

## SOMMAIRE

FICHE SIGNALÉTIQUE DU LÉMAN ET DE SON BASSIN VERSANT .....	7
SYNTHÈSE 1997 .....	11
CONCLUSIONS GÉNÉRALES .....	13

### **RAPPORTS SUR LES ÉTUDES ET RECHERCHES ENTREPRISES DANS LE BASSIN LÉMANIQUE**

1. MÉTÉOROLOGIE .....	21
1. Introduction .....	21
2. Température de l'air .....	22
3. Pluviométrie .....	22
4. Insolation .....	25
5. Rayonnement .....	27
6. Vent .....	27
7. Conclusions .....	32
2. ÉVOLUTION PHYSICO-CHIMIQUE DES EAUX DU LÉMAN .....	33
1. Méthodes .....	34
2. Régime thermique et influence sur la stratification ou le mélange des eaux .....	35
3. Evolution saisonnière dans les couches superficielles .....	37
4. Evolution saisonnière dans les couches profondes .....	43
5. Evolution interannuelle des principaux paramètres .....	47
6. Métaux et micropolluants organiques .....	52
7. Conclusions .....	55
- Bibliographie .....	56
- Annexes .....	57
3. ÉVALUATION DE L'ÉTENDUE DE LA ZONE DÉSOXYGÉNÉE DANS LA PLAINE CENTRALE DU GRAND LAC .....	61
1. Introduction .....	61
2. Méthode .....	61
3. Résultats .....	62
4. Conclusions .....	66
- Bibliographie .....	66

<b>4.</b>	<b>ÉVOLUTION DE LA PRODUCTION PHYTOPLANCTONIQUE DANS LE LÉMAN . . . .</b>	<b>67</b>
1.	Introduction . . . . .	67
2.	Méthodes . . . . .	68
3.	Résultats . . . . .	68
4.	Conclusions . . . . .	74
-	Bibliographie . . . . .	74
<b>5.</b>	<b>ÉVOLUTION DU PHYTOPLANCTON DU LÉMAN . . . . .</b>	<b>75</b>
1.	Méthodes . . . . .	75
2.	Richesse spécifique du phytoplancton . . . . .	76
3.	Variations saisonnières de la biomasse . . . . .	76
4.	Biomasse et succession des principaux taxons à l'échelle annuelle . . . . .	79
5.	Evolution interannuelle de la biomasse . . . . .	82
6.	Conclusions . . . . .	84
-	Bibliographie . . . . .	84
<b>6.</b>	<b>ÉVOLUTION DU ZOOPLANCTON DU LÉMAN . . . . .</b>	<b>85</b>
1.	Introduction . . . . .	85
2.	Méthodologie . . . . .	86
3.	Biovolume sédimenté . . . . .	86
4.	Composition de la biocénose zooplanctonique . . . . .	89
5.	Biomasse zooplanctonique . . . . .	98
6.	Etat du Léman déterminé par les rotifères . . . . .	98
7.	Conclusions . . . . .	101
-	Bibliographie . . . . .	102
<b>7.</b>	<b>MÉTAUX ET MICROPOLLUANTS ORGANIQUES DANS LES POISSONS ET LES MOLLUSQUES DU LÉMAN . . . . .</b>	<b>103</b>
1.	Introduction . . . . .	103
2.	Echantillonnage . . . . .	104
3.	Méthodologie . . . . .	105
4.	Résultats . . . . .	106
5.	Conclusions . . . . .	115
-	Bibliographie . . . . .	116
<b>8.</b>	<b>BILAN DES APPORTS PAR LES AFFLUENTS AU LÉMAN ET AU RHÔNE À L'AVAL DE GENÈVE . . . . .</b>	<b>117</b>
1.	Généralités . . . . .	118
2.	Débits des affluents principaux et de l'émissaire . . . . .	120
3.	Apports annuels et composition de l'eau des affluents . . . . .	121
4.	Etude des affluents secondaires . . . . .	128
5.	Bassin versant du Rhône de Genève à Chancy . . . . .	129
6.	Conclusions . . . . .	131
-	Bibliographie . . . . .	131
-	Tableaux récapitulatifs . . . . .	132

