

MARC MOURARET

AVEC LA COLLABORATION TECHNIQUE DE

MARC GOUZY

ET

JULES TOILLIEZ

ETUDE BIOLOGIQUE
DES EAUX DU BARRAGE D'AYAME I
EN COTE D'IVOIRE

JANVIER 1971

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE O.R.S.T.O.M. D'ADIPODOUMÉ



ETUDE BIOLOGIQUE
DES EAUX DU BARRAGE D'AYAME I.
EN COTE D'IVOIRE

PAR

MARC MOURARET

(Centre ORSTOM de DAKAR)

Avec la collaboration technique

de

MARC GOUZY (1)

et

JULES TOILLIEZ (2)

(Centre ORSTOM d'ADIPODOUME)

. Janvier 1971.

(1) Direction des travaux d'analyse chimique

(2) Direction des opérations sur le terrain.

Cette étude a été réalisée par l'O.R.S.T.O.M., sur convention passée avec l'E.E.C.I. Elle a été entreprise dans le but de déterminer le rôle des activités microbiennes dans les corrosions qui se sont produites sur les installations hydro-électriques du barrage d'AYAME I. Il avait été prévu initialement que les recherches s'étendraient sur une période d'une année et comporteraient des mesures mensuelles d'activités microbiennes. Un avenant à la convention a été établi pour les prolonger de six mois. Il s'est en effet révélé nécessaire de recouvrir la période initiale de l'étude pendant laquelle des techniques étaient en cours d'élaboration et par suite les renseignements obtenus incomplets.

A la suite de la constatation des corrosions plusieurs études ont été entreprises, qui ont donné lieu à des rapports, notamment :

- Rapport de Y. BERLIER sur la "pollution des eaux du barrage d'AYAME", relatif aux mesures effectuées en 1961-1962.
- Rapport de M. PRIVE sur les "analyses d'eau prélevée au barrage de la BIA, chute d'AYAME I", effectuées en février 1962.
- Publication de C. LEBARBIER sur "les corrosions constatées au barrage d'AYAME I" (Bulletin RILEM N° 24, septembre 1964) regroupant l'ensemble des données obtenues jusqu'en 1963.
- Rapport de M. MOISETTE du 25 octobre 1966.

Nous avons également eu communication d'une note sur la chronologie des observations rédigée à PARIS en février 1966, et de résultats de mesures sur le terrain et d'analyses chimiques relatifs à une tournée effectuée les 23 et 24 mars 1967.

Dans ces documents l'hydrogène sulfuré est considéré logiquement comme le facteur de corrosion des pièces métalliques. Son odeur est d'ailleurs toujours nettement perceptible au-dessus du barrage. Il est libéré par le brassage de l'eau à la sortie des turbines. Quant à la corrosion du béton, c'est l'agressivité de l'eau qui a retenu l'attention ; elle pourrait être liée à la faible minéralisation (LEBARBIER) ou à la teneur en gaz carbonique et acides humiques (MOISETTE). Le rôle possible des microorganismes n'est pas examiné. Il est seulement fait mention d'un article relatif à Thiobacillus concretivorus, dans la note relative à la chronologie des observations.

Il ressort de ces rapports, qu'au moins en ce qui concerne les études biologiques, les mesures effectuées étaient trop peu nombreuses dans le temps et dans l'espace pour qu'il soit possible de se faire une opinion valable sur le rôle joué par les microorganismes dans ces corrosions. Une étude plus approfondie était nécessaire.

Les recherches entreprises ont été centrées sur l'étude des microorganismes du cycle du soufre dans l'eau de la retenue. Il est également important de déterminer l'implication éventuelle des Thiobacilles dans le processus même de corrosion de l'ouvrage. Cependant il faut préciser que la corrosion est tributaire des activités microbiennes productrices d'hydrogène sulfuré dans l'eau du barrage. C'est donc en définitive la connaissance du milieu biologique constitué par la masse d'eau de la retenue qui doit permettre de préciser le rôle des microorganismes dans la corrosion et l'évolution de la situation actuelle.

Les conditions de cette étude, particulièrement en ce qui concerne l'éloignement du laboratoire, ont nécessité une adaptation des techniques. En outre des milieux nouveaux ont été préparés. Ils ont été chaque fois testés dans les conditions mêmes des prélèvements sur le terrain, comparativement aux milieux utilisés initialement, auxquels ils ont été substitués lorsqu'ils s'avéraient mieux appropriés. C'est ainsi que l'évaluation de l'activité des bactéries minéralisant les composés soufrés a été abandonnée au bénéfice de la recherche de Thiobacillus denitrificans, ces microorganismes n'étant pas spécialisés (16).

Au fur et à mesure que la connaissance du biotope progressait, certains aspects auraient mérité d'être approfondis, tels que les facteurs responsables de la formation d'une couche d'hydrate ferrique dans une zone proche du potentiel zéro, les bactéries du cycle du fer, les bactéries oxydant l'hydrogène sulfuré, les facteurs limitant la décomposition des racines de Pistia stratiotes. Mais devant les difficultés rencontrées pour l'élaboration de techniques de mesures satisfaisantes, l'étude a dû être limitée aux activités microbiennes essentielles. Ces difficultés apparaissent parfaitement à la lecture de la conclusion d'un article de POSTGATE (17), dont la traduction est rapportée ci-après :

"Il est exact de dire que les milieux sélectifs pour les diverses bactéries du cycle du soufre sont faciles à préparer et à utiliser, et lorsqu'on les emploie ils donnent des résultats sûrs. Toutefois d'un point de vue quantitatif, seul Desulfovibrio desulfuricans a été étudié convenablement. Puisque dans ce cas particulier le milieu utili-

sé pour le diagnostic s'est avéré impropre au dénombrement des micro-organismes, on est fondé à se demander qu'il est la proportion des autres milieux sélectifs/^{qui}détectent les organismes correspondants au hasard plutôt que rigoureusement. En considération de l'importance technologique universelle de ce groupe, l'absence de technique valable pour leur diagnostic et leur estimation est une surprenante lacune dans nos connaissances".

Une réserve d'ordre différent est formulée par LA RIVIERE, en ce qui concerne les sulfato-réducteurs (11) : "La sélectivité des méthodes usuelles basées sur les donneurs d'hydrogène non fermentescibles tend à exclure les souches aux exigences nutritionnelles particulières. .. Il est vraisemblable que la liste des donneurs d'hydrogène sera étendue et que d'autres espèces seront découvertes". Cette objection n'est pas nouvelle ; elle a été fréquemment émise d'une manière moins restrictive à l'encontre de la méthode de cultures sur milieux électifs employés en bactériologie du sol. Néanmoins cette opinion permet de situer le problème de la limitation des moyens d'investigation dans les milieux naturels.

M A T E R I E L E T M E T H O D E

1- TECHNIQUE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS.

Dans les études comportant des prélèvements bactériens, un facteur majeur de la validité des résultats réside dans la mise en culture rapide ou à défaut dans le stockage temporaire au froid. La position du barrage éloignée du laboratoire et la durée des opérations sur le plan d'eau (deux journées), imposaient la mise en culture rapide. De plus, la méthode habituelle par dilutions aurait nécessité un matériel important, étant donné le nombre d'échantillons prélevés, et des manipulations en condition stérile, ce qui n'était pas réalisable sur le plan d'eau.

Ces conditions particulières ont conduit à rechercher les possibilités d'utilisation des filtres Millipore dans des tests mettant en jeu un assez grand nombre de bactéries, mesuré indirectement par la vitesse d'apparition des métabolites. L'échantillon d'eau est filtré à travers des filtres de 47 mm de diamètre, à raison de 100 ml par filtre. Dès que la filtration est terminée les filtres sont introduits dans les milieux. Les bactéries sont retenues sur les filtres. Elles se trouvent sans délai en culture.

Une technique a été élaborée pour trois fonctions essentielles : sulfato-réduction, sulfo-oxydation aérobie, sulfo-oxydation anaérobie. Les résultats sont exprimés en vitesse d'apparition des métabolites ; noircissement des filtres par le sulfure de fer pour les sulfato-réducteurs, virage du méthylorange par abaissement du pH pour la sulfo-oxydation aérobie, dégagement d'azote pour la sulfo-oxydation anaérobie. Les chiffres rapportés dans les tableaux se trouvant en annexe correspondent aux valeurs suivantes :

sulfato-réduction : $100/j$, où j représente le nombre de jours écoulés avant le noircissement maximum des filtres.

sulfo-oxydation aérobie : $100/j + 100/j'$, où j représente le nombre de jours écoulés avant l'apparition du virage du réactif en un point de la boîte (voir plus loin au milieu correspondant) et j' le nombre de jours écoulés avant que le virage affecte la totalité de la boîte.

sulfo-oxydation anaérobie : $100/j + 100/j'$, où j représente le nombre de jours écoulés avant que le milieu atteigne la hauteur du premier joint des cartouches (voir plus loin au milieu correspondant) et j' le nombre de jours écoulés avant que le milieu atteigne la hauteur du deuxième joint.

.../...

Cette expression des résultats est très commode et permet une comparaison satisfaisante des activités bactériennes en fonction des sites de prélèvements. Des échelles de correspondance entre activités et densités bactériennes ne fourniront que des données assez approximatives. Elles n'ont pu être encore définitivement établies à cause de la poursuite des recherches sur les milieux. Elles seront données dans le rapport complémentaire.

L'utilisation des filtres Millipore pour la recherche des bactéries du cycle du soufre n'est pas nouvelle. TILTON et coll. (24) les ont employés pour la numération des Thiobacilles dans l'eau de mer, par comptage des colonies apparues en milieu gélosé au thiosulfate. ALLRED (1) signale également avoir utilisé les filtres Millipore pour la numération des sulfato-réducteurs en milieu gélosé, ce qui lui a permis de les déceler en quantité aussi faible que 1 germe pour 500 ml. Ces techniques de numération nécessitent l'emploi de milieux gélosés ce qui n'est pas réalisable sur le terrain.

La méthode que nous utilisons peut être rapprochée de celle qui a été élaborée par SPURNY et coll. (22) pour l'évaluation de l'activité sulfato-réductrice dans des échantillons d'eau de zones pétrolières. Les auteurs ont montré que le temps nécessaire à la production d'une certaine quantité d'hydrogène sulfuré, mesurée dans les cultures par le noircissement d'un papier à l'acétate de plomb, est proportionnelle à la quantité initiale de bactéries sulfato-réductrices. Les mesures ont été effectuées à partir de populations relativement denses, comme c'est le cas pour la méthode de concentration des bactéries sur filtres Millipore.

Les prélèvements effectués sur le plan d'eau du barrage d'AYAME I ont été réalisés au moyen d'un treuil simple de 25 kg de marque OTT, et de deux bouteilles à prélèvements de 2 litres, type FRIEDINGER et de marque BUCHI (réf. 3011), réunies sur un même support, ce qui permet de les commander simultanément et par suite de doubler le volume de l'échantillon.

Les mesures de température, pH et potentiel sont effectuées directement dans les bouteilles dès que celles-ci sont ramenées à la

.../...

surface. Le pH et le potentiel sont mesurés avec un appareil de marque POLYMETRON, type 55B.

Les filtres sont placés dans des porte-filtres d'appareil "stérifil" (réf. XX 11 047 10, Millipore S.A.) qui sont fixés sur une rampe de filtration à six postes (réf. XX 25 047 00). Cette dernière est reliée à un réservoir de 4 litres (réf. XX 67 000 01), dans lequel on effectue le vide au moyen d'une pompe à main Millipore (réf. XX 62 000 05) ou Arthur Thomas (réf. 1015). On filtre l'eau simultanément sur les différents filtres qui seront introduits dans les milieux.

Pour l'examen des dépôts une drague à vase a été utilisée (réf. 2014, Hans BUCHI).

2- MILIEUX DE CULTURE.

a- Milieux pour sulfato-réducteurs

<u>Milieu 1</u> :	PO ₄ HK ₂	0,5 g	C ₁ NH ₄	1 g	
	SO ₄ Mg,7H ₂ O	2 g	Solution de lactate		
	SO ₄ Na ₂ ,10H ₂ O	1 g	de sodium à 60 %	6 ml	
A	Cl ₂ Ca,2H ₂ O	0,1 g	B	Sel de Mohr	0,5 g
	Solution d'oligo-			Extrait de levure	
	éléments de AUGIER			DIFCO	0,5 g
	(2)..	1 ml		peptone DIFCO	0,5 g
	Eau	750 ml		Eau	250 ml

-A est stérilisé à 120° pendant 20 minutes.

-B est stérilisé par filtration sur "stérifil"(réf. XX 11 047 00, Millipore S.A.)

Après refroidissement de A on mélange A et B dans une enceinte stérile sous radiations U.V., puis on répartit en tubes bouchés à vis de type KIMAX, de 125 x 16 mm (réf. 94 47 A4, Arthur Thomas Cy). Les tubes sont remplis entièrement. Le pH du milieu est de 6,1.

Ce milieu est dû à STARKEY. Il est rapporté par POSTGATE (17) et modifié par KAISER (8) qui ajoute les oligo-éléments, la peptone et l'extrait de levure, remplace le phosphate monopotassique par du phosphate bipotassique et le sel de Mohr par un clou. Cette dernière modification n'a pas été retenue ici où l'on cherche le noircissement des filtres par le sulfure de fer.

.../...

Milieu 2 :

Il diffère du milieu 1 par la suppression de l'extrait de levure et de la peptone et par la présence de sulfure de fer. Ce dernier, préalablement broyé et tamisé à 0,2 mm, est réparti dans les tubes à vis à raison de 50 mg par tube. Les tubes reçoivent ensuite 1 ml d'eau puis sont stérilisés pendant 20 minutes à 120°. La solution A et la solution B modifiée sont stérilisées comme pour le milieu 1. Le mélange A + B est distribué dans les tubes stériles renfermant le sulfure.

Dans le milieu de KAISER la présence d'un clou a pour but de provoquer un abaissement de potentiel, ce qui est nécessaire au développement des sulfato-réducteurs lorsqu'ils sont en petit nombre (17). L'abaissement de potentiel peut être obtenu également par addition de cystéine à la concentration 0,075% (17). Cependant le milieu n'est alors plus électif, l'apparition du SH₂ pouvant résulter non seulement de l'activité des sulfato-réducteurs, mais également de celle des bactéries décomposant la cystéine. Lorsqu'on procède à une numération par dilution il est alors nécessaire de s'assurer par une culture de contrôle sur milieu sans cystéine, que dans le dernier tube positif ce sont bien les sulfato-réducteurs qui sont responsables de la production du SH₂ (18).

D'autres milieux dans lesquels l'abaissement de potentiel est obtenu par addition d'acide ascorbique et de thioglycolate sont donnés par POSTGATE (19). Une influence favorable de l'acide ascorbique est rapportée par KIMATA et coll. (7). Cet élément était ajouté en quantités allant de 0,01 à 1 g par litre dans les milieux. GENOVESE et coll. (6) préconisent l'emploi de thioglycolate à la concentration de 0,4 g par litre pour la numération des sulfato-réducteurs. Nous avons recherché l'influence de l'acide ascorbique et du thioglycolate dans les milieuxensemencés directement avec les filtres Millipore ayant reçu les bactéries des échantillons d'eau des verticales T et F (voir plus loin l'emplacement des prélèvements). Ces substances avaient été ajoutées au milieu de KAISER dans la proportion de 1 g par litre comme l'indique POSTGATE.

Les résultats obtenus ont été décevants, le noircissement des filtres ayant été d'une manière générale grandement retardé par rapport à ce qui était observé avec le milieu de KAISER. De plus, avec les échantillons d'eau provenant de la verticale F, où l'activité des sulfato-réducteurs est logiquement plus grande (potentiel régulière-

ment électro-négatif, présence d'une source abondante de matière carbonée), le noircissement des filtres était plus tardif qu'avec les échantillons de la verticale T, contrairement à ce qu'on obtient avec le milieu de KAISER. Celui-ci apparaissait donc comme le mieux approprié à la détermination de l'activité sulfato-réductrice dans les eaux de la retenue.

Cependant nous avons observé parfois dans le milieu de KAISER que l'apparition de la couleur grise sur les filtres, correspondant au démarrage de la production d'hydrogène sulfuré, n'est pas suivie ou ne l'est que très lentement par le noircissement maximum. Dans d'autres tubes, le noircissement, après avoir été intense, s'atténue très fortement. Manifestement l'activité des sulfato-réducteurs est alors interrompue par l'intervention d'autres microorganismes. Ces perturbations sont encore amplifiées lorsque l'inoculum est non plus constitué par les filtres ayant retenu directement les bactéries de l'eau du barrage, mais par des filtres ayant retenu des dilutions d'une culture développée en milieu de KAISER. On n'observe plus qu'une coloration grise plus ou moins foncée des filtres, qui disparaît presque complètement en quelques jours. Ceci montre que des microorganismes non sulfato-réducteurs, présents en quantité rarement suffisante dans l'eau du barrage pour perturber notablement la sulfato-réduction, se sont multipliés abondamment dans le milieu. Ce dernier n'est donc pas suffisamment électif.

Dans une étude effectuée sur des échantillons d'eau de zones pétrolifères, SPURNY et coll. (22) ont montré que l'effet dépressif de contaminants sur le développement des sulfato-réducteurs était d'autant plus important que ceux-ci étaient plus nombreux. Ces auteurs signalent une étude de STARKA dans laquelle un effet stimulant de Bacillus subtilis sur la production d'hydrogène sulfuré a été observé. On peut conclure de ces résultats contradictoires que toute modification du milieu tendant à le rendre plus électif est avantageuse pour les mesures de densités.

