

SYNDICAT INTERCOMMUNAL DES EAUX
DU GRANDVAUX

Bureau N° 6
AGENCE DE L'EAU
RHONE - MEDITERRANEE - CORSE

LE LAC DE L'ABBAYE

*Etude hydrologique
et hydro-chimique*

Direction Régionale de l'Environnement
de FRANCHE-COMTE
Service de l'Eau et des Milieux Naturels

Mai 1994

LE LAC DE L'ABBAYE



Etude hydrologique et hydro-chimique

<i>Hydrométrie :</i>	<i>D. MARTIN J.M. RUOTOLO</i>
<i>Chimie :</i>	<i>J.Y. ROUAULT L. VALERO</i>
<i>Dessin :</i>	<i>A. MOUSTACHE</i>
<i>Secrétariat et conception du document :</i>	<i>M. POURCELOT</i>

***DIREN DE FRANCHE-COMTE
Service de l'Eau et des Milieux Naturels
Responsable : J.P. METTETAL***

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
PRESENTATION DE LA COLLECTIVITE	3
CHIMIE.....	9
HYDROLOGIE.....	18
DELIMITATION DU BASSIN VERSANT	30
CONCLUSIONS	32

INTRODUCTION

Par convention en date du 18 janvier 1991, le Syndicat des Eaux de Grandvaux a confié au Service Régional d'Aménagement des Eaux (actuellement Direction Régionale de l'Environnement de Franche-Comté - Service de l'Eau et des Milieux Naturels) l'étude hydrologique du lac de l'Abbaye, ressource principale de la collectivité.

Ce plan d'eau ne disposant que d'un exutoire souterrain, on ignorait totalement jusqu'alors l'importance des débits écoulés et de ce fait l'extension du bassin versant.

Les progrès récents en matière de dispositifs de mesures nous ont incité à installer dans le gouffre une centrale d'acquisition de données éventuellement submersible. Les problèmes de mise au point de ces nouveaux matériels, dans des conditions d'aménagement particulièrement difficiles, ont entraîné des disfonctionnements répétés qui nous ont amené à revenir à un équipement classique avec pour conséquence un retard d'un an !



**PRESENTATION DE LA
COLLECTIVITE**

I - HISTORIQUE DU SYNDICAT

Le Syndicat Intercommunal des Eaux du Grandvaux, placé dès l'origine sous la présidence de M. Gilbert BOUVET, a été constitué par un arrêté de Monsieur le Préfet du Jura en date du 17 décembre 1948 en vue de réaliser l'alimentation collective en eau potable de cinq communes : Chaux des Prés, la Chaumusse, Grande Rivière, Rivière Devant et Saint Laurent en Grandvaux. Les communes de Grande Rivière et Rivière Devant ont fusionné depuis. Par la suite, le Syndicat a enregistré les adhésions de nouvelles communes autorisées par les arrêtés préfectoraux des 4 décembre 1951 pour Prénovel, 12 décembre 1964 pour Chateau des Prés et Villard sur Bienne et du 12 décembre 1972 pour la commune des Piards.

En outre, le Syndicat a passé avec diverses collectivités une convention en vue d'une livraison d'eau en gros, soit :

- **Syndicat Intercommunal des Eaux de la Région de Saint Lupicin** Convention du 13 mai 1966, approuvé le 21 juillet 1966 par Monsieur le Préfet du Jura.
- **Communes de :**
 - Saint Pierre**..... "
 - Chaux du Dombief**
 - St Maurice en Montagne** Convention du 24 juillet 1966, approuvé le 10 septembre 1966.
 - Fort du Plasne**..... Convention du 3 mai 1968, approuvé le 18 juin 1968.

Les communes du Syndicat des Eaux de la Région de Saint Lupicin et celle de Ponthoux partiellement desservies à partir du réseau de Cuttura, ainsi que Saint Pierre, Chaux de Dombief et Saint Maurice Crillat ont été intégrées au Syndicat Intercommunal des Eaux du Grandvaux par arrêté préfectoral en date du 26 octobre 1973 (la commune de Leschères bénéficie d'un arrêté préfectoral particulier en date du 23 août 1973).

D'autre part, la ville de Saint Claude a obtenu son rattachement au Syndicat pour la desserte des hameaux des Prés de Valfin, sur la Cote et Très le Mur, de Valfin les St Claude, par arrêté préfectoral en date du 25 mai 1976.

Ces adhésions portent finalement à 18 le nombre des communes actuellement groupées au sein du Syndicat des Eaux du Grandvaux.

II - BESOINS DE POINTE DU SYNDICAT

Le Syndicat a été successivement autorisé à prélever dans le Lac de l'Abbaye un volume d'eau journalier maximum de :

- 600 m³ arrêté de Monsieur le Préfet du Jura du 13 juin 1950
- 1 700 m³ arrêté de Monsieur le Préfet du Jura du 11 décembre 1968
- 4 400 m³ arrêté de Monsieur le Préfet du Jura du 25 avril 1974.

La pointe de pompage maximale atteinte a été de 3 920 m³/jour le 20 juillet 1984, et la pointe de consommation de 4 270 m³/jour le 18 août 1985, avec l'utilisation de 540 m³ en provenance des sources locales.

III - PRELEVEMENTS ET TRAITEMENT

- Volumes mensuels produits par la station : ils ont varié durant la période d'étude de 56 000 à 100 000 m³.
- Débit moyen annuel : 36 l/s
- Mode de traitement :
 - Flocculation → WAC
 - Décantation
 - Filtration sur sable
 - Stérilisation au bioxyde de chlore
 - Rejet des eaux de lavage de filtres et purges de décanteur dans le réseau assainissement.
- Prises d'eau : deux prises d'eau situées à environ - 6 m par rapport au plan d'eau.
 - une sur groupe de pompage de 90 m³/h
 - une sur groupe de pompage de 130 m³/h

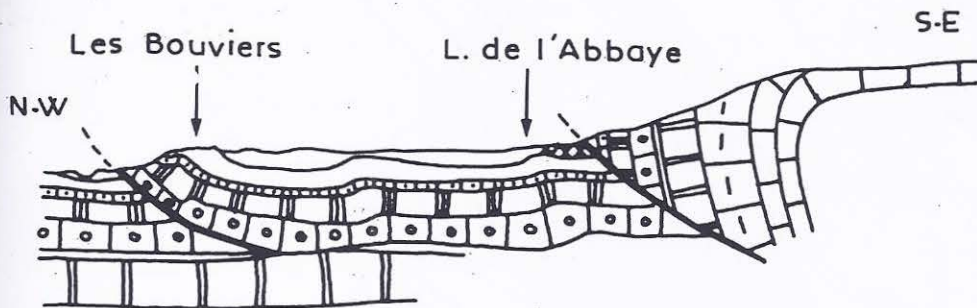
qui peuvent fonctionner indépendamment.

CADRE GEOGRAPHIQUE

Situé à 7 km au sud de St Laurent, à 875 m d'altitude, d'une superficie de 85 ha, le lac de l'Abbaye est long de 2 125 m pour une largeur moyenne de 280 m (largeur maximum 600 m) ; sa profondeur maximum est de 19,5 m, son volume moyen avoisine les 6 millions de m³.

CONTEXTE GEOLOGIQUE

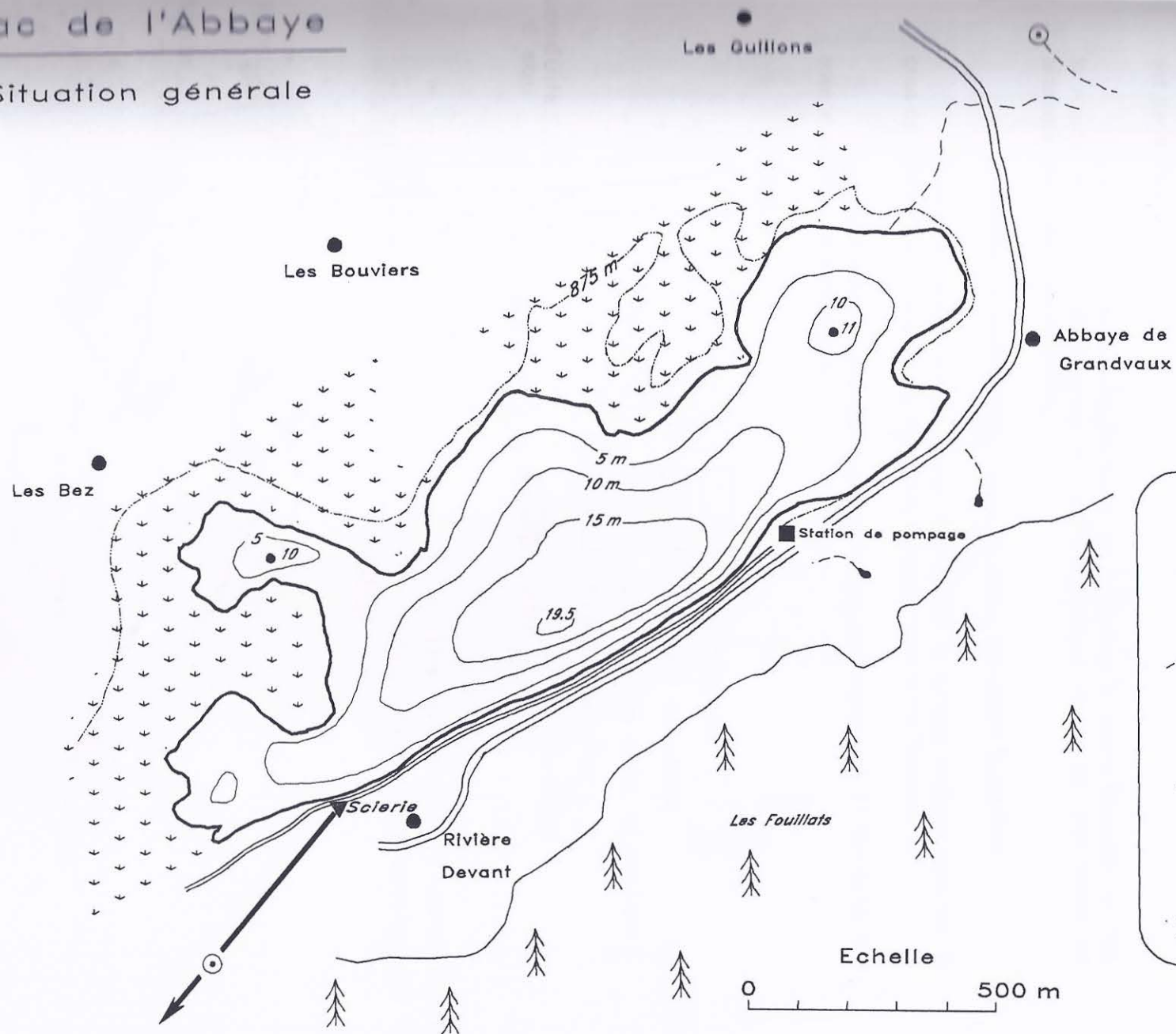
Comme la majorité des lacs jurassiens, le lac de l'Abbaye est implanté dans une dépression synclinale de Crétacé, tapissée de dépôts glaciaires. A noter le pendage inverse des couches sur la rive S.W. qui aura une importance déterminante dans l'extension du Bassin Versant.



	Urgonien
	Barrémien
	Hauterivien
	Valanginien
	Purbeckien
	Portlandien
	Kimmeridgien
	Séquanien

Lac de l'Abbaye

Situation générale



Légende

-  circulation souterraine
-  courbe altimétrique
-  perte
-  doline
-  ruisseaux temporaires et sources
-  forêt
-  tourbières

Echelle

0 500 m

HYDROLOGIE

Le lac n'est alimenté que par quelques ruisseaux temporaires sans commune mesure avec les débits écoulés et prélevés.