<b>9.</b>	<b>QUALITÉ BIOLOGIQUE DES AFFLUENTS VAUDOIS DU LÉMAN INDIQUÉE PAR LES COMMUNAUTÉS D'INVERTÉBRÉS .....</b>	<b>135</b>
1.	Introduction .....	135
2.	Stations et méthodes .....	136
3.	Résultats .....	137
4.	Discussion .....	137
-	Bibliographie .....	140

**RAPPORT TECHNIQUE**

<b>10.</b>	<b>CONTRÔLE DES STATIONS D'ÉPURATION .....</b>	<b>143</b>
1.	Introduction .....	145
2.	Nombre de STEP, capacité et populations raccordées .....	145
3.	Fréquence des contrôles .....	147
4.	Rendement d'épuration .....	150
5.	Bilan des flux annuels de pollution liés aux STEP contrôlées .....	154
6.	Conclusions .....	158
-	Bibliographie .....	159
-	<b>LISTE DES AUTEURS .....</b>	<b>161</b>

# SYNTHÈSE 1997

PAR

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE

CIPEL, CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

## *Etat de santé du Léman*

Les principaux points positifs relevés sont les suivants :

- reprise de la baisse des teneurs en phosphore,
- stabilisation des teneurs en azote total et nitrique depuis huit ans,
- diffusion limitée du phosphore depuis les sédiments,
- amélioration de la qualité biologique des eaux de baignade,
- pour toutes les substances analysées (métaux, phytosanitaires, NTA, EDTA), les eaux au centre du lac satisfont pleinement aux exigences requises pour l'eau potable,
- confirmation de la baisse des teneurs en métaux et PCB dans la chair des poissons.

Mais la situation n'est pas encore satisfaisante :

- biomasse algale, principalement due à des algues filamenteuses, trop importante,
- instabilité sur le plan biologique,
- teneurs en oxygène trop faibles dans les eaux profondes,
- concentrations en métaux relativement élevées dans la chair des moules dans certaines zones riveraines.

## *Rendement des stations d'épuration (STEP)*

- amélioration du rendement moyen d'élimination du phosphore (86.3 %) dans les STEP du bassin versant du Léman.

## *Qualité biologique des affluents vaudois du Léman*

- l'impact des diverses activités humaines fait que la qualité biologique des affluents se dégrade d'amont en aval. Aux embouchures, la qualité biologique n'est convenable que dans un tiers des cas.

## *EN BREF*

De nombreux indices, au niveau de la qualité chimique des eaux et de certains organismes benthiques, prouvent une restauration progressive de l'état du Léman.

En ce qui concerne le plancton, il subsiste toujours des problèmes d'équilibre au sein des populations (zooplancton et phytoplancton).

L'objectif à atteindre, une concentration moyenne annuelle de 20 à 30 microgrammes de phosphore par litre d'eau dans le Léman, demeure une condition nécessaire afin de sortir de la période d'instabilité biologique.

# CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Campagne 1997

PAR

LE CONSEIL SCIENTIFIQUE DE LA COMMISSION INTERNATIONALE

CIPEL, CP 80, CH - 1000 LAUSANNE 12

LAC

## *Evolution physico-chimique*

### *Une météorologie défavorable au brassage hivernal*

Pour la onzième année consécutive, un hiver relativement doux n'a pas permis une homogénéisation thermique de l'ensemble des eaux du Grand Lac. On peut estimer que la circulation hivernale des eaux n'a atteint que 100 mètres de profondeur et par conséquent la réoxygénation des eaux profondes n'a pas été réalisée. Conséquence de cette situation, la concentration maximale des eaux du fond du Grand Lac en oxygène, en février 1997 est d'environ 2.25 mgO<sub>2</sub>/l et chute à 0.20 mgO<sub>2</sub>/l en fin d'année (figure 1), mais n'entraîne pas d'augmentation importante des teneurs en phosphore dans les zones de fond.

Contrairement aux eaux du Grand Lac, celles du Petit Lac, du fait de sa faible profondeur (moins de 80 m), sont homogénéisées chaque année. Les teneurs en oxygène y sont donc toujours élevées.

Une étude de la délimitation des zones les moins oxygénées du Léman a permis de confirmer que, dans la majeure partie de la plaine centrale, la zone désoxygénée à moins de 1 mgO<sub>2</sub>/l se maintient en dessous de 305 mètres de profondeur. Un doute subsiste concernant le comportement de l'oxygène dans la zone des grands fonds, parallèlement à la rive vaudoise, où l'on a observé des teneurs en oxygène plus faibles.