La présence de thioglycolate et d'acide ascorbique dans le milieu de KAISER n'empêche pas la manifestation des perturbations observées dans le cas d'un inoculum constitué par des dilutions de culture. Seule la suppression de la peptone dans ce milieu modifié évite les perturbations. L'extrait de levure n'est pas en cause. Nous avons

constaté qu'il ne provoque pas d'altération ou de retard du noircissement. Il active la croissance (4) (18).

Le milieu de KAISER pouvait être amélioré par suppression de la peptone. Il était en outre intéressant de ralentir la croissance pour maintenir suffisamment longtemps les écarts entre les populations bactériennes initiales, de manière à obtenir une gamme plus étendue de vitesses de noircissement des filtres. Ceci conduisait à supprimer également l'extrait de levure. Il fallait cependant maintenir des conditions favorables au développement en abaissant suffisamment le potentiel qui est seulement amené à la valeur zéro par le sel de Mohr dans le milieu de KAISER, en l'absence de clou. Pour cela du sulfure de fer a été introduit dans le milieu. Il ramène le potentiel aux environs de - 250 mV, sans perturber par ailleurs le milieu, du fait de sa solubilité extrêmement faible. C'est ce qui est réalisé dans le milieu 2. On doit signaler que l'effet du sulfure de fer sur le potentiel n'apparaît qu'après un délai assez important dans les tubes bouchés à vis.

D'après STARKEY (23) et POSTGATE (18), le développement des sulfato-réducteurs est amélioré par addition au milieu de substances qui ramènent le potentiel à - 200 mV. DOSTALEK et coll. (4) signalent par contre que la valeur optimale du potentiel se situe entre 0 et - 40 mV. Au-dessous, la durée de la phase de latence d'une culture non purifiée issue de l'eau de puits de pétrole est augmentée.

Dans le milieu 2, les vitesses de noircissement des filtres sont accélérées pour les échantillons de la verticale F et ralenties dans ceux de la verticale T, par rapport au milieu 1. Les écarts entre les activités sulfato-réductrices se trouvent ainsi mis en évidence de manière plus nette et conformément aux conditions de milieu rencontrées respectivement dans ces deux sites de prélèvements.

On doit noter que très généralement, le noircissement des filtres affecte d'abord la zone qui a été traversée par l'eau, l'emplacement du joint à la périphérie, demeurant blanc. Ceci semblait montrer que l'activité mesurée correspondait uniquement à celle des bactéries sulfato-réductrices présentes dans l'eau au moment du prélèvement et retenues sur le filtre. En fait il est probable que les substances fixées sur le filtre et provenant des eaux de la retenue, notamment l'hydrate ferrique aient contribué à limiter l'étendue de la zone affectée par le

.../...

noircissement . En effet lorsque les bactéries provenant de cultures sont déposées au centre du filtre, le noircissement n'est pas limité à la zone centrale. Un déplacement et sans doute une multiplication des cellules intervient donc avant le noircissement.

b- Milieu pour sulfo-oxydants aérobies

	SO ₄ (NH ₄) ₂	2 g		
	PO ₄ H ₂ K	2 g		
	Cl ₂ Ca, 2H ₂ O	0,25 g		
A	SO ₄ Mg, 7H ₂ O	0,5 g	B	NaOH N 2,6 ml
	SO ₄ Fe	0,01 g		Eau 200 ml
	Solution d'oligo-			
	éléments de AUGIER (2)	1 ml		
	Eau	800 ml		

-A est stérilisé 20 minutes à 120°

-B est stérilisé par filtration sur "sterifil".

Après refroidissement de A on mélange A et B dans une enceinte stérile, sous radiations U.V., puis on répartit dans des tubes KIMAX. Le milieu est distribué sur le terrain dans les boîtes de Pétri. Son pH est de 6,0.

Ce milieu est dû à STARKEY. Il est rapporté par POSTGATE (17) Les oligo-éléments sont ajoutés en sus. Le substrat utilisé avec ce milieu est du soufre élémentaire déposé sur un filtre Millipore suivant une technique que nous avons élaborée. Lors de la filtration de l'eau à analyser les Thiobacilles se trouvent ainsi retenus directement au contact du soufre

Préparation des filtres soufrés :

- Matériel :
- Appareils "sterifil" (réf. XX 11 047 00 Millipore S.A.)
 - Filtres à bord hydrophobe (réf; HA EG 047 AO)
 - Solution de thiosulfate de sodium à 100g/l de S₂O₃Na₂, 5H₂O
 - Acide chlorhydrique fumant, densité 1,18

Méthode : A 100 ml de solution de thiosulfate on ajoute 4 ml d'acide chlorhydrique, on attend 10 minutes puis on ajoute 1 litre d'eau. On attend à nouveau 30 minutes, puis on fait passer 150 ml de mélange à travers chaque filtre placé sur "sterifil". On lave 3 fois à l'eau puis on fait sécher à l'étuve. Les filtres sont replacés dans leur emballage pour être utilisés sur le terrain.

La précipitation de soufre colloïdal est provoquée par l'addition d'acide. La dilution ultérieure a pour but de limiter le grossissement des grains, ce qui permet une meilleure adhérence sur les filtres. L'emploi de filtres à bord hydrophobe est indispensable. Le dépôt de soufre s'effectue sur la partie centrale du filtre de manière régulière, sur le trajet de la solution, le pourtour hydrophobe demeure inchangé. Il en résulte une bonne étanchéité non seulement au niveau

.../...

du joint du "sterifil" lors de la filtration sur le terrain, mais également à la limite de la zone soufrée, ce qui évite tout passage préférentiel de l'eau à analyser.

Le revêtement de soufre rend les filtres imperméables. Il est nécessaire de les imbiber d'une solution à 1% de tween 80 (Prolabo) avant leur utilisation pour les rendre mouillables. Après filtration de l'échantillon d'eau le filtre est déposé côté soufré vers le haut, dans une boîte de Pétri (réf. PD 10 047 00 Millipore S.A.), sur un absorbant (réf. AP 10 047 00) imprégné de 2 ml de milieu. Sur le bord de l'absorbant on a préalablement déposé puis laissé sécher une goutte de solution de méthylorange à 0,2%. L'activité sulfo-oxydante est évaluée en fonction du temps nécessaire au virage de cet indicateur de pH.

L'absorbant étant constitué de cellulose et le milieu renfermant de l'azote ammoniacal, il se produit plus ou moins fréquemment un développement de champignons cellulolytiques. Ceci provoque un abaissement de pH entraînant le virage de l'indicateur et par suite empêche l'évaluation de l'activité des Thiobacilles. Il fallait donc remplacer l'absorbant par un support inerte. Celui qui répond le mieux à cette définition est le gel de silice couramment employé pour la recherche des microorganismes du sol. Ce support étant trop fragile pour être utilisé sur le terrain, il est nécessaire de procéder en deux temps : les filtres sont déposés initialement sur l'absorbant cellulosique et après réception au laboratoire, ils sont transférés sur gel de silice.

Le gel est obtenu à partir d'acide silicique préparé par passage sur résine (amberlite IR-120, Prolabo) d'une solution de silicate de soude renfermant par litre, 220 ml de solution de silicate de sodium pur de densité 1,33 (Prolabo). On utilise un milieu de même composition que le précédent, mais de concentration double et qui renferme en outre 8 mg de méthylorange par litre. 100 ml de milieu sont mélangés avec 20 ml d'eau, 80 ml d'acide silicique et 0,6 ml de soude N. On répartit à raison de 2 ml par boîte de Pétri après avoir retiré de celles-ci l'absorbant et le filtre. Ce dernier est déposé sur le mélange encore fluide ce qui assure un bon contact sur toute la surface du filtre. La solidification intervient après une heure environ. Le pH du milieu est de 6,0.

La mesure de l'abaissement de pH dans un milieu au soufre élémentaire est un moyen commode et sûr pour apprécier l'activité des Thiobacilles. Le soufre est utilisable par la presque totalité des Thioba-

cilles (19) et il entraîne un abaissement de pH plus important que ne le permet le thiosulfate. On a observé avec les échantillons d'eau de la verticale T, dans une série supplémentaire de boîtes de Pétri utilisées en juin 1970, une augmentation du temps nécessaire au virage de l'indicateur en présence de thiosulfate. Celui-ci était introduit à la concentration 0,1%, en complément dans le milieu habituel, les prélèvements étant également effectués sur filtre au soufre.

c- Milieu pour sulfo-oxydants anérobies

	C1NH4	0,5 g		B	CO3HNa	2,5 g
	C12Mg,6H2O	0,5 g			Eau	200 ml
	PO4H2K	2 g				
A	NO3K	2 g				
	Solution d'oligo- éléments de AUGIER (2)	1 ml		C	SO4Fe	0,01 g
	Eau	750 ml			Eau	50 ml

- A est stérilisé 20 minutes à 120°

- B et C sont stérilisées par filtration, successive^{ment} sur le même "steri-fil".

Après refroidissement de A on mélange A, B et C dans une enceinte stérile sous radiations U.V., puis on répartit en tubes KIMAX. Le pH du milieu est de 6,8.

Ce milieu est dû à BAALSRUD et BAALSRUD. Il est rapporté par POSTGATE (17). Les oligo-éléments sont ajoutés en sus, la quantité de bicarbonate est augmentée pour amener le pH au voisinage de la neutralité sans qu'il soit nécessaire d'ajouter de la soude ; enfin le thio-sulfate a été supprimé, ce milieu étant utilisé avec les filtres au soufre dont la préparation a été donnée précédemment.

Les filtres soufrés sont mis dans les tubes de milieu après filtration des échantillons d'eau. On introduit ensuite un petit tube de plastique ouvert à sa base, qui est une cartouche d'encre WATERMAN grand modèle, puis on ferme sous eau de manière à éliminer les bulles d'air. Lorsque la dénitrification se produit, l'azote libéré s'accumule au sommet du tube et comprime le milieu qui se trouve refoulé dans le tube de plastique. Celui-ci présente deux raccords soudés qui servent de repère pour la lecture de la progression du milieu : on note le temps nécessaire pour que le niveau du liquide à l'intérieur de la cartouche atteigne successivement chacun des deux repères. Les tubes sont placés inclinés à l'étuve de manière à empêcher l'entrée de l'azote dans les cartouches.

.../...

La réduction du nitrate en azote moléculaire par Thiobacillus denitrificans peut être effectuée en présence de soufre ou de thiosulfate. Ce dernier est facilement utilisé par les Thiobacilles originaires du barrage, comme l'indique l'envahissement rapide et massif de milieux au thiosulfate inoculés avec des filtres prélevés en fin de culture dans les milieux employés pour la détermination de la sulfoxydation anaérobie dans l'eau de barrage. On a cependant observé, dans une série de mesures comparatives effectuées sur les échantillons de la verticale F en mai 1970, que le soufre élémentaire est un meilleur substrat que le thiosulfate. Le milieu habituel et un milieu au thiosulfate avaient reçu respectivement des filtres au soufre et des filtres non soufrés, à travers lesquels avaient filtré les échantillons d'eau. A l'exception d'1 seul point de prélèvement sur 11, la libération d'azote était plus précoce avec le soufre qu'avec le thiosulfate. De plus la production d'azote était bien plus importante dans les milieux au soufre. Dans ces derniers elle atteignait ou dépassait le repère supérieur des cartouches après 10 jours de culture, pour 8 échantillons. Ceci ne se produisait avec le thiosulfate que pour 2 échantillons et après 27 jours de culture.

3 - LIEUX DE PRELEVEMENTS

Une prospection préalable du plan d'eau a été effectuée dans le but de déterminer les sites où devaient être prélevés les échantillons d'eau. Les mesures physiques et l'examen des filtres Millipore ayant servi aux filtrations d'eau ont montré que le milieu était caractérisé par la présence de deux couches d'eau superposées : l'une en profondeur, dont le potentiel d'oxydo-réduction est électro-négatif, l'autre, au-dessus, dont le potentiel est électro-positif. Dans cette dernière prend place, à la limite de la couche inférieure, une strate rouge de deux mètres d'épaisseur ou parfois davantage et dont il s'est révélé par la suite qu'elle pouvait être absente. Le plan de séparation entre les deux couches d'eau, et par suite il en est de même pour la strate rouge, se rapproche progressivement de la surface depuis le barrage jusqu'à une zone où le plan d'eau est entièrement recouvert par une plante flottante : Pistia stratiotes, qui forme un épais revêtement dense. En bordure de cette végétation la couche d'eau à potentiel d'oxydo-réduction électro-négatif affleure la surface et la strate rouge a disparu. En juin 1969 la limite de la végétation flottante était située

exactement à 10 km du barrage. En septembre 1970 nous avons constaté qu'elle s'était éloignée de plus de 1 km vers l'amont. La progression du plan de séparation entre les couches de potentiel opposé n'est pas toujours aussi régulière que lors des premières observations. C'est ainsi qu'en octobre 1970 le potentiel était électro-positif sur toute la profondeur très en amont du barrage, et seulement sur les quatre mètres supérieurs à proximité du barrage.

Les observations préalables ont conduit à retenir deux sites de prélèvements : l'un au niveau de la ceinture flottante de futs métalliques installée à quelques centaines de mètres du barrage pour arrêter les troncs d'arbre (verticale T), l'autre un peu en aval de la limite des Pistia stratiotes où le profil est encore complet et où la strate rouge occupe la totalité de la couche à potentiel électro-positif dont l'épaisseur est ramenée à moins de 2 mètres (verticale F). Sur ces verticales les prélèvements sont effectués tous les mètres de manière à suivre l'étagement verticale des activités microbiennes.

Dans le but de disposer d'un terme de comparaison pour évaluer l'effet de stockage de l'eau dans la retenue sur les substances organiques et minérales un prélèvement est effectué en amont du plan d'eau dans le lit de la BIA, au pont de BIANOUA (point P). Depuis septembre 1970 trois prélèvements successifs sont effectués chaque fois en cet endroit pour limiter l'effet de l'hétérogénéité sur les mesures.

En septembre 1970 un troisième lieu de prélèvements a été retenu pour déterminer l'influence du turbinage des eaux sur les activités microbiennes. Il est situé entre les deux barrages environ à 2 km en aval d'AYAME I (verticale B).

R E S U L T A T S

1- MESURES PHYSIQUES

Sur la verticale T les potentiels d'oxydo-réduction sont très généralement électro-positifs de la surface à 5 ou 10 mètres de profondeur. Ils sont électro-négatifs au-dessous. Après les fortes pluies de juin 1969 les potentiels sont électro-positifs sur toute la verticale. Les mois suivants on assiste au rétablissement progressif des potentiels électro-négatifs en profondeur. Au mois de mai 1970, en fin de saison sèche, ces derniers occupent la totalité de la verticale. Ceci ne s'était pas produit en mai 1969 (résultats non rapportés).

Au début de la saison de pluies de 1970, la remontée du niveau du plan d'eau est moins importante qu'en 1969. Ceci se traduit par un rétablissement plus progressif des valeurs électro-positives du potentiel qui n'affectent la totalité de la verticale qu'au mois de juillet. Les valeurs atteintes sont de plus inférieures à celles de juin 1969. On mesure ensuite des valeurs électro-négatives plus ou moins dispersées sur la verticale, en août 1970, puis regroupées au-dessous de 5 mètres de profondeur.

Il y a donc un cycle annuel des valeurs du potentiel d'oxydo-réduction sur la verticale T. Ce cycle est lié au régime des pluies.

Sur la verticale F le potentiel est électro-négatif au-dessous de 2 mètres de profondeur pendant la plus grande partie de l'année. Au début de la petite saison des pluies des valeurs électro-positives sont observées plus en profondeur (octobre 1969 et septembre 1970) ou sur la totalité de la verticale (octobre 1970). Parallèlement à l'inversion des potentiels intervenue en octobre 1970, on observe la présence de matériaux en suspension, probablement des hydrates de fer qui ont fortement ralenti la filtration des échantillons d'eau. Ces changements pourraient résulter d'une aération consécutive^a de fortes précipitations locales. Ils sont en effet analogues à ceux qui résultent du brassage des eaux à la sortie des turbines.

En amont de la verticale F des mesures ont été effectuées en septembre 1970 (résultats non rapportés) à la limite de la végétation flottante qui avait reculé vers l'amont de plus de 1 km depuis juin

.../...

1969. Les potentiels étaient encore électro-négatifs depuis la surface jusqu'au fond. En valeur absolue ils étaient cependant plus faibles que ceux de juin 1969.

Des mesures ont été effectuées en septembre et octobre 1970 sur la verticale B. Les potentiels sont électro-positifs à l'exception d'une faible épaisseur d'eau située plus ou moins en profondeur. La comparaison de ces valeurs avec celles qui sont mesurées sur la verticale T fait apparaître une importante remontée du potentiel liée au brassage des eaux à la sortie des turbines. Ce brassage est également responsable de la présence de matériaux en suspension, probablement de l'hydrate ferrique, qui pourrait résulter de l'activité de ferrobactéries se signalant par des taches huileuses en surface à faible distance du barrage d'AYAME I.