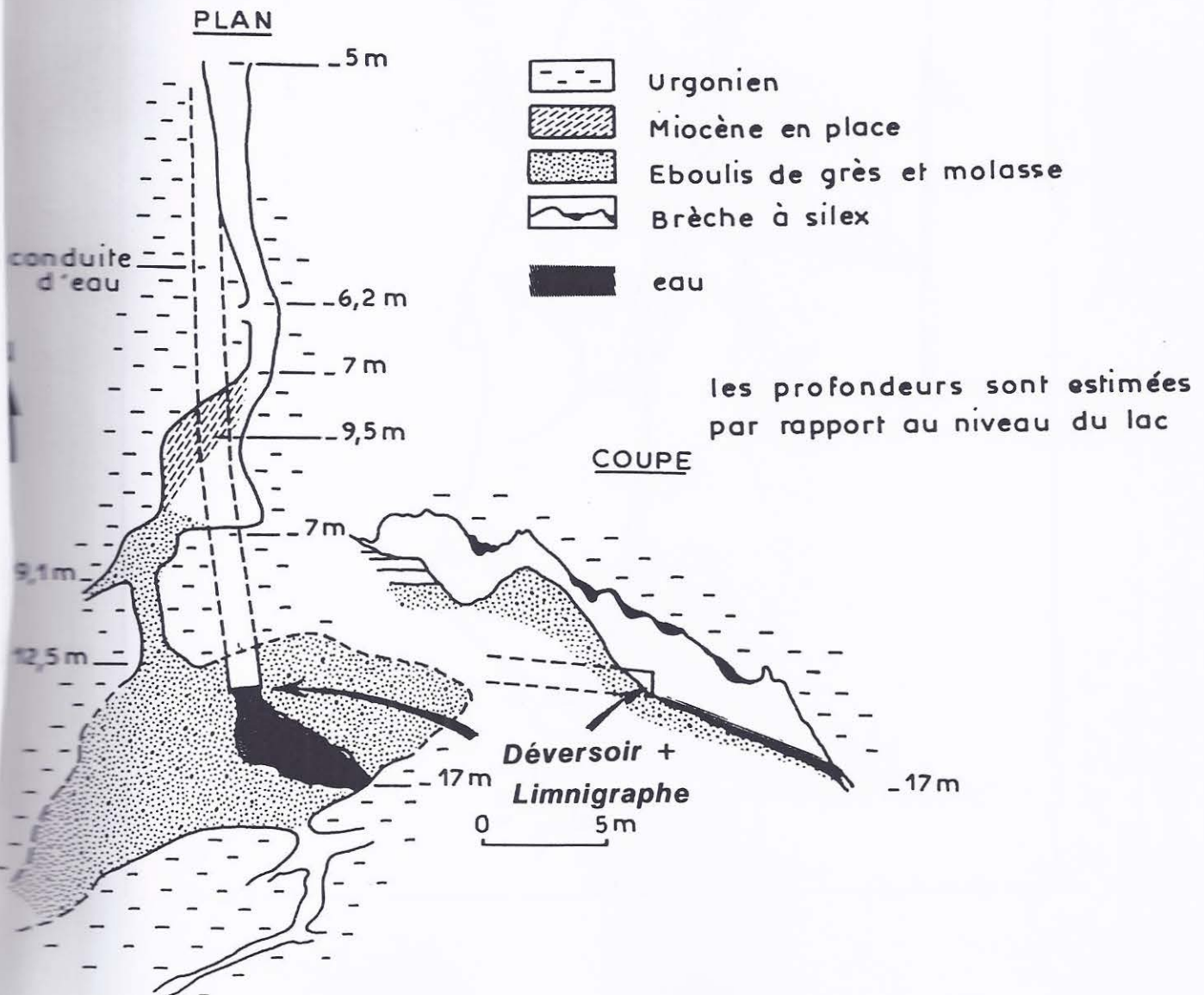
Des alimentations diffuses sont donc vraisemblables, leur origine karstique est par contre douteuse.

L'exutoire du lac est souterrain, il est situé sous la scierie Grosjean au Sud, le régime hydraulique de la perte est artificiel puisque régulé par une vanne qui alimente une turbine par éclusées.

En période de basses eaux, seules les fuites alimentent le gouffre.

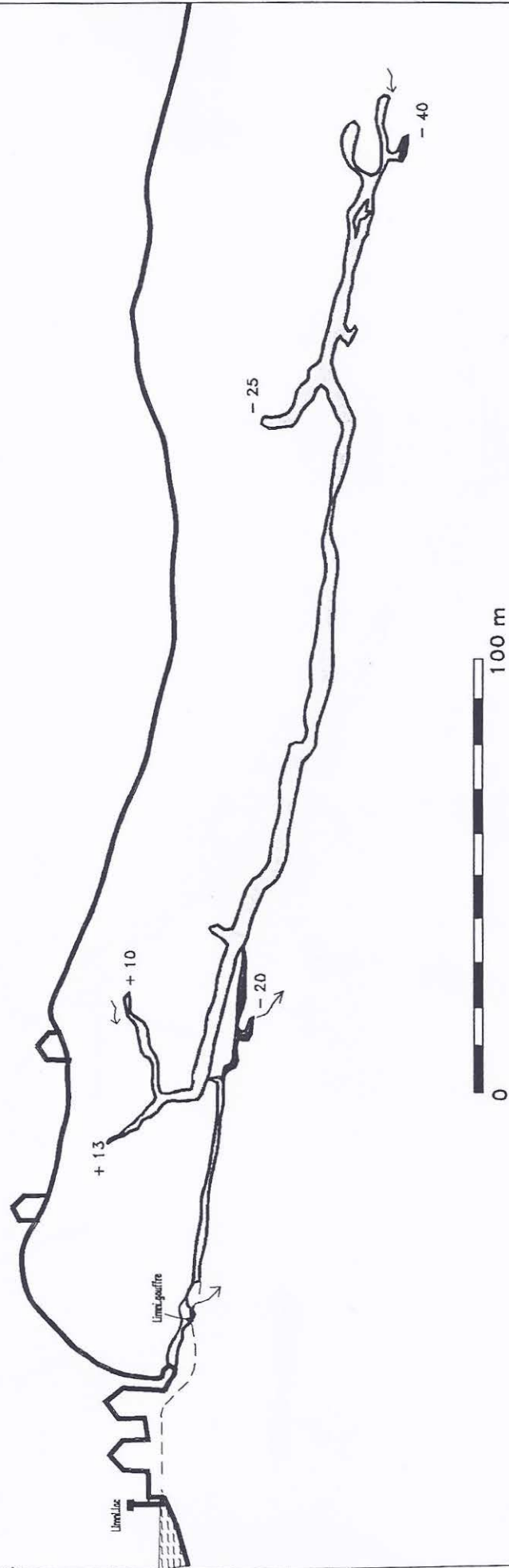
Durant la période d'observation des débits, la turbine endommagée par la crue de 1990 n'a pas fonctionné, les débits mesurés sont donc "naturels".

Les eaux infiltrées dans le réseau karstique vont résurger à 21 Km de là, à la source de l'Enragé à Molinges.



PERTE DU LAC DE L'ABBAYE

Coupe



PLAN

PERTE DU LAC DE L'ABBAYE

Commune de RIVIERE DEVANT (Jura)

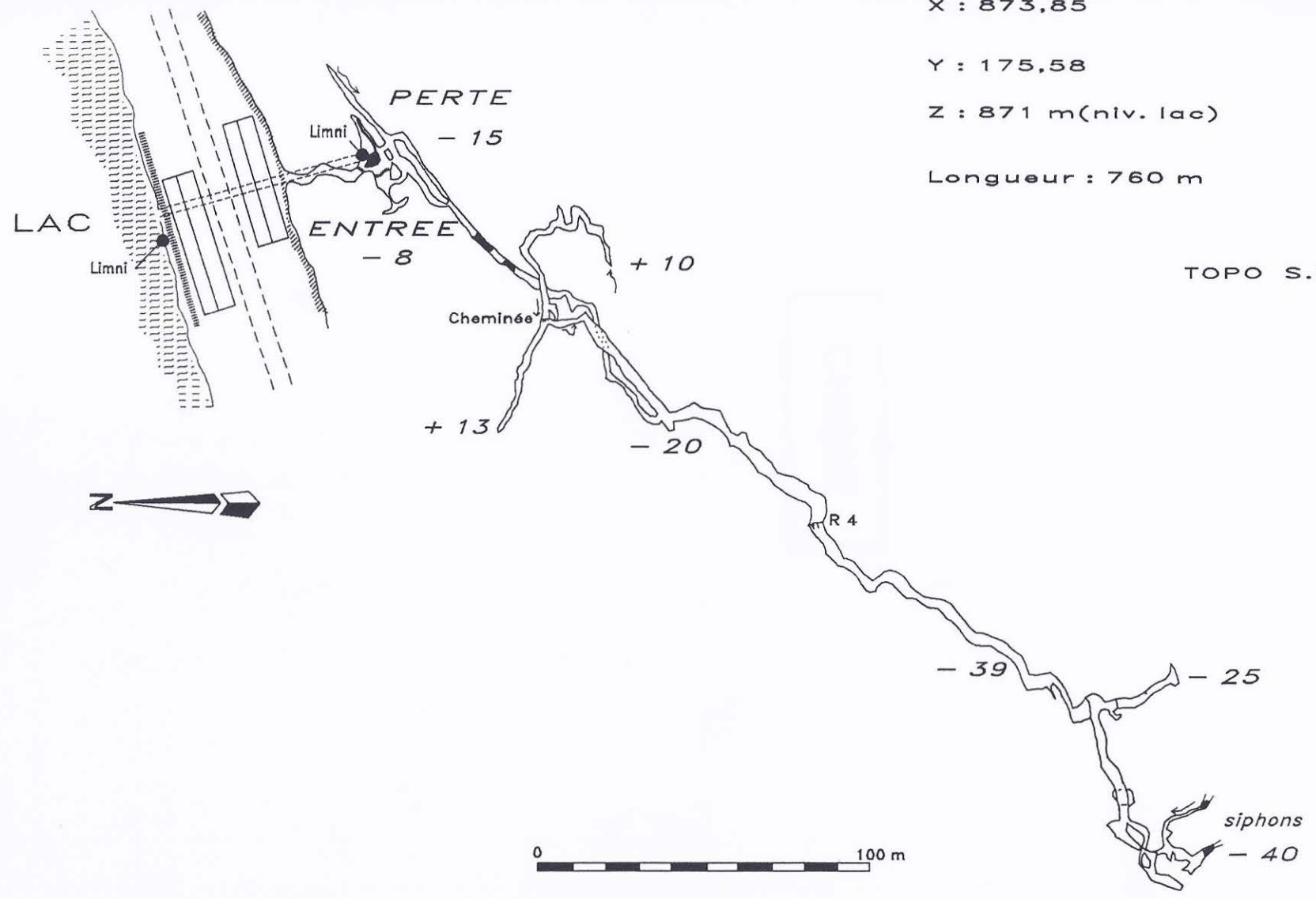
X : 873,85

Y : 175,58

Z : 871 m (niv. lac)

Longueur : 760 m

TOPO S.C.S.C. 1978



CHIMIE

Du 12/09/91 au 01/10/93, le Service de l'Eau et des Milieux Naturels de Franche-Comté a effectué 25 prélèvements instantanés sur le lac de l'Abbaye répartis à peu près mensuellement selon le tableau suivant :

Année	1991	1992	1993
Nombre de prélèvements	4	12	9

Les paramètres étudiés sont les suivants :

- ⇒ pH - conductivité
- ⇒ DBO5, DCO
- ⇒ Azote (Azote ammoniacal : NH_4^+ , Azote nitreux : NO_2^- , Azote nitrique : NO_3^-)
- ⇒ Phosphore : orthophosphates.

Dans le présent rapport seront étudiés :

- les classes de qualité de l'eau selon les normes européennes en vigueur ;
- les classes azote, phosphore propres à l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse ;
- les moyennes et l'évolution des différents paramètres.

1) Classes de qualité (Normes européennes)

Pour répondre à une classe définie, les paramètres analysés sur un échantillon doivent obéir à des normes précises.

