

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE DE L'ENVIRONNEMENT 2EX

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

**Essai de nitrification sur deux
Garnissages : polyuréthane
et polyester en régime discontinu**

Proposé par :

Dr S. MAHIOUT

Etudié par :

S. AZZOUZ
T. BELAID

Dirigé par :

Dr S. MAHIOUT

Promotion : Janvier 1988

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَالصَّلَاةِ
وَالسَّكِينِ
وَمَكْرَهُ
رَبِّ الْعَالَمِينَ

صِدْقِ اللَّهِ الْعَظِيمِ

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

- La mémoire de mon très cher regretté Père qui a été à l'origine de la réussite.
- Ma Mère qui a su comment m'aider.
- Mes frères et soeurs.
- La famille BELAID.
- Mes amis (es) qui m'ont été fidèles jusqu'à ce jour.

S. AZOUZ

- A tous les gens de bon coeur.
- A ma famille.
- A la famille AZOUZ.
- A tous les amis (es).

Toufik BELAID

AVANT PROPOS

Ce travail a été effectué au Laboratoire de Génie de l'Environnement à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, sous la direction du Dr, Said MAHIOU. Nous prions notre cher Professeur de trouver ici le témoignage de notre profonde gratitude pour les encouragements qu'il nous à toujours apportés.

Que Madame N. ARDI soit assurée de notre reconnaissance pour l'aide qu'elle nous a apportée à cette étude.

Nous remercions également Monsieur KERBACHI pour sa précieuse collaboration dans le domaine de la chimie.

Que Monsieur BOUAMOU et Mademoiselle ZOUGHLACHE reçoivent nos remerciements pour leur aide.

Nous remercions Mademoiselle BELKHEIR NACERA et Monsieur DJADI BRAHIM pour leur collaboration à la réalisation de ce mémoire.

Que nos camarades de laboratoire (NOUAR MAHFOUD, LEILA) et ceux dont la collaboration technique et l'aide pratique à permis de réaliser ce travail soient assurés de notre sympathie.

.../...

S O M M A I R E

I. INTRODUCTION

II. EAUX USEES

- 1 - Définition
- 2 - Les eaux usées urbaines
- 3 - Les eaux usées industrielles
- 4 - Evaluation de la pollution
- 5 - Généralité sur le traitement biologique
- 6 - Les sources d'énergie
- 7 - Facteurs influçant le métabolisme aérobie
- 8 - Cinétique Enzymatique
- 9 - Traitement complémentaire

III Le problème posé^{par} l'azote et le phosphore.

- 1 - Techniques physico-chimiques.
- 2 - Techniques biologiques
- 3 - Facteurs influençant la nitrification

IV Dispositifs et procédures expérimentaux

- 1 - Matériels et méthodes
- 2 - Méthodologie
- 3 - Résultats d'essai et interprétation
- 4 - Résumé
- 5 - Conclusion générale.

I. I N T R O D U C T I O N

La réutilisation de l'eau implique que l'on s'attache à dépolluer au maximum et que l'on élabore des techniques de traitement des eaux destinées à l'alimentation les plus performantes possibles.

Si de nombreuses substances polluantes peuvent être éliminées par des procédés classiques tels que le tamisage, ozonation, coagulation ou encore les traitements biologiques, il n'en demeure pas moins un certain nombre de composés résiduels.

Pour remédier à cette situation, on envisage souvent de recourir à des méthodes particulièrement adaptées telles que l'utilisation du soufre, bentonite, charbon actif etc....

Dans le cas d'un traitement biologique, l'utilisation des bactéries fixées bien qu'ancienne tend à se développer après les importants progrès réalisés dans la technique des filtres biologiques immergés.

.../...

D'une manière générale, en processus aérobie et anaérobie, la filtration biologique s'est développée après les performances obtenues sur divers matériaux présentant des caractéristiques particulières comme une importante surface développée, une faible densité, et surtout la structure physicochimique permettant de renforcer l'accrochage des bactéries et dans certains cas l'adsorption de la pollution.

Nous nous proposons à l'état actuel des connaissances sur deux garnissages présentant des caractéristiques physiques différentes en l'occurrence le polyuréthane et le polyéster, d'entreprendre un essai de nitrification au niveau du laboratoire.

.../...

II LES EAUX USEES

1- Définition :

L'eau usée constitue un effluent pollué et nocif son étude doit s'effectuer sous le double point de vue physico-chimique et biologique, tout en notant la présence d'inhibiteurs (1).

Les eaux usées regroupent :

a- Les eaux usées urbaines.

b- Les eaux usées industrielles.

2- Les eaux usées urbaines :

2.1- de ruissellements.

Ce sont des eaux de pluie, de lavage et de drainage.

2.1.1- Les eaux de pluie.

Elles sont caractérisées par un débit fortement variable, présentant des valeurs moyennes à fortes variations saisonnières (1) - (2).

.../...

Ces eaux sont polluées par les matières qu'elles entraînent en provenance des trottoirs, chaussées et lavage des toits. Elles contiennent: Zinc, cuivre, plomb etc... .

2.1.2- Les eaux de drainage.

Elles peuvent provenir de la montée phréatique dans le sol. Elles sont, généralement, peu polluées.

2.2- Les eaux usées d'origine domestique.

Les eaux d'origine domestique comprennent: :

2.2.1- Les eaux ménagères (eau de cuisine, de lessive, de toilette, des débris végétaux et animaux...).

2.2.2- Les eaux de vannes (en provenance des W.C, matières fécales).

2.2.3- Les eaux usées résultant d'activités artisanales.

Ces eaux proviennent des petites entreprises ne disposant pas de stations de traitement ou des effluents provenant de stations de traitement spécifiques à des

.../...

entreprises de taille moyenne, de plus en plus fréquemment aboutir dans le réseau d'égout des villes importantes.

Ces rejets sont susceptibles d'apporter : des toxiques, inhibiteurs de la micro-flore active, en particulier des métaux, détergents, hydrocarbures, les sels minéraux, les acides... (1) - (2) - (3).

3- Les eaux usées industrielles.

Les eaux usées industrielles sont celles en provenance de diverses usines de fabrication ou de transformation de la matière première (4).

Ces eaux contiennent des substances acides, alcalines, corrosives, ou entartrantes. A température élevée ces eaux sont souvent odorantes et colorées.

Selon leur nature, leur composition on distingue trois (03) groupes d'effluents. (2).

.../...

3.1- Les eaux à caractère minéral dominant.

- Les eaux d'industrie sidérurgique.
- Les eaux des usines chimiques etc... .

3.2- Les eaux à caractère organique dominant.