Le potentiel d'oxydo-réduction dans les eaux de la BIA (point P) est très généralement électro-positif. Mais il peut être nul ou même électro-négatif. Pour atteindre l'entrée de la retenue, la BIA parcourt depuis le point P une distance de 35 km parsemée de très nombreux seuils rocheux sur lesquels les eaux sont énergiquement brassées, sauf sur les derniers kilomètres où le cours est assagi. Malgré cela le potentiel d'oxydo-réduction mesuré à l'entrée de la retenue en février 1970 était électro-négatif sur toute la profondeur qui était en cet endroit de 5 mètres. Ce site est distant de 28 Km, en ligne droite, du barrage.

A environ 3 Km en aval de l'entrée de la BIA dans la retenue, le plan d'eau est entièrement occupé par la végétation de Pistia stratiotes sur une distance qui n'a pas été déterminée mais est inférieure à 3 Km, plus en aval l'étalement de l'eau sur une plus grande surface et la disparition de la végétation flottante provoquent la régression de l'anaérobiose : sur une profondeur au moins égale à deux mètres le potentiel est électro-positif.

Encore plus en aval, à partir d'une distance de 18 Km, en ligne droite, du barrage, les Pistia stratiotes réapparaissent sur les berges et en flots rassemblés autour de bois flottants, puis deviennent de plus en plus denses. La couche d'eau à potentiel électro-positif est progressivement ramenée à une épaisseur inférieure ou égale à un mètre. Au-delà on atteint la zone de végétation continue située en amont de la verticale F. Il a déjà été indiqué qu'entre cette zone

.../...

et le barrage, la couche d'eau supérieure à potentiel électro-positif devient de plus en plus épaisse.

Ces observations montrent que deux facteurs interviennent dans l'abaissement du potentiel en favorisant l'activité microbienne : à l'entrée de la retenue ce sont les substances contenues dans l'eau de la BIA ; vers le milieu de la retenue ce sont les matières carbonées élaborées par la végétation flottante. Deux facteurs interviennent dans l'élévation du potentiel : d'une part, l'étalement du plan d'eau, d'autre part, les pluies.

L'influence de la végétation flottante sur les activités biologiques est vraisemblablement en voie de diminution à cause de la régression observée dans l'étendue de cette végétation. Ainsi nous avons mentionné le retrait de plus de 1 Km du front sud des Pistia stratiotes en amont du point F. Il faut également signaler que depuis juin 1969 ces plantes ont pratiquement disparu, d'une part, dans une zone située à 6 Km à peine, en ligne droite, du barrage où elles étaient de petite taille mais formaient un revêtement continu sur la moitié ouest du plan d'eau et, d'autre part, entre cette zone et la verticale F où elles étaient regroupées en flots.

Des informations ont été recueillies auprès de pêcheurs établis à proximité de la route submergée, à près de 1 Km au nord de l'ancien village de NDAKRO. Il semble que la zone de végétation flottante, en amont de la verticale F s'étendait, dès l'année qui a suivi la mise en eau, bien plus au nord qu'actuellement. Ce ne serait que depuis deux ans que la disparition de cette végétation en cet endroit permet l'accès du plan d'eau aux pirogues.

Une régression de Pistia stratiotes sur des étendues d'eau fermées dans la région d'Ibadan, au NIGERIA a été rapportée par PETTET et PETTET (15). Elle a lieu pendant la saison des pluies et résulte d'une virose dont le vecteur serait probablement un puceron. Le peuplement se reconstitue en saison sèche. Il serait intéressant de rechercher si la régression observée sur la retenue du barrage d'AYAME I est due à la même cause bien que les conditions climatiques soient différentes, la saison sèche étant ici moins marquée.

.../...

Les valeurs pH dépassent très rarement 7 ; mais elles sont très généralement supérieures à 6. L'acidité est donc très modérée. Elle croît avec la profondeur, très probablement en relation avec la teneur de l'eau en gaz carbonique.

Les températures diminuent progressivement avec la profondeur. Elles chutent en saison des pluies et augmentent en saison sèche ; mais elles restent très généralement comprises entre 25 et 30°C. Elles sont donc en permanence favorables à une intense activité bactérienne.

2- SULFATO-REDUCTION

Ce qui ressort en premier lieu de l'examen des tableaux, ce sont les fluctuations de l'activité des sulfato-réducteurs dans le temps, principalement dans les échantillons de la verticale T

En deuxième lieu on remarque que d'une manière très générale l'activité sulfato-réductrice est bien supérieure dans les échantillons de la verticale F que ^{dans} ceux de la verticale T. Ceci est en accord avec les valeurs de potentiel d'oxydo-réduction qui sont électro-négatives sur une plus grande proportion du profil et d'une manière plus constante dans le temps en F qu'en T. Le facteur majeur de l'importante activité sulfato-réductrice en F réside très probablement dans la présence sur le fond d'une épaisse couche de racines en décomposition. Ces racines proviennent des Pistia stratiotes qui recouvrent le plan d'eau en amont de la verticale F. L'activité des microorganismes anaérobies qui se développent aux dépens de ce matériel végétal fournit les substrats carbonés nécessaires à l'activité des sulfato-réducteurs. Cette situation est précisément celle qui est réalisée dans la colonne de WINOGRADSKY pour la mise en évidence des bactéries du cycle du soufre. SENEZ (21) signale qu'une association entre bactéries anaérobies cellulolytiques et Desulfovibrio desulfuricans a été observée dans les étangs saumâtres de Crimée par RUBENTSCHICK.

On remarque cependant que les racines ne sont pas noircies par des dépôts de sulfure. L'activité des sulfato-réducteurs bien qu'importante n'est donc pas d'une ampleur excessive en cet endroit. Le facteur limitant est vraisemblablement une teneur insuffisante en sulfate ou peut être même en azote ou en phosphore. Des débris végétaux noircis ont été remontés par la draque beaucoup plus au nord, entre la grande zone de Pistia stratiotes et l'extrémité de la retenue.

A la verticale T il n'a pu être remonté de matériaux, ce qui pourrait indiquer que le fond est rocheux en cet endroit ou que les matériaux sont suffisamment fins pour s'écouler entre les godets de la drague, pendant la remontée. Une exploration plus complète des fonds n'a pu être pratiquée, les vestiges de la forêt gênant la remontée de la drague.

Les facteurs responsables des fluctuations de l'activité sulfato-réductrice dans le temps n'ont pu être déterminés. Certains rapprochements peuvent néanmoins être tentés, entre la situation à un moment donné et l'activité mesurée.

Ainsi à la verticale T, en juin 1969 et 1970, avec le début de la saison des pluies on observe une activité élevée ; mais les potentiels sont électro-positifs sur toute la profondeur en 1969 alors qu'ils le sont seulement sur les 7 premiers mètres en 1970. L'activité est faible en juillet les deux années. Ceci pourrait traduire un retard dans l'effet dépressif de l'aération consécutive aux pluies. En août l'activité réaugmente en profondeur en 1969 et sur toute la hauteur de la verticale en 1970. En mars 1970, en fin de saison sèche, les potentiels sont très électro-négatifs au-dessous de 10 mètres et l'activité sulfato-réductrice est relativement faible. En octobre 1969, janvier et février 1970, un maximum d'activité est observé à proximité de la profondeur où le potentiel change de signe.

A la verticale F on observe en juin 1969, mars et juillet 1970 des changements d'activité sulfato-réductrice allant dans le même sens que ceux de la verticale T.

A la verticale B l'activité sulfato-réductrice est peu modifiée par rapport à celle qui est observée en T : elle est légèrement accrue en septembre et diminue assez nettement en octobre. L'aération consécutive au turbinage ne provoque donc pas un effondrement rapide de la sulfato-réduction. Ceci peut expliquer que des activités sulfato-réductrices élevées aient pu être observées après l'aération liée aux précipitations du début de saison des pluies.

L'impossibilité de relier les fluctuations de l'activité sulfato-réductrice aux données physiques et chimiques recueillies montre que des facteurs qui n'ont pas été déterminés sont intervenus. On peut notamment envisager le rôle possible d'autres activités microbiennes. Nous avons indiqué la relation entre cellulolys. et sulfato-

réduction rapportée par SENEZ. Une connection étroite entre cycles du soufre et du fer réalisée par l'association Sporovibrio ferroxydans et Sporovibrio desulfuricans est signalée par POCHON et DE BARJAC (16). De notre côté nous avons observé une relation entre l'activité de Thiobacillus denitrificans et la sulfato-réduction. En effet la sulfato-réduction s'est souvent manifestée dans des cultures âgées de Thiobacillus denitrificans, donc dans un milieu qui était à l'origine entièrement minéral.

L'activité des sulfato-réducteurs mesurée dans l'eau de la BIA, prélevée au pont de BIANOUA, au cours des premiers mois de l'étude était nettement plus faible que celle qui était mesurée dans l'eau de la retenue. Par la suite des activités beaucoup plus importantes ont été observées, ainsi que des potentiels d'oxydo-réduction électro-négatifs.

Les résultats des mesures effectuées dans le fleuve sont très importants pour l'estimation du devenir de la situation actuelle au niveau du barrage. En effet ils indiquent que ce sont les propriétés des eaux alimentant le barrage qui sont la cause principale et permanente des activités microbiennes mesurées dans le plan d'eau. Cette cause est seulement aggravée par l'activité cellulolytique anaérobie alimentée par la couverture des plantes flottantes qui paraît en nette régression. Autrement dit, les séquelles de la situation initiale où la production d'hydrogène sulfuré était liée à la masse énorme de matériel végétal immergé, ayant disparu, les activités microbiennes auraient atteint un équilibre marqué seulement par des fluctuations au cours de l'année, liées essentiellement au régime des pluies. D'après ENTZ (5), la stabilisation des conditions limnologiques sous les tropiques, dans les lacs artificiels, interviendrait au bout de 5 à 10 ans, période qui est maintenant dépassée pour le barrage d'AYAME I.

Le cours de la BIA est situé dans une aire de forêt dense. Il en résulte que les eaux drainées par le fleuve sont chargées de matière organique, ce qui ressort d'ailleurs des analyses chimiques postérieures à février 1970. Les microorganismes sulfato-réducteurs trouvent donc dans les eaux du fleuve des conditions favorables à leur développement. Il aurait été intéressant de disposer de résultats de mesures effectuées dans les mêmes conditions et suivies dans le temps sur divers cours d'eau, dans des situations géographiques variées. La présence de bactéries sulfato-réductrices dans les cours d'eau a été signalée par SENEZ et coll. (20) qui ont mesuré des densités de $1,5 \times 10^4$ et 7×10^6 germes par litre d'eau dans deux rivières de France.

DESROCHER et FREDETTE (3) ont mesuré par litre d'eau, dans la rivière OTTAWA, 10^8 germes après le déversement d'égouts domestiques de la ville de HAWKESBURY et 10^9 germes après le déversement des eaux usées d'une usine de cellulose.

3- SULFO-OXYDATION PHOTOSYNTHETIQUE

La recherche des bactéries photosynthétiques n'a été effectuée que lors des premiers prélèvements. L'examen de l'ensemble des filtres des verticales T et F n'a pas permis de déceler ces bactéries. Seuls de très rares filaments avec granules de soufre de bactéries sulfureuses non photosynthétiques ont été observés.

L'incubation des filtres à la lumière dans le milieu de LARSEN (12) n'a pas permis de mettre en évidence des bactéries sulfureuses vertes. Si les bactéries photosynthétiques sont présentes dans le plan d'eau il est certain qu'elles ne s'y trouvent qu'en très petit nombre et par suite qu'elles n'y jouent qu'un rôle accessoire. Cette conclusion est corroborée par la répartition verticale plus ou moins irrégulière de l'hydrogène sulfuré. Dans les biotopes à bactéries sulfureuses photosynthétiques étudiés par différents auteurs et dont KAISER (9) rapporte les mesures, on observe par contre une teneur en hydrogène sulfuré qui diminue progressivement du fond jusqu'à une profondeur où la densité des bactéries photosynthétiques est très élevée. Au-dessus, l'hydrogène sulfuré est absent.

La situation différente observée sur le plan d'eau du barrage pourrait résulter de la présence de la strate d'hydrate ferrique. Celle-ci formerait un écran qui réduirait considérablement l'éclairement dans les couches profondes où pourraient se développer les bactéries photosynthétiques. Cette strate peut être due à une simple oxydation chimique des sels ferreux ou à l'activité de ferrobactéries. En aval du barrage d'AYAME I les ferrobactéries interviennent certainement comme l'indiquent, d'une part des taches huileuses observées/au-delà^{en surface} de la sortie des turbines et, d'autre part, la coloration très vraisemblablement par de l'hydrate ferrique des filtres employés pour les échantillons de la verticale B. Un autre facteur qui doit intervenir pour empêcher le développement des bactéries photosynthétiques est la présence d'oxygène dans l'eau. Ce facteur sera évoqué au chapitre relatif à la sulfo-oxydation aérobie où l'on signale que l'extension de la pêche et l'intense activité des Thiobacilles sont des indices de la présence d'oxygène.

.../...

On ne peut attribuer l'absence de bactéries photosynthétiques sulfureuses à la faible teneur en hydrogène sulfuré. En effet dans les biotopes décrits la teneur est soit élevée, soit faible ou même ^{non} décelable. Dans deux études rapportées par KAISER (9) elles s'échelonnent de 8,1 à 1,93 mg par litre d'eau sur une verticale du lac Belowod où se développent des Thiorhodacéae, et de 57,10 à 10,48 mg par litre sur une verticale du lac Tschornoje-Kutschejer où prolifèrent des Chlorobacteriaceae. Dans une troisième étude citée par KAISER et concernant un lac canadien, il est signalé un développement de bactéries sulfureuses dans les couches d'eau où la concentration en hydrogène sulfuré est faible. D'autre part, LA RIVIERE (11) rapporte que des bactéries sulfureuses rouges et incolores ont été signalées dans des couches d'eau où l'hydrogène sulfuré n'est pas décelable. Il serait dans ce cas consommé dès sa formation.

4- SULFO-OXYDATION AEROBIE

On ne dispose de mesures valables de l'activité des Thiobacilles qu'à partir de février 1970. L'absence de résultats chiffrés en mars est liée aux essais d'amélioration de la technique de mesure. On peut seulement retenir des mesures de mars que l'activité des Thiobacilles était élevée. Le développement de champignons intervenu avec les échantillons de la verticale T en juillet 1970 et avec ceux des verticales T et F en août 1970 résulte très vraisemblablement d'un retard dans la manifestation de l'activité des Thiobacilles. On peut donc considérer que cette dernière était faible.

Les mesures mensuelles font apparaître des fluctuations d'activité beaucoup plus importantes que celles qui ont été observées pour les sulfato-réducteurs, Leur interprétation n'est cependant pas plus aisée. L'activité des Thiobacilles est parfois trop faible pour être décelée dans un nombre plus ou moins important d'échantillons des verticales T et F.

Sur la verticale T l'activité des Thiobacilles est la plus faible dans la période allant très probablement de juillet à septembre 1970. Elle devient notable en octobre. Avant cette période on assiste d'abord à une augmentation d'activité de février à mai où elle est la plus élevée, puis à une diminution en juin dans la partie supérieure du profil.

Sur la verticale F la période d'activité la moins grande s'étale également sur trois mois, mais elle est plus précoce d'un mois qu'en T. De part et d'autre de cette période l'activité est très importante. Sur cette verticale on observe donc simultanément des activités sulfato-réductrices et sulfo-oxydantes très importantes. Une situation analogue se présente dans une étude de LAPORTE et coll. (10), effectuée sur des sédiments en contact avec de l'eau thermique à DAY, où l'on rencontre dans les boues à potentiel électro-négatif de grandes densités de Thiobacilles et de sulfato-réducteurs.

L'activité des Thiobacilles à la verticale B a été mesurée en septembre et octobre 1970. Elle est importante et bien supérieure à celle qui est mesurée pendant la même période à la verticale T. Ceci est la conséquence du brassage des eaux à la sortie des turbines, qui est un facteur favorable aux activités microbiennes d'oxydation.

Dans l'eau de la BIA les Thiobacilles ont généralement une assez grande activité.

On n'observe pas une répartition verticale progressive des intensités de sulfo-oxydation ni d'intensité plus grande sur la verticale T que sur la verticale F. Ceci montre que les Thiobacilles ont de l'oxygène à leur disposition dans les couches profondes même à proximité de la zone de développement des Pistia stratiotes. Cette conclusion n'est pas inattendue lorsqu'on considère l'extension des activités de pêche sur toute l'étendue du plan d'eau. Nous n'avons pas effectué de mesures de la teneur de l'eau en oxygène mais nous avons eu connaissance d'analyses concernant des échantillons prélevés à proximité du barrage. Ces analyses qui avaient été effectuées en mars 1967 donc en fin de saison sèche et par suite dans les conditions les plus défavorables montrent que de l'oxygène est présent à 15 mètres de profondeur. Les teneurs passent progressivement de 6,9 p.p.m. en surface à 1 p.p.m. en profondeur.

On remarque parallèlement qu'il n'y a pas non plus, généralement, de progression verticale des intensités de sulfato-réduction. Ce biotope se caractérise donc par l'absence d'étagement vertical des diverses activités microbiennes du cycle du soufre.

Le rôle possible des Thiobacilles dans la corrosion du béton sur le barrage est évoqué dans l'un des rapports qui ont été mentionnés dans l'introduction. La recherche des Thiobacilles sur le béton altéré n'a pas encore été effectuée. Elle a été reportée dans l'attente des derniers perfectionnements apportés à la technique d'évaluation de l'activité de ces bactéries. Les résultats de cette recherche seront indiqués dans le rapport complémentaire relatif à la période de prolongation de la convention.