	Conductivité	pH	DBO5	DCO	NH_4^+	NO_3^-	PO_4^{---}
Classe 1A		6,5 à 8,5	≤ 3	≤ 20	$\leq 0,1$	< 44	
Classe 1B			3 à 5	20 à 25	0,1 à 0,5		
A1) Fabrication) d'eau	$< 1\ 000$	6,5 à 8,5	≤ 3		$\leq 0,05$	≤ 25	$\leq 0,54$
A2)) potable			3 à 5		0,05 à 1	25 à 50	0,54 à 0,94

Le prélèvement est situé dans la classe correspondant au paramètre le plus défavorable. Les tableaux mentionnent les nombres de prélèvements relatifs à chaque classe et les pourcentages correspondants.

a) Qualité générale :

1A		1B	
N	%	N	%
22	88	3	12

Le lac de l'Abbaye présente une bonne conformité à la meilleure classe de qualité 1A. Cependant, deux valeurs de DCO (8 %) et une concentration en ammonium (4 %) rencontrées pendant les périodes hivernales 91 et 92 déclassent le lac de la qualité 1A.

b) Classe de fabrication d'eau potable :

A1		A2	
N	%	N	%
9	36	16	64

Les résultats montrent que les eaux du lac de l'Abbaye sont majoritairement en classe A2 de fabrication d'eau potable. En effet, 64 % des valeurs d'ammonium (paramètre déclassant principal) sont supérieures à la borne très restrictive de la classe A1 (0,05 mg/l).

2) Classes azote et phosphore

Les classes de qualité générale de l'eau présentent l'inconvénient majeur de ne pas prendre en compte tous les paramètres représentatifs de la qualité. A titre d'exemple, des concentrations en nitrite et orthophosphate n'empêchent pas un prélèvement d'être classé en 1A.

Ainsi, à partir de 1990, l'Agence de l'Eau R.M.C. a mis au point des grilles de qualité azote et phosphore qui permettent une évaluation plus rigoureuse de la qualité d'un prélèvement.

Classes azote :

Formes de l'AZOTE	NO Situation normale	N1 Pollution modérée	N2 Pollution nette	N3 Pollution importante	N4 Pollution excessive
NH ₄ ⁺ mg/l	≤ 0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	> 8
NO ₂ ⁻ mg/l	≤ 0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	> 2
NO ₃ ⁻ mg/l	≤ 5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	> 80
N Kjeldahl mg N/l	≤ 1	1 à 2	2 à 3	3 à 10	> 10

Classes phosphore :

	P0 Situation normale	P1 Pollution modérée	P2 Pollution nette	P3 Pollution importante	P4 Pollution excessive
P04 ⁻⁻⁻ mg/l de PO4	≤ 0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	> 2
P total (mg/l) de P	≤ 0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 0,6	0,6 à 1	> 1

Résultats :

NO		N1		PO	
n	%	n	%	n	%
24	96	1	4	25	100

Les eaux du lac de l'Abbaye présentent une excellente conformité aux classes NO (96 %) et PO (100 %). Seule, une valeur d'azote ammoniacal (0,12 mg/l, 4 % des valeurs) classe le lac en N1.

3) Etude des paramètres (Moyennes - Evolution)

Les moyennes, mini, maxi des principaux paramètres analysés sont résumés dans le tableau ci-dessous :

	PH	Conduc- tivité	DBO5 mg/l O2	DCO mg/l O2	NH4 ⁺ mg/l	NO2 ⁻ mg/l	NO3 ⁻ mg/l	P04 ⁻⁻⁻ mg/l
Moy.	8,0	219	1,2	12	0,06	0,01	0,29	0,04
Mini	7,4	164	0,8	7	0,01	0,01	0,01	0,01
Maxi	8,3	242	1,8	21	0,12	0,06	0,88	0,07

a) PH :

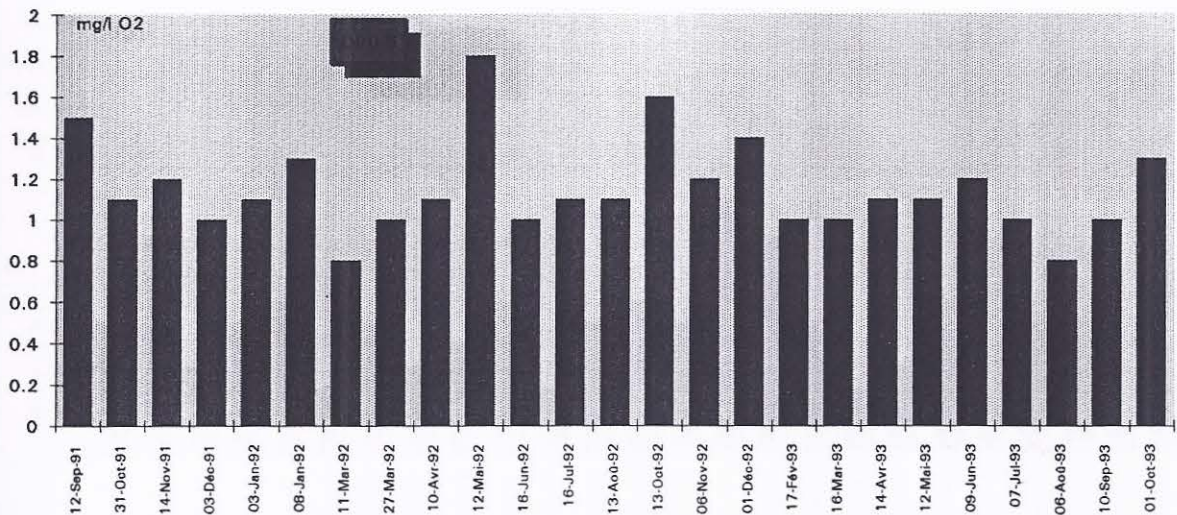
En relation avec la nature géologique du bassin versant, les PH mesurés sur les eaux du lac de l'Abbaye compris entre 7,4 et 8,3 sont caractéristiques de région calcaires.

Si les variations annuelles sont faibles (Moyenne : 8,0 - Ecart type calculé : 0,2), on remarque cependant qu'en été la consommation de gaz carbonique liée à l'activité photosynthétique conduit à une alcalinisation du milieu et à une élévation du PH particulièrement sensible en 1992 (12/05 et 16/07).

b) Conductivité :

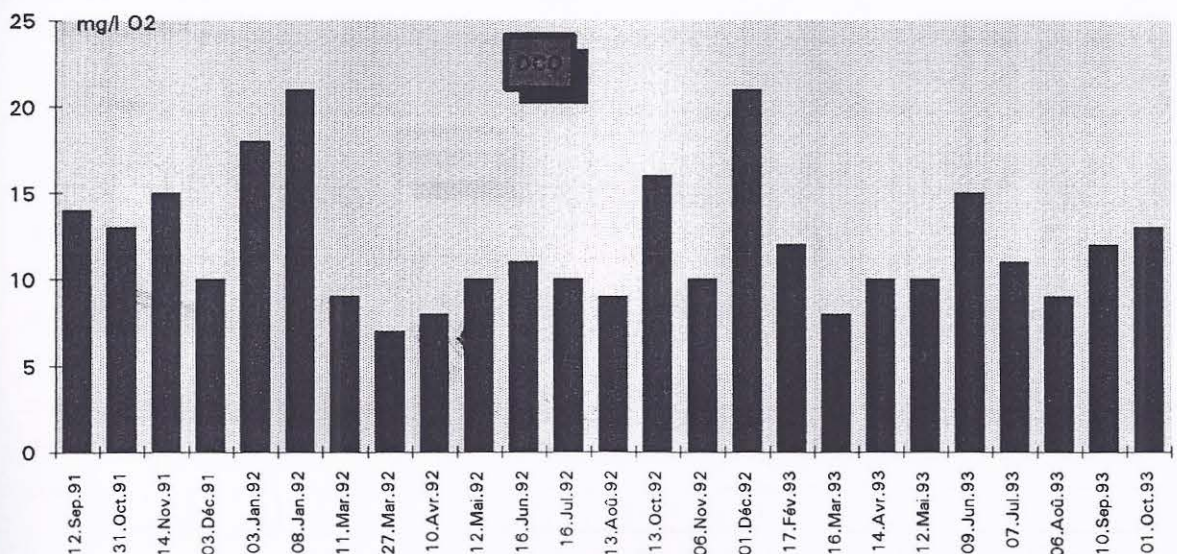
Les conductivités dont les mesures se situent entre 164 et 219 μS sont représentatives d'eau moyennement minéralisées. Les minima constatés pendant les mois de Janvier-Mars 1992 associés à des PH peu élevés compris entre 7,4 et 7,8 peuvent être mis en relation avec une diminution notable de la concentration en sels dissous en période hivernale.

c) DBO5 :



En toute période de l'année, les DBO5 demeurent faibles et inférieures à 1,8 mg/l O2) et l'écart type calculés (0,2 mg/lO2) témoignent d'une faible dispersion des valeurs. On peut cependant remarquer une élévation sensible du paramètre en début de période automnale à mettre en relation avec un laminage du bassin versant par les pluies.

d) DCO :

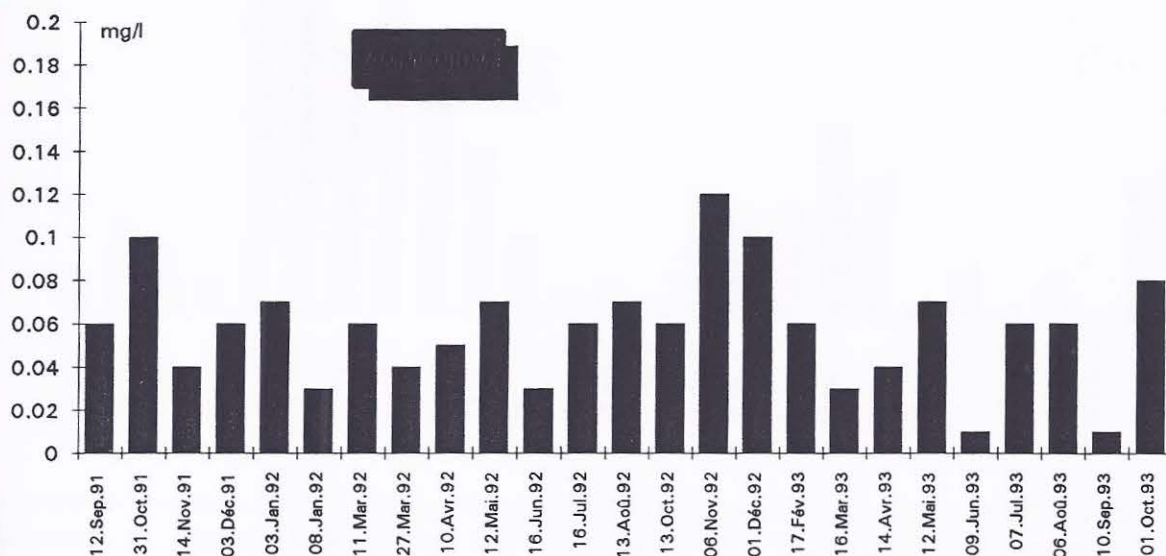


Les variations annuelles de ce paramètre sont beaucoup plus significatives que celles de la DBO5. En effet, les valeurs sont comprises entre 7 et 21 mg/l O₂, la moyenne de 12 mg/l O₂ étant associée à un écart type élevé égal à 4 mg/l O₂.