### *L'évolution des teneurs en nutriments*

En 1996, il n'était pas relevé de diminution significative du stock de phosphore dans les eaux du lac. Par contre, en 1997, on retrouve l'évolution nette à la baisse (- 8 % par rapport à 1996). Le stock, dans le Grand Lac, est de 3'230 tonnes de phosphore total contre 3'505 tonnes l'année précédente. Les concentrations moyennes annuelles sont de 38 µgP/l pour le phosphore total et de 34 µgP/l pour les orthophosphates (figure 2). Ces teneurs restent encore trop élevées pour éviter les proliférations algales.

Les concentrations en azote nitrique sont stables depuis 1989. Le stock pour 1997 est de 48'250 tonnes d'azote nitrique (0.56 mgN/l). Exprimée en ion nitrate, la concentration moyenne est de 2.5 mgNO<sub>3</sub>/l.

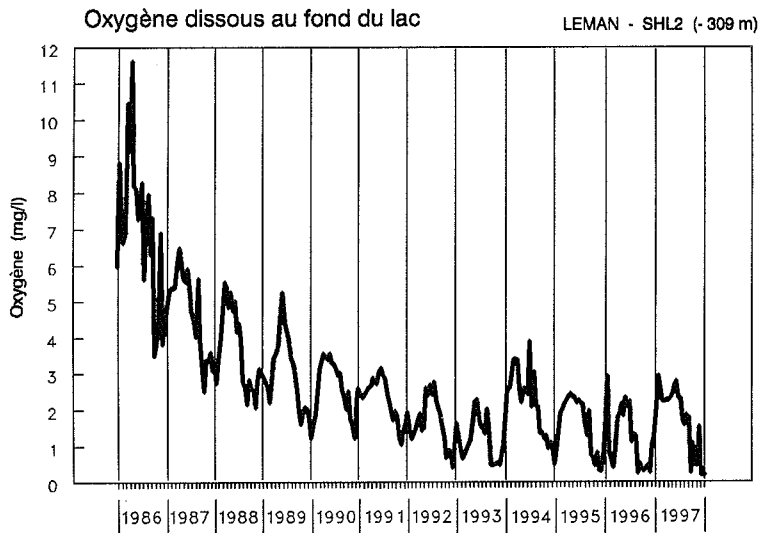


Figure 1

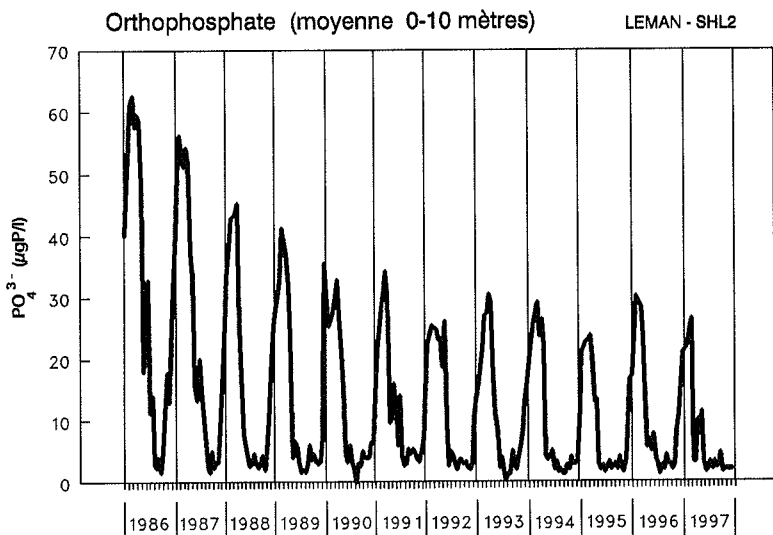
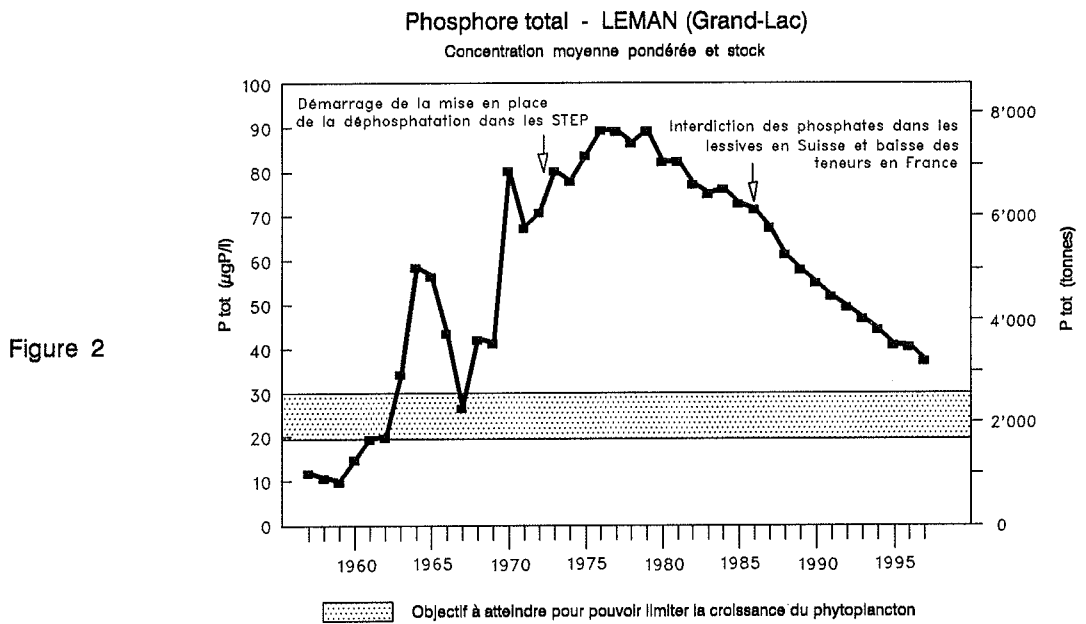


Figure 3

## *Evolution de la biologie*

### *Le phytoplancton*

La production de matière organique par le phytoplancton, qui exprime la vitesse de renouvellement de la biomasse, s'est maintenue à des valeurs relativement faibles.

Cette limitation intervient en particulier en fin d'été et en automne, lorsque les orthophosphates sont pratiquement épuisés dans les couches supérieures du lac (figure 3).

A cette période toutefois, se développent des algues filamenteuses (*Tribonema* et *Mougeotia*) qui, du fait de leur grande taille, ne sont pas consommées par le zooplancton (daphnies). Elles s'accumulent et représentent alors des biomasses considérables qui n'affectent guère la transparence des eaux, car cette accumulation a lieu en dessous de 10 mètres, mais elles gênent la pêche professionnelle en se fixant sur les filets des pêcheurs. La campagne 1997 confirme la tendance observée depuis quelques années.