On peut néanmoins indiquer dès maintenant que si les microorganismes interviennent ils le font suivant un processus différent de celui qui a été mis en évidence par PARKER (13) (14) et dans lequel est impliqué Thiobacillus concretivorus. L'activité de ce microorganisme se manifeste à la surface non immergée du béton, au-dessus d'eaux d'égout. Le déclenchement du mécanisme de corrosion nécessite, d'une part, un abaissement du pH à la valeur 6,5 par rupture de l'équilibre carbonate-bicarbonate et, d'autre part, la transformation, qui est au moins partiellement de nature chimique, de l'hydrogène sulfuré de l'atmosphère en soufre élémentaire et polysulfure.

Sur le parement amont du barrage d'AYAME I on n'observe pas d'altération au-dessus du niveau/du plan^{maximum} d'eau. C'est seulement dans la zone de marnage que l'attaque du béton est visible. Celui-ci est friable sur quelques millimètres d'épaisseur. On observe également la présence d'une croûte qui s'exfolie. Il n'y a pas formation de matériaux à consistance pâteuse comme dans l'altération décrite par PARKER. En profondeur le béton est également corrodé d'après les indications recueillies auprès des plongeurs employés aux travaux de réfection.

Il est donc très probable que l'attaque ait lieu essentiellement sous l'eau. Or nous avons montré que l'activité des Thiobacilles se manifeste plus ou moins irrégulièrement sur toute la profondeur. L'intervention de ces microorganismes dans l'altération du béton en profondeur est donc très plausible. Si elle peut être démontrée le maximum de danger se présenterait au barrage d'AYAME II à cause de l'activation de la sulfo-oxydation résultant du turbinage des eaux en amont.

Dans le rapport de LEBARBIER il est mentionné que des analyses de béton ayant été en contact avec les eaux de la BIA ont montré que les teneurs en S et S03 étaient comparables à celles du béton sain. De notre côté nous avons fait effectuer des recherches de sulfate dans les matériaux formant les exfoliations et dans le béton altéré prélevé par ra-

clage dans la zone de marnage. Les teneurs mesurées sont faibles : de 0,4 à 0,8 pour mille. Ces valeurs ne peuvent être considérées comme une indication de la non intervention des Thiobacilles dans l'altération. En effet le sulfate de calcium qui résulterait de leur activité est suffisamment soluble (2g par litre) pour ne pas s'accumuler au lieu de sa formation.

5- SULFO-OXYDATION ANAEROBIE

L'activité de Thiobacillus denitrificans présente des fluctuations importantes au cours de l'année. On observe un minimum en juillet, août et septembre 1970, sur les verticales T et F. De part et d'autre de cette période l'activité est assez importante ou très importante. Ces fluctuations ne peuvent être reliées aux résultats des mesures chimiques, notamment de celle du nitrate. Sur la verticale B les activités sont analogues au mois de septembre à celles qui sont mesurées sur la verticale T. Elles leur sont très supérieures en octobre. A l'exception du mois de mai 1970, l'activité de Thiobacillus denitrificans est faible dans les eaux de la BIA.

Comme pour les deux activités précédentes on n'observe pas de progression verticale des intensités dans le plan d'eau. La caractéristique de ce biotope, représentée par l'absence d'étagement vertical des activités microbiennes du cycle du soufre se trouve donc confirmée. On doit noter cependant que contrairement aux germes précédents Thiobacillus denitrificans peut être actif aussi bien en aérobiose qu'en anaérobiose.

L'oxydation des composés soufrés par Thiobacillus denitrificans ne s'accompagne pas, tout au moins en anaérobiose, d'acidification notable. Ce microorganisme ne pourrait donc être impliqué dans la corrosion du béton qu'en aérobiose.

6- MESURES CHIMIQUES

Les teneurs en matière organique se maintiennent plus ou moins régulièrement autour d'une valeur moyenne. On n'observe pas de progression verticale des quantités mesurées à l'exception de celles des mois de janvier à juin 1970 sur la verticale T où les teneurs sont plus importantes en profondeur. Sur les deux verticales les quantités mesurées sont souvent assez voisines. Cependant en mai, juin, août et octobre 1970 (il n'y a pas de résultats en septembre) elles sont nettement plus élevées sur la verticale F que sur la verticale T. Ceci est vraisemblablement lié à la photosynthèse due à la couverture de plantes

.../...

flottantes en amont de la verticale F. Les quantités mesurées dans les eaux de la BIA sont variables. Peu importantes en août 1970, elles sont par contre supérieures à la moyenne des quantités mesurées dans l'eau de la retenue en mars, mai, juin, juillet et octobre 1970. Ces valeurs élevées confirment le rôle attribué aux eaux de la BIA dans l'activité sulfato-réductrice observée dans le fleuve et dans le plan d'eau.

Les teneurs en azote total sont assez variables. Sur les verticales T les valeurs les plus importantes sont généralement observées en profondeur. Des quantités exceptionnellement élevées ont été mesurées en juillet 1970 sur la verticale F et près du fond sur la verticale T, alors que les quantités d'azote minéral sont faibles. Il n'est pas exclu que ceci puisse provenir d'une fixation d'azote moléculaire. L'azote minéral se présente essentiellement sous forme ammoniacale dans les eaux du barrage, traduisant les conditions d'anaérobiose. Néanmoins l'azote nitrique n'est pas absent. Une activité anaérobie de Thiobacillus denitrificans est donc possible. L'azote minéral est très généralement en majorité sous forme nitrique dans les eaux de la BIA. Ceci résulte de son origine, l'entraînement de l'azote dans les sols ayant lieu sous forme nitrique.

Les teneurs en soufre total sont très généralement faibles et variables au cours de l'année dans le plan d'eau et dans le fleuve. Les teneurs en hydrogène sulfuré sont très faibles à l'exception d'un certain nombre d'échantillons en juillet, août et septembre 1969. Dans les eaux de la BIA les quantités mesurées sont plus faibles.

On n'observe généralement pas de répartition verticale régulière des quantités d'hydrogène sulfuré, ce qui est assez inattendu. On concevrait en effet que les teneurs soient plus élevées dans les couches profondes à potentiel d'oxydo-réduction électro-négatif que dans les couches superficielles, ce que semblait indiquer la légère odeur d'hydrogène sulfuré perçue de plus en plus nettement en allant de la verticale F à la limite de la zone des Pistia stratiotes où le potentiel est électro-négatif depuis la surface. Le degré de précision des mesures pourrait être en cause.

Bien que l'hydrogène sulfuré ne soit présent qu'en très faible quantité son odeur est constamment perceptible sur le barrage d'AYAME I où il est vraisemblablement libéré par le brassage des eaux. Il serait utile que soit installé au-dessus de l'eau, au pied du barrage, un ou plusieurs enregistreurs d'un modèle semblable à celui qui est

.../...

préconisé par SENEZ et coll. (20). On pourrait ainsi suivre très aisément l'évolution de ce facteur de corrosion.

C O N C L U S I O N S

Les mesures biologiques effectuées sur deux verticales dans le plan d'eau du barrage d'AYAME I ont mis en évidence des activités de sulfato-réduction et de sulfo-oxydation. Le biotope se caractérise, d'une part, par une très faible teneur en hydrogène sulfuré et, d'autre part, par l'absence d'étagement vertical des activités d'oxydation et de réduction qui sont présentes simultanément sur toute la profondeur.

On observe au cours de l'année des fluctuations importantes de l'intensité des activités microbiennes, particulièrement de la sulfo-oxydation, sans qu'apparaisse de phénomène de dystrophie, la température de l'eau étant en permanence supérieure à 25°.

Des deux sites de prélèvements situés sur le plan d'eau, celui qui est le plus éloigné du barrage est le siège des activités microbiennes les plus intenses, en relation avec l'apport de substances carbonées résultant de la couverture de plantes flottantes. A proximité du barrage la sulfato-réduction est plus réduite. Par contre la sulfo-oxydation peut atteindre des valeurs très élevées.

Les corrosions du béton sont probablement en liaison avec cette dernière activité. La recherche des Thiobacilles sur le béton sera effectuée ultérieurement, mais ne pourra être réalisée qu'à proximité du niveau de l'eau. On ne disposera donc que d'informations très incomplètes. Les corrosions de pièces métalliques, notamment les noircissements observés dans la salle des relais résultent de la libération d'hydrogène sulfuré par le brassage des eaux à la sortie des turbines. L'installation d'un appareil enregistreur d'hydrogène sulfuré permettrait de suivre l'évolution de cette situation.

Les mesures effectuées dans l'eau de la BIA prélevée très en amont de la retenue montrent que la cause majeure et permanente des activités microbiennes dans le plan d'eau réside dans les apports miné-

raux et organiques du fleuve. Le couvert de plantes flottantes est un facteur d'aggravation qui paraît en voie de régression. Il ne semble pas que l'on puisse attribuer les activités mesurées à un effet résiduel de l'immersion de la forêt. Seules des mesures effectuées dans quelques années permettraient de tirer une conclusion définitive sur ce dernier point.

Les activités de sulfato-réduction et de minéralisation des composés soufrés ont sans aucun doute été beaucoup plus élevées qu'actuellement au moment de la dégradation de la masse de matériel végétal immergé. Les observations faites peu après la mise en eau établissent en effet que les corrosions étaient alors très rapides. On peut émettre l'hypothèse suivante ; les corrosions situées ^{sur les cotes les} plus basses sur le ~~pare-~~ment amont du barrage seraient plus récentes et résulteraient de la progression de l'oxygénation vers la profondeur. L'évolution de ces corrosions pourrait permettre d'évaluer l'intensité actuelle du phénomène.

B I B L I O G R A P H I E

- (1) - ALRED (C.). 1958, Producers month. U.S.A., 22, 32-34. Methods used for the counting of sulfate-reducing bacteria and for the screening of bactericides.
- (2) - AUGIER (J.) 1956, A. Inst. Pasteur, 91, 759-765. A propos de la numération des Azotobacter en milieu liquide.
- (3) - DESROCHERS (R.), FREDETTE (V.). 1960, Canad. J. Microbiol. 6, 349-354. Etude d'une population de bactéries réductrices du soufre.
- (4) - DOSTALEK (M.), SPURNY (M.). 1956, Folia biolog., 2, 338-342. Cultivation characteristics of sulphate-reducing bacteria.
- (5) - ENTZ (B.). 1969, Natures et Ressources, 5, 10-17. Caractères limnologiques du lac de la Volta, le plus grand lac artificiel d'Afrique.
- (6) - GENOVESE (S.), RIGANO (C.), LA CAVA (M.). 1963, Giorn. Microbiol. 11, 75-85. Sulla determinazione quantitativa dei batteri solfato-riduttori in ambienti naturali.
- (7) - KIMATA (M.), KADOTA (H.), HATA (Y.), MIYOSHI (H.). 1959, Records oceanogr. Works Japan, (Special number 3) october 1969, 167-174. Growth of sulphate-reducing bacteria in relation to the oxidation-reduction potential of culture media.
- (8) - KAISER (P.). 1966, A. Inst. Pasteur, 111, 733-749. Contribution à l'étude de l'écologie des bactéries photosynthétiques.
- (9) - KAISER (P.). 1966, Rev. Ecol. Biol. Sol, 3, 409-472. Ecologie des bactéries photosynthétiques.
- (10) - LAPORTE (G.), LAURENT (M.), KAISER (P.). 1965, A. Inst. Pasteur. 109, 563-593. Biologie du péloïde de DAX et de l'eau associée.
- (11) - LA RIVIERE (J.). 1966, Geologischen Rundschau, 55, 568-582. The microbial sulfur cycle and some of its implications for the geochemistry of sulfur isotopes.
- (12) - LARSEN (H.). 1953, Kon. Norske vidensk. Selskabs Skrifter, Nr 1, 3-25 (; Green sulfur bacteria.
- (13) - PARKER (C.). 1945, Austr. J. exptl. biol. med. Sci. 23, 81-90. The corrosion of concrete 1. The isolation of a species of bacterium associated with the corrosion of concrete exposed to atmospheres containing hydrogen sulphide.
- (14) - PARKER (C.). 1945, Austr. J. exptl. biol. med. Sci. 23, 91-98. The corrosion of concrete 2. The function of Thiobacillus concretivorus (nov. spec.) in the corrosion of concrete exposed to atmospheres containing hydrogen sulphide.
- (15) - PETTET (A;), PETTET (S.J.). 1970, Nature, London, 226, 282. Biological control of Pistia stratiotes L. in Western State, Nigeria.

.../...

- (16) - POCHON (J.), DE BARJAC (H.). 1958, *Traité de Microbiologie des Sols*, Dunod, Paris.
- (17) - POSTGATE (J.). 1959, *J. Sci. Food Agric.*, déc., 669-674. Differential media for sulphur bacteria.
- (18) - POSTGATE (J.). 1959, *A. Rev. Microbiol.*, 13, 505-520. Sulphate reduction by bacteria;
- (19) - POSTGATE (J.). 1966, *Laboratory Practice*, 15, 1239-1244. Media for sulphur bacteria.
- (20) - SENEZ (J.), PICHINOTY (F.), GEOFFRAY (C.). 1956; *Gaz de France*, M-102, juillet. Rôle des bactéries sulfato-réductrices dans la pollution des gazomètres.
- (21) - SENEZ (J.). 1962, *Pubbl. staz. Zool. Napoli*, 32, suppl., 427-441 Rôle écologique des bactéries sulfato-réductrices.
- (22) - SPURNY (M.), DOSTALEK (M.), ULEHLA (J.). 1957, *Folia biolog.*, 3, 202-210. A method of quantitative determination of sulphate-reducing bacteria.
- (23) - STARKEY (R.). 1961, *T.A.P.P.I., U.S.A.* 44, 493-496. Sulfate reducing bacteria, their production of sulfide and their economic importance.
- (24) - TILTON (R.), COBET (A.), JONES (G.). 1967, *Canad. J. Microbiol.* 13, 1521-1528. Marine Thiobacilli, I. Isolation and distribution.

A N N E X E

I/	MESURES	P H Y S I Q U E S
II/	MESURES	B I O L O G I Q U E S
III/	MESURES	C H I M I Q U E S

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV
Prélèvements à la verticale T le 10 - 6 - 69				
	0	29,0	6,0	+ 210
	1	29,1	6,0	+ 250
	2	29,0	5,8	+ 280
	3	29,0	5,3	+ 260
	4	29,0	5,5	+ 270
	5	29,0	4,9	+ 280
	6	29,0	5,1	+ 260
	7	29,0	4,9	+ 260
	8	28,9	5,5	+ 250
	9	28,9	5,2	+ 190
	10	29,0	5,2	+ 240
	11	29,0	6,1	+ 100
	12	29,0	5,8	+ 190
	13	29,0	5,6	+ 200
	14	28,9	5,6	+ 120"
	15	28,2	5,2	+ 100
L	16	28,2	5,9	+ 20
L	17	28,1	4,9	+ 90
L	18	28,0	5,8	+ 110
L	19	28,0	5,3	+ 100
L	20	28,0	5,9	+ 50
L	21	28,0	5,6	+ 20
	22	28,0	4,9	+ 40
	23	28,0	5,6	+ 20
	24	28,0	5,7	+ 20
	25	27,9	5,8	+ 60

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV
Prélèvements à la verticale F le 14 - 6 - 69				
	0	28,0	6,2	+ 60
	1	27,8	5,6	- 180
	2	27,8	6,0	- 120
	3	27,5	6,3	- 90
	4	27,2	6,4	- 180
	5	27,2	6,1	- 230
	6	27,3	5,7	- 180
	7	27,2	5,8	- 230
	8	27,2	5,8	- 180
	9	27,2	5,4	- 260
	10	26,0	5,9	- 230
	11	26,8	2,9	- 50
	12	27,0	3,3	- 80

Vitesse de filtration
Profondeur en mètres
Températures
pH
Eh en m V

Prélèvements à la verticale T
le : 15 - 7 - 69

	0	28,0	6,8	+ 230
	1	27,5	6,5	+ 240
	2	27,5	6,4	+ 220
	3	27,5	6,4	+ 210
	4	27,5	6,4	+ 240
	5	27,5	6,5	+ 180
	6	27,5	6,3	+ 270
	7	27,5	6,4	+ 240
	8	27,5	6,3	+ 240
	9	27,0	6,2	+ 210
	10	27,0	6,1	+ 190
L	11	27,0	6,1	+ 210
L	12	27,0	6,1	+ 270
L	13	27,0	6,1	+ 200
L	14	27,0	6,1	+ 190
L	15	26,5	5,9	- 30
	16	26,5	6,0	- 30
	17	26,5	5,9	- 100
	18	26,5	5,9	- 80
	19	26,5	5,9	- 240
	20	26,5	5,8	- 100
	21	26,5	5,9	- 130
	22	26,5	5,9	- 210
	23	—	—	—
	24	26,5	5,8	- 140
	25	—	—	—
	26	26,5	6,0	- 120

Vitesse de filtration
Profondeur en mètres
Températures
pH
Eh en m V

Prélèvements à la verticale F
le 15 - 7 - 69

	0	26,5	6,2	+ 120
	1	26,5	6,2	+ 140
	2	26,5	6,1	- 60
	3	26,5	6,1	- 150
	4	26,0	5,9	- 170
	5	26,0	5,9	- 140
	6	26,0	6,0	- 120
	7	26,0	6,2	- 180
	8	26,0	6,1	- 230
	9	26,0	6,1	- 130
	10	26,0	6,0	- 140
	11	26,0	6,1	- 190
	12	26,0	6,0	- 130
	13	26,0	6,0	- 160
	14	26,0	6,1	- 210

