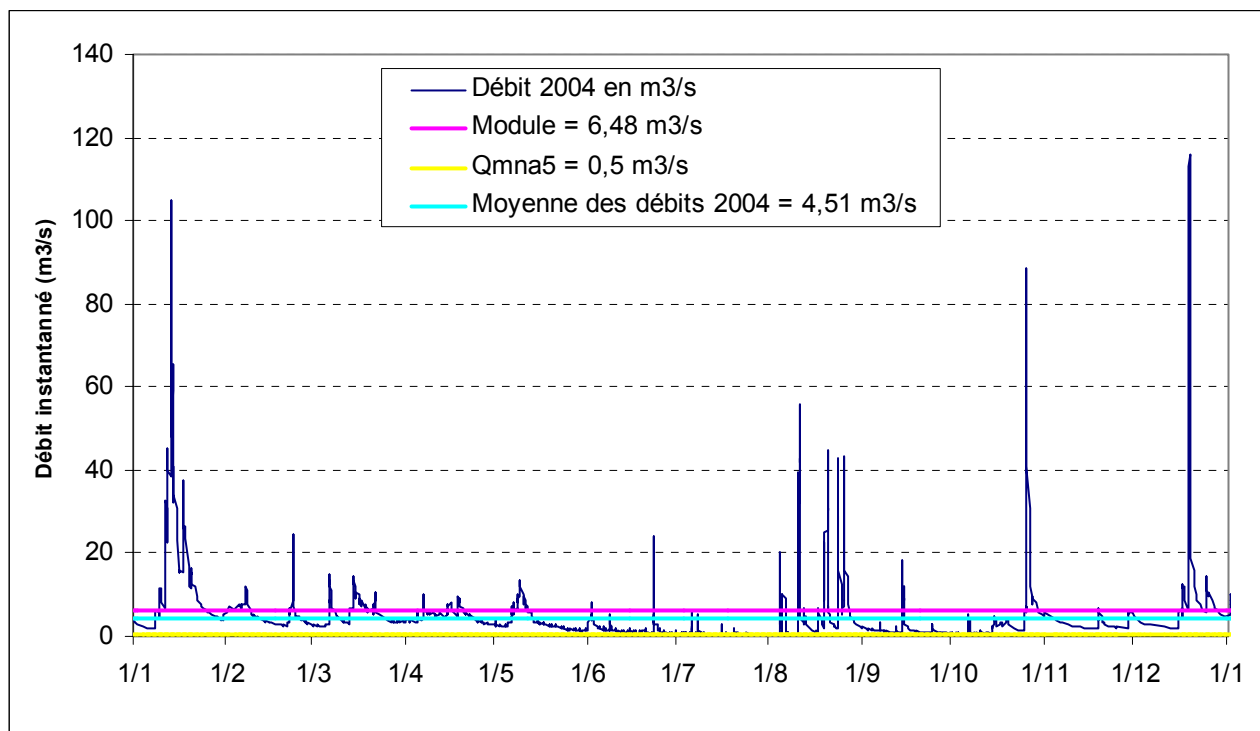


Figure 4 : Chronologie des débits sur la Leysse en 2004 (source DIREN)

### 3.2.2 Hydrologie du Sierroz en 2004

La chronologie des débits enregistrés à la station de suivi appelle plusieurs constats :

- La plus forte crue (43 m<sup>3</sup>/s en octobre) est inférieure à la biennale (56 m<sup>3</sup>/s) ;
- Le volume transité en 2004 est de **48 Mm<sup>3</sup>** ;
- le débit a été **inférieur au module pendant 85%** du temps et **inférieur au Qmna5 pendant 11%** du temps ;

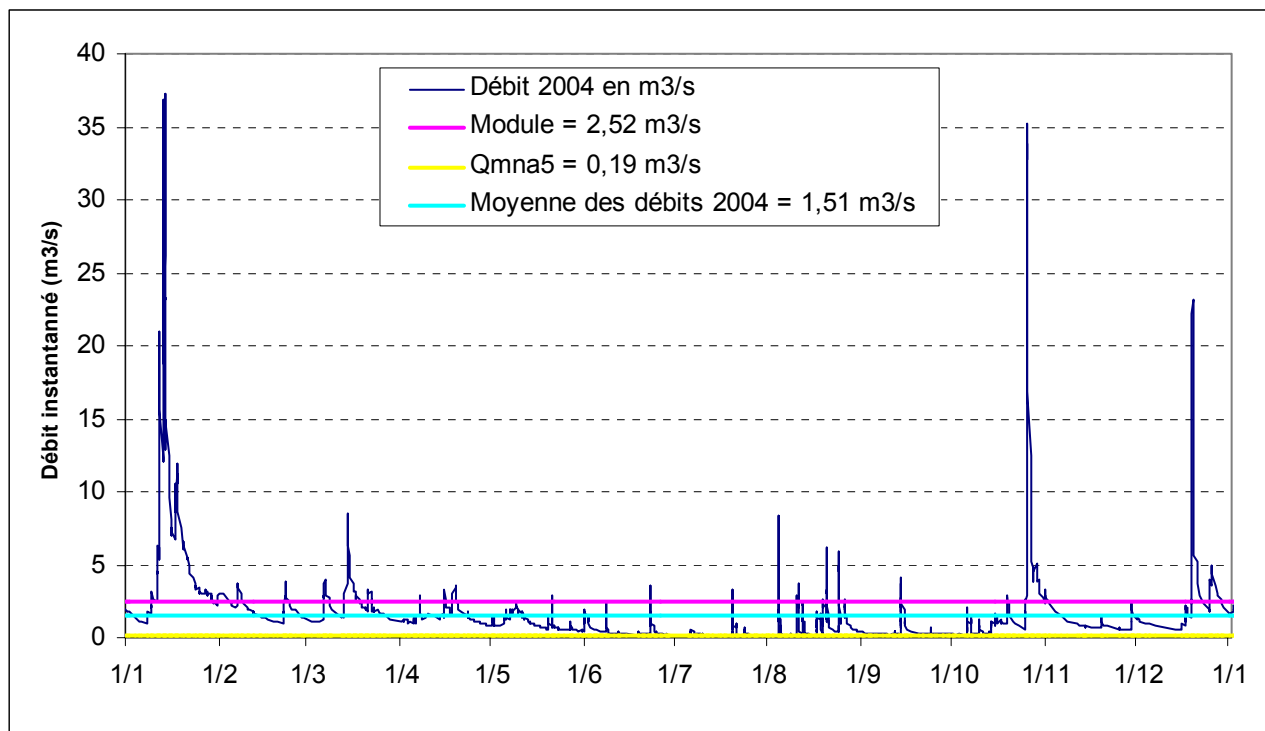


Figure 5 : Chronologie des débits sur le Sierroz en 2004 (source DIREN)

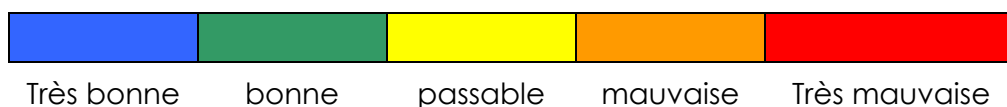
## 4 LA QUALITE DES COURS D'EAU

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 :

- une bonne qualité **physicochimique** en regard de l'usage de l'eau.
- une bonne qualité **biologique** du cours d'eau (IBGN, Indice poisson,...).
- une bonne qualité **physique** du cours d'eau.

Ces trois compartiments sont généralement examinés à un pas de temps annuel. Un des objectifs du suivi en semi-continu est de mesurer le compartiment **physicochimique** 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). En effet, il nous a semblé intéressant de ne pas limiter cet exercice d'évaluation aux prélèvements uniquement réalisés en régime stabilisé (critère du SEQ qui impose des échantillons réalisés au moins 10 jours après une pluie).

**L'objet du présent chapitre est de constater le classement des analyses 2004 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 (non conformité vis-à-vis de la DCE) ;
- chaque barre du graphique correspond à une analyse : ainsi, les traits grossis indiquent une juxtaposition de résultats identiques.

## 4.1 La Leysse

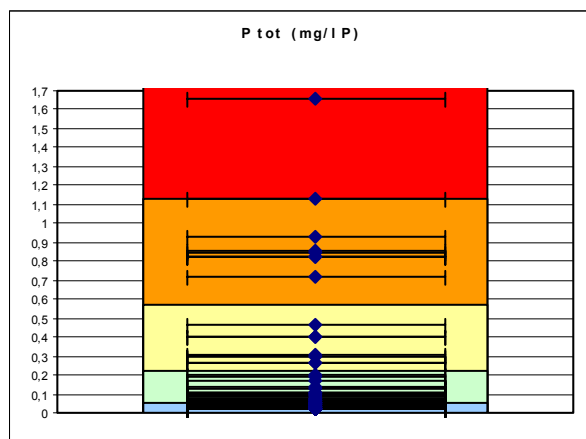
Au cours de l'année 2004, ce sont **73 analyses** qui ont été effectuées sur la Leysse.

Les données brutes sont présentées sous forme de tableau en *annexe 1*. L'*annexe 3* présente les résultats du SEQ en nombre d'analyses par classe et en nombre de jours sur l'année.

### 4.1.1 Conformité vis-à-vis de la DCE.

#### 4.1.1.1 Le phosphore (ortho P, Ptot)

La figure suivante présente la distribution des concentrations mesurées en orthophosphates ( $PO_4$ ) et en phosphore total (Ptot) sur les échantillons de l'année 2004.



Les concentrations en **Ptot** ont une grande variabilité : valeurs comprises entre 0,02 et 1,66 mg/l.

