



sisippa 89

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED APPROACHES
TO WATER POLLUTION PROBLEMS
SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR DES SOLUTIONS INTÉGRÉES
POUR DES PROBLÈMES DE POLLUTION DE L'EAU
SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE SOLUÇÕES INTEGRADAS
PARA PROBLEMAS DE POLUIÇÃO DA ÁGUA

MODULES BIOLOGIQUES IMMERGES POUR ASSISTER L'AUTOEPURATION DES RIVIERES

SUBMERGED BIOLOGICAL MODULES TO ENHANCE RIVER SELF PURIFICATION

Francis EDELINE⁽¹⁾

RESUME

Des modules constitués de panneaux parallèles en voile plastique (fibres de verre enrobées) ont été immergés dans un ruisseau pollué, moyennant des aménagements mineurs. Une biomasse abondante s'est fixée rapidement sur les deux faces des supports ($200 \text{ m}^2/\text{m}^3$) et a effectué une réduction considérable de la DCO dissoute (plus de 70 %). La respiration du biofilm a atteint au maximum $220 \text{ mgO}_2/\text{m}^2.\text{h}$. Le besoin en oxygène respiratoire peut donc excéder la quantité d' O_2 dissoute dans le ruisseau, et dans ce cas on a utilisé avec succès d'un générateur d'oxygène pur, par tamis moléculaires. Un système simple de régulation par tout ou rien permet de limiter la fourniture aux périodes de manque. L'ensemble est proposé comme unité alternative d'épuration pour les "têtes de vallée" polluées.

Mots-clés : rivière, autoépuration, oxygène pur, lit bactérien immergé.

SUMMARY

Modules consisting of parallel plates of a plastic mesh (coated glass fibers), were submersed in a polluted creek. Minor concrete works had to be done previously. A thick biomass soon appeared on both faces of the carrying surface ($200 \text{ m}^2/\text{m}^3$), and achieved more than 70 % reduction of soluble COD. The biofilm respiration reached a maximum of $220 \text{ mgO}_2/\text{m}^2.\text{h}$. The oxygen requirements can thus exceed its availability in the flowing water, and in this case a pure oxygen generator, based on molecular sieves, was successfully used. A simple go/no go regulating principle limits oxygen furniture to periods of need. The whole system is proposed as an alternative treatment for polluted headwaters.

Keywords : river, selfpurification, pure oxygen, submerged biofilter.

(1) Ir. A.I.Gx, Directeur du CEBEDEAU, Liège (Belgique).

1 - INTRODUCTION

Dans les zones rurales et semi-rurales, de plus en plus de ruisseaux et de petites rivières sont pollués par des sources diffuses et, étant donné les distances, il est souvent peu économique d'en assurer l'épuration par des stations de traitement ordinaires. Le pouvoir autoépurateur de ces ruisseaux est relativement élevé, mais leur faible débit les rend vulnérables même à de petites charges polluantes.

Une solution alternative intéressante est d'augmenter le pouvoir autoépurateur de ces rivières par un équipement simple placé dans la rivière elle-même. Un tel système a été conçu et expérimenté pendant trois ans par le CEBEDEAU sous le nom d'OXHYGIENE. Essentiellement il comporte des modules de support bactérien immergés, et un saturateur d'oxygène pur. L'usage de ce dernier est commandé par la concentration en oxygène de l'eau de rivière.

2 - DESCRIPTION DU RUISSEAU

Le ruisseau choisi, - le Ruyff, dans l'Est de la Belgique, - a un caractère torrentiel, de sorte que les pluies y sont rapidement et violemment répercutées. Il reçoit les eaux d'un petit village et celles d'un Institut Psychiatrique.

Le régime hydraulique se caractérise par un débit d'étiage de +/- 10 m³/h, pouvant brusquement monter à 100 m³/h et plus.