### *Le zooplancton*

L'étude du zooplancton met en évidence en 1997 une diminution du biovolume sédimenté, de l'abondance globale des entomostracés et de la biomasse zooplanctonique par rapport à l'année précédente. Ces données confortent le diagnostic de l'amélioration progressive de l'état du Léman (oligotrophisation) depuis plus d'une décennie.

Toutefois, le fonctionnement du réseau trophique a été perturbé, cette année encore, par le développement important de ces algues filamenteuses, *Tribonema* en particulier. Une partie de la végétation phytoplanctonique surabondante, non consommée par les entomostracés herbivores, a permis l'apparition saisonnière d'une importante population de protozoaires, surtout abondants en été et en automne.

Au vu des relations existant entre le phosphore et le biovolume sédimenté du zooplancton, il est logique d'admettre que si l'amélioration du Léman se poursuit, ce n'est pas un phénomène régulier au cours du temps.

De 1963 à 1969, lorsque les teneurs en phosphore ont dépassé 30  $\mu\text{gP/l}$ , le peuplement zooplanctonique du Léman a témoigné de nets signes d'instabilité passagère. Puis, de 1970 à 1982, pour des teneurs en phosphore de l'ordre de 80  $\mu\text{gP/l}$ , le Léman a atteint un niveau important d'eutrophie.

Le retour à une qualité globale proche, mais probablement quelque peu différente, de celle des années antérieures à 1960 est marqué d'une nouvelle phase d'instabilité (depuis 1989) d'une durée plus importante que la précédente.