**15 analyses** déclassent la Leysse.

**Ptot** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **79%** des analyses
- **95%** de l'année.

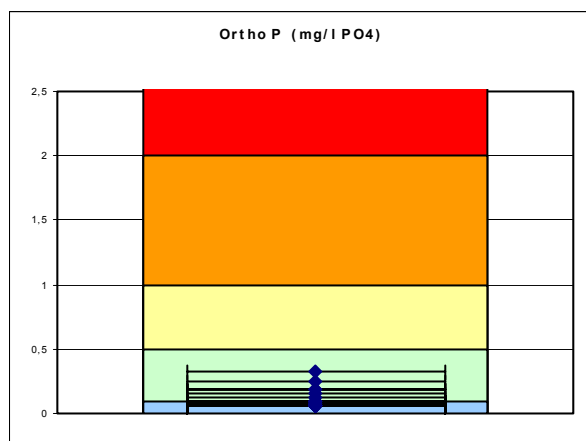


Figure 6 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans la Leysse en 2004

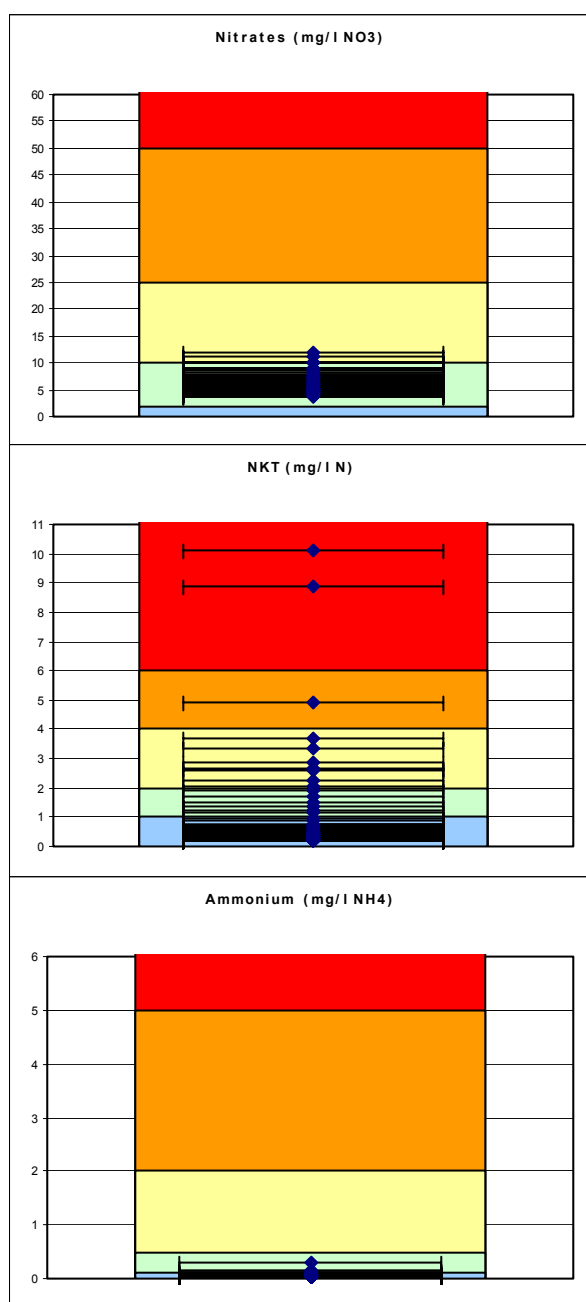
**PO<sub>4</sub>** présente une grande stabilité dans le temps : valeurs comprises entre 0,06 et 0,32 mg/l.

**6 analyses** (3% de l'année) sont en classe verte.

**PO<sub>4</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **100%** des analyses
- **100%** de l'année.

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



Les concentrations en **NO<sub>3</sub>** sont stables : elles varient de 4 à 12 mg/l.

La moyenne pondérée des concentrations est de **7,05 mg/l**.

**2 analyses** déclassent la Leysse en jaune.

**NO<sub>3</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **97%** des analyses
- **98%** de l'année.

La plage de mesure de **NKT** est large : de 0,2 à 10,1 mg/l.

**10 analyses** déclassent la Leysse, dont deux déclassements en rouge.

**NKT** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **87%** des analyses
- **97%** de l'année.

Les concentrations en **NH<sub>4</sub>** sont souvent proches du seuil de détection de 0,02 mg/l.

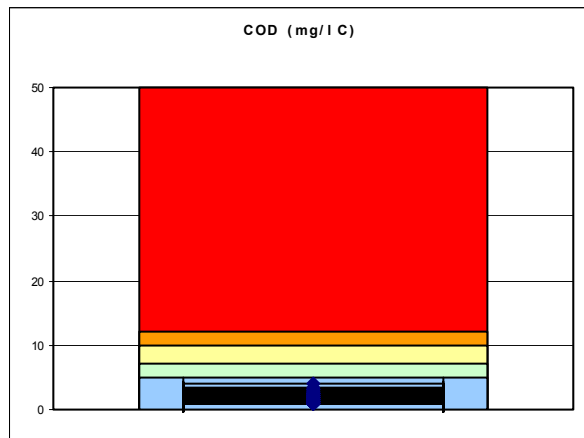
Seules 6 analyses dépassent 0,1 mg/l de N.

**NH<sub>4</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **100%** des analyses
- **100%** de l'année.

Figure 7 : Classement SEQ des concentrations en azote dans la Leysse en 2004

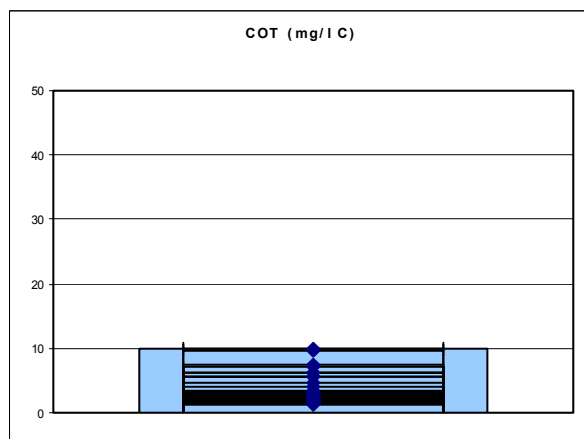
#### 4.1.1.3 Le carbone (carbone organique dissous et total)



Durant l'année 2004, toutes les concentrations mesurées en **COD** sont en classe bleue.

**COD** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **100%** des analyses
- **100%** de l'année.



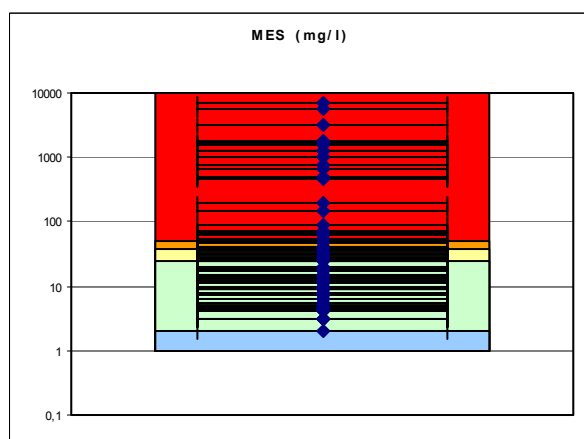
Les résultats des analyses de COT sont sujets à une plus grande variabilité. La composante particulaire du carbone organique est à l'origine de ces variations.

**COT** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **100%** des analyses
- **100%** de l'année.

Figure 8 : Classement SEQ des concentrations en carbone dans la Leysse en 2004

#### 4.1.1.4 Les MEST (matières en suspension totales)



Les MEST présentent une très forte variabilité dans le temps, entre 2 mg/l en régime hydrologique calme et **7.100 mg/l** en période de crue.

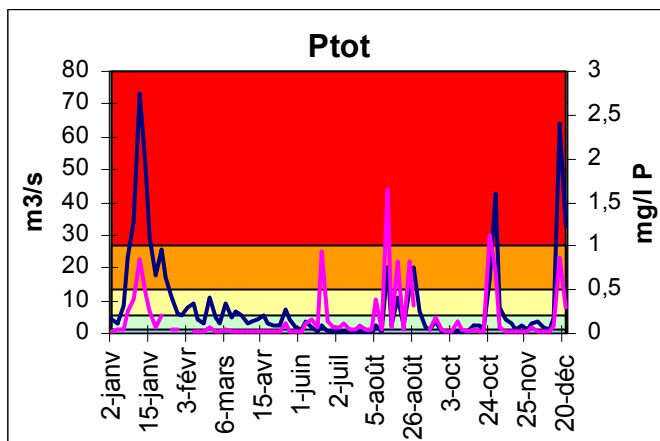
**MEST** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **55%** des analyses
- **66%** de l'année.

Figure 9 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans la Leysse en 2004

### 4.1.2 Origine des déclassements

Les graphiques exposés ci-après permettent de relier le classement des paramètres analysés et le régime hydrologique du cours d'eau ; l'objectif étant de vérifier si les déclassements sont liés ou non aux épisodes de crue.

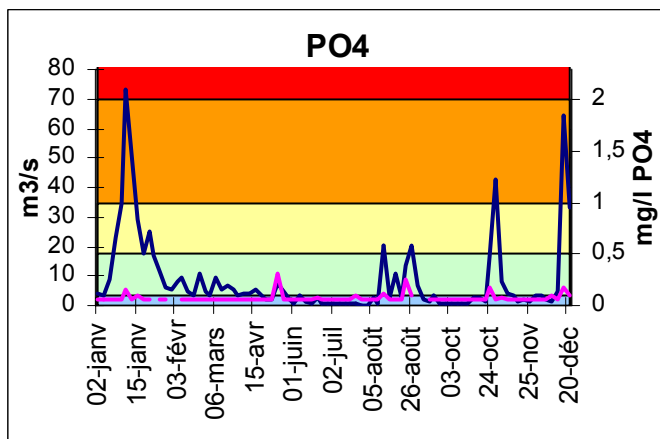


La composante particulaire de **Ptot**, confère à ce paramètre une forte réactivité au temps de pluie.

Les valeurs élevées sont concomitantes à celles des MEST.

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

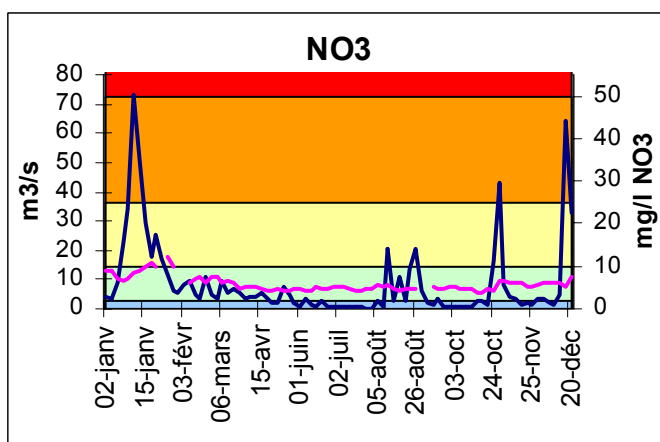


Les concentrations ne présentent des variations significatives que lors d'épisodes de pluie intense. Mobilisation du stock du sol.