Les pollutogrammes montrent que les décharges polluantes ont lieu entre 07.00 et 18.00 h, et correspondent environ à une population équivalente de 200 personnes. Pendant la journée, la DCO peut ainsi s'élever de 60 à 80 jusqu'à des maxima de 200 à 300 selon le débit.

Le problème à résoudre est donc double :

- (a) éliminer les crêtes diurnes de pollution;
- (b) permettre aux crêtes de débit de contourner l'installation sans dommage.

3 - DESCRIPTION DE L'OXHYGIENE

Le dispositif se ramène à une sorte de lit bactérien couché, monté en modules immergés dans un bac aménagé en dérivation sur la rivière. Quatre modules ont été construits et chacun d'entre eux comporte quatre cubes de 0,5 m d'arête. Le volume total est de 2 m³, et la surface proposée à l'accrochage du biofilm est de 400 m². Le support lui-même est constitué par des feuilles carrées d'une toile synthétique (le Glasstex), faite d'un réseau à mailles carrées en fibres de verre enrobées de plastique souple (PVC). Le diamètre des fils est de 0,18 mm et le carré constituant la maille a un côté de 1,0 mm (fig. 1). Les deux tiers de la surface sont donc actifs par les deux faces, ce qui améliore à la fois sa captation de substrat et son alimentation en oxygène.

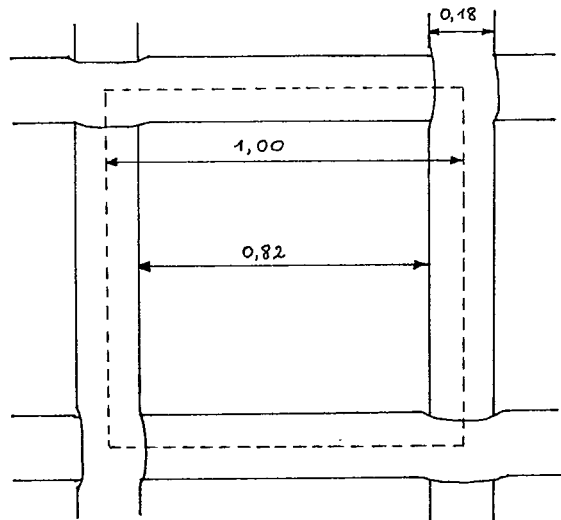


Fig. 1 - Surface du réseau Glasstex

Les feuilles de Glasstex sont disposées parallèlement à l'écoulement, à une interdistance de 1 cm. Elles présentent au courant une résistance négligeable, mais la microturbulence qui règne entre elles garantit une excellente probabilité d'interception de la charge polluante par le biofilm. Les feuilles sont renforcées par leurs bords et tendues par leurs coins.

L'excès de biofilm tombe directement dans un espace réservé sous les modules pour l'accumulation des boues.

La fig. 2 montre l'implantation générale du dispositif. L'évacuateur de crues n'est autre qu'un déversoir plan à seuil réglable, dont la