Les tourbières de bordure génératrices d'acides humiques peuvent être à l'origine des surcharges organiques mises en évidence par les maxima déclassant de 21mg/l O₂ constatés en fin de période automnale (01/12/92) en début de période hivernale (08/01/92).

e) Composés azotés minéraux :

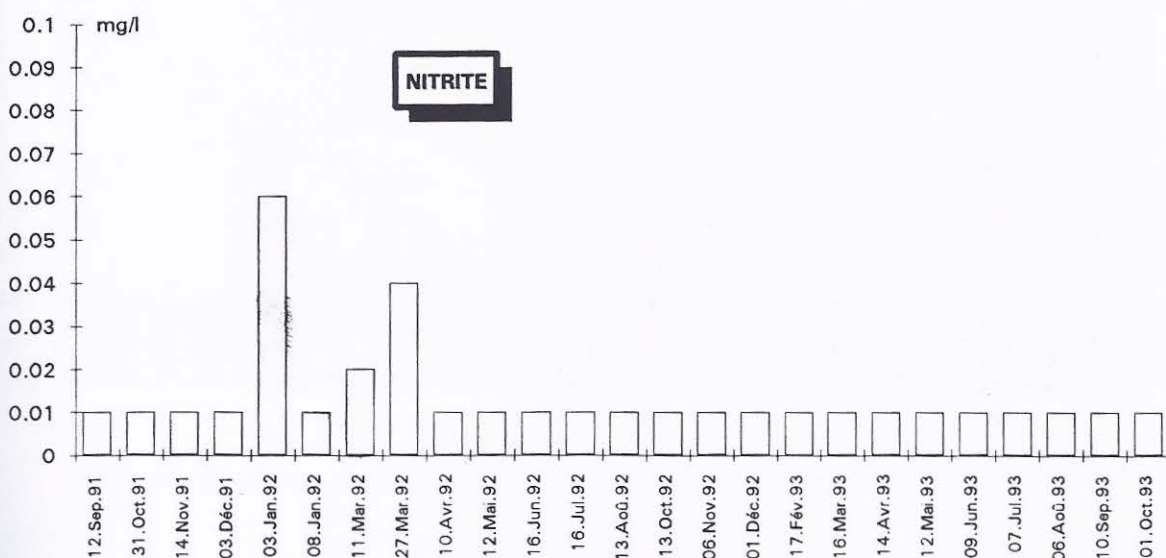
Azote ammoniacal :



Les concentrations de ce paramètre demeurent dans la majorité des observations inférieures à 0,1 mg/l limite de la classe de qualité 1A. Seule, une valeur (0,12 mg/l) déclassante est relevée le 6/11/1992. Les teneurs en ammonium les plus élevées se situent en période automnale (Années 91 et 92), les autres valeurs étant toutes inférieures à 0,08 mg/l.

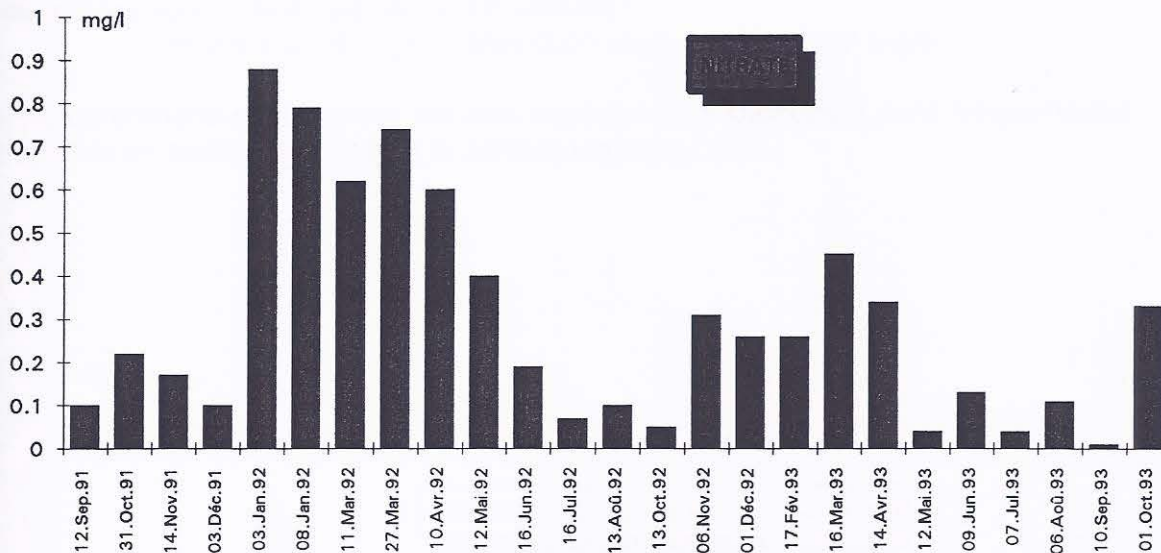
Les minima d'ammonium (0,01 mg/l) associés à une élévation de la température sont à corrélérer étroitement avec les poussées phytoplanktoniques estivales (juin - septembre 1993).

Azote nitreux :



Les nitrites, stade d'oxydation intermédiaire de l'azote minéral, présentent des concentrations faibles (moyenne : 0,01 mg/l - Ecart type : 0,01 mg/l) proches des limites expérimentales. Cependant, deux prélèvements instantanés font ressortir des concentrations excédentaires (0,06 mg/l le 03/01/92 et 0,04 mg/l le 27/03/92).

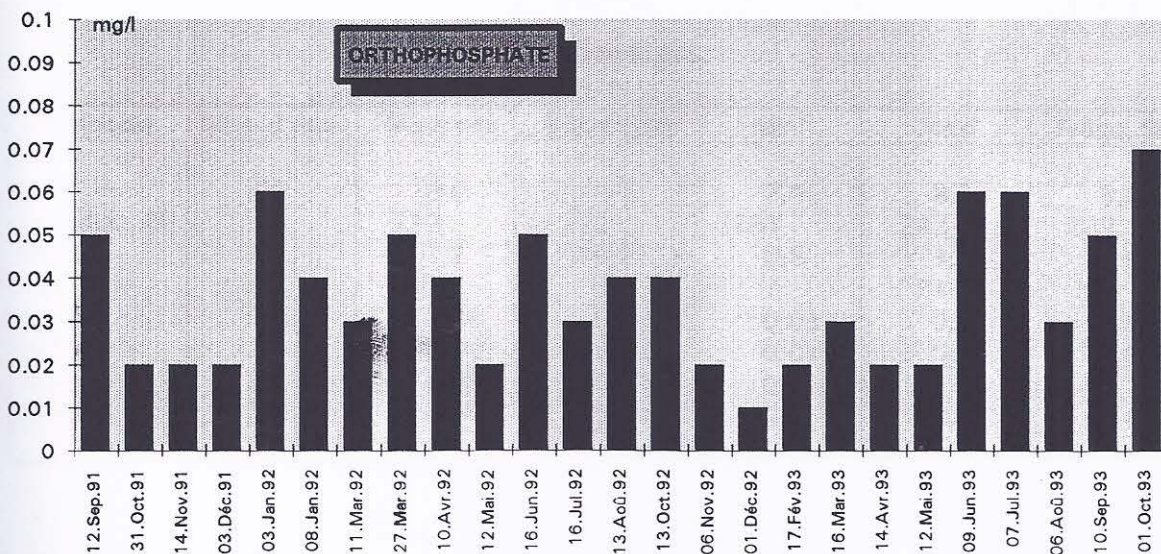
Azote nitrique :



Les nitrates, stade ultime de l'oxydation de l'azote, dont les concentrations sont inférieures à 1 mg/l en toute période de l'année présentent cependant des courbes de variations annuelles significatives (année 1992 particulièrement) :

- augmentation des concentrations en relation avec le lessivage des sols pendant la période hivernale (maxi 0,88 mg/l le 03/01/92) ;
- consommation régulière des nitrates par les développements phytoplanctoniques à partir du mois de mai. De juillet à octobre, les concentrations sont inférieures au seuil analytique fixé à 0,1 mg/l.

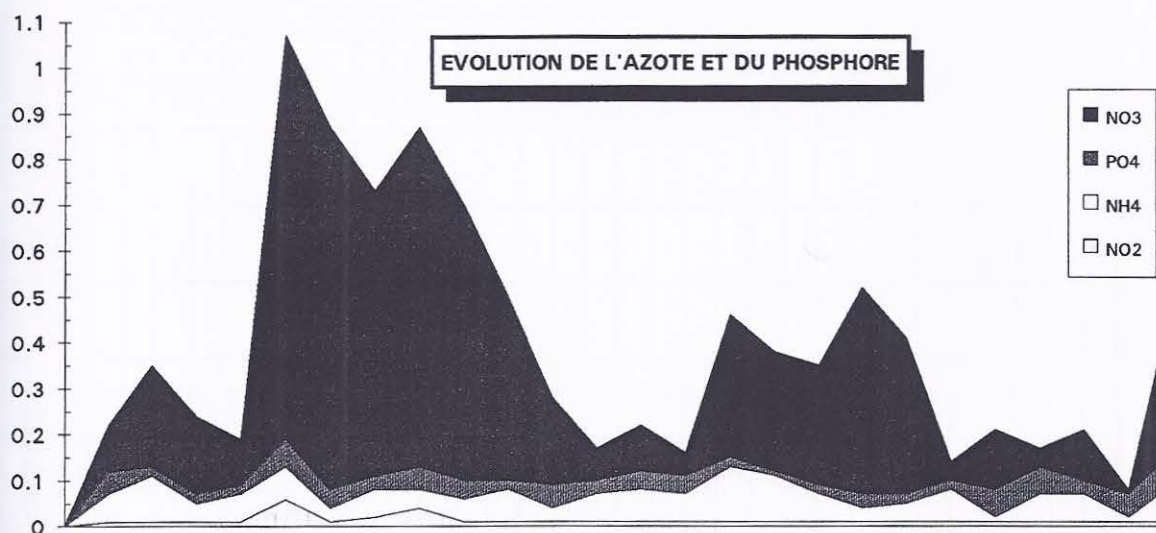
Le phosphore minéral analysé sous forme d'orthophosphates :



Bien qu'inférieur à 0,1 mg/l, seuil de la classe PO de meilleure qualité, les concentrations des eaux du lac de l'Abbaye ne sont pas négligeables et révèlent une pollution chronique drainée par le bassin versant :

(Moyenne 0,04 mg/l - Mini 0,01 mg/l - Maxi 0,07 mg/l).

Des concentrations relativement élevées supérieures à 0,05 mg/l sont fréquemment rencontrées en particulier pendant la période estivale 1993.

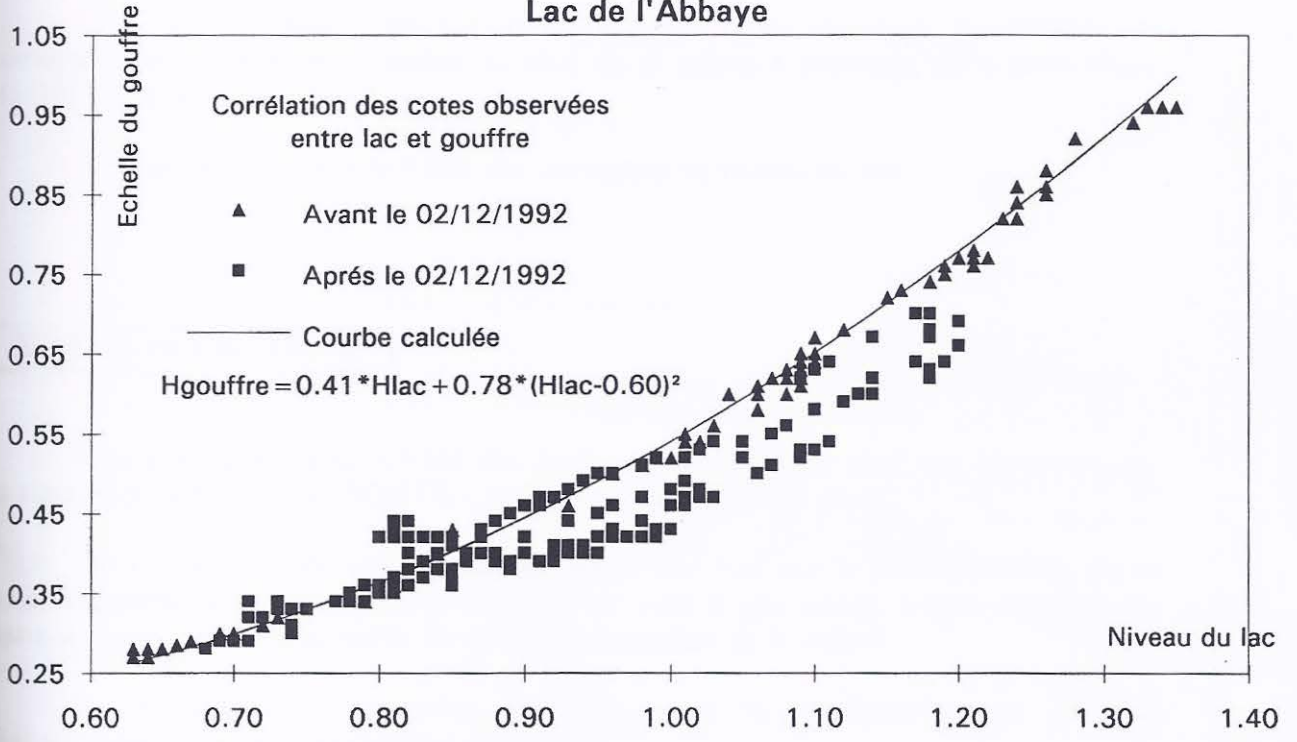


Résumé statistique

Variable	Nbre d'obs.	Moyenne	Ecart-type	Mini	Maxi	Fréq. 90
pH	25	8,0	0,2	7,4	8,3	8,2
Conduc. 20	25	219	22	164	242	239
DBO5	25	1,2	0,2	0,8	1,8	1,5
DCO	25	12	4	7	21	19
NH4 +	25	0,06	0,03	0,01	0,12	0,10
NO2-	25	0,01	0,01	0,01	0,06	0,03
NO3-	25	0,29	0,29	0,01	0,88	0,76
PO4---	25	0,04	0,04	0,01	0,07	0,06

HYDROLOGIE

Lac de l'Abbaye



EQUIPEMENTS HYDROMETRIQUES

STATION DU LAC

Une station limnigraphique OTT XX de type classique (à flotteur et enregistrement papier) est installée au droit de la scierie à proximité de la prise d'eau du 18/10/90 au 29/09/93.