Pas de déclassements mais les fortes concentrations sont reliées aux :

- **temps de pluie**

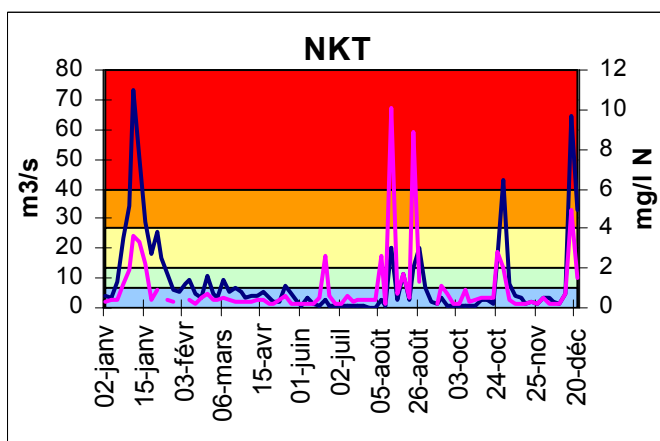
- **périodes d'amendements agricoles**



Les concentrations mesurées sont peu influencées par le régime hydrologique. Les valeurs sont assimilables au bruit de fond de la rivière.

Origine du déclassement (jaune) :

- **temps de pluie** (crue de janvier)

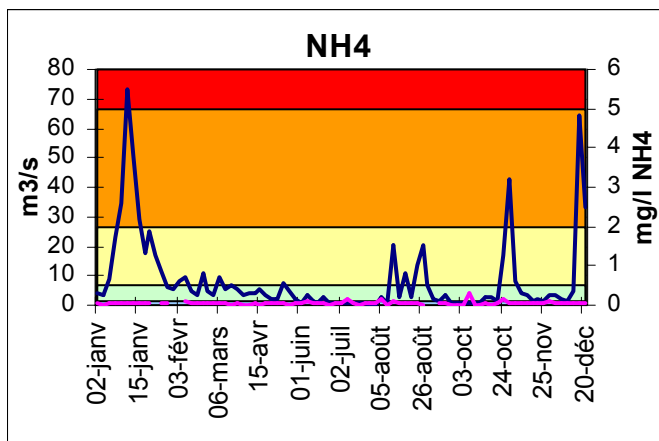


Les concentrations maximales (rouge) se situent entre juin et août ; périodes où les eaux sont chargées en matière organique (COT élevé).

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

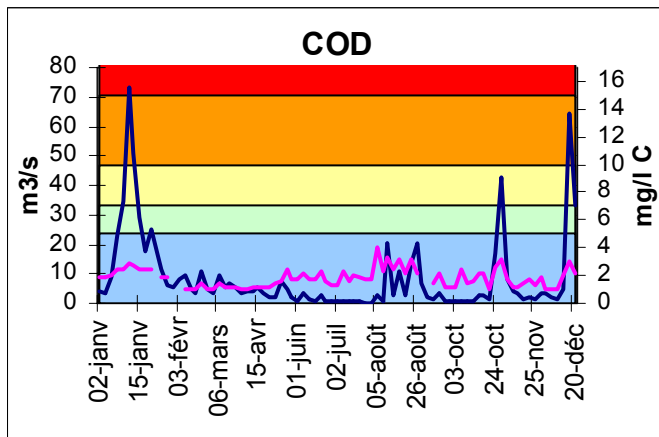
Figure 10a : Corrélations entre les débits et les déclassements des paramètres analysés



Les 5 plus fortes concentrations sont relevées lorsque le cours d'eau présente un débit faible et/ou un déficit en oxygène ( $< 3\text{ mg/l}$ ). L'oxydation de  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_2$  puis  $\text{NO}_3$  ne se produit alors pas.

**Pas de déclassements** mais les fortes concentrations sont reliées à un :

- **déficit en oxygène**

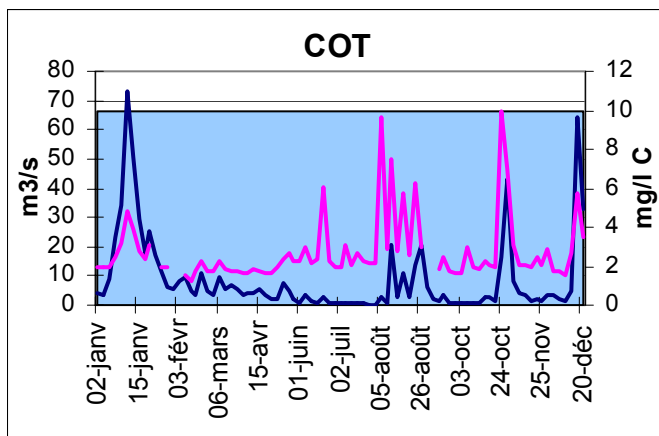


Les concentrations en COD varient avec le temps de pluie mais les valeurs restent comprises entre 1 et 4 mg/l.

Les plus fortes concentrations sont mesurées au mois d'août lors d'un fort épisode pluvieux consécutif à une longue période de temps sec.

**Pas de déclassements** mais les pointes en concentrations sont reliées aux :

- **temps de pluie**

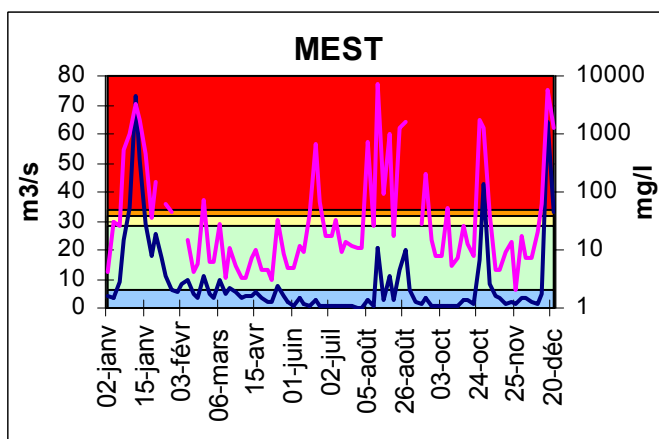


Les pointes (10 mg/l) ont été mesurées lors de fortes pluies intervenant après une longue période de temps sec.

Le lessivage des sols est sans doute à l'origine de la composante particulaire du COT. La présence de matière organique se traduit par une baisse du taux d' $\text{O}_2$ .

**Pas de déclassements** mais les pointes en concentrations sont reliées aux :

- **temps de pluie**



Les valeurs extrêmes interviennent pour des événements pluvieux précédés d'une longue période de temps stabilisé.

**Les déclassements** sont liés aux :

- **temps de pluie**

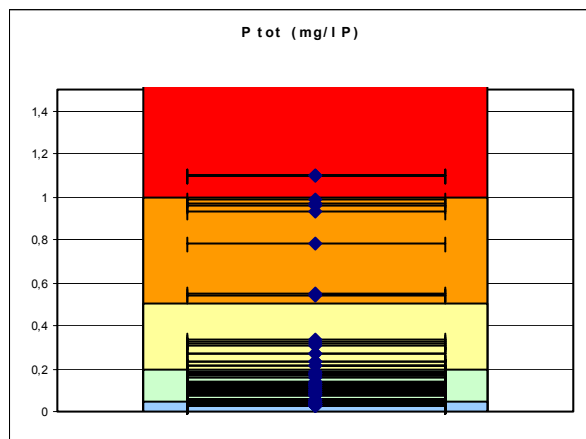
Figure 10b : Corrélations entre les débits et les déclassements des paramètres analysés

## 4.2 Le Sierroz

Au cours de l'année 2004, ce sont **71 analyses** qui ont été effectuées sur le Sierroz.

### 4.2.1 Conformité vis-à-vis de la DCE.

#### 4.2.1.1 Le phosphore (ortho P, Ptot)

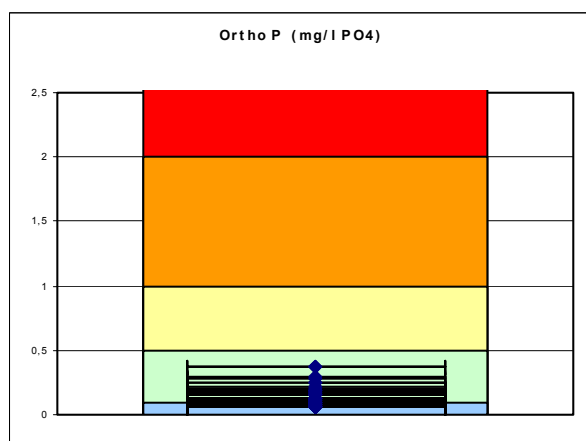


Les concentrations en **Ptot** sont très variables : de 0,03 à 3,01 mg/l.

**20 analyses** déclassent le Sierroz.

**Ptot** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **72%** des analyses
- **87%** de l'année.



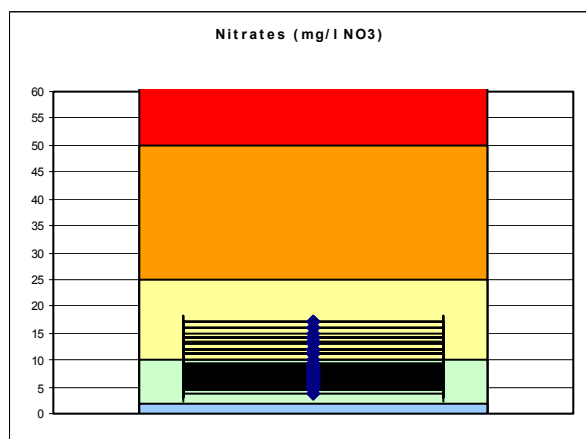
Les concentrations en **PO<sub>4</sub>** se répartissent entre la classe bleue (52%) et la classe verte (48%).