On peut s'attendre à ce que ce déséquilibre cesse lorsque la concentration moyenne des eaux en phosphore total retrouvera la gamme des 20 à 30  $\mu\text{gP/l}$ .

### *La qualité sanitaire des eaux littorales pour la baignade*

En 1997, l'étude de la qualité hygiénique des eaux littorales et des plages, suivies par les services compétents, a montré que pour 71 % des 92 points de contrôle cette qualité est bonne, qu'elle est moyenne pour 26 % des cas, que dans 2 % des stations l'eau peut être momentanément polluée et qu'une seule station est qualifiée de mauvaise qualité (une carte de l'état sanitaire des eaux de baignade a été publiée dans *La Lettre du Léman* No 17 - juin 1998).

L'évolution au cours de ces dernières années montre une nette amélioration de la situation. En effet, en 1992, les plages de qualité bonne ne représentaient que 52 % et pour les plages dont la qualité des eaux étaient momentanément polluées, la proportion était de 12 %.

## *Micropolluants*

### *Dans les eaux*

Pour le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome, le cuivre, le manganèse et le fer, déterminés dans les eaux du Léman à différentes profondeurs, les teneurs demeurent faibles et satisfont pleinement aux exigences requises pour l'eau potable et la vie piscicole.

Des recherches et dosages de différentes familles de phytosanitaires, d'acide nitrilo-triacétique (NTA) et d'acide éthylène-diamine-tétracétique (EDTA) ont également été effectués. Des traces d'herbicides, atrazine, simazine et terbutylazine sont observées. Les concentrations mesurées sont inférieures aux exigences requises pour l'eau potable. Les concentrations en NTA et EDTA des eaux du lac demeurent faibles, sans évolution significative depuis 1988.

### *Dans les poissons*

L'amélioration observée ces dernières années pour la contamination par le mercure se confirme et les teneurs sont faibles. L'omble chevalier présente une contamination plus élevée en PCB et DDE que les lottes.

Toutefois, les concentrations en mercure et PCB dans la chair de poisson sont parfaitement acceptables en regard des textes en vigueur sur les denrées alimentaires.

### *Dans les moules*

Sur la base d'une grille de qualité (MERSCH) pour l'appréciation des concentrations métalliques observées dans les moules (Dreissènes), les points suivants peuvent être relevés :

- cadmium : pollution pour les zones côtières proches du Bouveret, de la Dranse, de Thonon, de Meillerie et de l'Hermance, et situation intermédiaire pour les autres sites,
- chrome, cuivre, zinc et nickel : situation intermédiaire sur l'ensemble des sites avec quelques points proches du seuil de pollution, méritant une surveillance accrue (Meillerie et Thonon pour le cuivre et la Promenthouse pour le nickel),
- plomb : situation intermédiaire pour la Versoix, la Promenthouse, la Venoge, Vidy, Lutry et Thonon et absence de pollution pour les autres sites.

## **BASSIN VERSANT DU LÉMAN**

### ***Le bilan des apports au lac par les rivières***

Du fait d'une pluviosité moyenne, les débits moyens annuels sont proches de la moyenne de ces quinze dernières années.

Les apports en phosphore total sont d'environ 1'160 tonnes, pour les quatre rivières principales, ce qui correspond bien à une année de pluviosité moyenne.

Pour ces mêmes affluents, les apports en phosphore dissous sont pour la première fois inférieurs à 50 tonnes (47 t).

Les apports en chlorures par l'ensemble des rivières contrôlées continuent de croître et dépassent pour la première fois le total de 58'000 tonnes.

### ***L'épuration des eaux usées***

Les problèmes principaux sont liés à la nature et à l'état des réseaux qui véhiculent trop d'eaux propres qui ne devraient pas s'y trouver. Plus de la moitié des eaux arrivant aux stations d'épuration (STEP) sont des eaux parasites qui perturbent leur bon fonctionnement. De plus, celles-ci provoquent des déversements d'eaux non traitées par l'intermédiaire des déversoirs d'orage.

Sur les 159 STEP du bassin hydrographique du Léman, 136 sont équipées pour la déphosphatation (99.2 % de la capacité nominale des installations; 98.6 % de la population raccordée). La population raccordée à ces 159 STEP est de 821'000 habitants permanents, 502'000 habitants saisonniers et 740'000 équivalents-habitants industriels.