Ces eaux regroupent la plupart des rejets de provenance d'industrie agro-alimentaire.

- Laiteries et fromageries;
- Féculeries.
- Brasseries etc... .

Elles sont riches en particulier en graisses, protéines, glucides et les sels divers.

3.3- Les eaux mixtes:

Leur composition est très variable et leur origine résulte des : (2) - (4).

- Industries pharmaceutiques.
- Industries du papier.
- Industries du bois etc... .

4- EVALUATION DE LA POLLUTION :

Tout rejet d'effluent pollué et nocif, correspond nécessairement à une modification du milieu récepteur qui se produit indirectement par des conséquences néfastes sur l'individu, alors il serait inévitable de faire un traitement de ces rejets. (5)

Il serait chimérique d'entreprendre la recherche, l'identification et le dosage de tous les composés dont la présence pouvait être considérée comme éventuellement possible, habituellement, on ne recherchera donc pas à identifier systématiquement les composés présents qui est une opération qui aboutit qu'à une liste dont l'interprétation laisserait perplexe celui qui s'en trouverait chargé.

Le pontentiel de pollution de l'effluent sera plutôt apprécié par une série de mesures de caractère global, cherchant à traduire, les nuisances susceptibles d'être induites dans le milieu récepteur par le rejet de l'effluent.

.../...

Le praticien ne dispose pas d'un système rationnel et cohérent pour évaluer le potentiel de pollution d'un effluent, son aptitude à un traitement ou les résultats de celui-ci. Le bulletin d'analyses lui apporte un faisceau de détermination, souvent interférentes, qu'il lui faudra associer, comparer, contrôler les unes par les autres avant qu'il puisse prendre une décision.(6)(7)

4.1- Paramètres physiques :

Parmi les paramètres physiques on peut citer :

- La turbidité: Tenant à la présence plus ou moins importante de matière en suspension, d'origine minérale ou organique.
- La couleur: Liée au déversement de composés chimiques solubles présentant une coloration marquée (effluent de teinture).
- La tension superficielle: associée à des produits tensioactifs (détergents).

.../...

- La température: L'exemple typique est celui du déversement des eaux de refroidissement (6).

Les matières pondérales se subdivisent en diverses formes que l'on peut représenter par :

Les matières en suspension (M.E.S):

Il s'agit de matières qui ne sont ni solubilisées ni colloïdales. On peut considérer qu'ils représentent un intermédiaire entre les particules minérales du type sable ou poussières et les particules minérales du type mytilagineuse. Ces matières peuvent être organiques ou minérales (5) - (8).

Les matières volatiles en suspension :

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension. Elles sont mesurées par calcination à $525^{\circ}\text{C} + 25 - 650^{\circ}\text{C}$ d'un échantillon dont on connaît déjà la teneur en M.E.S, elles constituent environ 70 à 80 % des M.E.S (5) - (6).

.../...

Les matières minérales - les matières sèches totales :

Elles représentent le résidu des M.E.S après calcination à 525°C - 650°.

Les matières sèches totales ou extrait sec, obtenues par évaporation directe qui sont rarement mesurées. Elles rendent compte à la fois des M.E.S et des matières solubles (5) - (6).

Les matières décantables et non décantables :

Les matières décantables représentent la fraction des M.E.S qui sédimentent pendant un temps donné (2 heures) suivant des conditions opératoires particulières (utilisation d'un cône de Imhoff ou coin).

Les matières non décantables sont celles qui restent dans le surnageant et qui vont donc être dirigées vers le procédé de traitement biologique ou chimique.

4.2- Paramètres chimiques :

Les matières organiques nécessitent de l'oxygène pour

.../...

leur métabolisation par les microorganismes. cette demande d'oxygène peut être chimique ou biologique, suivant divers paramètres tels que DRO - DCO - DTO et le carbone organique total (5).

La demande biochimique en oxygène (D.B.O) :

La demande biochimique en oxygène est une unité qui mesure la quantité d'oxygène (sous forme de gaz) nécessaire aux micro-organismes aerobies décomposeurs pour dégrader et minéraliser les matières organiques. Elle mesure, en quelque sorte, la quantité de pollution biodégradable (8) - (2).

La demande chimique en oxygène (D.C.O) :

C'est la quantité d'oxygène fournie par un produit chimique (bichromate de potassium, en milieu acide et à chaud pendant deux heures par exemple) oxydant pour décomposer les matières organiques. Le seuil de non-biodegradabilité est atteint lorsque le rapport $\frac{D.B.O}{D.C.O}$ est plus petit que 0,2 (8) - (5).

.../...

La demande théorique en oxygène (D.T.O) :

Le gaz et la vapeur produits par la combustion catalytique de l'échantillon sont piégés, la quantité d'oxygène consommée est mesurée par l'intermédiaire d'une cellule galvanique.

La comparaison avec une courbe d'étalonnage obtenue sur des produits conduit à la valeur de la D.T.O (5).

Le carbone organique total (C.O.T) :

Bien que le carbone organique total ne compte pas au rang des demandes d'oxygène, on peut le placer à proximité de celle-ci car il correspond aussi à une approche de la matière organique, dont le carbone est le constituant essentiel (6).

5. Généralités sur le traitement biologique :

Parmi toutes les solutions de traitement des eaux urbaines ou industrielles, il existe une qui fait intervenir des avantages naturels que nous offre la nature, par l'intermédiaire des microorganismes constituant le système écologique.

Le traitement biologique (consiste à utiliser) repose sur le fait que les microorganismes dégradent des composés généralement organiques en les transformant en sels dissous.

5.1 Métabolisme des décomposeurs :

La nutrition des micro-organismes peut se décomposer en cinq phases (9) - (10).

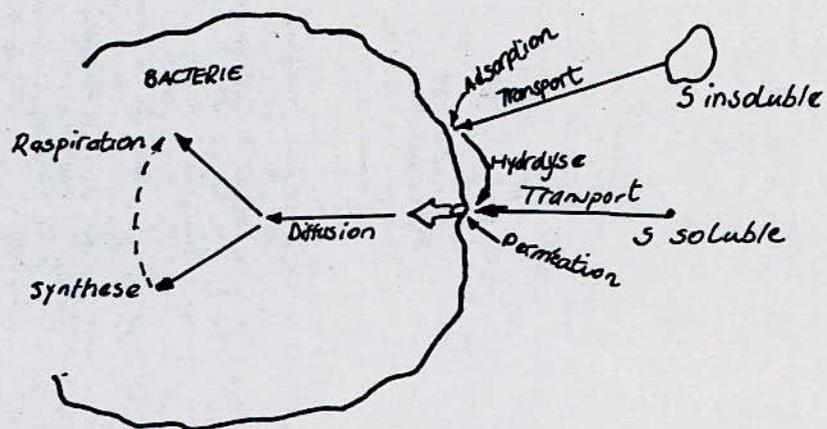
- Transport des aliments depuis le liquide jusqu'à la surface de la batiérie.