**PO<sub>4</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **100%** des analyses
- **100%** de l'année.

Figure 11 : Classement SEQ des concentrations en phosphore dans Le Sierroz en 2004

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



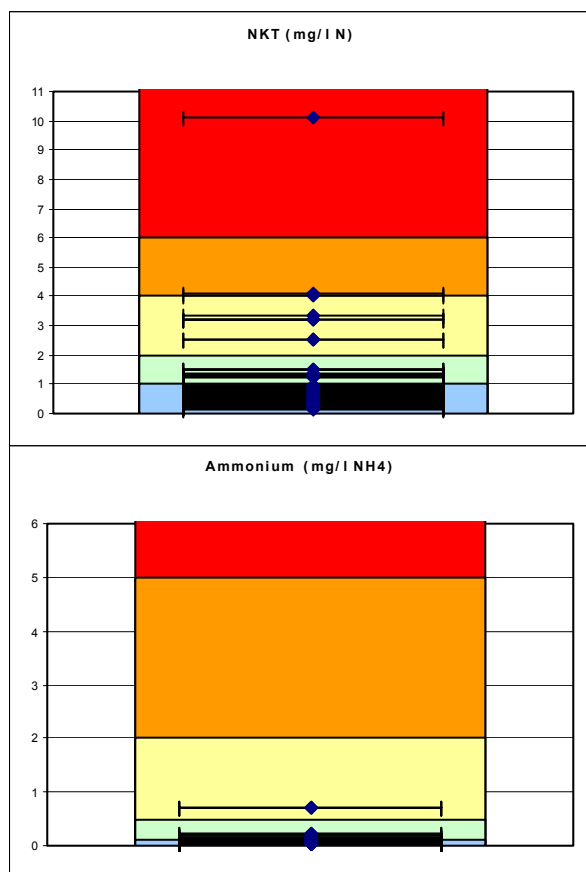
NO<sub>3</sub> présente des résultats plus variables que sur la Leysse : de 4,3 à 17 mg/l.

La moyenne pondérée des concentrations est de 10,8 mg/l.

**NO<sub>3</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **63%** des analyses
- **76%** de l'année.





Les concentrations de **NKT** varient entre 0,2 et 10,1 mg/l.

**NKT** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **88%** des analyses
- **98%** de l'année

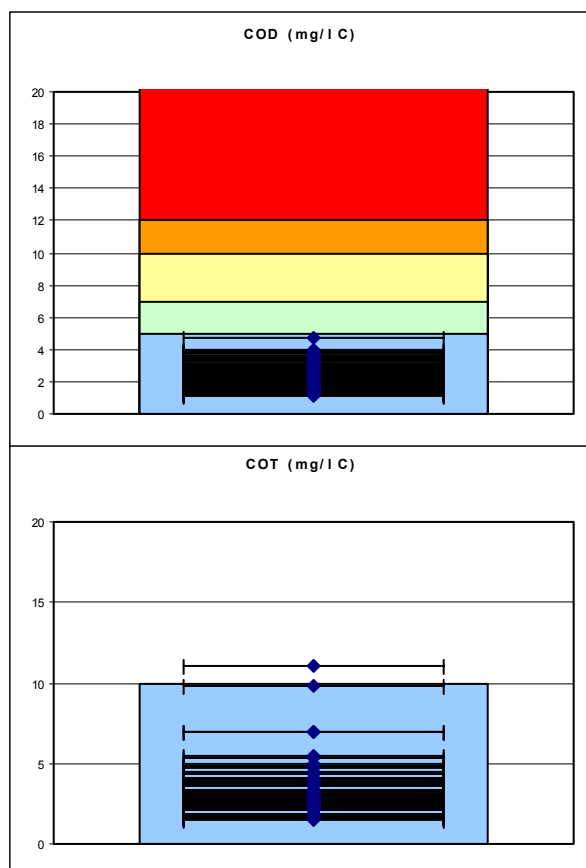
Les concentrations en **NH<sub>4</sub>** restent très stables également sur le Sierroz : de 0,02 à 0,69 mg/l.

**NH<sub>4</sub>** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **99%** des analyses
- **98%** de l'année

Figure 12 : Classement SEQ des concentrations en azote dans le Sierroz en 2004

#### 4.2.1.3 Le carbone (carbone organique dissous et total)



Toutes les concentrations mesurées en COD durant l'année 2004 sont en classe bleue.

**COD** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

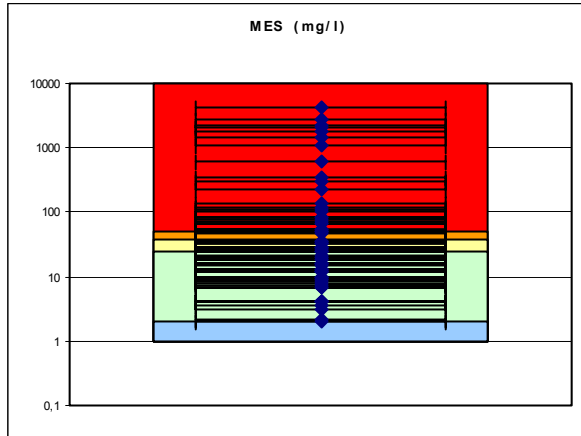
- **100%** des analyses
- **100%** de l'année

Les résultats des analyses de **COT** sont sujets à une plus grande variabilité.

**1 déclassement** est à noter.

Figure 13 : Classement SEQ des concentrations en carbone dans le Sierroz en 2004

#### 4.2.1.4 Les MEST (matières en suspension totales)



Les **MEST** présentent une très forte variabilité dans le temps : de 2 mg/l en régime hydrologique calme à 4 200 mg/l (inférieur à la Leysse) en période de crue.

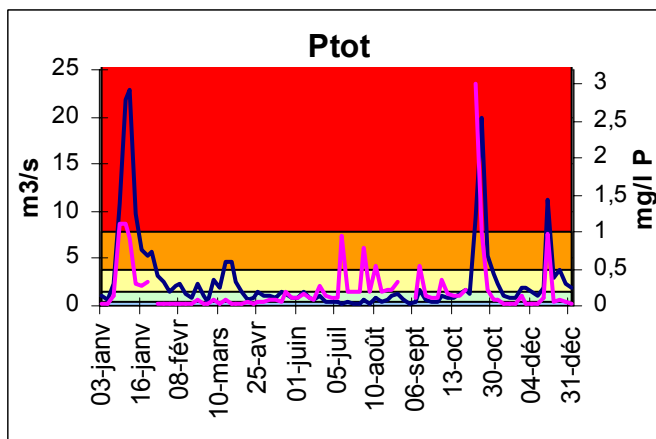
**MEST** est conforme vis-à-vis de la DCE pour :

- **58%** des analyses
- **67%** de l'année

Figure 14 : Classement SEQ des concentrations en MEST dans le Sierroz en 2004

#### 4.2.2 Origine des déclassements

Les graphiques exposés ci-après permettent de relier le classement des paramètres analysés et le régime hydrologique du cours d'eau ; l'objectif étant de vérifier si les déclassements sont liés ou non aux épisodes de crue.

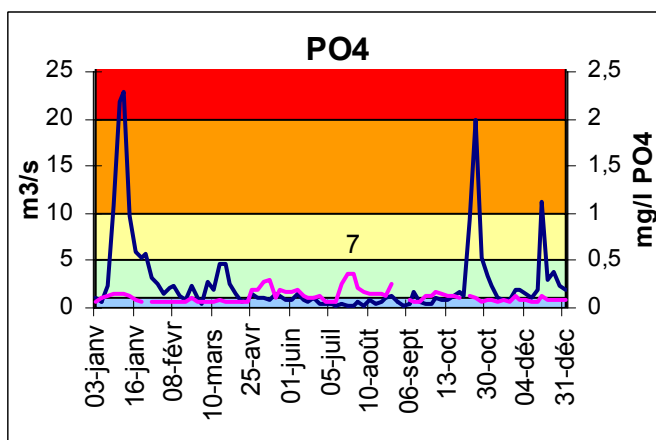


Les déclassements sont concomitants avec les valeurs élevées de COT et MEST.

On constate plusieurs déclassements au cours de l'année.

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

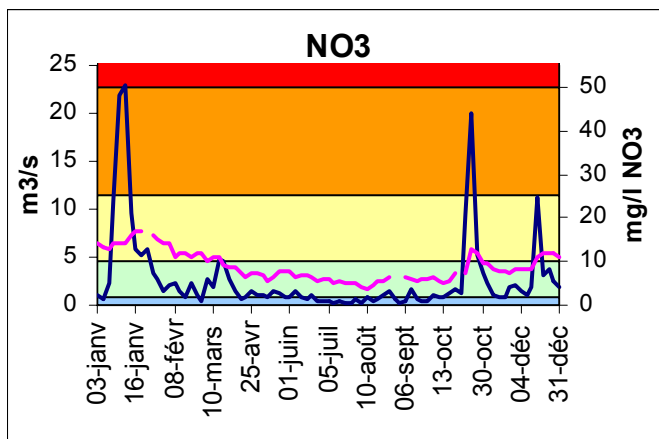


Les concentrations ne présentent des variations significatives que pendant la période estivale.

Pas de déclassements mais les fortes concentrations sont liées aux :

- **temps de pluie**
- **périodes d'amendements agricoles**

Figures 15a : Corrélations entre les débits et les déclassements des 8 paramètres analysés

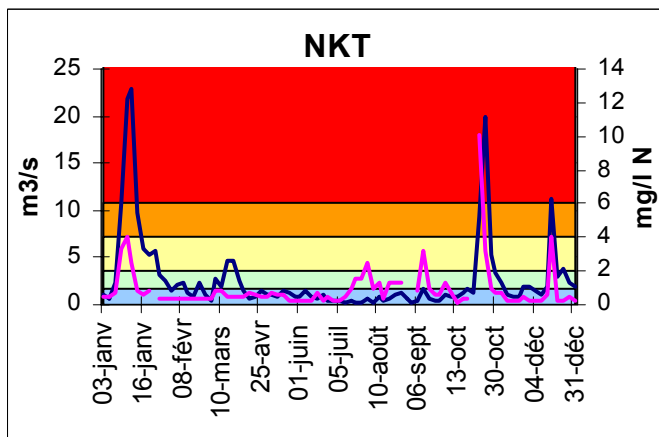


La concentration en **NO<sub>3</sub>** suit les variations du débit moyen : faible en été et plus élevé en hiver.

Les épisodes de crue ne sont pas très marqués. Les concentrations mesurées représentent le bruit de fond du cours d'eau.