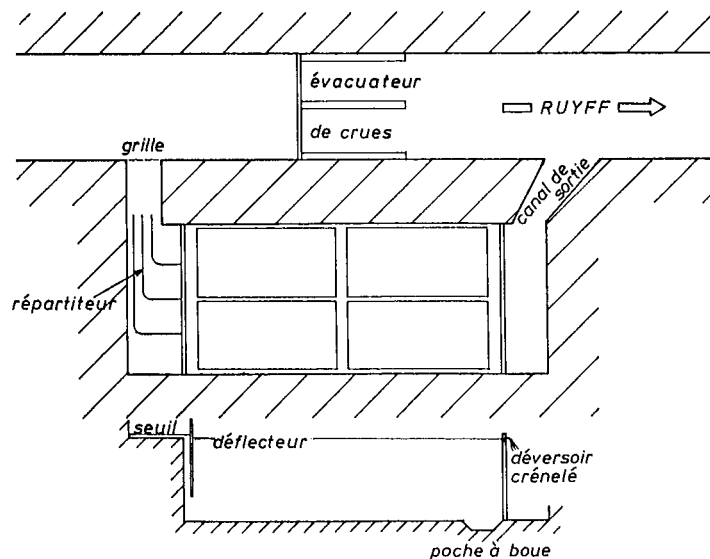


Fig. 2 - Implantation générale du dispositif

hauteur est réglée de telle façon qu'il ne déborde que si le débit dépasse la capacité prévue pour les modules (ici : 10 à 20 m³/h). A ce moment, la dilution et la vitesse sont jugées suffisantes pour autoriser une épuration de plus en plus partielle. Les eaux à traiter franchissent une grille longitudinale, ce qui la rend autonettoyante lors des fortes eaux. Elles abordent alors le bac de traitement via un répartiteur profilé, puis elles rencontrent un panneau déflecteur qui les oblige à entrer par le tiers inférieur de la section. C'est sur ce déflecteur que sont montées les vannes d'injection d'eau sursaturée en oxygène.

Après avoir franchi les modules et subi l'épuration, les eaux retournent au ruisseau par un déversoir crénelé, qui a pour avantage de garantir une vitesse locale élevée quel que soit le débit, et une relativement faible variation du plan d'eau (max. 4,5 cm).

Pour l'application décrite ici la cuve, en éléments de béton préfabriqués, avait les dimensions suivantes :

largeur 110 cm
 longueur 242 cm
 profondeur +/- 58 cm (sous le plan d'eau)

4. PERFORMANCES EPURATOIRES

Dès après la mise sous eau, la colonisation du support intervient, et le rendement d'épuration augmente rapidement. Les besoins d'oxygène respiratoire augmentent eux aussi, et peuvent excéder la disponibilité d'O₂ dans l'eau du ruisseau. Ceci se traduit par un manque d'O₂ dans le second module, voire partiellement aussi dans le premier.

Au cours de la première partie de notre étude, la fourniture automatique d'un appoint d'oxygène n'était pas installée, mais nous avons néanmoins atteint des niveaux d'épuration très satisfaisants. Voici à titre d'exemple une campagne diurne effectuée sous un débit de 22 m³/h (fig. 3).

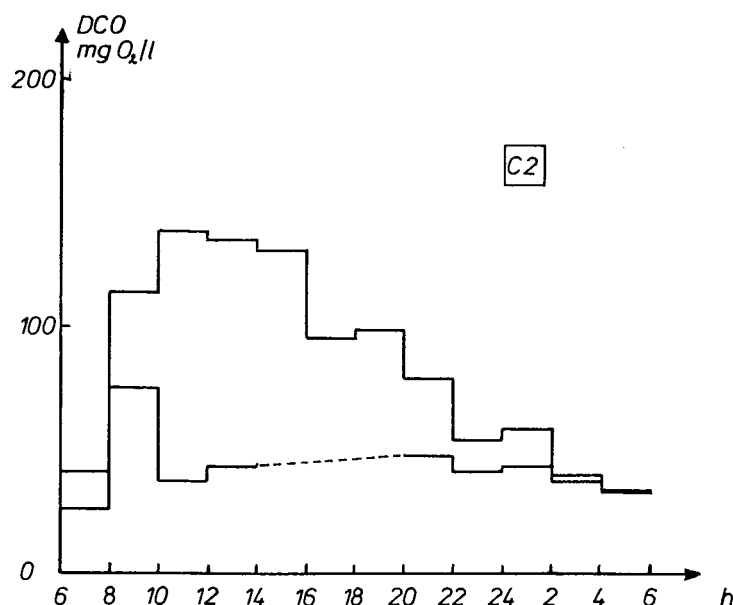


Fig. 3 - Performances épuratoires (I)

Ce débit relativement élevé entraîne une concentration en DCO moindre (max. 140) et une eau contenant suffisamment d'oxygène. Un rendement de 72 % est obtenu, et on voit que la courbe des DCO est très correctement écrêtée.