-Adsorption des aliments sur la membrane cellulaire.

- Prédigestion par exoenzymes (réduction des dimensions des molécules).
- Perméation qui se fait par un franchissement de la membrane cellulaire.
- Métabolisation (anabolisme - catabolisme).

Principe de nutrition bactérienne (voir schéma)

Schéma :



(d'après MORRIS et STUMM)

5.1.1- Transport :

Chaque point de la membrane cellulaire est heurté par une molécule vingt (20) fois par seconde.

.../...

5.1.2- Adsorption :

L'adsorption est une phase physicochimique, généralement supposée rapide que les phases biochimiques.

On estime qu'elle est complète en 20 mn et ce fait sert de base au procédé contact-stabilisation.

Selon Schulze, on peut appliquer une isotherme de Freundlich, qui établit une relation entre la concentration de substrat adsorbé S_a et la concentration du substrat restant dans la phase liquide S_l .

$$S_a = K S_l^n$$

n = exposant (empiriquement = 1)

k = constante

5.1.3- Prédigestion

Elle est effectuée par des exoenzymes (*), moins fragiles que la bactérie la prédigestion est généralement une hydrolyse :

- Liquéfaction des graisses (ésterases);

* Enzymes émis dans le milieu extérieur

- des amidons (carbohydrases);

- des protéines (protéases).

En fin, l'insoluble devient soluble, et la dimension des molécules diminue : cette phase ne concerne donc que les colloïdes, et les grosses molécules.

5.1.4- Perméation :

Le mécanisme n'est pas clair et on hésite entre un passage par solution à travers le lipide, ou à travers des pores, toute fois, le phénomène de perméation reste tributaire de la perméabilité des membranes biologiques.

5.1.5- Metabolisation :

Ce processus est beaucoup plus lent que les autres. Il se divise en deux composantes, traduisant les deux utilisations possibles des aliments ou substrats :

- Anabolisme, assimilation production :

Accumulation d'énergie et synthèse des composantes cellulaires (multiplication, besoins plastiques). Il conduit à un développement des cellules c.à d, à un accroissement de la biomasse.

- Catabolisme, dissimilation ou respiration :

Combustion immédiate ou différée des substrats, pour libérer leur énergie libre, qui est nécessaire pour assurer :

- synthèse chimique;

- travail mécanique et transport de substance;

- travail électrique (chaleur);

- travail osmotique (rayonnement).

La combustion différée des réserves s'appelle respiration endogène.

- Réspiration endogène :

C'est la combustion du substrat endogène par opposition aux autres substrats qui sont exogènes.

6- LES SOURCES D'ENERGIE :

L'énergie utilisée par les microorganismes est sous forme chimique et lumineuse.

Le groupe qui intéresse le plus le génie sanitaire est celui des organismes hétérotrophes. Toutefois, il existe un autre groupe d'organismes qui ne manque pas d'importance, celui des autotrophes.

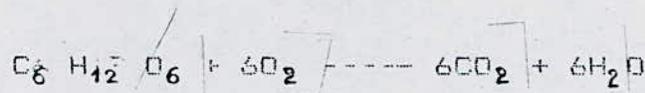
.../...

6.1- Les microorganismes hétérotrophes :

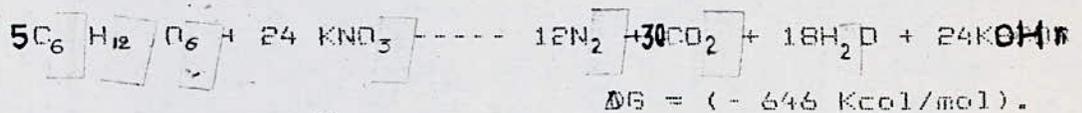
Ils tirent leur substance de l'oxydation des matières organiques préexistantes. En voici quelques exemples;

Métabolisme aérobie:

Bactéries aérobie.

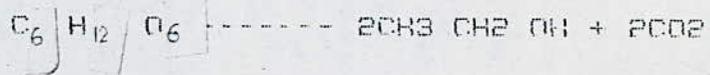


Dénitrification hétérotrophe.



Métabolisme anaérobie :

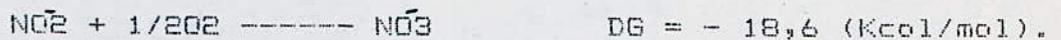
levures



6.2- Les organismes autotrophes :

Ils utilisent le CO₂ comme seule source de carbone pour la synthèse des matières organiques. On distingue, les phototrophes et les chimiotrophes. En voici des exemples:

Nitrobacter (de N⁺³ à N⁺⁵):



7- FACTEURS INFLUENCANT LE METABOLISME AEROBIE :

- Besoins en nutriments :

La croissance des bactéries requiert la présence de l'azote, de phosphore et un certain nombre de d'oligo-éléments fer, cuivre, zinc, manganèse etc....

L'épuisement du phosphore conduit à une fin de la phase de croissance exponentielle mais n'arrête pas complètement la croissance, ceci s'explique par le fait que les cellules disposent de réserves internes de phosphore.

Le phosphore apparaît donc comme un élément de limitation cinétique et non pas stœchiométrique.

Selon MORGAN (9) le rapport limite pour la croissance s'effectuée correctement est égal à :

$$\frac{DCO}{P} = \frac{100}{0,15}$$

Les besoins en azote sont beaucoup plus important. De plus, un épuisement de la source d'azote se produisant avant l'épuisement de la source de carbone.

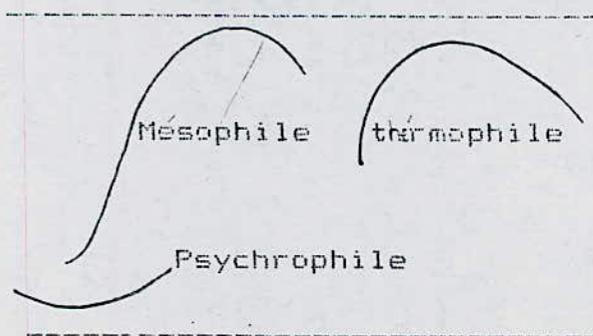
D'une manière générale un déficit en azote du milieu favorise la transformation des matières carbonées du substrat en substance de réserves au détriment de la formation de nouvelles cellules.