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

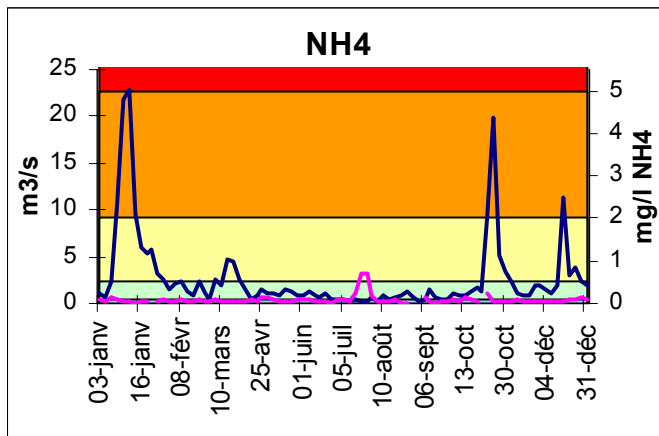


Les déclassements liés à **NKT** se produisent en période de crue.

Contrairement à la Leyse, les plus fortes concentrations ne se produisent pas l'été mais en janvier, octobre et décembre.

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

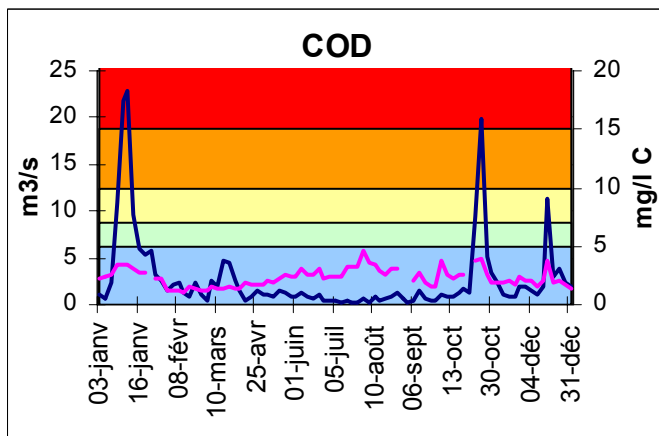


Les concentrations en **NH<sub>4</sub>** sont peu influencées par les crues.

La plus forte concentration a été mesurée lors d'une crue d'été.

Pas de déclassements mais les pointes sont reliées à des situations où l'oxygène fait défaut, notamment en :

- **temps de pluie**

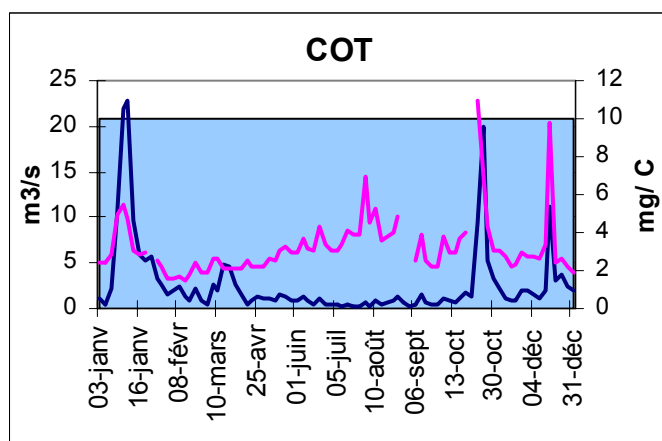


Comme pour la Leyse, la plus forte concentration est mesurée au mois d'août lors d'un fort épisode de pluie consécutif à une longue période de temps sec.

**Pas de déclassements** mais les pointes en concentrations sont reliées aux :

- **temps de pluie**

Figures 15b : Corrélations entre les débits et les déclassements des 8 paramètres analysés

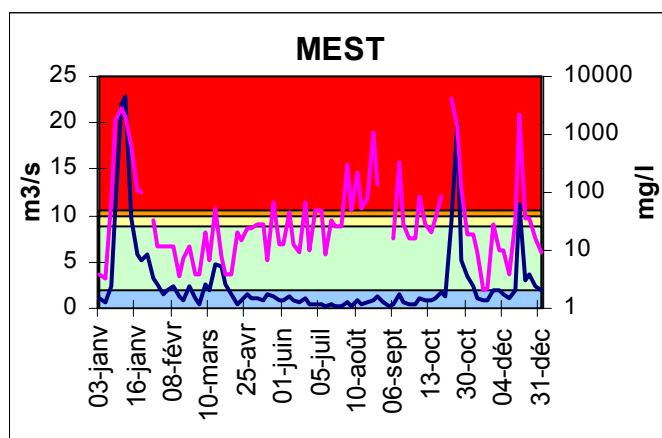


Le COT réagissant fortement au ruissellement, les concentrations les plus élevées apparaissent :

- soit lorsque la pluie lessive les sols après une période de temps sec (crue d'août)
- soit lors d'un évènement pluvieux intense qui intervient sur un sol déjà humide (crues octobre et décembre).

Origine du déclassement :

- **temps de pluie**



Les augmentations de concentrations en **MEST** sont liées au temps de pluie.

Malgré des débits faibles en période estivale, les MEST restent un facteur de déclassement prédominant durant cette période (ruissellement sur des sols secs).

Origine des déclassements :

- **temps de pluie**

Figures 15c : Corrélations entre les débits et les déclassements des 8 paramètres analysés

### 4.3 Bilan de l'année 2004

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes annuelles pondérées par le volume.

		Leyse (296 Km <sup>2</sup> )	Sierroz (133 Km <sup>2</sup> )
<b>Débit moyen 2004</b>	<i>m<sup>3</sup>/s</i>	<b>4,51</b>	<b>1,51</b>
<b>Ptot</b>	mg/l	<b>0,2</b>	<b>0,27</b>
<b>PO<sub>4</sub></b>	mg/l	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>
<b>NO<sub>3</sub></b>	mg/l	<b>6,52</b>	<b>10,92</b>
<b>NKT</b>	mg/l	<b>1,12</b>	<b>1,37</b>
<b>NH<sub>4</sub></b>	mg/l	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>
<b>COD</b>	mg/l	<b>1,85</b>	<b>2,25</b>
<b>COT</b>	mg/l	<b>2,77</b>	<b>3,21</b>
<b>MES</b>	mg/l	558	384

Tableau 1 : Moyennes pondérées des concentrations dans la Leyse et le Sierroz.

**Hormis pour les MEST, le Sierroz présente des concentrations supérieures ou égales à celles de la Leyse, pour un bassin versant de superficie et de population moindres.**

---

On note, en particulier, la concentration élevée du **Sierroz** en **nitrate** (plus de 10 mg/l).

Les graphiques suivants donnent un aperçu assez net du classement des rivières sur l'année 2004 :

#### La Leyse :

- Qualité en prenant en compte que les échantillons prélevés en **régime établi** :



- Qualité en prenant en compte tous les échantillons de l'année 2004 :



On remarque que :

- la **Leyse** est **conforme** à la DCE **91%** du temps en régime établi (critère à retenir vis-à-vis de la DCE) ;
- la **Leyse** est **conforme** aux objectifs de la DCE **67 %** si l'on considère l'ensemble des 73 échantillons.

Les périodes de **non conformité** sont liées aux **MEST**.

#### Le Sierroz :

- Qualité en prenant en compte que les échantillons prélevés en **régime établi** :



- Qualité en prenant en compte tous les échantillons de l'année 2004 :



On remarque que :

- le **Sierroz** est **conforme** à la DCE **72%** du temps en régime établi ;
- le **Sierroz** est **conforme** aux objectifs de la DCE **47 %** si l'on considère l'ensemble des 71 échantillons.

En régime établi, les déclassements sont imputables à **NO<sub>3</sub>** et **NH<sub>4</sub>**. En régime global, les déclassements sont dus, prioritairement au paramètre **MEST** (rouge), puis à **Ptot** (orange) et **NO<sub>3</sub>** (jaune).

La présence de nitrates en plus grande quantité dans le Sierroz s'explique par les **amendements agricoles, la lixiviation des lisiers et l'assainissement (tant autonome que collectif)**. Les concentrations en PO<sub>4</sub> pendant la période estivale confirment l'origine agricole.

L'analyse des figures précédentes et du tableau de l'annexe 3 permettent de tirer les conclusions suivantes sur les périodes de non-conformité vis-à-vis de la DCE :

- les déclassements sont principalement liés aux épisodes de **crues**.
- les concentrations les plus élevées sont mesurées lors de fortes précipitations ou d'évènements pluvieux précédés d'une longue période de temps sec.
- les concentrations mesurées pour les paramètres liées aux particules sont fortement influencées par le temps de pluie (Ptot, NKT, MEST).
- les concentrations en nitrates suivent le débit moyen.
- les concentrations élevées en ammonium se produisent lorsque le cours d'eau présente des concentrations faibles en O<sub>2</sub>.

## 5 LES APPORTS AU LAC

L'objectif de cette partie est de déterminer les apports en nutriments au lac par la Leysse et le Sierroz et de les comparer avec les données existantes.

### 5.1 Estimation des flux

L'estimation des flux a été calculée en multipliant le volume transité de chaque échantillon par la concentration de chaque élément analysé.

#### 5.1.1 Bilan de l'année 2004

Le tableau suivant présente les apports de la Leysse et du Sierroz.

	Année 2004				
	TOTAL	Leysse (296 Km <sup>2</sup> )		Sierroz (133 Km <sup>2</sup> )	
Volume transité (m <sup>3</sup> )	190 Mm <sup>3</sup>	142 Mm <sup>3</sup>	75%	48 Mm <sup>3</sup>	25%
Ortho P	5,1 T	3,5 T	69%	1,6 T	31%
Ptot	<b>41 T</b>	<b>28 T</b>	68%	<b>13 T</b>	32%
NO <sub>3</sub>	<b>327 T</b>	<b>209 T</b>	64%	<b>118 T</b>	36%
NH <sub>4</sub>	6,4 T	3,8 T	59%	2,6 T	41%
COD	370 T	263 T	71%	108 T	29%
COT	547 T	392 T	72%	154 T	28%
MEST	97 606 T	79 182 T	81%	18 424 T	19%
NKT	225 T	159 T	71%	66 T	29%

Tableau 2 : Apports annuels de la Leysse et du Sierroz en 2004.