Elle permet d'obtenir le tracé des variations du niveau du lac.

STATION DE L'EXUTOIRE

Une première station CR2M dite à "enregistrement sur site" est implantée sur la turbine du 18/10/90 au 30/07/91 (celle-ci ne fonctionnant plus).

Un câble, d'un développement de 30 m est fixé sur la paroi rocheuse de la galerie artificielle qui conduit à la perte. Il est relié à une sonde à ultra-sons placée dans un tube vertical à la sortie du canal d'évacuation de la scierie.

Le stockage des données hauteurs dans le limnigraphe est recueilli mensuellement par microordinateur de terrain.

Afin de rendre étanche le canal, des opérations de marnage sont entreprises ainsi que la pose d'une bâche sur le fond et jusqu'à mi-paroi. Ces aménagements ne résisteront pas aux différentes crues survenues lors de l'étude.

Par suite d'enregistrements défectueux :

- sonde envasée par des apports limoneux ;
- énergie fournie au limnigraphe par piles ne résistant pas aux températures négatives, il a été procédé à l'installation d'un limnigraphe OTT XVI à tambour. Ce dernier placé sur le canal a fonctionné jusqu'au 29/09/93.

DONNEES HYDROMETRIQUES

LIMNIGRAMMES

A partir des enregistrements, on a pu tracer les limnigrammes ou variations de hauteurs dans le temps (voir limnigraphes en annexe).

Ceux-ci mettent en évidence les périodes de hautes eaux printemps - automne 92, printemps - début été 93 et les périodes de basses eaux, été 92.

Durant cet étiage, la cote du lac est inférieure à 0,70 m qui est la cote minima de déversement de la prise d'eau de la scierie ; il n'y a donc alors que les débits de fuites.

Pour $h_{\text{lac}} = 0,70$ m, la cote du gouffre $h = 0,29$ correspond a un débit de 23 l/s, soit le volume des fuites "sous-lacustres".

Si l'on porte graphiquement les hauteurs, on constate qu'il existe une bonne similitude entre les deux séries de données (voir graphique ci-contre).

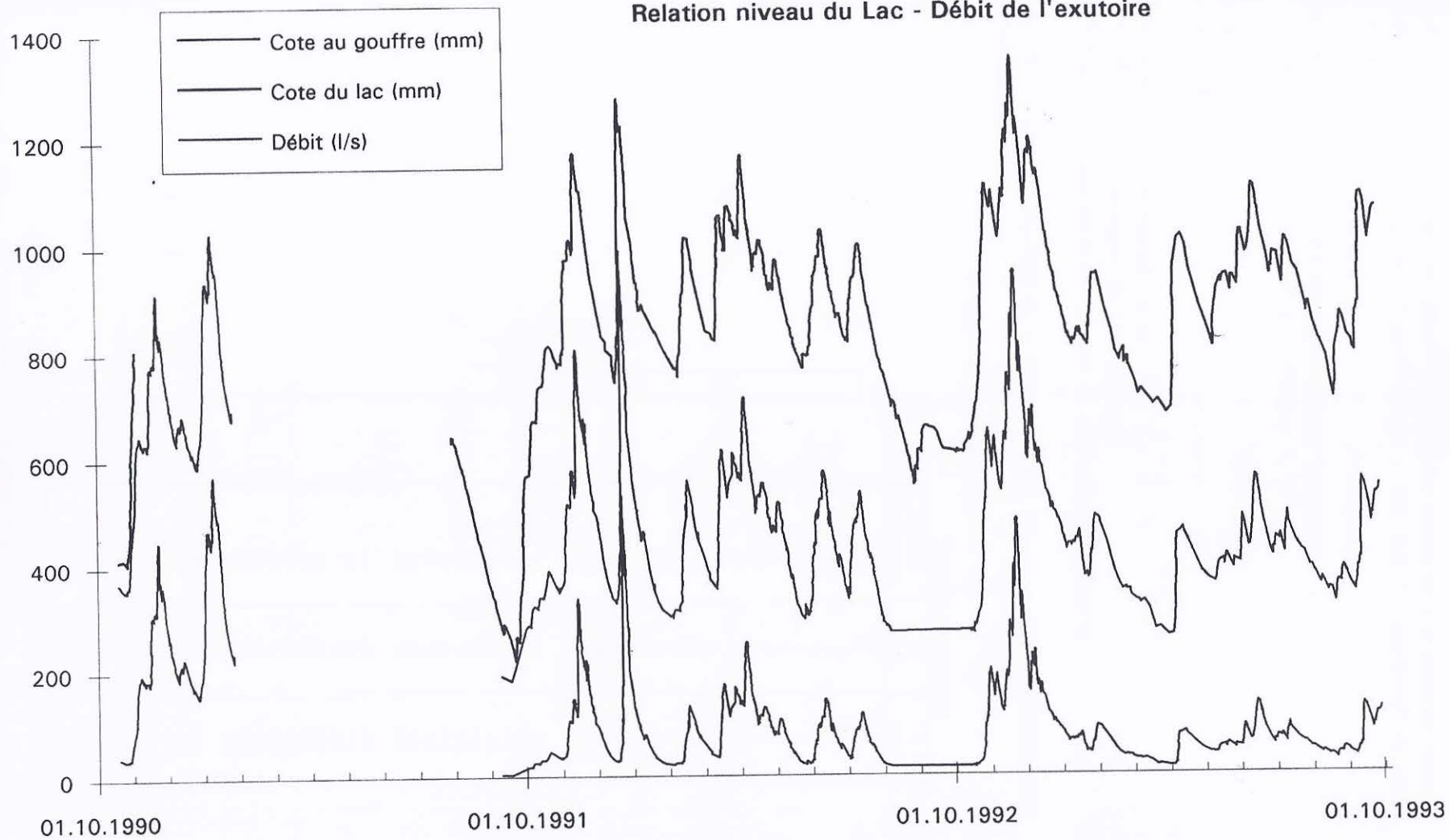
Toutefois, la corrélation point par point montre qu'après le 2/12/92, l'échantillon est moins homogène, le nuage est plus dispersé.

Pour les restitutions de données manquantes, nous avons utilisé la courbe calculée :

$$H_{\text{gouffre}} = 0,41 - H_{\text{lac}} + 0,78 (H_{\text{lac}} - 0,60)^2$$

Elle couvre la période antérieure au 2/12/92. La crue de novembre 92 ayant remis en service les fuites jusqu'alors colmatées

Relation niveau du Lac - Débit de l'exutoire



HYDROGRAMMES

Afin d'éviter des mesures de débits fastidieuses (matériel à acheminer dans la grotte), un seuil jaugeur triangulaire à paroi mince a été fixé à l'extrémité du canal avec chute aval.

Le tarage de la station a été obtenu grâce à l'équation :

$$Q = 1,32 \operatorname{tg} \alpha H^{2,47}$$

$$\alpha = 33,8^\circ$$

$$\operatorname{tg} \alpha = 0,588$$

Q = Débit sur le déversoir en l/s

α = 1/2 angle au sommet de l'échancrure

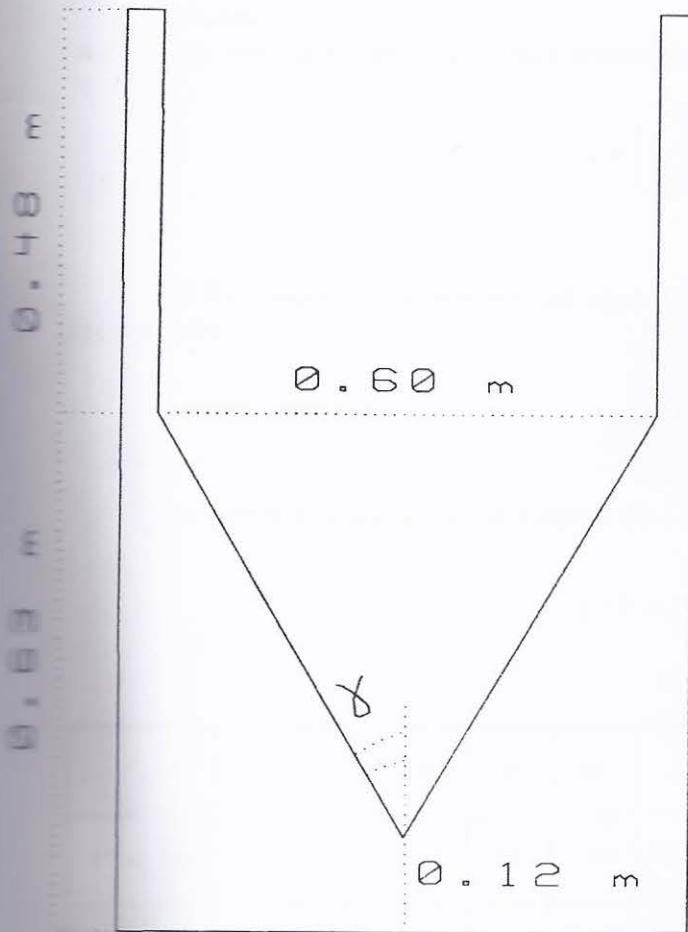
H = hauteur d'eau en m au-dessus du sommet de l'angle α

La courbe est corrigée au-delà de la cote 0,56 qui correspond à un changement de forme du déversoir.

Déversoir de l'Abbaye

Courbe de tarage

Echelle limnigraphe	H (cm)	Q (l/s)
7	2	0
9	4	0
11	6	1
13	8	2
15	10	3
17	12	4
19	14	6
21	16	8
23	18	11
25	20	15
27	22	18
29	24	23
31	26	28
33	28	33
35	30	40
37	32	47
39	34	54
41	36	62
43	38	71
45	40	81
47	42	91
49	44	102
51	46	114
53	48	127
55	50	140
57	52	154
59	54	169
61	56	185
63	58	201
65	60	218
67	62	235
69	64	253
71	66	271
73	68	290
75	70	309
77	72	328
79	74	348
81	76	369
83	78	390
85	80	411
87	82	432
89	84	454
91	86	477
93	88	499
95	90	522
97	92	546
99	94	570
101	96	594
103	98	618
105	100	643



Des mesures de débits au moulinet ont confirmé les calculs de tarage. La courbe est satisfaisante pour les basses et moyennes eaux. Les maxima de crue ont été recalculés car une partie des eaux emprunte la galerie artificielle et court-circuite limnigraphe et seuil jaugeur.

BILAN HYDROLOGIQUE

→ Calcul de l'Évapotranspiration :

Pour estimer l'évapotranspiration potentielle, nous avons utilisé la formule de Thorntwaite. Elle permet un calcul mensuel de l'E.T.P..