7.1- Besoins en oligo-éléments : mg/mg DRo5 (11).

- Mn 10×10^{-5}	- CO 13×10^{-5}
- Cu 14×10^{-5}	- Ca 62×10^{-4}
- Zn 16×10^{-5}	- Na 5×10^{-5}
- Mo 43×10^{-5}	- K 45×10^{-5}
- Se 14×10^{-10}	- Fe 12×10^{-3}
- Mg 30×10^{-4}	- Co3 27×10^{-4}

7.2- La Température :

La température est un paramètre important dans toutes les réactions biologiques et a un effet prononcé sur la vitesse de croissance des microorganismes.



---Influence de T° sur
l'activité microbienne

7.3- Le pH :

La plupart des procédés biologiques ont un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5. En dehors de cette plage, les performances sont réduites.

7.4- Effets toxiques :

On distingue trois (03) catégories :

- a- Les composés organiques toxiques à forte dose biodégradables à faible concentration, cas du phénol.
- b- La majorité des métaux lourds sont toxiques. Après adaptation, des concentrations relativement élevées peuvent être tolérées.
- c- De fortes teneurs en sels dissous peuvent inhiber l'activité microbienne.

La concentration maximum admissible est de 1600 mg/l pour l'ammoniac à pH7, et de 16000 mg/l pour les chlorures (11).

7.5- Transfert d'oxygène :

Le processus aérobie, s'installe dès que l'oxygène est mis en contact avec la biomasse, et en résulte un transfert d'oxygène.

Le transfert de matière s'effectue en plusieurs étapes (12).

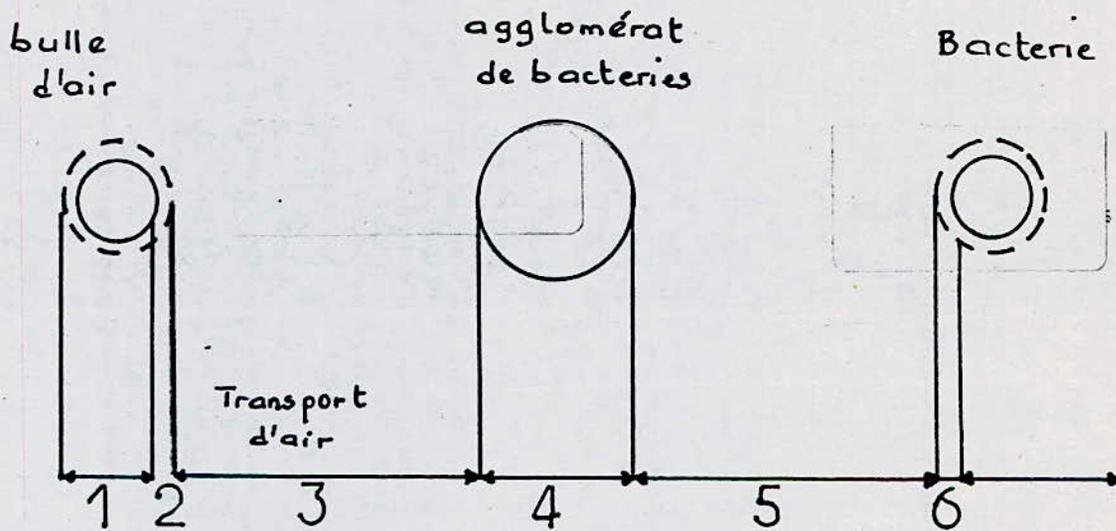


Fig N° 1

a- Transport à l'intérieur de la bulle à la surface de contact.

b- Transport à travers la surface de contact (interface) vers l'eau usée.

c- Transport à travers la surface de contact et paroi de l'agglomérat.

d- Transport à l'intérieur de l'agglomérat vers la paroi d'une bactérie.

e- Transport à travers la paroi.

f- Transport à l'intérieur de la paroi.

Toutes ces étapes constituent une résistance au transfert d'oxygène.

Donc, il faut toujours veiller à ce que ces résistances soient le minimum possible.

8- CINÉTIQUE ENZYMATIQUE :

L'enzyme accélère la réaction pour laquelle elle est spécifique, diminue son énergie d'activation (barrière d'énergie), sans toute fois déplacer son équilibre.

Les enzymes E forment avec le substrat S un complexe E.S, pour enfin aboutir à un produit P.



OÙ K1, K2, K3 représentent les constantes de vitesse.

MICHALIS et MENTEN ont admis que K3 est >> à K2, ils ont établi que :

$$v = \hat{v} \frac{S}{K_s + S} = f(s)$$

v - Vitesse de réaction;

\hat{v} - est la vitesse max, lorsque S est très élevé;

S - est concentration du substrat non lié à E.

E - concentration de l'enzyme.

Ks - est la constante de michaelis ou de saturation.

8.1- Linéarisation :

Dans les études de laboratoire généralement on fait varier S et en mesure V résultant. Comme, $V = F(S)$ est une hyperbole, on porte sur le graphique des variables transformées telles que :

$$- \frac{1}{V} = f(S).$$

$$- V = f\left(\frac{V}{S}\right)$$

$$- \frac{S}{V} = f(S)$$

pour obtenir des droites.

9- TRAITEMENTS COMPLEMENTAIRES :

Les traitements complémentaires visent généralement à assurer une protection du milieu récepteur.

Le but poursuivi est la dépollution en diminuant la DEO_5 résiduelle avant rejet ou l'élimination des polluants particuliers comme, l'azote et le phosphore.

Tableau n°1

PROCÉDES	MASSE DE	MICROORGANISME	CHARGE	DURÉE DE	ÂGE DE LA
	SUR SUPPORTI	EN SUSPENS.	APPLIQUÉE	TRAITEMENT	MASSE
		RECYCLE	PAR M ³ /J	EN JOURS	BIOLOGIQUE
AÉRATION			0,1 à 0,5		
PROLONGÉE		X		1 à 5	10 à 15
			Kg DSO		
LACURAGE					
A FORTE		X		2 à 10	
CHARGE					
PONDAGE	SOL				
LACURAGE			5 à 10		
A FAIBLE		X		5 à 30	
CHARGE			g/M ³		
LITS					
BACTÉRIENS					
LITS BACT.			0,1 à 1,75		
A REMPLIS.	X				
PLASTIQUES			Kg DSO		
DISQUES					
BIOLOGIQUES	X				
ET TOMBOUR					
TOURNANT					
BOUES			0,5 à 5		
ACTIVE		X		1 à 6	1 à 5
			Kg DSO		

III- LE PROBLEME POSE PAR L'AZOTE ET LE PHOSPHORE :

Les eaux usées contenant de grandes quantités de substances nutritives comme l'azote et le phosphore dont leur conséquence peut être néfaste.