Ce tableau appelle plusieurs remarques :

- Le rapport hydrologique entre Leysse et Sierroz (75% / 25%) est représentatif du rapport de superficie (70% / 30%) ;
- Le rapport entre les apports de la Leysse et ceux du Sierroz en **nitrates** est inférieur à celui du volume transité. Ce qui est confirmé par une concentration moyenne pondérée en nitrates plus élevée dans le Sierroz (10,92 mg/l) que dans la Leysse (6,52 mg/l) ;
- **Ptot**, **COD** et **COT** respectent le **rapport hydrologique** entre les deux cours d'eau. Les concentrations moyennes pondérées de **Ptot** sont identiques.
- La Leysse **apporte en plus grande proportion** des **MEST** et du **NKT**. En période de crue la Leysse est davantage chargée en particules que le Sierroz.

En 2004, la Leysse et le Sierroz ont apporté au lac :

	Estimation 1974	Estimation 1983	Estimation 1995-1996	Résultats 2004
Ptot	300 T	150 T	94 T	<b>41 T</b>
PO4	140 T		18 T	<b>5,11 T</b>
NO3	1.500 T	580 T	450 T	<b>327 T</b>
NO3 + NKT				<b>552 T</b>

Tableau 3 : Chronologie des apports au lac depuis 1974.

Les principaux apports en **azote** se font sous forme de **nitrates (60 %)**. Sur les 225 tonnes de NKT, 97% sont sous la forme organique.

En 2004, malgré une année hydrologiquement très favorable, l'apport en phosphore reste supérieur à la valeur théorique de **30 T** permettant un retour vers le niveau mésotrophe.

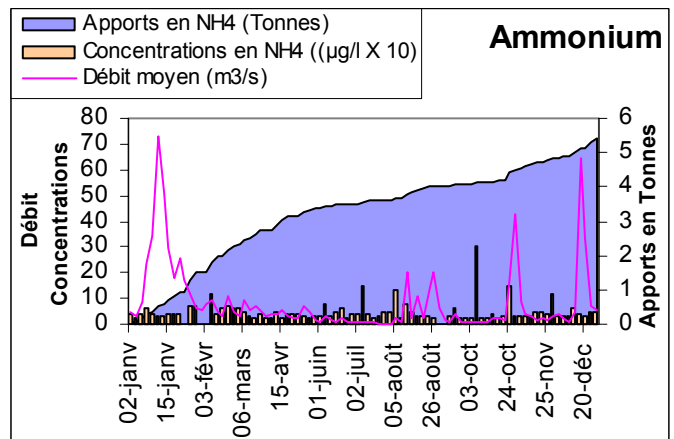
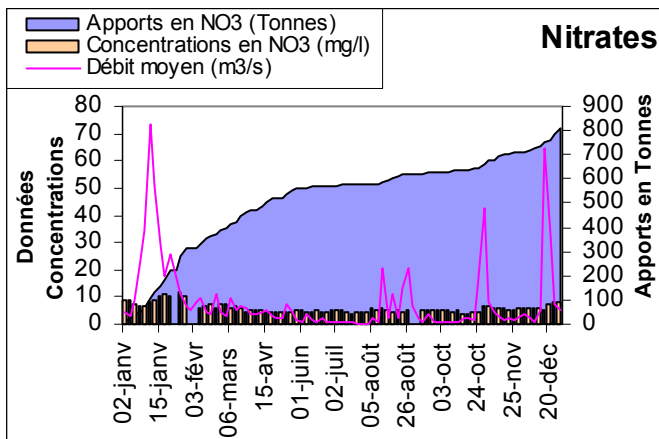
### 5.1.2 Analyse des flux par paramètres

Les figures suivantes présentent le cumul des flux calculés sur l'année 2004. Sont également reportés, les débits ainsi que les concentrations mesurées. Ces graphiques permettent de déterminer l'influence du débit et / ou des concentrations sur les flux apportés au lac.

#### 5.1.2.1 La Leysse

##### **Les flux continus et réguliers**

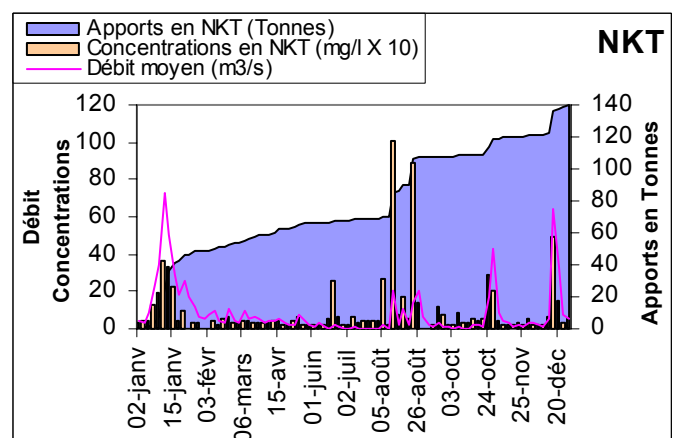
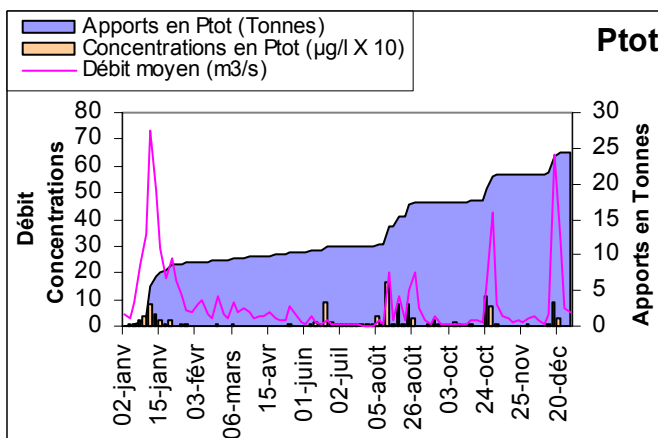
Les apports en **NO<sub>3</sub>** en **NH<sub>4</sub>** sont forts de janvier à juin puis quasi nuls durant la période estivale. Les apports au lac sont à nouveau en hausse à partir du mois d'octobre. **L'évolution des apports en nitrate et ammonium est liée au débit moyen du cours d'eau.** Le débit moyen est élevé en janvier puis diminue pour atteindre un minimum entre juin et septembre avant de augmenter en octobre. **Les apports sont peu sensibles aux crues.**



Figures 16a : cumul des flux de la Leysse

### Les flux influencés par les crues

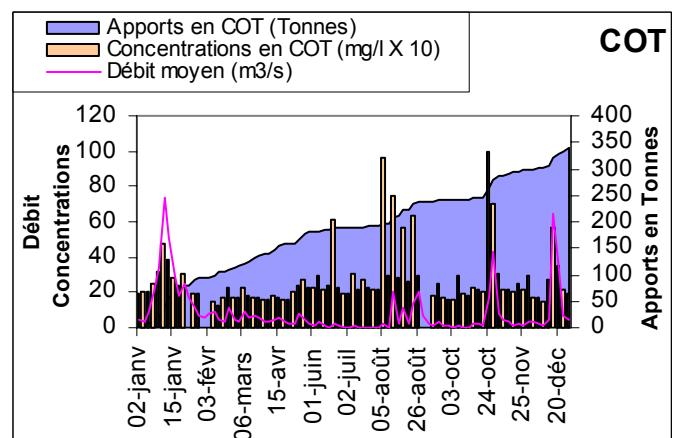
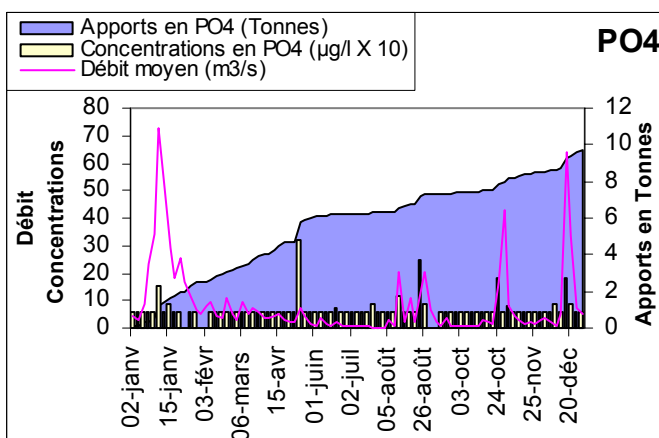
Les apports en **MEST**, en **Ptot** et **NKT** ont lieu principalement en période de crue. On observe nettement une évolution en escalier correspondant à chaque crue. En dehors de ces événements, l'évolution est très faible.



Figures 16b : cumul des flux de la Leysse

### Les flux continus et réguliers

Les apports en **PO<sub>4</sub>**, **COD** et **COT** présentent une évolution intermédiaire : d'une façon générale, **les apports sont liés au débit moyen** et sont aussi **fortement influencés par les crues**.



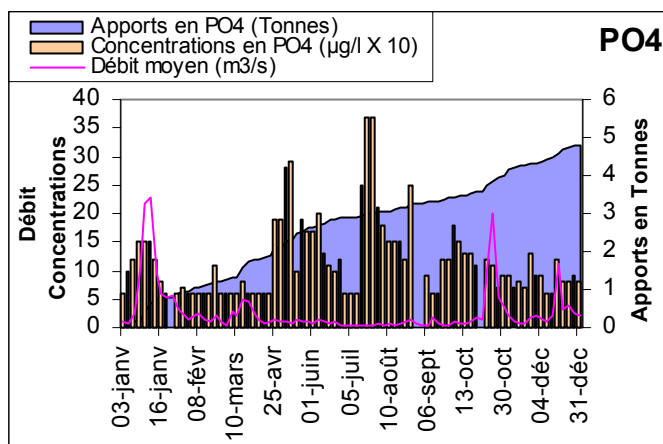


On retrouve une évolution similaire à celle des paramètres précédents :

- apports élevés de janvier à juin.
- quasi nuls durant la période estivale.
- en hausse à partir du mois d'octobre.

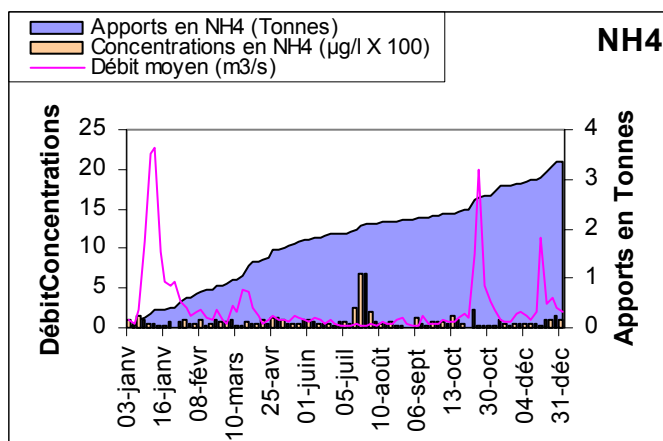
Mais avec des **augmentations brutales des apports au moment des crues**.