Prélèvement au point P
le 16 - 7 - 69

	0/1	24,5	7,1	+ 90
--	-----	------	-----	------

Vitesse de filtration
Profondeur en mètres

Températures

pH

Eh en m V

Prélèvements à la verticale T
le : 12 - 8 - 69

	0	26,5	6,4	+ 130
	1	26,0	6,1	+ 160
	2	26,0	6,2	+ 210
	3	26,0	6,3	+ 210
	4	26,0	5,9	+ 200
	5	26,0	6,0	+ 220
	6	26,0	6,0	+ 260
	7	26,0	5,9	+ 240
	8	26,0	6,1	+ 220
	9	26,0	6,2	+ 220
	10	26,0	6,2	+ 220
L	11	26,0	6,0	+ 180
L	12	26,0	6,0	+ 210
L	13	26,0	5,8	+ 180
L	14	26,0	5,8	+ 210
L	15	26,0	5,9	+ 200
L	16	26,0	6,1	+ 150
L	17	26,0	5,8	+ 30
L	18	26,0	5,7	+ 100
L	19	26,0	5,8	- 60
L	20	26,0	5,7	- 40
L	21	26,0	5,7	- 120
L	22	26,0	5,7	- 100
L	23	26,0	5,8	- 170
	24	26,0	5,9	- 140
	25	26,0	5,9	- 200
	26	26,0	5,9	- 160

Prélèvement au point P
le 11 - 8 - 69

	0/1	25,0	6,6	+ 210
--	-----	------	-----	-------

Vitesse de filtration

Profondeur en mètres

Températures

pH

Eh en m V

Prélèvements à la verticale F
le : 11 - 8 - 69

L	0	26,5	6,1	+ 110
L	1	26,0	6,2	+ 170
L	2	26,0	5,9	+ 120
	3	26,0	5,9	- 220
	4	25,5	5,5	- 80
	5	25,5	5,6	- 150
	6	25,5	5,4	- 140
	7	25,5	5,8	- 160
	8	25,5	5,7	- 230
	9	25,5	5,8	- 250
	10	25,5	5,8	- 130
	11	25,5	5,9	- 310
	12	25,5	6,0	- 180

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V	Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
-----------------------	----------------------	--------------	----	-----------	-----------------------	----------------------	--------------	----	-----------

Prélèvements à la verticale T
le 17 - 9 - 69

0	27,0	6,9	+ 140
1	26,5	6,6	+ 170
2	26,5	6,4	+ 140
3	26,5	6,2	+ 200
4	26,0	6,2	+ 170
5	26,0	6,1	+ 210
6	26,0	6,1	+ 210
7	26,0	6,0	+ 190
8	26,0	6,1	+ 110
9	25,8	5,9	+ 190
10	25,8	5,8	+ 80
11	25,6	5,9	+ 110
12	25,6	5,8	+ 10
13	25,6	5,9	+ 10
14	25,5	5,9	- 50
15	25,5	5,8	+ 80
16	25,5	5,9	- 10
17	25,5	5,9	- 90
18	25,5	5,9	- 80
19	25,5	6,0	- 70
20	25,5	5,7	- 40
21	25,5	5,9	- 80
22	25,5	5,9	- 120
23	25,5	5,9	- 70
24	25,5	5,9	- 80

Prélèvements à la verticale F
le 17 - 9 - 69

L	0	26,0	6,3	+ 170
L	1	26,0	6,2	+ 210
L	2	26,0	6,0	+ 190
	3	25,5	5,8	- 130
	4	25,5	6,0	- 260
	5	25,5	5,8	- 200
	6	25,5	6,0	- 170
	7	25,2	6,0	- 270
	8	25,2	5,9	- 200
	9	25,2	6,0	- 210
	10	25,2	5,7	- 250
	11	25,2	5,7	- 210
	12	25,2	5,7	- 140

Prélèvement au point P
le : 17 - 9 - 69

0/1	25,0	6,9	+ 210
-----	------	-----	-------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale T le : 15 - 10 - 69				
	0	28,0	7,4	+ 150
	1	27,5	7,3	+ 190
	2	27,0	7,6	+ 170
	3	27,0	6,6	+ 200
	4	27,0	6,8	+ 220
	5	27,0	6,5	+ 200
	6	26,5	6,5	+ 210
L	7	26,0	6,4	+ 240
L	8	26,0	6,4	+ 100
	9	26,0	6,3	- 100
	10	26,0	6,5	- 170
	11	26,0	6,5	- 160
	12	26,0	6,4	- 170
	13	26,0	6,3	- 200
	14	26,0	6,6	- 150
	15	26,0	6,2	- 100
	16	26,0	6,5	- 170
	17	26,0	6,5	- 180
	18	26,0	6,5	- 180
	19	26,0	6,6	- 90
	20	26,0	6,7	- 180
	21	26,0	6,6	- 180
	22	26,0	6,6	- 100
	23	26,0	6,6	- 220

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale F le : 16 - 10 - 69				
	0	29,0	6,4	+ 80
	1	28,0	6,6	+ 90
	2	28,0	6,2	+ 180
	3	26,5	6,2	- 20
	4	26,2	6,3	- 20
	5	26,0	6,2	+ 20
	6	26,0	6,1	+ 10
	7	26,0	6,0	- 180
	8	26,0	6,1	- 110
	9	26,0	6,3	- 90
	10	25,8	6,4	- 80
	11	25,8	6,2	- 300

Prélèvement au point P
le : 15 - 10 - 69

TL	0/1	27,0	7,2	+ 70
----	-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
-----------------------	----------------------	--------------	----	-----------

Prélèvements à la verticale T
le : 6 - 1 - 70

0	30,0	7,7	+ 130
1	29,0	7,8	+ 138
2	29,5	7,6	+ 140
3	29,0	7,4	+ 145
4	29,0	7,1	+ 140
5	28,5	7,0	+ 50
6	28,0	7,1	- 40
7	27,5	7,1	- 45
8	27,5	7,0	- 80
9	27,5	6,5	- 100
10	27,5	6,6	- 100
11	27,0	6,8	- 105
12	27,0	6,6	- 100
13	27,0	6,6	- 110
14	27,0	6,7	- 105
15	26,5	6,7	- 95
16	26,5	6,6	- 90
17	26,5	6,6	- 90
18	26,5	6,5	- 87
19	26,5	6,5	- 85
20	26,5	6,5	- 85
21	26,5	6,4	- 82
22	26,5	6,6	- 90
23	26,5	6,6	- 80
24	26,5	6,3	- 80
25	26,5	6,4	- 80

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
-----------------------	----------------------	--------------	----	-----------

Prélèvements à la verticale F
le : 7 - 1 - 70

0	27,0	7,0	+ 50
1	30,0	7,2	+ 55
2	29,5	7,1	+ 50
3	29,5	6,8	+ 50
4	28,5	6,3	- 75
5	28,0	6,4	- 95
6	27,0	6,5	- 100
7	27,0	6,5	- 110
8	27,0	6,5	- 110
9	27,0	6,2	- 110
10	27,0	6,6	- 120
11	26,5	6,7	- 115

Prélèvement au point P
le : 6 - 1 - 70

0/1	27,0	7,1	+ 90
-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV
Prélèvements à la verticale T le 19 - 2 - 70				
	0	29,0	7,2	+ 70
	1	29,5	7,2	+ 80
	2	29,7	7,4	+ 70
	3	29,5	6,7	+ 40
	4	29,0	6,7	+ 80
	5	29,0	6,4	+ 80
	6	28,8	6,5	+ 75
L	7	28,5	6,3	+ 30
L	8	28,5	6,4	- 30
	9	28,0	6,2	- 50
	10	27,5	6,1	- 70
	11	27,0	5,9	- 80
	12	27,0	5,8	- 110
	13	26,7	5,5	- 105
	14	26,5	5,7	- 150
	15	27,0	5,6	- 70
	16	27,0	5,9	- 115
	17	26,5	5,6	- 90
	18	26,5	5,6	- 280
	19	26,6	5,8	- 120
	20	26,5	5,8	- 110
	21	26,5	5,8	- 90
	22	26,6	5,8	- 85
	23	27,0	5,8	- 100
	24	26,8	5,6	- 85
	25	27,0	5,7	- 75

Prélèvement au point P
le 20 - 2 - 70

0/1	29,4	5,7	+ 50
-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV
Prélèvements à la verticale F le 20 - 2 - 70				
	0	30,0	--	--
	1	30,0	7,1	+ 60
	2	29,5	6,9	+ 50
	3	28,9	6,7	- 60
	4	28,5	6,2	- 80
	5	28,2	5,7	- 80
	6	28,2	5,6	- 40
L	7	27,8	5,6	- 110
L	8	27,2	5,7	- 60
	9	27,0	5,5	- 60
	10	26,8	5,5	- 60
	11	27,0	5,6	- 40
	12	26,8	5,3	- 280

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale T le 24 - 3 - 70				
	0	31,0	7,6	+ 80
	1	30,5	7,4	+ 50
	2	30,0	7,7	+ 40
	3	30,5	7,2	+ 60
	4	30,0	7,3	- 60
	5	30,0	7,4	- 60
	6	30,0	6,9	- 40
	7	29,5	6,4	- 120
L	8	29,5	6,8	- 80
L	9	29,0	6,8	- 220
L	10	29,0	6,4	- 380
L	11	29,0	6,0	- 300
L	12	28,5	5,9	- 320
L	13	28,0	6,3	- 360
	14	28,0	5,7	- 300
	15	28,0	6,2	- 360
	16	28,0	6,0	- 400
	17	28,0	5,7	- 180
	18	28,0	5,9	- 200
	19	28,0	6,0	- 340
	20	28,0	6,0	- 320
	21	28,0	6,2	- 180
	22	27,5	6,5	- 220
	23	27,5	6,9	- 140

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale F le 25 - 3 - 70				
	0	30,0	6,9	+ 60
	1	30,0	6,9	- 40
L	2	30,0	7,0	- 80
	3	29,0	6,7	- 100
	4	29,0	6,6	- 160
	5	29,0	6,3	- 240
	6	28,0	6,4	- 120
	7	28,0	6,3	- 160
	8	28,0	6,3	- 140
	9	28,0	6,3	- 140
	10	28,0	6,0	- 240

Prélèvements au point P
le 24 - 3 - 70

TL	0/1	28,0	6,4	+ 60
----	-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V	Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale T le 12 - 5 - 70					Prélèvements à la verticale F le 13 - 5 - 70				
	0	29,0	7,6	- 80	L	0	30,0	7,5	+ 40
	1	30,0	7,7	- 60	L	1	30,0	6,8	- 40
	2	30,0	7,4	- 60		2	29,5	6,6	- 120
	3	30,5	7,3	- 30		3	29,0	6,6	- 120
	4	30,5	7,4	+ 20		4	29,0	6,7	- 120
	5	30,5	7,4	- 140		5	29,0	6,4	- 120
	6	30,0	7,4	0		6	29,0	6,2	- 160
	7	30,0	7,1	- 120		7	29,0	6,4	- 100
	8	30,0	7,2	- 120		8	29,0	6,5	- 120
L	9	30,0	7,0	- 200		9	29,0	6,6	- 140
	10	29,0	6,6	- 200		10		6,4	- 160
	11	29,0	7,0	- 220					
	12	29,0	6,5	- 180					
	13	29,0	6,3	- 180					
	14	29,0	6,7	- 200					
	15	29,0	6,3	- 130					
	16	29,0	6,4	- 180					
	17	29,0	6,4	- 180					
	18	29,0	6,2	- 160					
	19	28,5	6,2	- 120					
	20	28,5	6,4	- 140					
	21	28,5	6,7	- 160					
	22	28,5	6,4	- 120					
	23	28,5	6,5	- 180					

Prélèvements au point P
le 12 - 5 - 70

L	0/1	27,0	6,2	- 30
---	-----	------	-----	------

vitesse de
 filtration
 Profondeur
 en mètres
 Températures
 pH
 Eh en m V
 Prélèvements à la verticale T
 le 16 - 6 - 70

	0	29,5	7,6	+ 60
	1	29,5	7,2	+ 60
	2	29,5	7,2	+ 70
	3	29,0	7,2	+ 100
	4	29,0	7,2	+ 80
	5	29,0	7,2	0
	6	29,0	7,1	+ 50
	7	29,0	7,1	+ 60
L	8	28,5	6,9	- 80
	9	28,0	6,8	- 50
	10	28,0	6,4	- 40
	11	28,0	6,2	- 100
	12	28,0	7,2	- 90
	13	28,0	6,2	- 100
	14	28,0	6,6	- 90
	15	28,0	6,8	- 90
	16	28,0	6,6	- 60
	17	28,0	6,9	- 80
	18	28,0	6,7	- 180
	19	28,0	6,5	- 160
	20	28,0	6,9	- 140
	21	28,0	6,7	- 120
	22	28,0	6,4	- 100
	23	28,0	7,2	- 120

vitesse de
 filtration
 Profondeur
 en mètres
 Températures
 pH
 Eh en m V
 Prélèvements à la verticale F
 le 17 - 6 - 70

	0	28,5	6,7	+ 80
	1	28,5	6,8	+ 70
TL	2	28,0	6,5	- 120
TL	3	28,0	6,7	- 40
TL	4	27,5	6,5	- 20
TL	5	27,5	6,6	- 80
TL	6	27,5	6,5	- 20
TL	7	27,5	6,6	- 20
TL	8	27,5	6,6	- 70
TL	9	27,5	6,6	- 130
TL	10	27,5	6,4	- 80
TL	11	27,5	6,5	- 200

Prélèvements au point P
 le 16 - 6 - 70

TL	0/1	26,5	6,5	- 60
----	-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV	Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en mV	I-11
Prélèvements à la verticale T le 21 - 7 - 70					Prélèvements à la verticale F le 22 - 7 - 70					
	0	26,0	7,1	+ 60	L	0	27,0	7,9	+ 90	
	1	27,0	7,0	+ 10	L	1	26,5	7,1	+ 20	
	2	27,0	7,0	- 10	L	2	26,5	7,0	- 150	
	3	27,0	7,2	+ 20	L	3	26,5	6,9	- 40	
	4	27,0	7,1	+ 10	L	4	26,5	6,7	- 60	
	5	27,0	7,0	+ 20		5	26,5	6,6	- 140	
	6	27,0	6,4	+ 20		6	26,5	6,6	- 180	
	7	27,0	6,4	- 40		7	26,5	6,5	- 150	
	8	27,0	6,5	+ 60		8	26,5	6,5	- 100	
	9	27,0	6,4	+ 10		9	26,0	6,8	- 100	
	10	27,0	6,5	+ 40		10	26,0	6,6	- 140	
	11	27,0	6,3	+ 30		11	26,0	6,7	- 100	
	12	27,0	6,8	+ 50						
	13	27,0	6,4	+ 20						
	14	27,0	6,4	0						
	15	27,0	6,8	+ 40						
	16	27,0	6,7	+ 20						
	17	27,0	6,2	+ 80						
	18	27,0	6,5	+ 100						
	19	27,0	6,5	+ 80						
	20	27,0	6,1	+ 50						
	21	27,0	6,1	+ 120						
	22	27,0	6,5	+ 100						
	23	27,0	6,9	+ 80						
Prélèvement au point P le 21 - 7 - 70										
	0/1	23,5	6,9	+ 60						

Vitesse de filtration

Profondeur en mètres

Températures

pH

Eh en m V

Prélèvements à la verticale T
le 18 - 8 - 70

	0	25,0	7,2	+ 20
	1	26,0	6,9	+ 20
	2	26,0	6,9	+ 10
	3	26,0	6,8	- 60
	4	26,0	6,8	+ 40
	5	26,0	6,7	- 120
	6	26,0	6,8	+ 10
	7	26,0	6,9	+ 10
	8	26,0	6,9	0
	9	26,0	6,9	+ 20
	10	26,0	6,9	- 60
	11	26,0	7,0	+ 10
L	12	26,0	6,8	- 60
L	13	26,0	6,7	0
L	14	26,0	6,9	- 60
L	15	26,0	6,8	- 140
L	16	26,0	6,9	- 160
L	17	26,0	6,7	- 100
L	18	26,0	6,8	- 60
L	19	26,0	6,8	- 180
L	20	26,0	6,7	- 180
L	21	26,0	6,8	- 20
L	22	26,0	7,2	- 180

Vitesse de filtration

Profondeur en mètres

Températures

pH

Eh en m V

Prélèvements à la verticale F
le 19 - 8 - 70

	0	25,0	7,0	+ 80
	1	25,5	6,9	+ 60
	2	25,5	6,8	- 180
	3	25,5	6,7	- 60
	4	25,5	6,7	- 140
	5	25,5	7,2	- 40
	6	25,5	7,2	- 120
	7	25,5	7,1	- 40
	8	25,5	6,7	- 30
	9	25,5	6,7	- 200
	10	25,5	7,2	- 80