Le phosphore : Se présente sous deux formes:

-3

- Minéral : Les orthophosphates PO_4 , les phosphures.

- Organique : Il est présent dans les combinaisons cellulaires organiques soit en tant qu'élément de base de substances bien déterminées, soit en tant qu'élément mobile du métabolisme cellulaire.

Le phosphore cause de sérieux problèmes dans les cours d'eau et les eaux dormantes qui les reçoivent en stimulant la croissance des algues (eutrophisation), son élimination s'appuie sur des processus de précipitation chimique tels que :

Les phénomènes de floculation du phosphore organique et de précipitation du phosphore minéral (à l'aide de sels de calcium, de fer et d'alumine...).

.../...

Son élimination biologique n'est que partielle (40 %) (5) (6).

L'azote :

L'azote est présent dans l'air, le sol et l'eau sous diverses combinaisons (formes organiques ou minérales) susceptibles de se transformer par des réactions biologiques. Les formes stables de l'azote sont NH_4^+ , N_2 et NO_3^- . (N_2 stable dans l'air, NH_4^+ et NO_3^- stables dans les milieux aqueux).

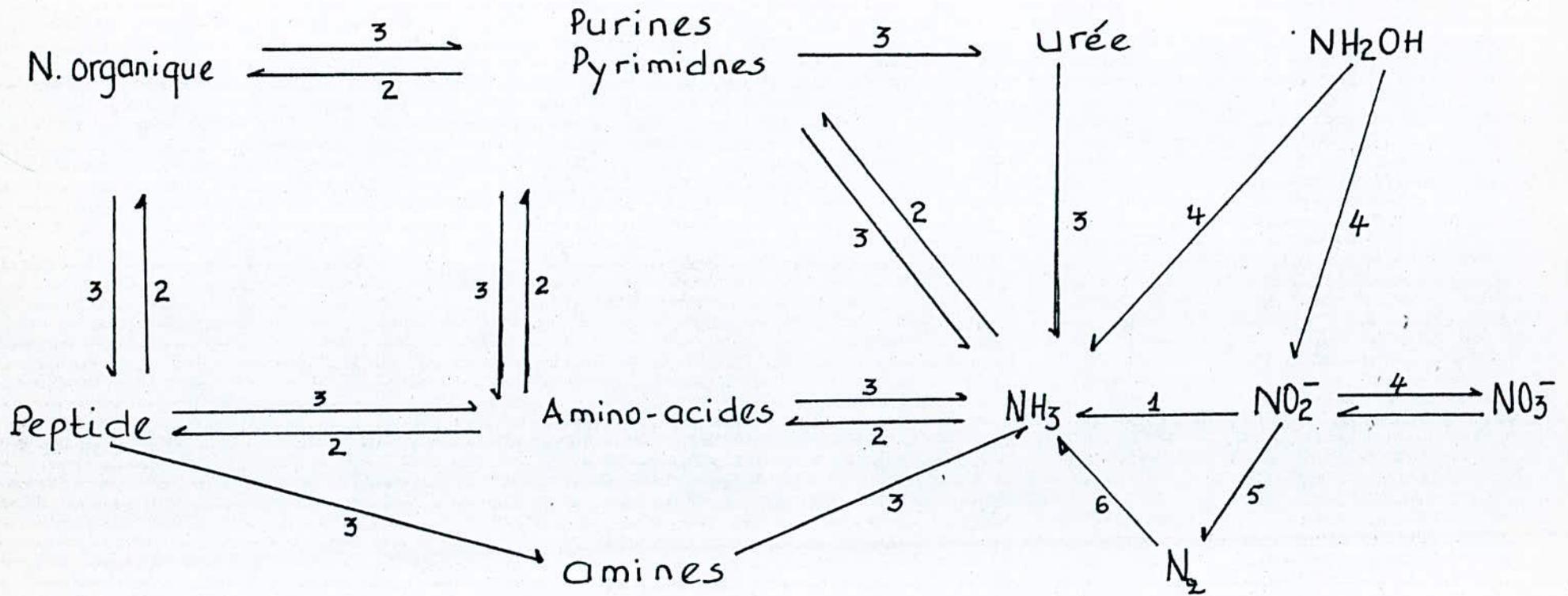
Les transformations biologiques de l'azote sont représentées par le schéma du cycle de l'azote (14). (voir fig n°2)

Chaque année quelque deux milliers de tonnes de formes d'azote (NH_4^+ , NO_3^- ...), pénètrent dans le sous sol et se dirigent vers les nappes phréatiques. Nous buvons chaque jour 50 mg de nitrates qui ne sont pas directement toxique pour l'homme.

Tout le problème vient du fait que nous n'en consommons pas uniquement dans l'eau de boisson et que dans notre organisme les nitrates se transforment en nitrites qui à haute dose, provoquent des empoisonnements du sang.

.../...

Fig n°2
Cycle de l'azote (14)



- 1: Assimilation NO₃⁻
- 2: Assimilation NH₃
- 3: Ammonification

- 4: Nitrification
- 5: Dénitrification
- 6: Fixation de l'azote

Certaines études ont suggéré que les nitrites réagissent ensuite dans notre organisme pour former des composés cancérogènes les nitrosamines.

Les principaux accusés : L'industrie (NH₃, acide nitrique), l'agriculture (engrais) activité humaine (l'urine).

La pollution azotée présente donc un danger réel. Le traitement et l'épuration des eaux à l'aide de techniques biologiques ou physico-chimiques se révèlent indispensables.

1 Techniques physico-chimiques :

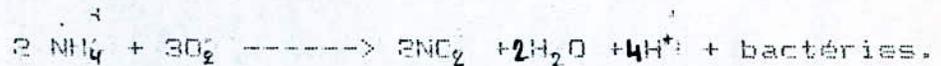
Élimination de l'ammoniaque par stripping - élimination de l'azote par échange d'ions - chloration. Cette technique entraîne des difficultés d'adaptation et d'exploitation et des coûts qui favorisent pour l'instant la voie biologique, nitrification dénitrification (6) (14).

.../...

2 Techniques biologiques :

a- Nitrification : Consiste en l'oxydation de l'ammoniac en nitrite par les bactéries nitrosomonas et en l'oxydation des nitrites en nitrates par les bactéries nitrobacter (11).