### 5.1.2.2 Le Sierroz

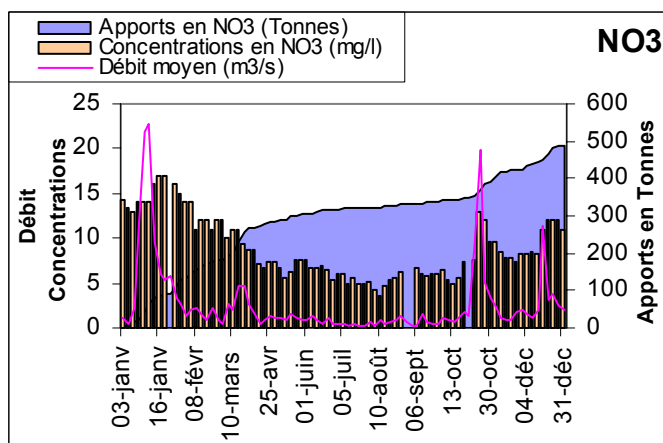


Contrairement à la Leyse, malgré des débits faibles entre avril et juillet, les apports en **PO<sub>4</sub>** sont importants

Ces apports sont liés à de fortes concentrations (amendements agricoles).



Les apports en **NH<sub>4</sub>** sont **réguliers** au cours de l'année avec une hausse plus importante entre avril et août (déficits en oxygène réguliers) avec présence d'un palier fin juillet lié à des concentrations élevées.

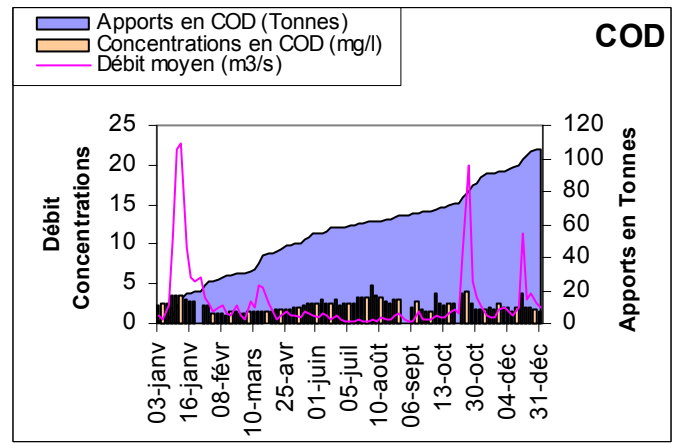
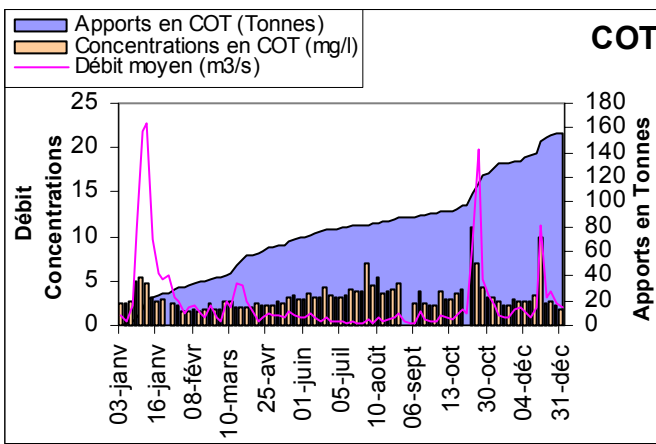


Les apports en **NO<sub>3</sub>** sont importants en période de hautes eaux (janvier à mars puis octobre à décembre).

Le début d'année présente des concentrations élevées liées au ressuyage des sols.

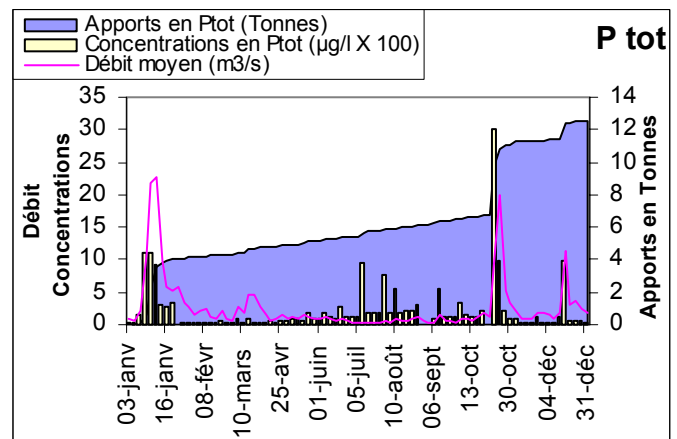
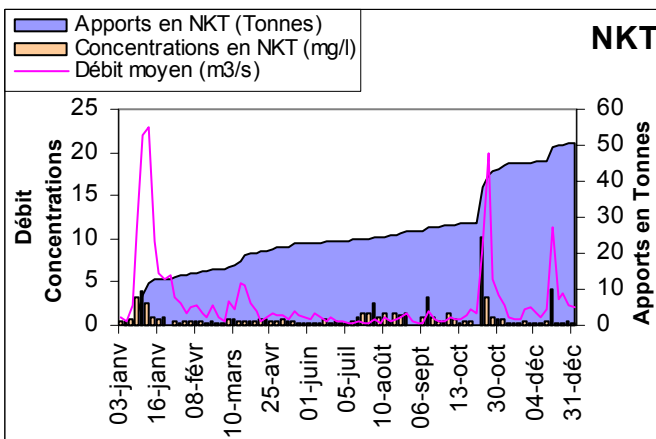
Figures 17a : cumul des flux du Sierroz

L'évolution des apports en **COT** et **COD** est similaire. Les apports sont permanents au cours de l'année et **liés au débit moyen du cours d'eau**. Le COT présente toutefois des apports plus importants à partir d'octobre. L'origine du carbone organique apportée pendant cette période est majoritairement particulaire.



Figures 17b : cumul des flux du Sierroz

Les apports en **NKT** et **Ptot** se font essentiellement en période de crue. Toutefois, les concentrations élevées en régime établi participe substantiellement à l'apport annuel. Ce phénomène n'est observé sur la Leysse.



Figures 17c : cumul des flux du Sierroz

Les apports en **MEST** se font **exclusivement en période crue**.

## 5.2 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. Pour ce faire, nous distinguons deux régimes : le régime établi et le temps de pluie.

Le temps de pluie a été arbitrairement défini comme la période durant laquelle le débit n'est pas stabilisé (montée et descente de crue).

### 5.2.1 La Leysse

La station Météofrance de Voglans a relevé **170 jours** de pluie sur l'année. Le régime de temps de pluie de la Leysse représente **221 jours** soit **60%** 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	Pourcentage de l'apport total
Volume transité	110 Mm3	<b>77%</b>
Ortho P	2,9 T	<b>82%</b>
Ptot	27 T	<b>96%</b>
NO <sub>3</sub>	162 T	<b>77%</b>
NH <sub>4</sub>	3,2 T	<b>83%</b>
COD	220 T	<b>83%</b>
COT	335 T	<b>85%</b>
MEST	78 722 T	<b>99%</b>
NKT	150 T	<b>94%</b>

Tableau 4 : Apports en temps de pluie de la Leysse.

Le temps de pluie, qui couvre 60% du temps, représente au minimum **77%** des apports.

Pour les paramètres **MEST**, **Ptot** et **NKT**, le temps de pluie représentent plus de **94%** de l'apport annuel.

Les apports en **NH<sub>4</sub>**, **Ortho P**, **COD**, **NO<sub>3</sub>** sont en rapport avec le volume transité, ce qui confirme la régularité des apports tant en régime de temps de pluie qu'en régime établi.

## 5.2.2 Le Sierroz

Le régime de temps de pluie du Sierroz représente **194 jours** soit **53%** de l'année..

	Apports en temps de pluie	Pourcentage de l'apport total
Volume transité	36 Mm3	<b>75%</b>
Ortho P	1,27 T	<b>79%</b>
Ptot	12 T	<b>92%</b>
NO <sub>3</sub>	96,4 T	<b>72%</b>
NH <sub>4</sub>	1,9 T	<b>75%</b>
COD	87 T	<b>80%</b>
COT	127 T	<b>82%</b>
MEST	18 268 T	<b>99%</b>
NKT	60 T	<b>90%</b>

Tableau 5 : Apports en temps de pluie du Sierroz.

On remarque que les apports en temps de pluie du Sierroz sont inférieurs à ceux de la Leysse.

La part du temps de pluie sur les apports totaux est également moins importante. Elle varie de **72% pour OrthoP à 99% pour les MEST**. Les paramètres dont les apports sont prédominants en temps de pluie sont les **MEST**, **NKJ** et **Ptot**. Les % d'apport en **OrthoP** et en **ammonium** sont proches du % de volume transité. Cela confirme les résultats de la figure 17 : les plus fortes concentrations sont mesurées en temps sec.

---

### 5.2.3 Bilan 2004

Le tableau suivant présente la part du temps de pluie sur les apports totaux au lac.

	Apports en temps de pluie	Pourcentage de l'apport total
Volume transité	146 Mm3	<b>77%</b>
Ortho P	4,2T	<b>82%</b>
Ptot	39 T	<b>95%</b>
NO <sub>3</sub>	258 T	<b>79%</b>
NH <sub>4</sub>	5,1 T	<b>80%</b>
COD	307 T	<b>83%</b>
COT	462 T	<b>84%</b>
MEST	96 990 T	<b>99%</b>
NKT	210 T	<b>93%</b>

Tableau 6 : Apports au lac par temps de pluie.

79 à 95% des apports en phosphore et en azote sont consécutifs à un événement pluvieux. Le bruit de fond n'apporte que 10 à 20% des nutriments au lac.

### 5.3 Eléments d'interprétation sur le temps de pluie

Comme on a pu le mettre en évidence précédemment les molécules ne réagissent pas de la même façon en temps de pluie. Chaque molécule possède une affinité avec les particules du sol et une solubilité qui lui est propre. Les deux figures suivantes décrivent les modes de transformation et de transport dans le sol de l'azote et du phosphore.