Si par contre le débit tombe à 14 m³/h, le pic de DCO monte à 206, l'eau s'appauvrit en oxygène et le temps de contact est augmenté. Le second module devient limité par le manque d'oxygène, et le rendement tombe à 43 %. On peut alors calculer que si la déficience en O₂ n'avait pas eu lieu, un rendement de +/- 68 % aurait été atteint. Malgré cela, le pic de pollution reste correctement écrêté. Le temps de contact dans les modules qui varie de 3 à 11 min. selon le débit, a une forte influence sur le rendement.

Il faut noter que ces manques passagers d'oxygène n'endommagent pas la biomasse, car la période nocturne rétablit toujours des conditions normales. Des mesures du profil longitudinal d'O₂ montrent que la limitation commence lorsque la teneur en O₂ devient inférieure à 1 mg/l: c'est ce qui nous a déterminés à concevoir et à installer une fourniture automatique d'O₂ pour ces conditions.

La respiration maximum enregistrée sur le support colonisé et mûr a été de 220 mgO₂/m².h. A partir de ces diverses valeurs, on peut calculer la charge imposée aux modules et traitée efficacement par eux. Cette charge est très élevée et vaut 5,3 kg DBO₅/m³.j. La capacité maximum de fixation du biofilm est de l'ordre de 6 g DCO/m².h.

De nombreuses autres campagnes de mesures ont été faites, parmi lesquelles nous retiendrons la meilleure de celles enregistrées en 1988 (seconde année d'essai) (fig. 4).

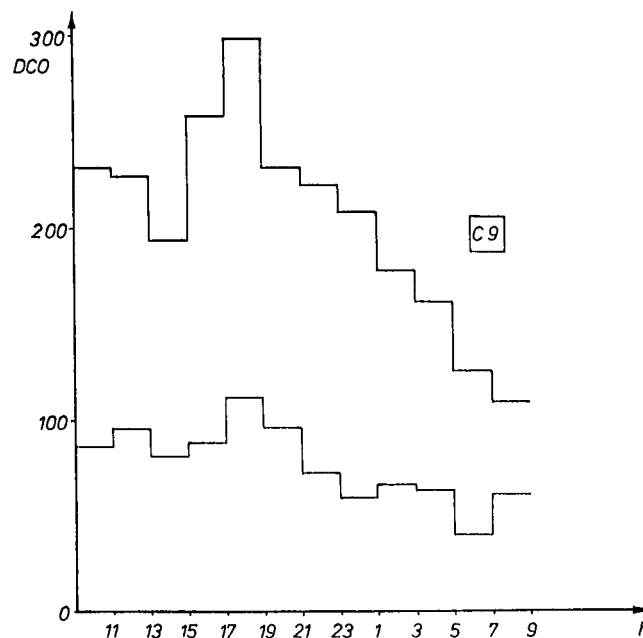


Fig. 4 - Performances épuratoires (II)

On y confirme l'écrêtement de la charge diurne, et on peut y voir (comme pour toutes les autres campagnes) la liaison quasi linéaire entre la DCO de sortie et la DCO d'entrée (fig. 5).