1- Nitritation :



2- Nitratation :



Les bactéries nitrifiantes sont des autotrophes et utilisent le CO_2 et HCO_3^- comme source de carbone. Ces microorganismes peuvent survivre à des périodes d'anaérobiose ne dépassant pas quatre heures.

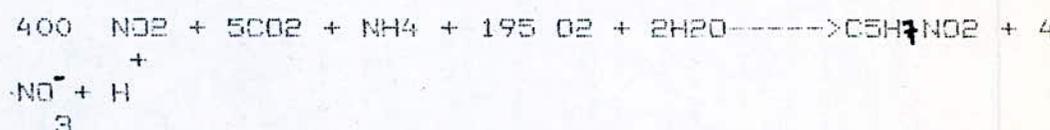
La synthèse des bactéries nitrifiantes s'écrit :

.../...

- Nitrosomonas :



- Nitrobacter :



3- Facteurs influençant la nitrification :

= Influence du pH :

La meilleure valeur serait entre 7,8 et 8,9 (5).

- Influence de la température :

La température optimale serait entre 25 et 35°C (11).

- Influence de l'oxygène dissous :

Il apparait que la vitesse de nitrification est plus importante lorsque la concentration en oxygène dissous est élevée.

.../...

Charge massique d'environ 0,2 kg DBO/kg MES.J > aucune nitrification
>
Concentration en O₂ inférieure à 0,2 p.p.m > n'est observée.

Une nitrification totale est observée pour 0,5 ppm (5).

- Influence de la charge massique :

L'élimination de l'ammoniac est presque complète jusqu'à
des charges de 0,3 kg DBO / kg MES.j.

L'augmentation de la charge massique cause des
déficiences en oxygène et affecte la nitrification.
Pour qu'il y ait une bonne nitrification, il est
nécessaire d'établir un équilibre entre les hétérotrophes
et les autotrophes (5).

- Influence de l'âge des boues :

Une bonne nitrification est obtenue pour un âge de boue
supérieur à quatre jours.

.../...

- Influence de la concentration en $N.NH_3$ à l'entrée.

Une forte concentration en azote ammoniacal peut gêner le processus de nitrification c'est à dire les nitrobacter sont inhibés, on obtient des quantités $N.NO_2^-$ supérieures à celle de $N.NO_3^-$.

Le processus d'inhibition est réversible c'est à dire que les fortes concentrations de $N.NO_2^-$ et $N.NO_3^-$ formées deviennent à leur tour inhibitrices des nitrosomonas.

Pour achever la nitrification, il importe donc de lever l'inhibition apportée par les nitrites et nitrates, en réalisant une dénitrification (5).

b- Dénitrification :

C'est un processus biologique anaérobie, peut être mise en oeuvre par interruption ^{séquentielle d'aération} Peut être hétérotrophe ou/et autotrophe (6) - (15).

- Dénitrification hétérotrophique :

La dénitrification au sens large est la transformation des nitrates en composés où l'azote à un nombre d'oxydation plus faible. Les nitrates sont réduits principalement en N_2 et en plus faible proportion en N_2O (15).

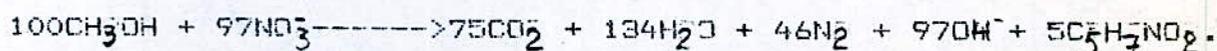
La dénitrification hétérotrophique nécessite une source de carbone organique, ou une substance organique exempte d'azote comme le glucose, méthanol, l'acide acétique, l'éthanol ... (15).

Les réactions fondamentales de la dénitrification en présence de méthanol sont : (7)

a- Besoins énergétiques :

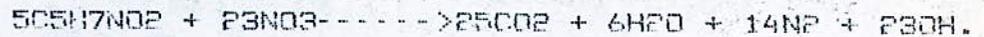


b- Synthèse cellulaire :



.../...

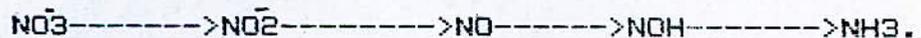
c- Réspiration endogène :



- Il existe deux types de réduction du nitrate chez les bactéries.

1- Réduction assimilative (15) :

Le nitrate est utilisé pour la biosynthèse des protéines et des autres constituants cellulaires azotés. Le nitrate se réduit en ammoniac. Cette assimilation existe chez les végétaux supérieurs, algues, champignons et chez divers bactéries (azotobacter, chroococum, venelandu, strobacter ...).



2- Réduction dissimilatrice :



(bactéries responsables : pseudomonas, alcaligenes)
(15).

- Influence de la concentration en oxygène dissous :

La présence d'oxygène :

- Empêche la formation des systèmes enzymatiques responsables des réactions.
- Réprime leur synthèse.
- Inhibe complètement leur fonctionnement s'ils sont déjà présents dans la cellule.

On peut donner une dénitrification à condition que la concentration en oxygène soit inférieure à 6 mg/l, elle peut aller jusqu'à 9,5 mg/l (15).

- Influence du pH :

L'optimum existe entre 7 et 8,5.

- Influence de la température :

La dénitrification peut s'effectuer à partir de 5°C jusqu'à 65 à 75°C et cesse à 85°C (bactéries résistantes à 75°C genre bacillus) (15).

.../...

Inhibition de la dénitrification (15).

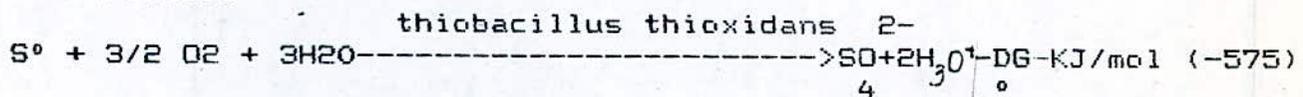
Les éléments qui inhibent la dénitrification : les agents chélatants (cyanures, les dithiols et les chlorates)-composés organiques (hydroxylamine, l'acide pyrunique)...

Dénitrification autotrophe

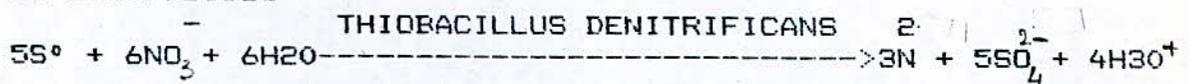
L'emploi du soufre permet d'envisager la dénitrification autotrophe. Les bactéries qui utilisent le soufre: *Beggiata alba* oxydent en aérobiose les sulfure. *Thiobacillus* oxydent en aérobiose ou anaérobiose (15)

En voici des exemples:

En aérobiose



En anaérobiose



IV- DISPOSITIFS ET PROCEDURE EXPERIMENTAUX :

1- Matériel et méthodes :

Dans cette partie nous allons présenter les dispositifs expérimentaux et les procédures expérimentales utilisés et une interprétation des résultats obtenus.