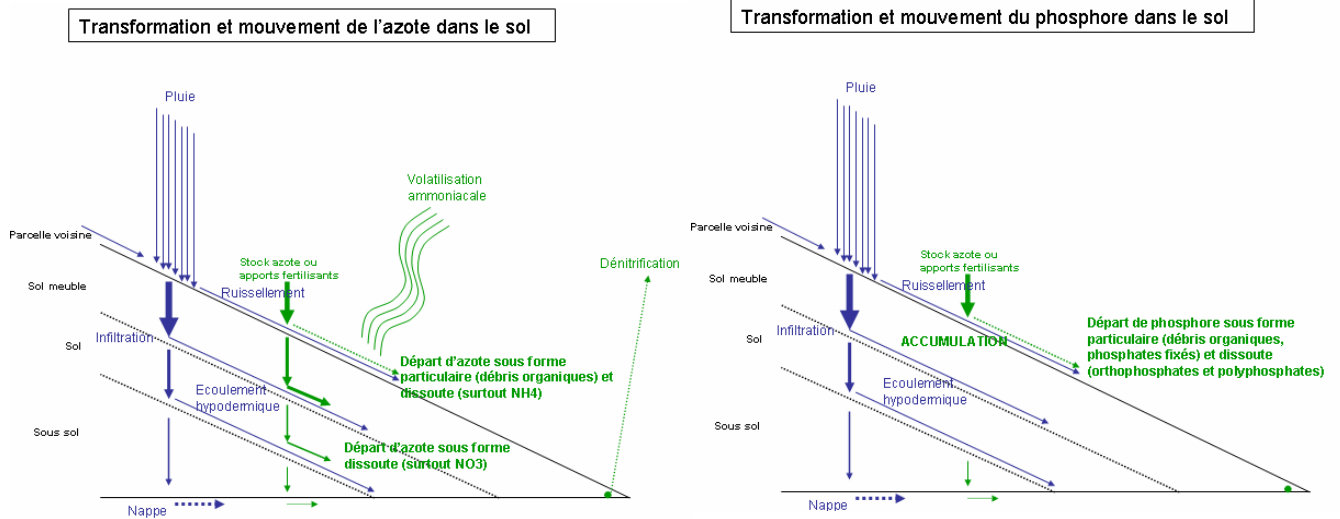


Figure 18 : Apports Modes de transformation et de transport de l'azote et du phosphore dans le sol.

Ces modes de transports différents induisent des variations de concentrations spécifiques pendant les crues. La figure suivante est un exemple de variations des concentrations en azote et phosphore lors de la crue de la Leyse d'octobre 2004.

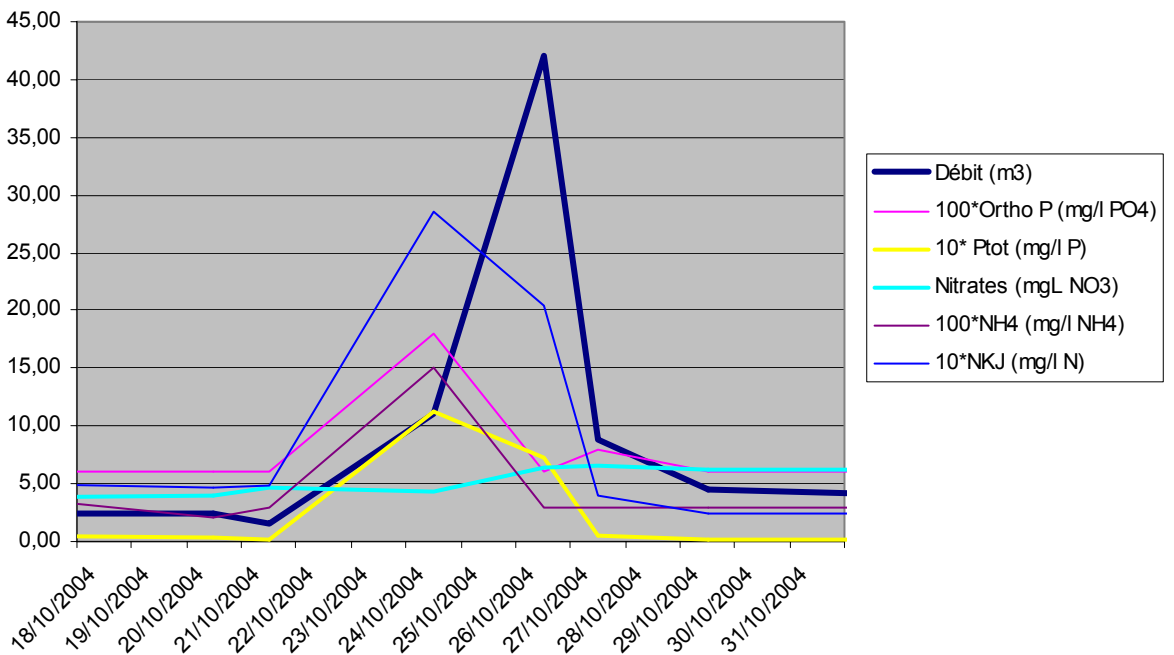


Figure 19 : Variations des concentrations en azote et phosphore lors de la crue d'octobre 2004.

---

Comme le montre le graphique ci-dessus, les éléments qui sont transportés par le ruissellement ( $\text{NH}_4$ , azote organique représenté par les NKJ, le phosphore total, et la forme dissoute orthophosphates) ont une variation rapide de leur concentration. Le pic est atteint avant même les plus forts débits. Le ruissellement produit une hausse brutale des concentrations. C'est ensuite le phénomène de dilution qui prend le dessus, et provoque la baisse des concentrations.

Les molécules apportées par l'écoulement hypodermique ( $\text{NO}_3$  notamment) ont un pic plus tardif qui peut être postérieur à celui des débits. Les nitrates ont une première phase de dilution lorsque le débit augmente puis l'écoulement hypodermique fait monter la concentration jusqu'à un pallier. La baisse se fait tardivement car ces écoulements sont lents et se produisent sur une longue période.

Les débits sont maximaux quand les deux phénomènes s'ajoutent : ruissellement + écoulement hypodermique.

Cette notion peut être généralisée, à quelques exceptions près.

Des relations peuvent également être mises en évidence entre les concentrations et la hauteur de pluie ou le débit mais une année de données est insuffisante pour conclure sur ce point.

---

## 6 CONCLUSION

---

### Température

2004 est une année normale.

### Pluviométrie

Avec un **déficit pluviométrique de 20%**, 2004 s'affiche comme la 5ème année la plus sèche de ces 20 dernières années.

### Hydrologie

Le débit moyen de la Leysse (**4,51 m<sup>3</sup>/s** en 2004) est bien inférieur au module interannuel (**6,48 m<sup>3</sup>/s**).

Sur le Sierroz, le débit moyen (**1,51 m<sup>3</sup>/s** en 2004) est, inférieur au module (**2,52 m<sup>3</sup>/s**).

On notera que le débit a été souvent inférieur au module :

- . **82%** du temps sur la Leysse,
- . **85%** du temps sur le Sierroz.

Ces chiffres démontrent le caractère « sec » de l'année 2004.

### Qualité des eaux

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes annuelles pondérées.

		<b>Leysse (296 Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Sierroz (133 Km<sup>2</sup>)</b>
<b>Débit moyen 2004</b>	m <sup>3</sup> /s	<b>4,51</b>	<b>1,51</b>
<b>Module interannuel</b>	m <sup>3</sup> /s	6,48	2,52
<b>Ptot</b>	mg/l	<b>0,2</b>	<b>0,27</b>
<b>PO<sub>4</sub></b>	mg/l	<b>0,08</b>	<b>0,10</b>
<b>NO<sub>3</sub></b>	mg/l	<b>6,52</b>	<b>10,92</b>
<b>NKT</b>	mg/l	<b>1,12</b>	<b>1,37</b>
<b>NH<sub>4</sub></b>	mg/l	<b>0,04</b>	<b>0,08</b>
<b>COD</b>	mg/l	<b>1,85</b>	<b>2,25</b>
<b>COT</b>	mg/l	<b>2,77</b>	<b>3,21</b>
<b>MES</b>	mg/l	<b>558</b>	<b>384</b>

Le classement SEQ des concentrations moyennes pondérées reflète les problèmes de qualité des eaux mis en évidence dans ce rapport. Mise à part les MES qui sont le reflet des périodes de crue, on constate que le **Sierroz présente des concentrations moyennes élevées en Ptot et NO<sub>3</sub>**.

---

## Conformité vis-à-vis de la Directive cadre sur l'eau (DCE)

### **Répartition dans le temps de la qualité des eaux de la Leysse :**

- la **Leysse** est **conforme** à la DCE **91%** du temps en régime établi (critère à retenir vis-à-vis de la DCE) ;
- la **Leysse** est **conforme** aux objectifs de la DCE **67 %** du temps si l'on considère l'ensemble des 73 échantillons (périodes de pluie comprises).

Les périodes de **non conformité** sont majoritairement liés aux **MEST** et dans une moindre mesure à **Ptot** et **NKT**.

### **Répartition dans le temps de la qualité des eaux du Sierroz :**

- le **Sierroz** est **conforme** à la DCE **72%** du temps en régime établi ;
- le **Sierroz** est **conforme** aux objectifs de la DCE **47 %** si l'on considère l'ensemble des 71 échantillons.

En régime établi, les déclassements sont imputables à **NO<sub>3</sub>** et **NH<sub>4</sub>**. En régime global, les déclassements sont dus, prioritairement au paramètre **MEST** (rouge), puis à **Ptot** (orange) et **NO<sub>3</sub>** (jaune).

### Apport en nutriments au lac

	Estimation 1974	Estimation 1983	Estimation 1995-1996	Résultats 2004
Ptot	300 T	150 T	94 T	<b>41 T</b>
PO <sub>4</sub>	140 T		18 T	<b>5,11 T</b>
NO <sub>3</sub>	1.500 T	580 T	450 T	<b>327 T</b>
NO <sub>3</sub> + NKT				<b>552 T</b>

En 2004, malgré une année hydrologiquement très favorable, l'apport en phosphore reste supérieur à la valeur théorique de 30 T permettant un retour vers le niveau mésotrophe.

79 à 95% des apports en phosphore et en azote sont consécutifs à un événement pluvieux. Le bruit de fond n'apporte que 10 à 20% des nutriments au lac.