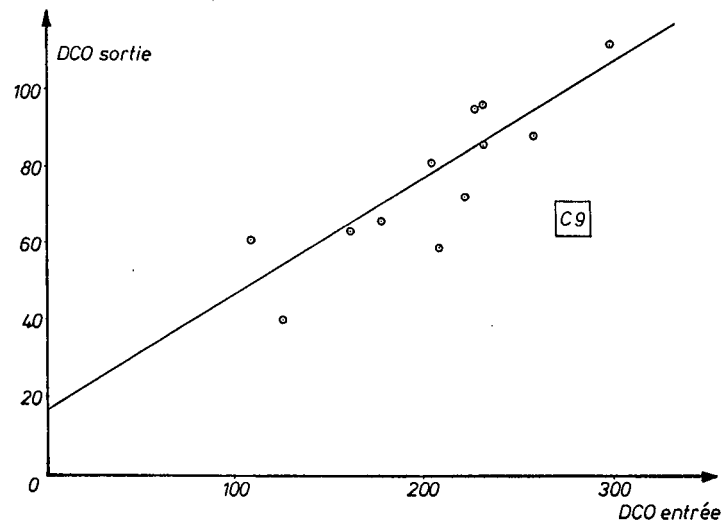


Fig. 5 - Relations entre DCO d'entrée et de sortie

Enfin quelques photos obtenues au microscope électronique à balayage montrent la variabilité du biofilm, mais aussi sa densité ($\pm 3,5 \text{ mg/cm}^2$, fig. 6).

Fig. 6 - Quelques vues du biofilm

5. FOURNITURE D'OXYGENE

Le concept retenu pour la fourniture d'oxygène est celui de la sursaturation, en O_2 pur, d'une aliquote du cours d'eau. La fig. 7 s'explique d'elle-même. Une portion de l'eau traitée (sortie modules) est

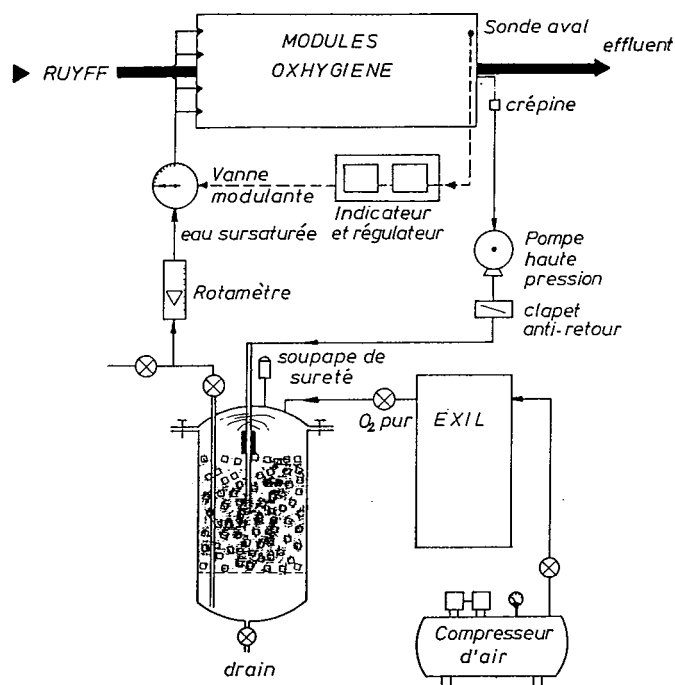


Fig. 7 - Schéma général du circuit

envoyée vers un saturateur à une pression de 2 à 3 kg/cm^2 . De même un générateur d'oxygène pur à tamis moléculaire, du type employé dans les piscicultures, alimente ce saturateur en gaz. Le saturateur est garni d'anneaux PALL de 2,5 cm en polypropylène, et l'eau y est injectée en pluie. L'eau sursaturée est prélevée au pied de l'appareil, et injectée en tête d'installation via une vanne modulante, commandée par une sonde oxymétrique et un régulateur.

L'injection se fait par plusieurs vannes à pointe de précision, qui envoient l'eau sursaturée dans l'écoulement descendant de l'eau à l'entrée des modules. La répartition est rapide, la sursaturation disparaît aussitôt, et il n'y a pas formation de bulles.

En supposant le ruisseau appauvri à 1 mgO_2/l sous un débit de 10 m^3/h (167 l/min), on calcule aisément qu'il suffit de détourner 4 l/min d'eau (soit 2,5 % seulement) et de les sursaturer à 3 kg/cm^2 pour porter leur concentration à 134 mgO_2/l , et pour obtenir après mélange une concentration de 4,2 mgO_2/l (le tout à 18°C).