1.1- Les réacteurs :

Nous disposons de deux (02) colonnes cylindriques :

Colonne 1, en plexiglas, de 2,7 litres de volume, et la colonne 2, en plexiglas, de 4 litres. Cette dernière avait un filtre genre de tamis dans sa partie inférieure qui lui permettait d'éviter le problème de colmatage.

Les dimensions principales de ces colonnes sont indiquées au tableau 2.

* COLONNES *	* HAUTEUR (MM) *	* DIAMETRE (mm) *
* COLONNE 1 *	* 1000 *	* 450 *
* COLONNE 2 *	* 1150 *	* 520 *

Tableau n°2 - Dimensions des colonnes utilisées.

Dispositif expérimental

C2.

A : Air

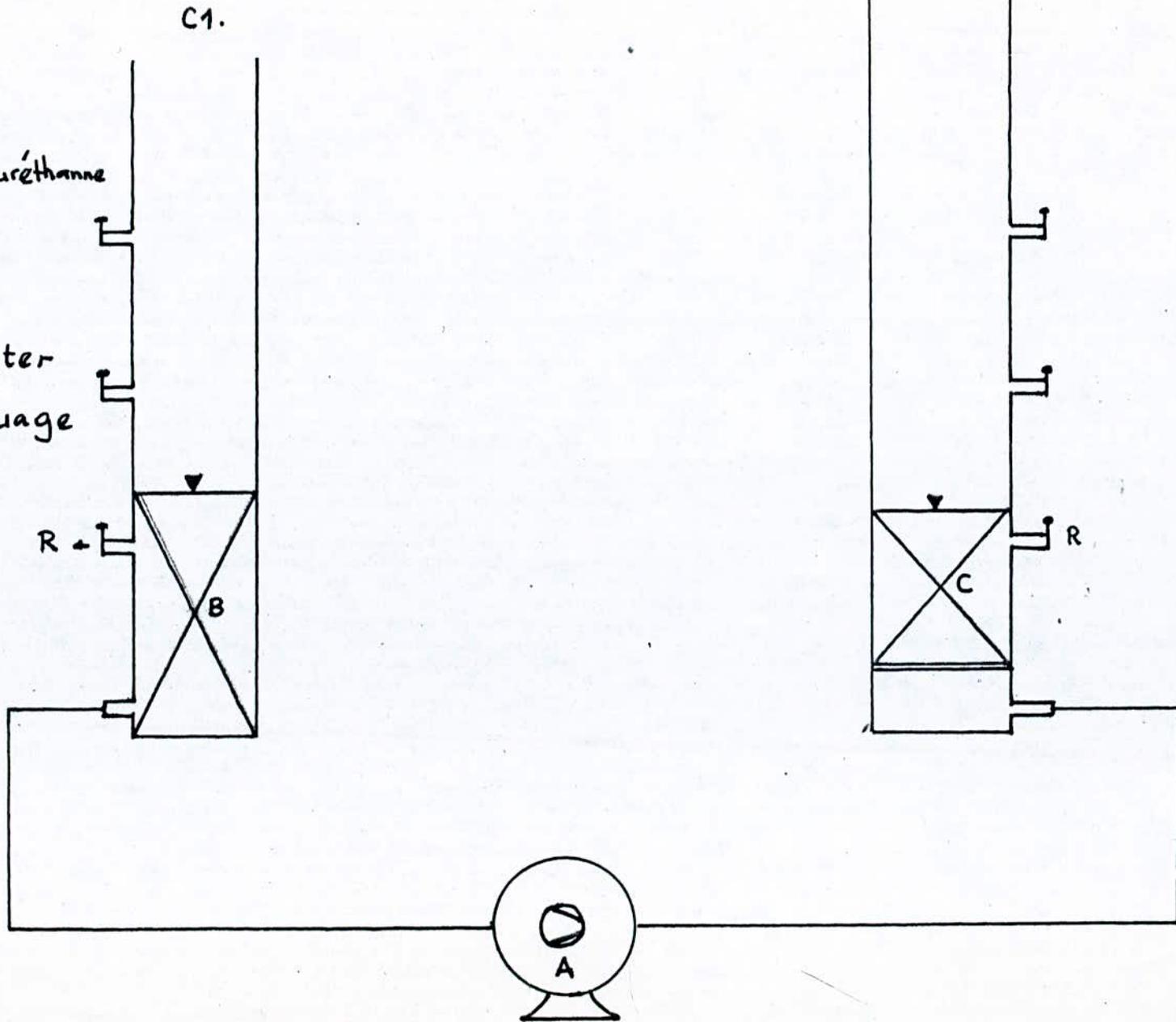
B : Garnissage Polyuréthane

C1: Colonne 1

C2: Colonne 2

C : Garnissage polyester

R : Robinet de piquage



L'insufflation de l'air dans les deux colonnes se fait par la partie inférieure à l'aide d'un compresseur à débit variable.

Nous alimentons nos colonnes avec le milieu synthétique tous les soirs avec un volume constant.

1.2- Phmètre :

On utilise le phmètre à électrode, pour effectuer les lectures on procède à son étalonnage avec une solution tampon de PH connu.

Cet appareil nous permet de suivre les variations du pH, dues à l'activité métabolique des microorganismes... .

1.3- Le photomètre :

Lorsqu'un faisceau lumineux de longueur d'onde donnée traverse une solution colorée, une fraction de la lumière incidente est absorbée en fonction de la concentration du composé coloré.

.../...

Ce dispositif est basé sur le principe de la loi de BEER LAMBERT.

1.4- Matériaux supports :

Nous avons utilisé deux types de garnissage :

Le polyuréthane et le polyester comme support de fixation des bactéries et le siège de réactions biologiques.

Le choix d'un garnissage destiné à devenir le siège de réactions biologiques doit être guidé par plusieurs objectifs, dont principalement :

- la fixation et la croissance optimales des bactéries en qualité et en quantité;
- l'abondance des transferts de matières entre les différentes phases en présence. Compte-tenu de ces impératifs, un garnissage doit posséder les propriétés suivantes :

- 1- Etat de surface essentiellement granuleux permettant un meilleur accrochage des biomasses.

.../...

2- Il doit permettre ensuite l'adsorption, donc la rétention, de tout ou partie des substances polluantes à dégrader.

3- Le garnissage doit avoir une surface spécifique, la plus grande possible.

Plus la surface du film biologique retenu sera élevée et plus la capacité du traitement sera intéressante.