Prélèvements au point P
le 18 - 8 - 70

L	0/1	25,0	7,2	+ 30
---	-----	------	-----	------

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale T le 22 - 9 - 70				
	0	27,0	7,2	+ 100
	1	27,0	7,2	+ 40
	2	27,0	7,1	+ 60
	3	27,0	7,2	0
	4	27,0	7,0	+ 80
	5	27,0	6,8	+ 20
	6	27,0	6,9	+ 60
	7	26,5	6,7	+ 100
	8	26,5	6,9	+ 80
L	9	26,0	6,5	+ 20
L	10	26,0	6,8	- 120
L	11	26,0	6,4	- 140
L	12	26,0	6,7	- 80
	13	26,0	6,6	- 140
	14	26,0	6,8	- 260
	15	26,0	6,6	- 180
	16	26,0	6,7	- 200
	17	26,0	6,5	- 260
	18	26,0	6,9	- 160
	19	26,0	6,7	- 140
	20	26,0	6,8	- 100

Prélèvements au point P
le 22 - 9 - 70

0/1	26	7,3	0
0/2	26	7,2	0
0/3	26	7,4	+ 20

Vitesse de filtration	Profondeur en mètres	Températures	pH	Eh en m V
Prélèvements à la verticale F le 23 - 9 - 70				
	0	27,0	6,8	+ 140
	1	27,0	6,5	- 40
	2	27,0	6,4	+ 50
	3	27,0	6,3	+ 20
	4	27,0	6,5	+ 160
	5	27,0	6,5	+ 40
	6	26,5	6,7	- 20
	7	26,5	6,5	- 60
	8	26,5	6,8	- 160
	9	26,5	6,5	- 20

Prélèvements à la verticale B
le 23 - 9 - 70

0	27,5	6,8	+ 80
1	27,0	6,7	+ 100
2	27,0	7,2	- 40
3	27,0	6,8	- 30
4	26,5	7,2	- 90
5	26,5	6,8	+ 40
6	26,5	7,1	+ 90
7	26,5	6,9	+ 80
8	26,5	7,1	+ 110
9	26,5	7,0	+ 90
10	26,5	7,2	+ 100
11	26,5	6,8	+ 100
12	26,5	7,4	+ 80
13	26,5	6,9	0
14	26,5	7,2	+ 90
15	26,5	6,9	+ 100

Vitesse de filtration
Profondeur en mètres
Températures
pH
Eh en mV

Prélèvements à la verticale T
le 21 - 10 - 70

0	28,0	7,3	+ 80
1	28,5	7,3	+ 90
2	29,5	6,9	+ 130
3	29,0	6,9	+ 80
4	28,5	6,8	+ 20
5	28,5	6,8	- 20
6	27,7	6,2	- 60
7	27,5	6,2	- 80
8	27,5	6,4	- 100
9	26,5	6,5	- 60
10	27,0	6,3	- 70
11	26,6	6,2	- 70
12	26,6	6,3	- 70
13	26,5	6,2	- 70
14	26,5	6,3	- 60
15	26,5	6,3	- 60
16	26,5	6,3	- 60
17	26,5	6,4	- 60
18	26,5	6,3	- 60
19	26,5	6,4	- 75
20	26,5	6,6	- 60

Prélèvements au point P
le 19 - 10 - 70

TL	0/1	6,55	+ 60
TL	0/2	6,8	+ 60
TL	0/3	6,8	+ 80

Vitesse de filtration
Profondeur en mètres
Températures
pH
Eh en mV

I-14

Prélèvements à la verticale F
le 22 - 10 - 70

TL	0	28,6	7,3	+ 20
TL	1	28,6	7,3	+ 10
TL	2	28,5	6,6	+ 20
TL	3	28,5	6,8	+ 40
TL	4	28,5	6,8	+ 20
TL	5	28,5	7,0	+ 40
TL	6	28,6	6,7	+ 10
TL	7	28,6	6,9	+ 70
TL	8	28,6	6,5	+ 20
TL	9	28,6	6,6	+ 80
TL	10	28,6	6,8	+ 60
TL	11	28,6	6,9	+ 60

Prélèvements à la verticale B
le 22 - 10 - 70

	0	31,0	7,3	+ 40
	1	29,0	6,8	+ 35
	2	28,0	6,9	+ 50
	3	27,5	6,5	+ 70
	4	27,5	6,4	+ 70
	5	27,5	6,4	+ 60
	6	27,2	6,4	+ 80
	7	27,2	6,3	+ 80
	8	27,2	6,4	- 120
	9	27,2	6,4	- 10
	10	27,0	6,4	+ 20
	11	27,0	6,4	- 0
	12	27,0	6,3	+ 20
	13	27,0	6,1	+ 20
	14	27,0	6,1	+ 65
	15	27,0	6,1	+ 50

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

II - 1

Prélèvements à la verticale T
le : 10 - 6 - 69

0	17
1	20
2	17
3	17
4	10
5	17
6	17
7	17
8	20
9	20
10	20
11	17
12	17
13	20
14	20
15	20
16	20
17	20
18	20
19	20
20	20
21	20
22	20
23	20
24	20
25	20

Prélèvements à la verticale F
le 14 - 6 - 69

0	33
1	33
2	33
3	33
4	33
5	33
6	33
7	33
8	33
9	33
10	33
11	33
12	33

Profondeur en mètres	Sulfato- réducteurs milieu 1
-------------------------	------------------------------------

Prélèvements à la verticale T
le : 15 - 7 - 69

0	10
1	8
2	8
3	8
4	8
5	8
6	7
7	8
8	8
9	8
10	7
11	13
12	8
13	5
14	8
15	8
16	8
17	13
18	7
19	8
20	8
21	8
22	8
23	—
24	13
25	—

Prélèvements au point P
le : 16 - 7 - 69

0/1	8
-----	---

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu l

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs

Prélèvements à la verticale T
le : 12 - 8 - 69

0	5
1	5
2	—
3	5
4	6
5	6
6	5
7	6
8	13
9	5
10	6
11	16
12	6
13	8
14	8
15	16
16	13
17	—
18	25
19	25
20	16
21	33
22	25
23	25
24	25
25	25

Prélèvements à la verticale F
le 11 - 8 - 69

0	9
1	20
2	20
3	20
4	20
5	25
6	25
7	20
8	20
9	25
10	25
11	25
12	25

Prélèvements au point P
le : 11 - 8 - 69

0/1 9

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Prélèvements à la verticale T
le : 17 - 9 - 69

0	7
1	7
2	7
3	6
4	6
5	7
6	11
7	8
8	8
9	7
10	11
11	11
12	11
13	11
14	11
15	11
16	11
17	11
18	11
19	11
20	11
21	11
22	11
23	11
24	8

Prélèvements au point P
le : 17 - 9 - 69

0/1 8

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Prélèvements à la verticale F
le : 18 - 9 - 69

0	16
1	13
2	13
3	25
4	25
5	20
6	20
7	25
8	20
9	20
10	25
11	25
12	13

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Prélèvements à la verticale T
le : 15 - 10 - 69

0	10
1	8
2	8
3	8
4	8
5	10
6	25
7	25
8	14
9	14
10	14
11	14
12	10
13	8
14	14
15	8
16	8
17	8
18	8
19	8
20	8
21	8
22	8
23	8

Prélèvements au point P
le : 15 - 10 - 69

0/1 8

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Prélèvements à la verticale F
le : 16 - 10 - 69

0	8
1	11
2	20
3	33
4	33
5	20
6	20
7	33
8	33
9	33
10	20
11	16

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

Profondeur
en mètres
Sulfato-
réducteurs
milieu 1

II -6

Prélèvements à la verticale T
le : 6 - 1 - 70

0	9
1	11
2	11
3	20
4	7
5	14
6	11
7	11
8	7
9	7
10	7
11	7
12	7
13	9
14	9
15	7
16	9
17	9
18	7
19	7
20	9
21	9
22	7
23	7
24	7
25	9

Prélèvements à la verticale F
le : 7 - 1 - 70

0	12
1	12
2	12
3	12
4	25
5	16
6	16
7	12
8	12
9	12
<u>10</u>	8
11	16

Prélèvements au point P
le : 6 - 1 - 70

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu l

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale T
le 19 - 2 - 70

0	5	0	21
1	12	0	37
2	12	0	32
3	11	0	0
4	8	0	0
5	8	4	0
6	8	9	0
7	10	0	0
8	25	0	11
9	<u>20</u>	17	11
10	9	0	0
11	9	8	6
12	11	—	16
13	11	17	0
14	11	18	5
15	11	20	16
16	11	15	10
17	0	6	0
18	<u>12</u>	12	10
19	8	0	15
20	8	29	10
21	10	30	10
22	10	28	0
23	10	29	16
24	8	29	0
25	10	18	14

Prélèvements au point P
le 20 - 2 - 70

0/1 10 12

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu l

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale F
le 25 - 2 - 70

0	14	0	0
1	14	0	5
2	9	34	12
3	33	10	38
4	25	14	58
5	25	12	39
6	25	9	58
7	33	34	22
8	25	21	20
9	33	27	26
10	33	27	16
11	33	29	6
12	—	29	12

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu l

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale T
le 24 - 3 - 70

0	3	0
1	3	0
2	0	25
3	0	5
4	6	0
5	6	0
6	3	0
7	10	0
8	0	20
9	5	25
10	7	5
11	20	5
12	8	15
13	7	-
14	8	20
15	8	10
16	10	16
17	9	0
18	9	12
19	8	10
20	14	41
21	8	11
22	8	-
23	10	-

développement de champignons

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu l

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale F
le 25 - 3 - 70

0	9	20	-
1	7	--	-
2	25	20	-
3	25	29	-
4	17	9	-
5	17	0	-
6	17	12	-
7	12	8	-
8	14	-	-
9	14	14	-
10	7	-	-

Prélèvements au point P
le 24 - 3 - 70

0/1	17	9	-
-----	----	---	---

Profondeur en mètres	Sulfato- réducteurs milieu 2	Sulfo-oxyd. anaérobies	Sulfo-oxyd. aérobies
-------------------------	------------------------------------	---------------------------	-------------------------

Profondeur en mètres	Sulfato- réducteurs milieu 2	Sulfo-oxyd. anaérobies	Sulfo-oxyd. aérobies
-------------------------	------------------------------------	---------------------------	-------------------------

II-9

Prélèvements à la verticale T
le 12 - 5 - 70

0	8	-0-	45
1	6	-0-	66
2	6	-0-	66
3	6	-0-	34
4	9	11	50
5	0	-0-	50
6	14	-0-	13
7	9	18	50
8	10	7	37
9	17	11	45
10	17	11	45
11	12	-0-	50
12	17	-0-	40
13	17	5	50
14	17	-0-	0
15	11	-0-	40
16	12	-0-	14
17	12	24	31
18	12	19	45
19	11	19	40
20	11	-0-	40
21	12	20	24
22	11	20	34
23	11	22	28

Prélèvements à la verticale F
le 13 - 5 - 70

0	33	25	40
1	25	15	40
2	33	0	40
3	25	17	26
4	33	34	37
5	25	34	37
6	25	24	37
7	25	37	40
8	25	28	45
9	25	25	26
10	25	25	39

Prélèvements au point P
le 12 - 5 - 70

0/1	25	21	26
-----	----	----	----

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale T
le 16 - 6 - 70

0	17	11	29
1	4	31	26
2	17	3	23
3	12	3	0
4	14	3	0
5	5	3	18
6	7	0	15
7	17	0	18
8	17	0	8
9	11	13	19
10	14	30	31
11	12	0	25
12	17	16	0
13	11	25	58
14	12	18	58
15	14	10	21
16	5	18	34
17	17	0	29
18	17	11	31
19	14	0	24
20	10	0	34
21	9	14	31
22	17	13	45
23	17	8	24

Prélèvements au point P
le 16 - 6 - 70

0/1	14	6	19
-----	----	---	----

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale F
le 17 - 6 - 70

0	20	22	5
1	20	21	21
2	25	16	40
3	20	0	5
4	25	24	5
5	25	11	18
6	20	13	0
7	20	8	0
8	20	18	15
9	25	20	0
10	25	19	0
11	20	18	34

Profondeur en mètres	Sulfato- réducteurs milieu 2	Sulfo-oxyd. anaérobies	Sulfo-oxyd. aérobies
Prélèvements à la verticale T le 21 - 7 - 70			
0	17	0	
1	6	0	
2	17	0	
3	14	8	
4	14	3	
5	5	0	
6	7	0	
7	6	0	
8	6	0	
9	14	0	
10	14	0	
11	6	0	
12	6	0	
13	5	0	
14	8	0	
15	5	0	
16	5	4	
17	11	9	
18	12	3	
19	4	3	
20	6	0	
21	8	0	
22	8	0	
23	5	0	

développement de champignons

Profondeur en mètres	Sulfato- réducteurs milieu 2	Sulfo-oxyd. anaérobies	Sulfo-oxyd. aérobies
Prélèvements à la verticale F le 22 - 7 - 70			
0	25	9	28
1	20	6	0
2	20	0	16
3	20	11	0
4	20	6	0
5	17	3	0
6	20	0	0
7	25	0	0
8	20	0	0
9	20	3	0
10	20	2	37
11	20	5	0

Prélèvements au point P
le 21 - 7 - 70

0/1 11 0 18

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

II-12

Prélèvements à la verticale T
le 18 - 8 - 70

Prélèvements à la verticale F
le 19 - 8 - 70

0	17	0
1	17	0
2	17	3
3	17	11
4	17	0
5	20	0
6	20	0
7	17	0
8	20	0
9	20	0
10	17	4
11	17	0
12	20	0
13	20	0
14	20	8
15	20	11
16	20	12
17	20	0
18	20	0
19	20	14
20	20	12
21	20	8
22	20	0

0	33	13
1	25	18
2	33	0
3	33	15
4	33	14
5	33	8
6	33	12
7	33	0
8	25	16
9	25	15
10	20	16

développement de champignons

développement de champignons

Prélèvements au point P
le 18 - 8 - 70

0/1	17	0
-----	----	---

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale T
le : 22 - 9 - 70

0	17	0	0
1	17	0	0
2	17	0	0
3	17	0	0
4	6	0	0
5	7	0	0
6	14	0	3
7	14	0	0
8	17	13	0
9	17	21	0
10	17	12	5
11	17	0	0
12	17	5	0
13	17	5	0
14	17	0	0
15	17	11	0
16	17	20	0
17	14	4	0
18	17	5	0
19	17	0	0
20	14	5	20

Prélèvements au point P
le : 22 - 9 - 70

0/1	17	6	0
0/2	17	9	0
0/3	14	--	8

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Prélèvements à la verticale F
le : 23 - 9 - 70

II-13

0	25	0	13
1	25	3	11
2	25	21	40
3	25	3	40
4	25	16	37
5	25	13	50
6	25	16	40
7	25	22	45
8	25	0	40
9	25	10	37

Prélèvements à la verticale B
le : 23 - 9 - 70

0	20	0	13
1	20	22	12
2	20	14	24
3	20	0	30
4	20	11	14
5	20	8	18
6	20	25	36
7	20	0	32
8	17	0	17
9	17	17	36
10	20	0	23
11	20	0	18
12	20	17	36
13	20	10	23
14	20	10	14
15	20	16	14

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

Profondeur
en mètres

Sulfato-
réducteurs
milieu 2

Sulfo-oxyd.
anaérobies

Sulfo-oxyd.
aérobies

II-14

Prélèvements à la verticale T
le 21 - 10 - 70

0	20	0	9
1	20	0	7
2	6	0	6
3	17	0	11
4	20	8	6
5	12	0	10
6	20	18	11
7	20	17	6
8	20	0	22
9	20	0	10
10	20	0	6
11	20	10	4
12	20	7	7
13	20	8	4
14	20	0	16
15	12	8	15
16	12	14	18
17	20	12	18
18	11	0	20
19	5	5	13
20	17	8	18

Prélèvements à la verticale F
le 22 - 10 - 70

0	25	13	31
1	20	17	27
2	25	14	40
3	20	15	34
4	20	34	34
5	25	20	18
6	25	32	20
7	25	16	20
8	25	20	18
9	25	11	22
10	25	15	34
11	25	13	33

Prélèvements à la verticale B
le 22 - 10 - 70

0	14	12	32
1	14	29	41
2	13	18	50
3	11	31	50
4	11	26	50
5	11	28	30
6	11	28	50
7	17	29	32
8	17	29	32
9	14	31	32
10	14	29	32
11	14	26	32
12	13	31	30
13	8	31	30
14	17	31	30
15	17	31	32

Prélèvements au point P
le 19 - 10 - 70

0/1	14	6	28
0/2	14	18	13
0/3	14	0	13

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------

Prélèvements à la verticale T le : 10 - 6 - 69

0	11,52	0,70	tr	0,20	0,18
1	10,40	0,84	tr	0,20	0,17
2	9,44	0,70	tr	0,25	0,17
3	9,12	0,98	tr	0,25	0,19
4	8,16	0,56	tr	0,20	0,19
5	11,84	0,42	0,01	0,20	0,19
6	11,84	0,70	tr	0,25	0,18
7	11,20	0,70	tr	0,30	0,18
8	9,44	1,40	tr	0,35	0,20
9	12,64	1,82	tr	0,30	0,19
10	10,56	1,54	tr	0,45	0,21
11	7,52	2,38	0,32	0,40	0,22
12	9,76	0,98	0,02	0,45	0,22
13	11,84	1,12	0,04	0,40	0,22
14	12,00	0,70	0,17	0,45	0,26
15	10,72	1,68	0,31	0,55	0,26
16	12,64	2,10	0,29	0,45	0,27
17	12,80	1,68	0,25	0,40	0,26
18	14,72	2,10	0,29	0,50	0,27
19	13,60	1,40	0,29	0,40	0,26
20	—	—	—	—	0,28
21	15,04	1,54	0,35	tr	0,28
22	12,64	1,26	0,29	tr	0,28
23	11,04	0,98	0,30	tr	0,27
24	19,04	0,84	0,29	tr	0,29
25	10,88	2,10	0,30	tr	0,28