Une grande flexibilité est réalisée, car en fait la fourniture d' O_2 n'a lieu qu'à la demande. Si la température change, si la pression est inférieure à 3 kg/cm^2 , si le rendement du saturateur est inférieur à 100 %, le système réagira de lui-même en recyclant une aliquote plus grande. La mise au point de ce système s'est cependant avérée fort délicate.

5. RESULTATS DE LA REGULATION

La simple fourniture d'oxygène sans régulation permet déjà de remédier aux manques d'oxygène, mais entraîne un gaspillage d'O₂. La fig. 8 montre l'écart entre les cellules oxymétriques amont et aval. Cet

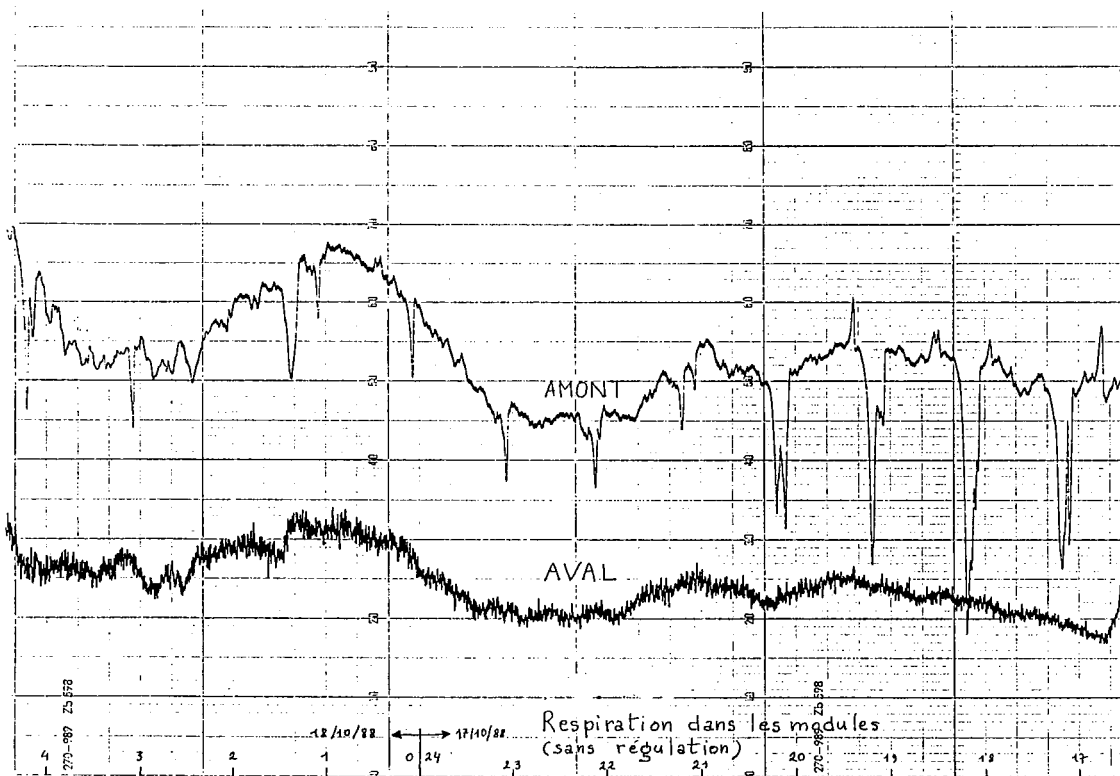


Fig. 8 - Résultats sans régulation

écart reflète la respiration des modules, et est évidemment plus élevé de jour que de nuit.

En introduisant la régulation le tracé se régularise, comme le montre la fig. 9.