Elle est donnée par la relation : $ETP = Ct^a$

- ETP** évapotranspiration mensuelle en cm
t température moyenne mensuelle en ° celsius
t et a sont des fonctions de "l'indice thermique annuel" (constantes pour un lieu donné).
a est calculé à partir de l'indice thermique mensuel donné par la formule :

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1,514}$$

Si l'on appelle I l'indice annuel égal à la somme des indices mensuels la valeur de a s'écrit :

$$a = \frac{1,6}{100} I + 0,5$$

Le terme C varie en sens inverse de I et l'équation peut s'écrire :

$$ETP = 1,6 \left(10 \frac{t}{I} \right)^a$$

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Années
T° en ° c	-1	0	4,5	7,6	11,4	14,7	16,5	16,3	13,6	8,4	3,6	0	7,96
Valeur en i			0,852	1,88	3,48	5,12	6,09	5,98	4,55	8,19	0,608		
ETP en mm	0	0	23	39	59	75	85	84	70	43	19	0	497

$$\sum i = I = 30,757 \quad \text{d'où } a \rightarrow 0,992$$

Ainsi théoriquement la formule de Thorntwaite peut être valablement appliquée aux bilans hydriques. Elle est, d'autre part, simple d'application puisqu'elle ne fait appel qu'aux seules températures.

D'autres formules calculant l'évapotranspiration réelle intègrent les durées d'insolation, le rayonnement global théorique et font appel à des données astronomiques inexistantes dans les stations météorologiques de la région.

L'E.T.P. représente l'enveloppe maximale des consommations d'eau (croissance des plantes, évaporation d'une masse d'eau libre, évaporation dans les tourbières, etc...). L'évapotranspiration réelle (E.T.R.) n'est probablement pas très éloignée de l'E.T.P. compte tenu de la pluviométrie élevée et régulière sur cette région.

→ Données pluviométriques :

La région du lac de l'Abbaye étant bien arrosée, nous avons implanté un pluviomètre sur le site de l'étude. Les relevés ont permis de mettre en évidence des précipitations fréquemment supérieures à celles de St Laurent en Grandvaux.

→ Equation du bilan :

Nous avons choisi trois épisodes où le lac revient à son "niveau initial" et où l'on dispose de données complètes (voir graphique ci-contre). Ainsi, toutes les précipitations ont été "consommées".

Episodes : * du 19/10/90 au 24/01/91 concerne plus principalement la période hivernale

la troisième, la période estivale : * du 08/09/91 au 09/10/92
* et du 09/10/92 au 22/08/93

Les épisodes principaux ont été décomposés en sous épisodes correspondant successivement à des périodes de pluie intense et à des périodes de pluie plus faible. Sur chaque épisode pluvieux, on note les variations de niveau du lac, les écoulements enregistrés à la station de l'exutoire ainsi que les volumes prélevés par le syndicat, la valeur de l'E.T.P. mensuelle répartie. Les épisodes de pluie plus faible (relativement à la durée) se traduisent par une baisse ou une stabilité des niveaux du lac et sont indiqués en grisé.

ABBAYE : du 19/10/1990 au 24/01/1991

Date	Cote du lac	Delta cote	Delta réserve	Prélèvement	Écoulement	Pluie (mm)	N	ETP (mm)	Ec + Pr + Dr 1 + 2 + 3	Ec + Pr + Dr (mm) 6(en mm)	Bilan 4-5-7	Bilan cumulé
			(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	
19/10/90	0.41		0	9410	13292	26			22702	7	19	19
24/10/90	0.41	0.48	408000	26012	99692	224	N	19	533704	164	41	60
07/11/90	0.89	-0.03	-25500	14672	119632	30		5	108804	33	-8	51
15/11/90	0.86	0.19	161500	12838	209356	185	N	5	383694	118	62	113
22/11/90	1.05	-0.1	-85000	1834	29721			3	-53445	-16	13	127
25/11/90	0.95	0.05	42500	5502	79941	40			127943	39	1	127
26/11/90	1	-0.15	-127500	73350	551635	150			497485	153	-3	124
24/12/90	0.85	0.28	238000	28217	380543	149		2	646760	199	-52	72
08/01/91	1.13	-0.27	-229500	41392	529516	35			341408	105	-70	2
24/01/91	0.86											
période			382500	213227	2013328	839		34				2

Observations: pluie et neige le 4/11 et le 21/11(code N)

ABBAYE : du 08/09/1991 au 09/10/1992

Date	Cote du lac	Delta cote	Delta réserve	Prélèvement	Écoulement	Pluie (mm)	N	ETP (mm)	Ec + Pr + Dr 1 + 2 + 3	Ec + Pr + Dr (mm) 6(en mm)	Bilan 4-5-7 (8)	Bilan cumulé
			(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)	(7)		
08/09/91	0.27											
		-0.02	-17000	26224	2530	32		27	11754	4	1	1
19/09/91	0.25											
		0.56	476000	83736	54176	310		60	613912	189	61	62
21/10/91	0.81											
		-0.03	-25500	22200	33517	40		22	30217	9	9	71
31/10/91	0.78											
		0.39	331500	39698	139765	92		10	510963	157	-75	-4
15/11/91	1.17											
		-0.43	-365500	93773	313472	22		9	41745	13	0	-4
18/12/91	0.74											
		0.6	510000	18924	51120	137			580044	178	-41	-45
23/12/91	1.34											
		-0.58	-493000	154690	426992	28			88682	27	1	-45
09/02/92	0.76											
		0.24	204000	27594	37268	89			268862	83	6	-38
17/02/92	1											
		-0.18	-153000	66744	142640	49		10	56384	17	22	-17
13/03/92	0.82											
		0.23	195500	12480	46348	84		3	254328	78	3	-14
17/03/92	1.05											
		-0.06	-51000	12480	62089			4	23569	7	-11	-25
22/03/92	0.99											
		0.08	68000	7488	52470	58		4	127958	39	15	-11
25/03/92	1.07											
		-0.06	-51000	21996	92697	10		2	63693	20	-12	-22
03/04/92	1.01											
		0.16	136000	7020	58591	88		4	201611	62	22	0
06/04/92	1.17											
		-0.22	-187000	21060	120681			16	-45259	-14	-2	-2
15/04/92	0.95											
		0.05	42500	14040	52469	79		10	109009	34	35	33
21/04/92	1											
		-0.23	-195500	145385	171330	138		58	121215	37	43	76
26/05/92	0.77											
		0.25	212500	41920	93389	120		40	347809	107	-27	49
12/06/92	1.02											
		-0.2	-170000	50406	129135	86		45	9541	3	38	87
03/07/92	0.82											
		0.18	153000	27412	76034	130		45	256446	79	6	93
14/07/92	1											
		-0.45	-382500	126319	121645	76		124	-134536	-41	-7	86
29/08/92	0.55											
		0.11	93500	23902	19000	99		20	136402	42	37	123
08/09/92	0.66											
		-0.05	-42500	69302	45000			60	71802	22	-82	41
09/10/92	0.61											
			289000	1114793	2342358	1767		573				41

ABBAYE : du 09/10/1992 au 22/08/1993

Date	Cote du lac	Delta cote	Delta réserve	Prélèvement	Écoulement	Pluie (mm)	F	ETP (mm)	Ec + Pr + Dr 1 + 2 + 3	Ec + Pr + Dr (mm) 6(en mm)	Bilan 4-5-7	Bilan cumulé
			(1)	(2)	(3)	(4)		(5)	(6)	(7)	(8)	
09/10/92	0.61											
		0.03	25500	10830	8640	75		12	44970	14	49	49
14/10/92	0.64											
		0.45	382500	49133	177293	251		25	608926	187	39	88
05/11/92	1.09											
		-0.08	-68000	10145	81561			4	23706	7	-11	77
10/11/92	1.01											
		0.33	280500	24348	329788	260	N	7	634636	195	58	134
22/11/92	1.34											
		-0.14	-119000	8116	143165			3	32281	10	-13	121
26/11/92	1.2											
		0.03	25500	0	39916	42			65416	20	22	143
26/11/92	1.23											
		-0.15	-127500	12390	196734	10			81624	25	-15	128
02/12/92	1.08											
		0.11	93500	10685	138845	99	N		243030	75	24	152
07/12/92	1.19											
		-0.4	-340000	109455	619286	61			388741	120	-59	94
23/01/93	0.79											
		0.13	110500	20232	68256	75	N		198988	61	14	107
31/01/93	0.92											
		-0.24	-204000	151594	246931	27		23	194525	60	-56	52
01/04/93	0.68											
		0.34	289000	31855	99533	150	N	19	420388	129	2	53
14/04/93	1.02											
		-0.21	-178500	62316	216346	39		40	100162	31	-32	21
11/05/93	0.81											
		0.12	102000	16492	24192	102		15	142684	44	43	65
18/05/93	0.93											
		-0.01	-8500	34922	168895	84		24	195317	60	0	64
02/06/93	0.92											
		0.19	161500	30058	160704	183		37	352262	108	38	102
16/06/93	1.11											
		-0.16	-136000	27911	148262	15		38	40173	12	-35	67
29/06/93	0.95											
		-0.02	-17000	22527	96768	60		30	102295	31	-1	66
10/07/93	0.93											
		0.08	68000	6114	35251	64		10	109365	34	20	86
13/07/93	1.01											
		-0.3	-255000	85720	253152	109		91	83872	26	-8	78
22/08/93	0.71											
période			25500	317915	1203103	806		213				78

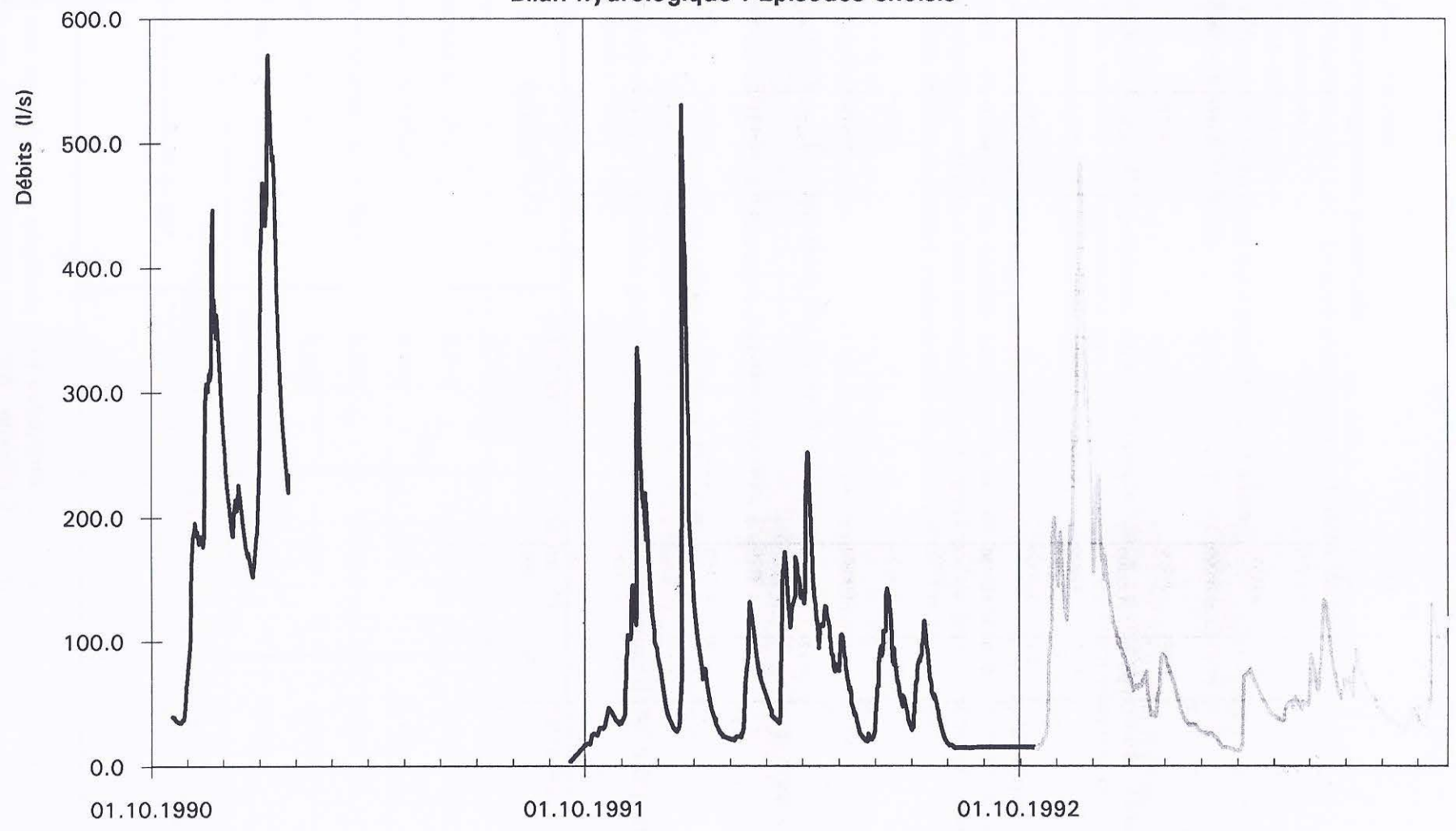
Observations

Lac gelé : les 7,8,9 novembre
du 1er au 4 janvier
du 12 au 16 mars

Code N colonne N : précipitations sous forme neigeuse

12 et 18 novembre
3 et 4 décembre
27-Jan
les 1,2,11 et 12 avril

Bilan hydrologique : Episodes choisis



L'équation du Bilan sur le bassin s'écrit :

$$P = ETP + E_c + Pr \pm \Delta R + F$$

- P** = Précipitations
ETP = Evapotranspiration potentielle
 (Evaporation du Lac - Evapotranspiration du Bassin Versant)
E_c = Ecoulement
Pr = Prélèvement
ΔR = Variation de la réserve sur l'ensemble du bassin
F = Fuites sous lacustres

Toutes les variables doivent être exprimées dans la même unité. Nous négligerons le terme F correspondant aux fuites sous lacustres étant entendu que la surface du bassin calculées à partir du bilan en tiendra compte.