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 14 - 6 - 69					
0	8,64	1,68	-	0,55	0,24
1	12,51	2,52	0,01	0,40	0,23
2	12,48	1,96	tr	0,35	0,21
3	13,44	1,40	tr	0,40	0,23
4	12,16	2,24	tr	0,35	0,22
5	10,24	1,26	0,01	0,40	0,25
6	12,00	1,68	tr	0,35	0,31
7	12,32	1,54	tr	0,40	0,24
8	12,81	1,26	0,01	0,40	0,21
9	11,84	1,12	tr	0,45	0,22
10	10,72	1,26	tr	0,40	0,23
11	11,52	0,28	tr	0,45	0,22
12	12,16	1,12	tr	0,80	0,25

Profondeur en mètres	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 15 - 7 - 69					
0	1,40	0,39	0,25	<5	2,08
1	—	0,35	0,30	<5	2,24
2	—	0,40	0,30	<5	0,48
3	—	0,35	0,20	<5	3,20
4	—	0,37	0,25	<5	2,56
5	0,90	0,30	0,30	<5	2,72
6	0,67	0,36	0,25	<5	3,04
7	—	0,33	0,50	<5	2,40
8	1,01	0,34	0,40	<5	1,44
9	0,78	0,25	0,25	<5	1,92
10	0,53	0,26	0,25	<5	0,16
11	—	0,35	0,25	<5	2,08
12	1,62	0,45	0,25	<5	3,20
13	0,76	0,43	0,30	<5	1,76
14	1,29	0,33	0,35	<5	2,40
15	—	0,37	0,35	<5	5,44
16	—	0,65	0,35	<5	4,32
17	1,01	0,26	0,40	<5	2,72
18	0,56	0,30	0,35	<5	0,16
19	—	0,33	0,45	<5	0,80
20	0,98	—	—	<5	—
21	0,53	0,40	0,35	<5	2,56
22	—	—	0,35	<5	1,60
23	—	—	—	<5	—
24	—	—	—	<5	0
25	—	—	—	<5	—
26	0,63	0,28	0,45	<5	2,24

Profondeur en mètres	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mgL:	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 15 - 7 - 69					
0	—	0,54	0,45	<5	0
1	—	0,46	0,50	<5	1,92
2	—	0,40	0,40	<5	0,16
3	—	0,47	0,65	<5	0,96
4	—	0,36	0,85	<5	tr
5	—	0,36	0,80	<5	1,28
6	—	0,36	1,10	<5	1,92
7	—	0,33	0,95	<5	2,24
8	0,89	0,37	0,45	<5	1,44
9	—	0,29	0,40	<5	0
10	0,59	0,29	0,35	<5	3,20
11	—	0,29	0,35	<5	0
12	—	0,45	0,35	<5	2,40
13	—	0,37	0,35	<5	1,12
14	—	0,55	0,40	<5	2,88

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale T le : 12 - 8 - 69

0	9,60	0,84	0,14	tr	<5	0,64
1	10,56	0,77	0,12	tr	<5	0,80
2	11,20	0,56	0,24	tr	<5	0,32
3	10,88	0,28	0,30	tr	<5	0,64
4	11,84	0,14	0,14	tr	<5	0,42
5	11,68	1,12	0,13	tr	<5	0,32
6	9,76	0,14	0,12	tr	<5	0,96
7	11,68	1,82	0,13	tr	<5	1,12
8	11,20	0,77	0,13	tr	<5	0,64
9	12,16	0,77	0,22	tr	<5	1,44
10	12,64	1,12	0,10	tr	<5	0,80
11	10,40	0,77	0,15	tr	<5	0,80
12	8,64	0,91	0,14	tr	<5	0,96
13	12,00	0,63	0,15	tr	<5	1,12
14	10,40	1,12	0,17	tr	<5	1,12
15	11,68	0,77	0,15	tr	<5	0,16
16	12,32	1,05	0,12	tr	<5	0,64
17	10,56	0,84	0,10	tr	<5	0,32
18	10,88	0,49	0,14	tr	<5	0,00
19	11,04	0,42	0,05	tr	<5	0,48
20	9,92	0,56	0,30	tr	<5	0,80
21	11,04	0,49	0,06	tr	<5	0,48
22	12,48	0,35	0,27	tr	<5	0,48
23	10,24	0,35	0,07	tr	<5	0,64
24	11,84	0,14	0,10	tr	<5	0,96
25	35,04	0,49	0,10	tr	<5	0,80
26	14,40	0,35	0,10	tr	<5	0,32

Prélèvements au point P le : 11 - 8 - 69

0/1	6,88	0,35	0,08	tr	0,95	0,64
-----	------	------	------	----	------	------

Profondeur en mètres	Matière org.					
	O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 11 - 8 - 69						
0	13,28	0,42	0,21	tr	< 5	1,28
1	13,12	0,98	0,17	tr	< 5	0,16
2	12,80	0,42	0,17	tr	< 5	0,16
3	14,72	0,63	0,35	tr	< 5	0,96
4	12,32	1,19	0,15	tr	< 5	tr
5	12,32	0,63	0,13	tr	< 5	0,16
6	19,36	0,91	0,17	tr	< 5	0,16
7	13,28	1,68	0,49	tr	< 5	0,96
8	13,60	0,28	0,16	tr	< 5	0,64
9	12,64	0,98	0,27	tr	< 5	0,16
10	13,28	0,63	0,22	tr	< 5	0,96
11	13,44	1,12	0,18	tr	< 5	0,80
12	13,28	0,77	0,18	tr	< 5	0,96

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 17 - 9 - 69						
0	13,12	1,99	0,22	0,09	1,50	1,28
1	0,58	1,09	0,16	0,51	1,50	1,44
2	11,01	3,05	0,16	0,13	1,65	0,80
3	11,58	2,55	0,13	0,46	1,44	1,28
4	9,41	1,40	0,15	0,19	1,44	0,32
5	10,05	0,73	0,17	0,24	1,44	1,76
6	15,23	0,48	0,22	0,13	1,68	1,60
7	11,33	1,20	0,13	0,36	1,35	0,64
8	13,31	0,64	0,13	0,11	1,35	0,64
9	10,75	3,44	tr	0,13	1,68	—
10	13,38	1,65	0,10	0,14	1,77	0,64
11	11,78	3,84	0,22	0,17	1,83	—
12	10,98	1,09	0,25	0,10	1,74	1,44
13	13,22	1,23	0,16	0,10	1,80	1,44
14	13,18	1,46	0,15	0,10	1,83	0,80
15	16,19	1,15	0,19	0,11	1,56	0,16
16	15,74	0,98	0,18	0,05	1,41	—
17	11,90	1,15	0,18	0,05	1,53	0,32
18	14,21	0,98	0,35	0,14	1,44	1,44
19	12,93	0,67	0,21	0,06	1,83	0,48
20	13,06	0,98	0,21	0,08	1,26	1,28
21	12,03	0,90	0,09	0,07	1,44	0,32
22	10,62	0,64	0,15	0,06	1,35	0,16
23	13,25	1,46	0,07	0,08	1,38	0,16
24	12,90	1,48	0,16	0,07	1,59	tr

Prélèvements au point P le : 17 - 9 - 69

0/1	8,45	0,53	0,18	0,31	0,54
-----	------	------	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org.					
	0/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
0	13,38	1,12	0,07	0,03	1,47	—
1	11,52	1,54	0,12	0,64	1,71	1,44
2	13,38	1,32	0,05	0,02	1,77	0,32
3	11,65	0,95	0,17	0,11	1,53	0,48
4	10,43	1,54	0,04	0,08	1,50	1,76
5	10,69	0,78	0,12	0,10	1,44	1,92
6	11,71	1,20	0,15	0,10	1,44	1,12
7	10,30	0,67	0,02	0,09	1,20	0,48
8	12,86	0,76	0,08	0,36	1,14	1,12
9	10,82	1,76	0,09	0,10	1,44	tr
10	12,29	1,06	0,10	0,11	1,14	tr
11	10,62	1,65	0,08	0,25	1,14	1,12
12	45,63	0,84	0,08	0,08	1,05	0,80

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 15 - 10 - 69						
0	11,4	0,45	0,21	0,01	0,35	0,2
1	11,2	0,48	0,22	0,05	0,26	0,2
2	11,2	1,85	0,22	tr	0,15	0,2
3	11,4	0,36	0,21	0,05	tr	0,2
4	11,0	0,84	0,21	0,03	tr	0,2
5	11,8	1,12	0,25	0,04	0,15	0,2
6	11,2	0,90	0,32	0,09	0,44	0,2
7	11,6	1,48	0,77	0,16	0,45	0,2
8	11,2	1,32	0,45	0,06	0,44	0,2
9	11,4	1,12	0,35	0,15	0,35	0,2
10	12,6	1,32	0,38	0,03	0,38	0,2
11	12,4	1,12	0,36	0,13	0,42	0,2
12	12,2	1,09	0,36	0,01	0,44	0,2
13	12,2	0,56	0,36	tr	0,48	0,2
14	12,0	0,98	0,36	0,02	0,48	0,2
15	12,2	0,90	0,36	0,01	0,50	0,2
16	12,2	0,76	0,42	0,01	0,51	0,2
17	12,0	1,04	0,42	0,01	0,53	0,2
18	11,8	0,98	0,39	tr	0,56	0,2
19	12,8	1,12	0,40	0,15	0,60	
20	12,0	0,78	0,39	0,01	0,62	0,15
21	11,60	1,48	0,99	0,27	0,30	0,15
22	11,80	0,81	0,39	0,04	0,63	0,15
23	11,8	0,78	0,53	0,10	0,60	0,2

Prélèvements au point P le : 15 - 10 - 69

0/1	10,0	1,37	0,32	0,30	1,01	0,2
-----	------	------	------	------	------	-----

Profondeur en mètres	Matière org.					
	O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 16 - 10 - 69						
0	10,8	1,18	0,26	0,21	0,53	0,2
1	11,4	0,50	0,26	tr	0,45	0,15
2	10,2	0,62	0,28	tr	0,32	0,15
3	9,0	1,04	0,36	0,41	0,41	0,15
4	9,0	0,73	0,36	tr	0,38	0,2
5	9,6	0,84	0,36	0,23	0,33	0,2
6	9,8	0,90	0,38	0,32	0,32	0,2
7	8,0	0,70	0,35	0,17	0,33	0,2
8	6,8	1,04	0,38	0,34	0,35	0,2
9	7,6	0,62	0,23	tr	0,35	0,2
10	7,4	1,18	0,39	0,38	0,33	0,2
11	7,8	1,29	0,27	tr	0,45	0,2

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S ²⁻ mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 6 - 1 - 70						
0	5,6	2,58	0,23	0,01	1,5	0,15
1	5,2	3,44	0,18	0,05	1,38	0,15
2	5,4	1,93	0,16	0,02	1,41	0,16
3	5,2	1,48	0,02	0,08	1,35	0,16
4	5,8	2,58	0,09	0,01	1,41	0,16
5	5,8	2,10	0,11	0,01	1,41	0,17
6	7,6	0,87	0,11	0,01	1,35	0,22
7	10,0	1,57	0,07	0,02	1,38	0,31
8	11,0	0,87	0,08	0,01	1,26	0,32
9	10,2	1,60	0,06	0,03	1,32	0,34
10	11,4	1,48	0,07	0,01	1,32	0,34
11	11,2	1,06	0,15	0,01	1,35	0,34
12	11,8	1,99	0,12	0,01	1,41	0,32
13	12,8	1,01	0,12	0,02	1,50	0,34
14	14,0	1,85	0,20	0,01	1,50	0,37
15	13,2	1,51	0,51	0,01	1,47	0,36
16	13,0	2,04	0,50	0,02	1,50	0,37
17	13,2	2,21	0,56	0,02	1,38	0,38
18	13,2	2,13	0,55	0,03	1,41	0,46
19	13,2	2,04	0,83	0,02	1,50	0,40
20	13,0	1,57	0,58	0,02	1,50	0,40
21	13,0	1,43	0,05	0,27	1,41	0,36
22	13,4	1,85	0,58	0,03	1,44	0,37
23	12,2	1,76	0,53	0,02	1,50	0,57
24	13,4	1,79	0,58	0,03	1,50	0,40
25	13,6	1,60	0,53	0,02	1,56	0,45

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale F le : 7-1-70

0	12,4	1,26	0,19	tr	1,44	0,28
1	8,0	1,43	0,35	0,42	1,41	0,28
2	8,2	1,04	0,38	0,01	1,41	0,29
3	8,6	1,60	0,11	0,16	1,41	0,29
4	11,8	1,34	0,09	0,01	1,44	0,45
5	13,2	1,37	0,09	0,01	1,59	0,45
6	15,4	1,24	0,16	0,02	1,53	0,52
7	14,8	1,04	0,12	0,01	1,53	0,49
8	17,2	1,85	0,16	0,15	1,50	0,45
9	15,0	0,95	0,13	0,01	1,56	0,53
10	16,2	1,40	0,26	0,02	1,56	0,57
11	15,8	1,51	0,30	0,01	1,53	0,53

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale T le 19 - 2 - 70						
0	5,80	0,62	0,26	0,01	0,51	0,07
1	6,10	1,99	0,34	0,08	0,57	0,08
2	6,00	0,64	0,18	0,08	0,57	0,07
3	6,00	0,56	0,11	0,07	0,60	0,07
4	6,10	0,53	0,45	0,07	0,63	0,06
5	6,40	0,45	0,53	0,06	0,66	0,06
6	5,80	0,36	0,34	0,06	0,75	0,06
7	6,00	1,93	0,33	0,06	0,72	0,07
8	6,40	2,30	0,33	0,05	0,72	0,08
9	8,10	0,98	0,33	0,06	0,66	0,09
10	10,40	1,32	0,35	0,05	0,63	0,10
11	10,40	1,12	0,42	0,04	0,60	0,12
12	11,60	1,40	0,47	0,04	0,75	0,12
13	12,60	1,46	0,47	0,03	0,75	0,08
14	13,40	1,20	0,49	0,03	0,72	0,08
15	13,40	1,01	0,45	0,03	0,78	0,10
16	12,60	1,18	0,43	0,03	0,78	0,12
17	13,00	1,26	0,46	0,03	0,78	0,10
18	13,80	1,04	0,46	0,03	0,81	0,11
19	13,40	1,18	0,45	0,03	0,90	0,12
20	12,60	1,57	0,45	0,03	0,87	0,14
21	12,40	0,73	0,34	0,15	0,87	0,10
22	13,60	1,15	0,45	0,02	0,96	0,13
23	12,80	1,18	0,35	0,41	0,96	0,13
24	13,80	1,20	0,45	0,02	0,96	0,13
25	14,40	1,48	0,36	0,03	0,96	0,12

Prélèvements au point P le : 20 - 2 - 70

0/1	4,60	1,32	0,16	0,56	tr	0,08
-----	------	------	------	------	----	------

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélevements à la verticale F le 20 - 2 - 70

0	7,40	1,03	0,38	tr	1,05	0,11
1	7,40	0,70	0,35	0,03	1,02	0,09
2	7,40	0,48	0,37	0,03	1,05	0,10
3	8,10	0,98	0,34	-	1,02	0,11
4	8,60	0,95	0,34	0,03	1,02	0,12
5	9,40	0,81	0,32	0,03	1,05	0,13
6	10,80	0,87	0,23	0,02	0,54	0,12
7	10,40	1,01	0,34	0,03	0,51	0,14
8	12,20	1,32	0,23	0,22	0,36	0,14
9	14,20	1,76	0,30	0,03	0,21	0,13
10	13,00	1,18	0,24	0,03	0,45	0,13
11	14,60	1,40	0,24	0,03	0,30	0,13
12	12,40	0,53	0,64	0,18	0,06	0,09

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale T le : 24 - 3 - 70

0	6,2	0,59	0,09	0,40	0,06	0,04
1	5,8	0,64	0,08	0,35	0,39	0,03
2	6,0	0,78	0,11	0,03	0,30	0,03
3	5,6	0,78	tr	0,07	0,11	0,03
4	5,6	0,50	0,17	0,01	0,15	0,03
5	5,6	0,76	0,07	0,07	0,18	0,03
6	5,4	0,36	0,07	tr	0,15	0,03
7	5,8	0,92	0,08	0,06	0,15	0,04
8	5,6	0,31	0,08	tr	0,23	0,05
9	6,4	1,01	0,09	tr	0,30	0,05
10	6,8	0,64	0,13	tr	0,39	0,06
11	9,8	0,67	0,25	0,01	0,35	0,06
12	9,2	0,70	0,55	0,01	0,23	0,06
13	9,4	1,02	0,68	tr	0,18	0,07
14	10,8	1,40	1,01	tr	0,26	0,07
15	11,4	1,93	0,86	0,01	0,27	0,08
16	10,6	2,21	0,80	0,02	0,26	0,08
17	11,8	1,90	0,70	0,01	0,36	0,08
18	12,0	2,05	0,77	0,01	0,32	0,08
19	13,0	2,27	0,86	0,01	0,32	0,08
20	11,8	2,16	1,06	0,01	1,05	0,09
21	12,2	1,88	1,29	0,01	0,93	0,09
22	10,0	1,79	0,97	0,01	0,98	0,09
23	10,6	1,90	1,07	0,02	0,93	0,10