Le nombre de STEP contrôlées au moins quatre fois par année (contrôle sur 24 heures) est de 132 (83 % du nombre de STEP et 97.7 % de la population raccordée).

Pour le bassin versant strict du Léman et pour les STEP contrôlées, les apports en phosphore total sont de 700 tonnes et les charges rejetées après traitement de 94 tonnes. Le rendement moyen d'élimination est de 86.3 % sur les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie est de 0.55 mgP/l. Globalement, ces valeurs sont en nette amélioration par rapport à 1996 et proches de celles de 1995.

Pour la matière organique exprimée par la Demande Biochimique en Oxygène (DBO<sub>5</sub>), le rendement moyen d'abattement des STEP est de 93.7 % sur les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie (pondérée par les débits) est de 11.2 mgO<sub>2</sub>/l. Ces valeurs sont similaires à celles de 1995 et 1996.

### ***La qualité biologique des affluents vaudois***

Vingt-deux affluents ont été étudiés entre 1995 et 1997 par le Service cantonal vaudois des forêts et de la faune. La caractérisation de la qualité biologique a été effectuée à partir de la composition des communautés d'invertébrés benthiques.

La qualité biologique des affluents se dégrade d'amont en aval. Cette dégradation est due à l'augmentation des impacts d'origine humaine. Ceux-ci deviennent de plus en plus multiples et diffus. Si certaines atteintes, dues aux apports excessifs de matière organique et de nutriments, perdent de l'importance grâce à l'épuration des eaux, d'autres les remplacent : les phytosanitaires, l'alluvionnement, l'altération des débits de crue et d'étiage et la dégradation de la végétation riveraine, par exemple.

Au niveau des embouchures, la qualité n'est convenable que dans le tiers des affluents vaudois étudiés. Cependant, dans les trois quarts des affluents, il existe tout de même un ou plusieurs secteurs où la qualité biologique est satisfaisante. Ceux-ci se situent pour la plupart dans le cours supérieur des affluents. A partir de ces stations, les invertébrés pourraient recoloniser le cours inférieur des affluents si l'état du milieu s'améliorait.

## ***BASSIN VERSANT DU RHÔNE AVAL*** ***(du lac jusqu'à la frontière franco-suisse de Chancy)***

### ***Le bilan des apports***

Pour le bassin versant du Rhône en aval, du lac jusqu'à la frontière franco-suisse de Chancy, les analyses effectuées sur les différentes rivières donnent une indication de la contribution des divers bassins versants à l'enrichissement en éléments fertilisants.

La charge du Rhône en éléments fertilisants à la frontière franco-suisse (Chancy) est doublée pour les nitrates, quadruplée pour le phosphore total et multipliée par 5 pour le phosphore dissous par rapport à celle mesurée à la sortie du lac. La totalité du bassin versant en aval du lac apporte au Rhône environ 255 tonnes de phosphore dissous. Cela représente plus de 5 fois les apports au Léman des treize rivières étudiées de son bassin versant.

Par rapport aux charges à Chancy, l'Arve représentent 18 % pour les nitrates et 36 % pour le phosphore dissous. Pour le bassin dit "genevois", les charges obtenues par soustraction des charges entrantes mesurées (sortie du lac, Arve et Allondon) de la charge à Chancy représentent 33 % pour les nitrates et 42 % pour le phosphore dissous. Il faut cependant signaler que ces évaluations obtenues par calcul représentent la charge résiduelle à l'aval de la retenue de Verbois et non la charge réelle.

### ***L'épuration des eaux usées***

Sur les 60 STEP du bassin versant du Rhône aval, seules 17 ont fait l'objet d'un minimum de 4 contrôles sur 24 heures par année (14 genevoises et 3 françaises). Ces 17 stations correspondent à 67 % de la population raccordée.

Il convient d'augmenter la couverture de ces contrôles, en particulier sur la partie française de ce bassin versant.

Pour les stations contrôlées, le rendement pour l'élimination de la matière organique (exprimée par la DBO<sub>5</sub>) atteint 91.7 % pour les eaux traitées et la concentration moyenne de sortie (pondérée par les débits) est de 17.1 mgO<sub>2</sub>/l.