Les autres termes sont relativement bien connus à l'exception de la variation de la réserve : en effet, on ne connaît que la variation de la réserve sur le plan d'eau proprement dit ; le stockage d'eau dans le sol et le sous-sol du bassin sont inconnus et peuvent être non négligeables compte tenu de la présence des tourbières.

→ Bilan global - Estimation du Bassin Versant :

Exprimée en volume, l'équation du bilan simplifiée s'écrit :

$$(P - ETP) S = E_c + Pr \pm \Delta R$$

Appliquée aux trois épisodes globaux, on obtient une estimation de la superficie du bassin :

Episode	19/10/90 au 24/01/91	08/09/91 au 09/10/92	09/10/92 au 22/08/93
Ecoulement E _c 10 ⁶ m ³	2,013	2,342	3,253
Prélèvement Pr 10 ⁶ m ³	0,213	1,115	0,725
Variation Réserve ± Δ R 10 ⁶ m ³	0,382	0,289	0,085
Précipitations en m	0,839	1,767	1,706
E.T.P. en m	0,034	0,573	0,378
Surface Bassin Versant en km ²	$\frac{2,609055}{0,805} = 3,24$	$\frac{3,746151}{1,194} = 3,14$	$\frac{4,063361}{1,328} = 3,06$

Sur ces épisodes, les résultats sont cohérents. Le Bassin d'alimentation du lac de l'Abbaye est donc de dimension modeste : environ 3,15 km².

→ Détail par séquences caractéristiques :

Les tableaux suivants permettent de suivre pour chaque séquence choisie (pluie intense ou pluie faible) les différentes étapes du calcul. Le bilan exprime (en mm) la différence entre la pluie mesurée et les autres paramètres.

Pour ce calcul, on a utilisé la superficie du bassin versant de 3,15 km² déterminée ci-dessus.

La dernière colonne représente le bilan cumulé ; en pratique, mis à part les erreurs de mesure, elle représente l'évaluation de la réserve en eau dans le sol et le sous-sol.

Pour les deux périodes qui commencent en automne, la réserve initiale du sol et du sous-sol est probablement voisine du minimum : on observe sur ces deux périodes, au gré des épisodes pluvieux, la reconstitution progressive de cette réserve avec un maximum en novembre 1990 de 117 mm et en décembre 1992 de 135 mm. Ces chiffres élevés peuvent être le fait d'un stockage sous forme de neige.

Par contre, pour la période estivale 1993, le bilan cumulé est beaucoup plus stable traduisant bien le fait que la réserve en cette période ne se reconstitue pas. L'année hydrologique 1991-92 semble particulière.

Les périodes de reconstitution maximale du stock sont bien entendu celles de forte pluviométrie ; ainsi par exemple du 15 au 22 novembre 1990 et du 10 au 22 novembre 1993. Les longues périodes à faible pluie se traduisent par contre par un destockage (ex : du 8 au 24 juin 1991, du 7 décembre 1992 au 23 janvier 1993, du 31 janvier au 31 mars 1993).

→ Conclusion sur le bassin versant et les apports :

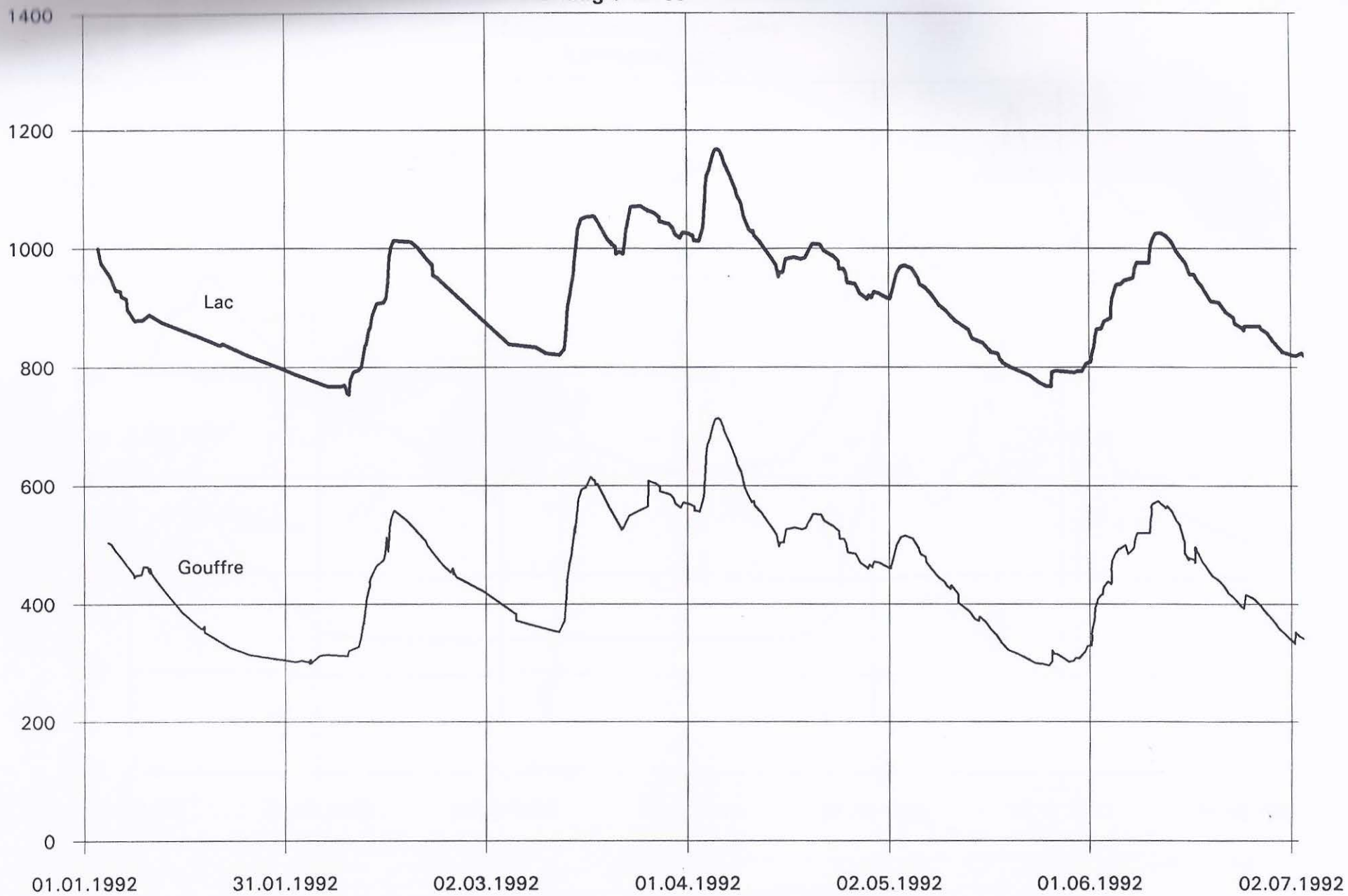
L'examen du bilan hydrologique démontre la faible taille du bassin réel d'alimentation du lac de l'Abbaye.

	(*) Pluie à St Laurent (en mm)	Pluie sur le B.V. (en mm)	Volume à l'écoulement	Volume prélevé	%
Année hydrologique Oct. 91 - Sept. 92	1 709	1 521	3 299 186	977 240	≈ 30
Année hydrologique Oct. 92 - Sept. 93	2 062	2 096	4 307 441	819 670	≈ 19

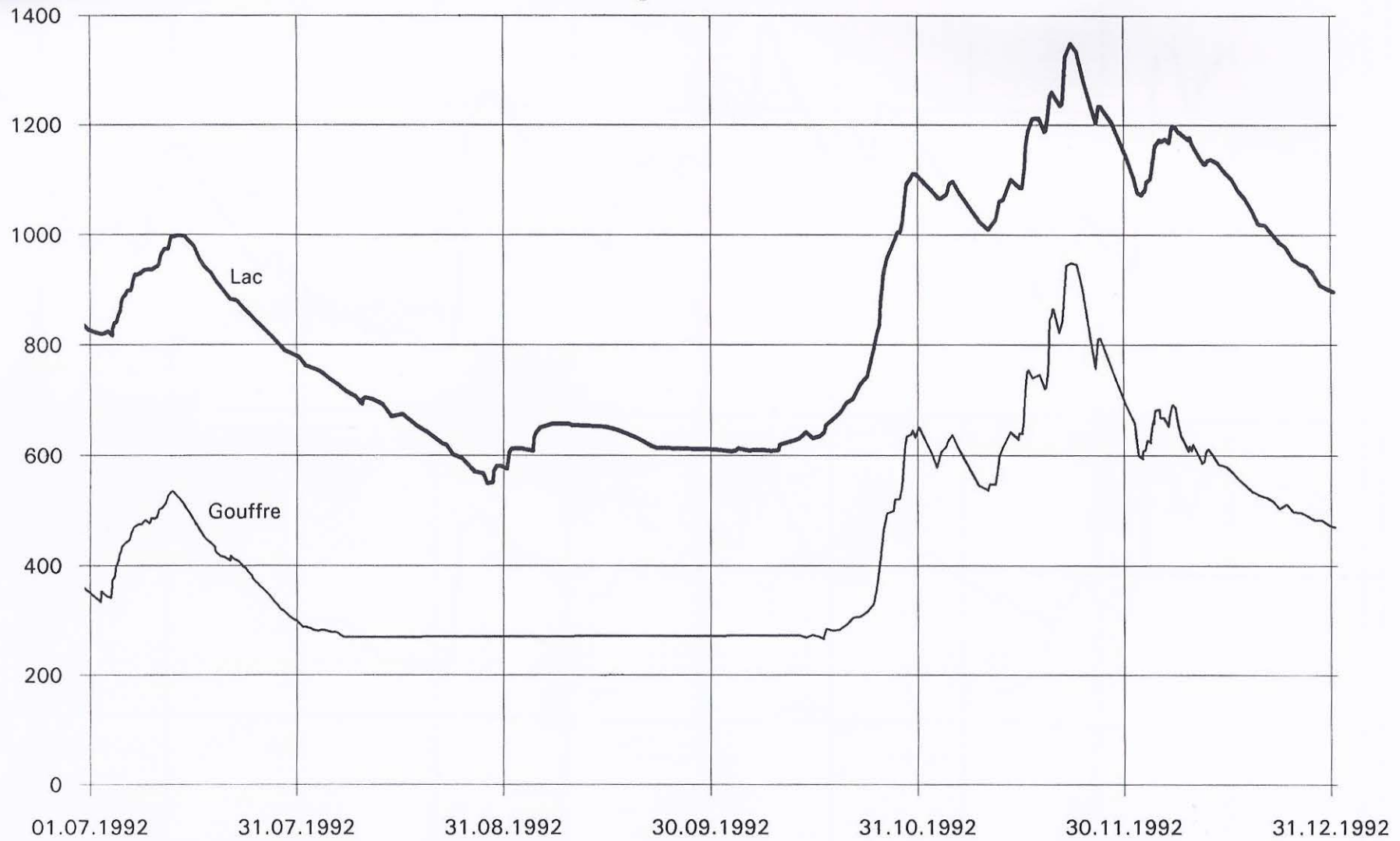
(*) Pluie annuelle à St Laurent (17 ANS METEO FRANCE) 1 681 mm.