Prélèvements au point P le : 24 - 3 - 70

0/1	21,0	1,15	0,53	0,35	2,63	0,10
-----	------	------	------	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S ²⁻ mg/l
Prélèvements à la verticale F le 25 + 3 - 70						
0	7,4	1,04	0,17	0,01	0,40	0,08
1	6,4	1,01	0,14	0,02	0,45	0,08
2	6,2	0,73	0,42	0,01	0,45	0,09
3	6,6	0,73	0,45	tr	0,30	0,06
4	7,2	0,78	0,40	0,01	0,47	0,06
5	8,8	1,20	0,54	0,01	0,45	0,06
6	11,2	1,15	0,78	0,01	0,75	0,07
7	11,6	1,01	0,79	0,02	0,87	0,07
8	10,6	0,95	0,71	0,02	0,62	0,08
9	11,0	1,00	0,75	0,01	0,69	0,08
10	11,0	1,55	0,65	0,01	0,90	0,08

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale F le 12 - 5 - 70

0	7,0	1,12	0,05	0,04	1,16	0,05
1	7,4	1,62	0,53	tr	1,08	0,04
2	7,2	1,12	0,04	0,01	1,01	0,03
3	7,6	1,29	0,22	tr	1,68	0,04
4	7,4	0,70	0,04	tr	1,26	0,03
5	7,2	1,15	0,05	0,05	1,11	0,03
6	7,2	0,73	0,05	tr	1,05	0,03
7	7,4	1,57	0,02	0,01	0,63	0,03
8	7,6	1,85	0,08	0,01	1,14	0,03
9	9,0	1,04	0,04	0,04	1,52	0,05
10	12,6	1,15	0,05	0,01	0,80	0,11
11	15,2	1,62	0,16	tr	0,81	0,12
12	14,6	0,95	0,21	tr	1,14	0,13
13	15,0	1,12	0,20	0,01	1,77	0,14
14	16,2	1,96	0,38	0,01	1,19	0,17
15	15,6	1,09	0,68	0,01	1,55	0,16
16	16,4	1,62	0,26	0,01	0,84	0,16
17	16,2	2,27	0,32	0,01	1,10	0,16
18	15,6	1,48	0,74	0,01	1,25	0,17
19	15,6	1,79	0,32	tr	0,84	0,15
20	15,8	1,20	0,34	0,01	1,16	0,20
21	16,8	1,43	0,27	0,02	2,30	0,20
22	16,6	4,93	0,33	0,03	1,20	0,19
23	17,6	1,65	0,36	0,01	1,50	0,22

Prélèvements au point P le 12 - 5 - 70

0/1	20,6	1,79	0,06	0,14	2,13	0,25
-----	------	------	------	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-----------

Prélèvements à la verticale F le 13 - 5 - 70

0	17,8	1,87	0,11	0,03	1,16	0,16
1	17,8	1,29	0,08	tr	1,41	0,14
2	17,4	1,32	0,06	tr	1,38	0,19
3	19,0	1,60	0,05	tr	1,80	0,20
4	19,2	2,24	0,14	tr	1,26	0,20
5	18,4	1,65	0,12	tr	1,35	0,21
6	19,2	1,68	0,15	0,01	1,26	0,22
7	17,8	2,83	0,20	0,01	1,25	0,20
8	18,0	1,94	0,25	0,07	1,28	0,21
9	18,0	1,18	0,26	0,01	1,19	0,21
10	17,4	6,51	0,39	0,05	1,14	0,22

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S mg/l
Prélèvements à la verticale T le 16 - 6 - 70						
0	8,0	1,26	0,19	0,02	1,23	0,03
1	7,6	0,78	tr	0,01	1,22	0,03
2	7,8	0,81	tr	0,02	1,31	0,02
3	6,0	0,53	0,12	0,01	1,61	0,02
4	8,0	0,90	0,02	tr	0,86	0,02
5	7,4	1,40	tr	0,05	0,89	0,02
6	7,8	1,26	tr	0,02	1,31	0,03
7	8,4	0,81	0,07	0,05	1,04	0,02
8	8,2	0,90	0,05	0,01	1,40	0,02
9	12,6	0,98	0,12	0,02	0,89	0,04
10	12,6	1,01	0,01	0,01	1,28	0,05
11	10,0	1,18	0,49	0,03	0,96	0,04
12	13,0	1,06	0,04	0,01	1,02	0,05
13	18,6	1,01	tr	0,02	0,84	0,06
14	17,8	0,78	tr	0,02	0,90	0,05
15	18,6	1,32	tr	0,02	1,61	0,05
16	-	1,23	-	-	0,96	0,04
17	12,6	0,78	tr	0,02	0,95	0,03
18	18,4	0,70	tr	0,01	1,19	0,05
19	19,0	0,59	0,01	0,01	1,13	0,06
20	18,2	1,12	0,03	0,01	0,90	0,06
21	18,2	1,43	tr	0,01	0,96	0,06
22	18,2	1,09	0,24	0,01	0,87	0,06
23	18,4	0,98	0,19	0,02	0,87	0,07

Prélèvements au point P le : 16 - 6 - 70

0/1	26,4	1,46	tr	0,20	1,25	0,08
-----	------	------	----	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S ⁻⁻⁻ mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 17 - 6 - 70						
0	21,0	1,43	tr	0,01	0,96	0,05
1	21,0	1,23	0,02	0,01	0,95	0,06
2	22,8	1,04	0,02	0,01	1,07	0,07
3	23,3	0,98	0,09	0,01	1,05	0,07
4	24,0	1,12	0,03	0,01	1,08	0,08
5	23,4	1,04	tr	0,01	1,02	0,08
6	23,8	1,26	0,01	0,01	1,04	0,08
7	24,0	1,48	0,14	0,02	1,04	0,09
8	23,6	1,88	0,13	0,02	1,26	0,08
9	24,3	1,15	tr	0,01	1,10	0,09
10	23,4	1,60	0,07	0,01	1,05	0,09
11	24,0	1,57	0,33	0,02	1,35	0,10

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale T le : 21 - 7 - 70

0	14,2	0,73	0,09	0,05	0,53	0,04
1	13,8	1,20	0,17	0,05	0,50	0,03
2	14,6	0,45	0,09	0,10	0,51	0,02
3	14,6	1,26	0,15	0,05	0,59	0,03
4	14,6	1,18	0,15	0,05	0,59	0,02
5	15,0	0,87	0,07	0,10	0,54	0,02
6	14,2	0,76	0,09	0,05	0,57	0,02
7	14,2	0,67	0,33	0,05	0,60	0,02
8	14,4	0,87	0,22	0,05	0,56	0,02
9	14,0	0,67	0,18	0,10	0,60	0,02
10	13,4	1,06	0,09	0,05	0,63	0,03
11	14,6	0,84	0,11	0,05	0,57	0,02
12	14,0	1,04	0,15	0,05	0,68	0,02
13	14,4	1,01	0,11	0,05	0,63	0,02
14	14,2	1,32	0,30	0,05	0,59	0,02
15	13,4	1,12	0,14	0,05	0,63	0,02
16	13,8	1,15	0,25	0,05	0,62	0,03
17	14,2	0,87	0,19	0,05	0,60	0,02
18	13,8	0,98	0,22	0,05	0,60	0,02
19	14,0	1,46	0,17	0,05	0,63	0,02
20	13,6	10,4	0,08	0,05	0,63	0,02
21	13,6	8,7	0,07	0,05	0,66	0,02
22	13,0	12,9	0,13	0,05	0,66	0,03
23	12,6	14,6	0,19	0,05	0,68	0,02

Prélèvements au point P le : 21 - 7 - 70

0/1	23,6	18,8	0,11	0,15	1,00	0,09
-----	------	------	------	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------

Prélèvements à la verticale F le 22- 7 - 70

0	14,2	14,3	0,13	tr	0,72	0,02
1	14,0	15,3	0,17	tr	0,66	0,03
2	14,0	10,1	0,05	tr	0,68	0,03
3	14,0	10,4	0,09	tr	0,69	0,04
4	15,0	9,8	0,13	tr	0,68	0,04
5	14,4	9,2	0,12	tr	0,71	0,05
6	14,0	7,0	0,02	tr	0,69	0,05
7	14,6	10,4	0,05	tr	0,72	0,06
8	14,6	9,8	0,12	tr	0,75	0,05
9	14,0	9,0	0,12	tr	0,74	0,06
10	14,8	8,7	0,18	tr	0,74	0,05
11	15,4	13,2	0,32	tr	0,74	0,05

Profondeur en mètres	Matière org.					
	O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 18 - 8 - 70						
0	14,6	1,09	tr	0,20	0,41	0,04
1	14,0	1,01	tr	0,20	0,63	0,04
2	14,6	1,12	tr	0,15	0,54	0,04
3	14,6	1,04	0,04	0,25	0,35	0,04
4	14,6	0,95	0,02	0,20	0,42	0,04
5	14,0	1,06	0,03	0,20	0,36	0,04
6	14,0	1,04	0,07	0,20	0,36	0,04
7	14,6	1,48	tr	0,20	0,42	0,05
8	15,0	1,01	tr	0,20	0,48	0,04
9	14,0	1,29	tr	0,20	0,42	0,04
10	15,8	1,93	tr	0,20	0,42	0,04
11	14,4	1,20	tr	0,15	0,39	0,03
12	14,8	0,90	tr	0,20	0,35	0,05
13	15,4	0,87	0,04	0,20	0,30	0,04
14	15,0	1,40	tr	0,20	0,35	0,05
15	15,6	1,20	0,13	0,20	0,38	0,04
16	28,0	1,09	tr	0,20	0,41	0,04
17	17,2	1,37	tr	0,20	0,33	0,04
18	20,0	1,43	tr	0,20	0,41	0,04
19	18,6	1,34	tr	0,15	0,35	0,04
20	12,0	1,23	tr	0,15	0,74	0,04
21	12,0	0,62	tr	0,15	0,75	0,04
22	28,2	1,18	tr	0,15	0,56	0,03

Prélèvements au point P le : 18 - 8 70

0/1	9,4	1,23	tr	0,15	0,74	0,04
-----	-----	------	----	------	------	------

Profondeur en mètres	Matière org.					
	O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l

Prélèvements à la verticale F le : 19 - 8 - 70

0	14,8	0,87	0,02	tr	0,48	0,04
1	20,2	1,12	0,01	0,05	0,57	0,04
2	19,4	0,84	tr	tr	0,51	0,04
3	26,2	1,37	0,03	tr	0,35	0,05
4	15,2	1,06	0,02	tr	0,90	0,05
5	14,8	1,34	0,01	tr	0,68	0,04
6	20,0	1,40	0,03	tr	0,63	0,05
7	19,6	0,76	0,03	tr	0,77	0,05
8	19,4	1,09	0,09	tr	0,50	0,06
9	33,4	1,31	0,08	tr	0,63	0,05
10	17,6	1,01	0,08	tr	1,05	0,04

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l	Fe-total mg/l	FeO mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 22 - 9 - 70								
0	-	1,37	0,11	tr	1,85	0,05	0,45	0,17
1	-	1,26	0,02	tr	1,50	0,05	0,45	0,19
2	-	1,29	0,03	--	1,56	0,05	0,40	0,17
3	-	1,12	0,03	tr	1,44	0,06	0,50	0,19
4	-	1,32	0,06	tr	1,02	0,05	0,43	0,17
5	-	1,62	0,05	tr	0,84	0,05	0,48	0,17
6	-	1,71	0,04	0,30	0,90	0,05	0,50	0,19
7	-	2,07	tr	0,05	1,20	0,05	0,63	0,19
8	-	1,93	0,05	0,05	1,20	0,05	0,63	0,17
9	-	1,82	0,01	0,10	1,26	0,05	1,38	0,23
10	-	1,96	0,13	0,05	1,32	0,06	2,60	0,32
11	-	1,71	0,08	tr	1,26	0,06	3,28	0,39
12	-	2,55	0,06	0,05	1,32	0,07	3,78	0,43
13	-	2,16	0,04	0,15	1,80	0,06	4,55	0,45
14	-	2,18	0,02	0,10	1,92	0,06	4,70	0,49
15	-	1,85	0,05	0,15	1,92	0,06	4,55	0,52
16	-	2,16	0,14	0,20	1,92	0,07	4,75	0,45
17	-	2,13	0,06	0,15	2,22	0,06	4,68	0,52
18	-	2,18	0,05	0,15	2,10	0,06	4,50	0,52
19	-	2,07	0,02	0,15	1,98	0,06	3,95	0,49
20	-	4,62	0,04	tr	2,10	0,07	4,75	0,49

Prélèvements au point P le : 22 - 9 - 70

0/1	-	5,29	0,02	0,05	2,52	0,11	3,03	0,49
0/2	-	5,24	0,02	0,40	2,88	0,07	2,20	0,39
0/3	-	3,75	0,01	0,45	2,88	0,06	2,10	0,39

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S-- mg/l	Fe-total mg/l	FeO mg/l
-------------------------	------------------------	-----------------	---------------	---------------	-----------------	-------------	------------------	-------------

III -13/b

Prélèvements à la verticale F le 23 - 9 - 70

0	-	2,88	0,02	tr	1,86	0,05	0,45	0,19
1	-	3,67	0,01	tr	1,86	0,05	0,55	0,19
2	-	2,86	0,01	tr	1,86	0,06	2,03	0,26
3	-	2,88	tr	tr	2,22	0,06	2,20	0,26
4	-	3,72	0,02	tr	2,40	0,07	2,33	0,30
5	-	2,38	tr	tr	1,80	0,07	2,50	0,32
6	-	1,20	0,02	tr	2,22	0,07	2,35	0,30
7	-	2,80	0,02	tr	2,28	0,07	2,63	0,32
8	-	3,86	0,18	tr	3,72	0,07	2,50	0,32
9	-	4,28	0,01	tr	3,18	0,07	2,13	0,30

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S mg/l	Fe-total mg/l	Fe O mg/l
Prélèvements à la verticale T le : 21 - 10 - 70								
0	10,0	1,18	0,21	tr	2,6	0,14	0,35	0,13
1	9,2	1,51	0,25	tr	2,5	0,15	0,15	0,17
2	9,2	0,87	0,12	tr	2,4	0,14	0,25	0,19
3	9,0	1,51	0,13	tr	2,7	0,14	0,45	0,17
4	9,6	1,29	0,07	tr	2,1	0,13	0,53	0,17
5	10,4	1,62	0,04	tr	2,1	0,13	0,63	0,13
6	12,6	1,76	0,09	tr	1,8	0,22	1,58	0,90
7	13,0	1,15	0,07	tr	1,6	0,22	2,15	0,30
8	13,2	1,43	0,04	tr	1,5	0,21	2,25	0,32
9	13,4	1,37	0,15	tr	1,52	0,23	2,03	0,30
10	13,6	1,04	0,02	tr	1,03	0,23	2,75	0,43
11	13,0	1,40	0,03	tr	1,03	0,25	2,50	0,39
12	12,4	1,37	0,08	tr	1,27	0,22	3,80	1,29
13	12,0	2,02	0,13	tr	1,40	0,23	3,85	1,26
14	12,6	1,40	0,17	tr	1,33	0,25	4,13	0,52
15	25,0	1,54	0,23	tr	1,03	0,23	7,50	0,90
16	15,0	1,15	0,22	tr	0,91	0,22	7,75	3,74
17	12,2	2,38	0,13	tr	1,03	0,20	8,50	1,84
18	12,8	2,10	0,17	tr	0,61	0,20	8,00	2,49
19	11,6	1,76	0,16	tr	0,49	0,21	8,40	1,23
20	12,2	3,08	0,42	tr	0,12	0,19	8,50	3,13

Prélèvements au point P le : 19 - 10 - 70

0/1	22,6	2,18	0,24	0,45	0,42	0,18	1,85	0,43
0/2	22,6	2,63	0,64	0,45	2,4	0,20	2,00	0,43
0/3	23,0	1,85	0,56	0,45	0,49	0,25	2,03	0,45

Profondeur en mètres	Matière org. O/mg/l	N-total mg/l	N-NH3 mg/l	N-NO3 mg/l	S-total mg/l	S mg/l	Fe-total mg/l	FeO mg/l
Prélèvements à la verticale F le : 22 - 10 - 70								
0	18,8	2,32	0,27	0,05	1,21	0,22	1,05	0,55
1	19,0	3,00	0,18	0,05	1,21	0,24	1,10	0,49
2	26,0	4,84	0,15	tr	1,52	0,24	1,13	0,52
3	19,0	3,81	0,18	0,05	1,03	0,22	1,35	0,49
4	19,0	3,78	0,54	0,05	1,2	0,22	1,50	0,49
5	19,0	3,44	0,35	tr	0,61	0,24	1,00	1,03
6	18,8	2,77	0,20	0,05	1,09	0,18	1,30	0,52
7	18,8	4,31	0,09	tr	1,09	0,18	1,25	0,52
8	19,4	2,46	0,19	tr	1,3	0,17	1,43	1,01
9	18,8	2,04	0,33	0,05	1,4	0,20	1,53	0,52
10	18,8	1,88	0,42	0,05	1,2	0,23	1,28	0,52
11	19,0	1,60	0,45	0,05	3,3	0,25	2,30	0,52