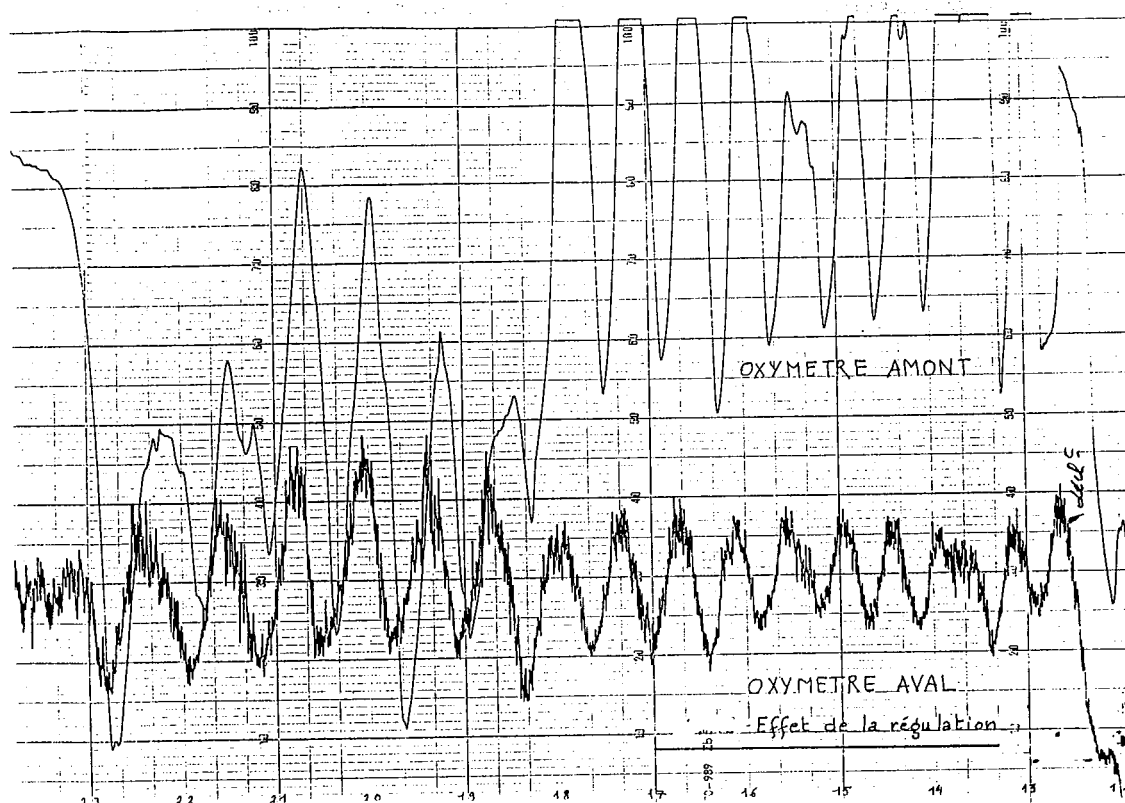


Fig. 9 - Résultats avec régulation

Ici la valeur de consigne a été fixée à 3 mgO₂/l, et l'inertie du système ainsi que le temps de séjour, - dont l'importance est grande dans un système à feed-back, - font que la plage réelle des concentrations est de 2 à 4 mgO₂/l. Nous avons expérimenté une régulation PID avec vanne modulante, mais il est apparu que les caractéristiques du système menaient à la faire fonctionner en tout ou rien : une simple électrovanne à pointeau est donc tout à fait suffisante.

7. CONCLUSIONS

Le système de modules immergés OXHYGIENE répond donc totalement à l'objectif fixé. Tout en permettant un libre écoulement des crues, il réalise par basses eaux une épuration de l'ordre de 70 % sur la DCO. Il présente une grande stabilité de fonctionnement, une automaticité totale dans la fourniture d'un complément d'oxygène, et un coût réduit. L'entretien se limite à secouer périodiquement les modules pour en détacher l'excès de biofilm. On peut admettre, comme norme de dimensionnement, 1 m³ de modules pour 100 EH.