En dépit d'une faible incertitude sur l'existence des pertes au profit d'autres systèmes, il apparaît que la superficie du bassin versant peut être raisonnablement estimée à 3,15 km². Le volume écoulé naturel au lac se situerait donc en année moyenne à $(P - ETP) \times S$, soit environ 3,8 millions de m³ avec une incertitude de 10 %. On notera que les prélèvements actuels pour l'eau potable représentent environ 25 % des disponibilités.

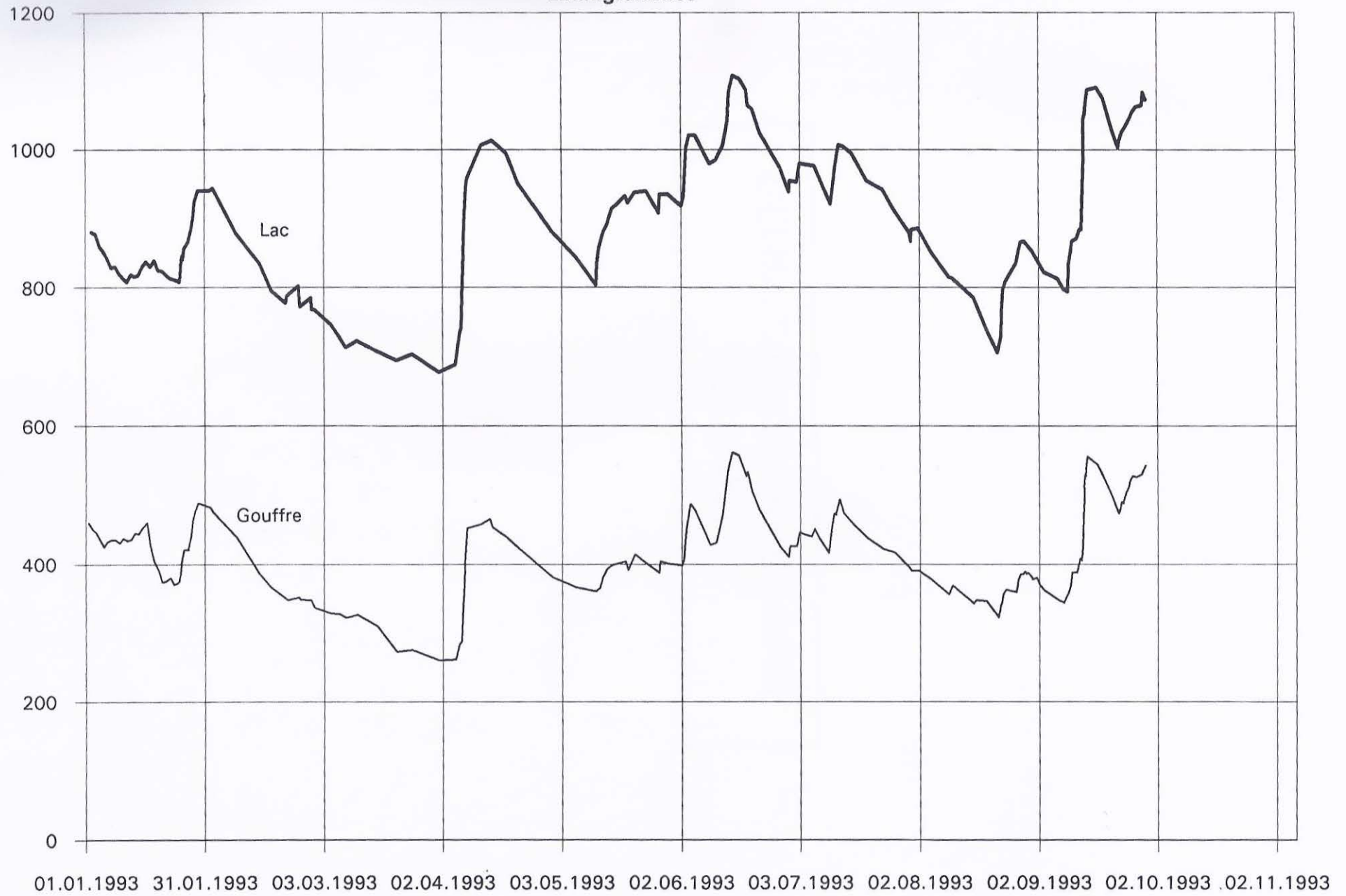
Lac de l'Abbaye et gouffre
Limnigrammes



Lac de l'Abbaye et gouffre Limnigrammes



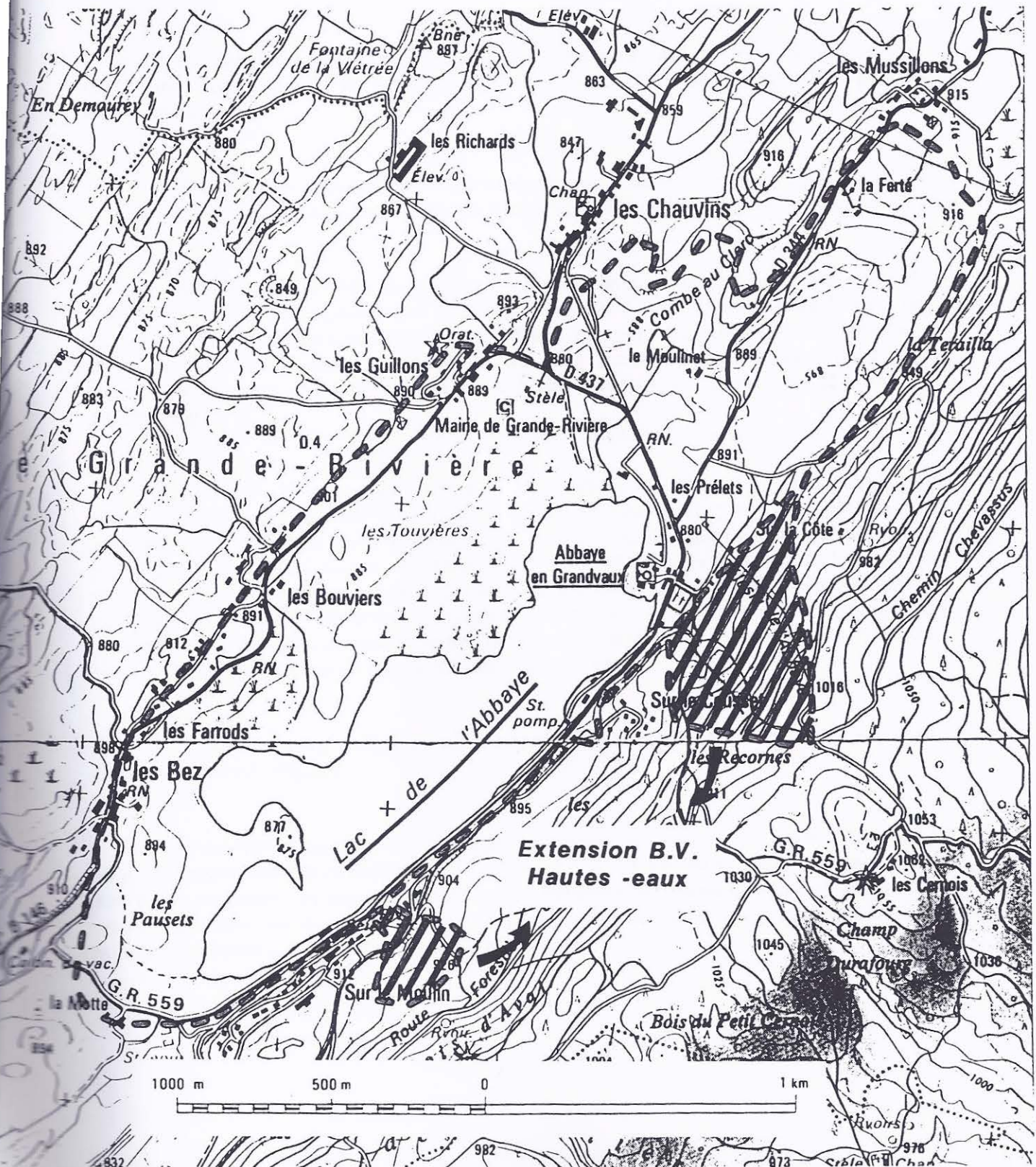
Lac de l'Abbaye et gouffre
Limnigrammes



**DELIMITATION DU BASSIN
VERSANT**

LAC DE L'ABBAYE

Délimitation du Bassin Versant



En l'absence de mesures des écoulements et compte tenu de la géologie locale, les dimensions et les limites du bassin versant n'avaient jusqu'alors pas pu être précisées.

A partir des éléments du bilan de la présente étude, de la topographie et de la géologie, les limites suivantes peuvent être proposées (voir carte ci-jointe).

Au SW, NW et NE, la limite est sensiblement topographique ; elle coïncide d'ailleurs avec la limite géologique glaciaire - calcaires ; elle passe par la Motte, les Bez, elle suit approximativement la route Saint Laurent - Chaux-des-Prés jusqu'aux Chauvins ; elle correspond ensuite à la base des escarpements calcaires jusqu'aux Mussillons pour passer au NE par le col des Mussillons, bien marqué dans la topographie.

La limite SE est plus ambiguë, il paraîtrait en effet naturel d'étendre le bassin versant au coteau du "bois d'aval" qui surplombe le lac ; or, nous savons que le niveau piésoométrique dans les calcaires, à l'intérieur du gouffre de la scierie est largement inférieure au niveau du lac (- 30 m environ) bien qu'à proximité immédiate de celui-ci, toutes les eaux infiltrées dans les calcaires de ce relief échappent donc aux écoulements de surface et rejoignent directement la source de l'Enragé. Il convient donc de faire passer la limite du bassin à proximité immédiate du bord du lac, à la limite des calcaires et des alluvions glaciaires.

L'emprise ainsi délimitée correspond très exactement au 3,25 km² calculés dans le bilan hydrologique.

Toutefois, nous savons que quelques sources temporaires alimentent le lac au droit notamment du cimetière de l'Abbaye et à proximité de la scierie Grosjean. On doit donc envisager un bassin versant supplémentaire et temporaire qui correspond à un ruissellement de hautes eaux. Les volumes qui en sont issus ne représentent qu'une très faible part des écoulements totaux.

CONCLUSIONS

Ce travail, qui s'est heurté à de multiples difficultés du fait des particularités du site, a permis de progresser de façon très sensible dans la connaissance des écoulements qui régissent le lac de l'Abbaye.

Plus de deux années de mesures et d'observations, tant du lac que de l'exutoire souterrain et de la pluie ont abouti à un bilan hydrologique précis et à la détermination des limites du bassin versant. La surface ainsi définie est beaucoup plus modeste qu'on ne l'imaginait : seulement 3,25 km² y compris le lac.

Par ailleurs, deux années de prélèvements et d'analyses mensuels ont montré une bonne qualité des eaux en toute saison.

La pérennité de l'exploitation de ce plan d'eau pour l'alimentation en eau potable passe par deux conditions essentielles compte tenu de son faible taux de renouvellement :

- la gestion rigoureuse des rejets tant domestiques qu'agricoles sur le bassin versant,
- la maîtrise des niveaux du lac, en effet l'exploitation à des fins hydroélectriques, par éclusées qui plus est, peut s'avérer à terme catastrophiques pour l'équilibre du plan d'eau.