4- Enfin, le garnissage doit présenter une bonne résistance mécanique.

1.5- Description du garnissage utilisé :

a- Polyuréthane :

C'est une matière plastique employée dans l'industrie de peintures et des vernis.

Il est utilisé dans le traitement des hydrocarbures et des huiles, sa forme est cylindrique et représente un garnissage désordonné : 5 - 8 mm de longueur 2 - 3 mm de diamètre.

.../...

b- Polyester :

C'est un garnissage poreux donnant ainsi une grande surface spécifique et permettant aux microorganismes de bien s'adapter à ce milieu. Il présente une forme d'un parallélépipède de dimensions : 25 x 25 x 10 mm.

P- Méthodologie :

2.1- Milieu synthétique :

Le milieu de croissance retenu est un milieu classiquement utilisé pour la culture des microorganismes nitrifiants, dont la composition est la suivante :

- $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$: sulfate diammonium 120 mg/l.

- $\text{KH}_2 \text{PO}_4$: Dihydrogénophosphate de potassium 25 mg/l.

- $\text{K}_2 \text{HPO}_4$: hydrogène phosphate de potassium 125 mg/l.

- CaCl_2 : Chlorure de calcium 7,5 mg/l.

.../...

- Ca O : l'oxyde de calcium 1,45 mg/l.
- Mg SO4 : Sulfate de magnésium 100 mg/l.

2.2- Déroulement de l'expérience :

Le dispositif étant en marche, on met dans chacune des deux colonnes 500 ml du milieu synthétique, après 24 heures on fait des prélèvements d'échantillons pour le dosage et le calcul de TAC, ainsi l'expérience est répétée tous les jours.

3- Résultats d'essai et interprétation :

Les premiers jours, les deux colonnes ont été alimentées par une eau usée issue du décanteur primaire de la station d'épuration de Koléa, sa composition est la suivante :

- D C O 120 mg/l.
- pH 7,3
- Matières flottantes 10 mg/l.
- Oxygène dissous 2,6 mg/l.

.../...

Au cours de l'essai, les analyses effectuées portent sur
TAC, pH, N-NO₂*, N-NO₃, N-NH₄, DCO. Elles sont réalisées
suivant les normes AFNOR.

Vu l'indisponibilité des produits chimiques nous n'avons
pu suivre l'évolution de la DCO, et l'oxygène dissous.

Les résultats de nos essais sont regroupés dans le
tableau 3 et 4.

Les résultats obtenus lors de notre étude nous ont
conduit à donner seulement une interprétation
quantitative, de ce fait, nous ne pouvons donner qu'une
explication globale du phénomène observé dans les deux
colonnes.

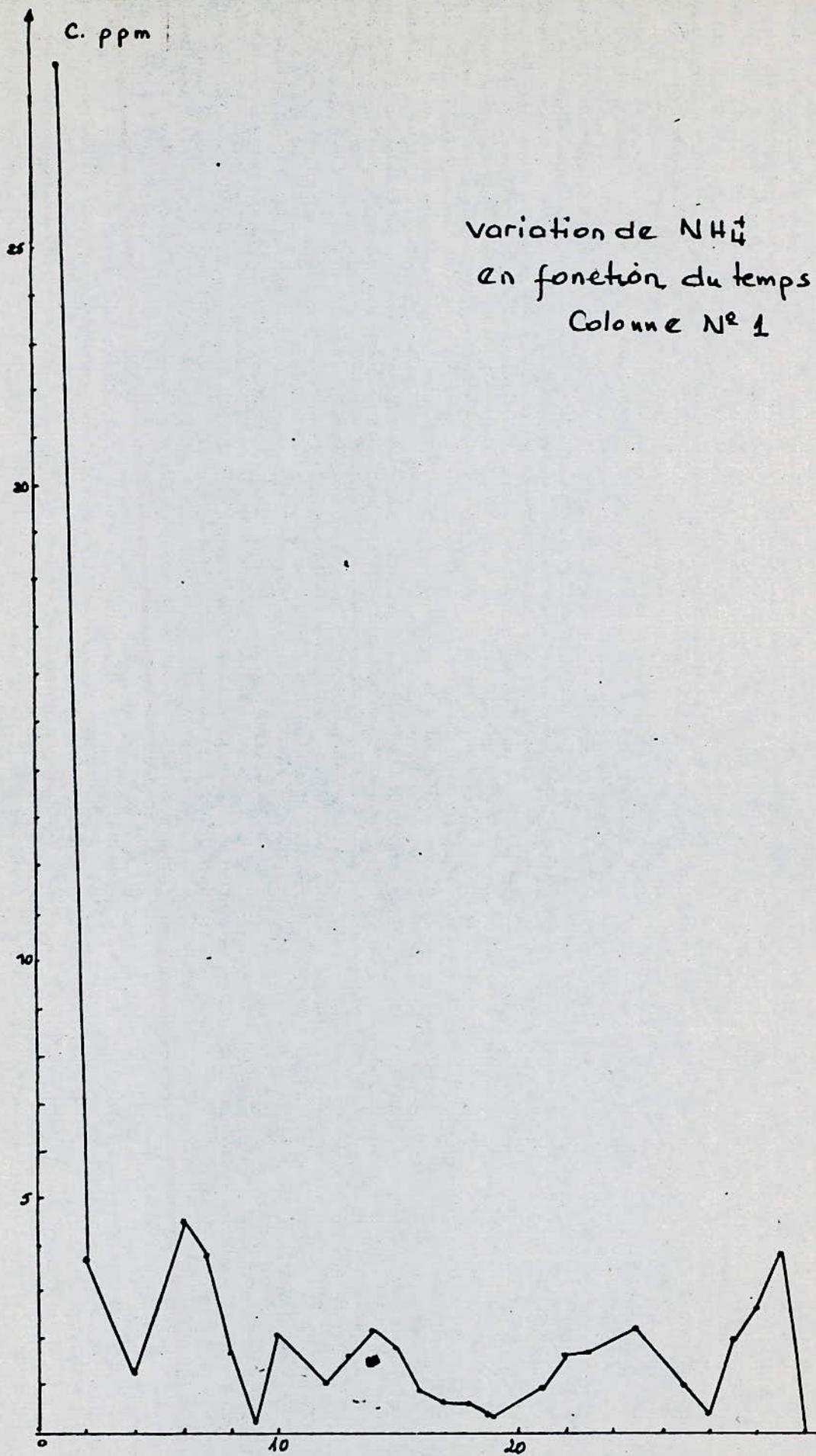
L'étude est divisée en trois (03) parties :

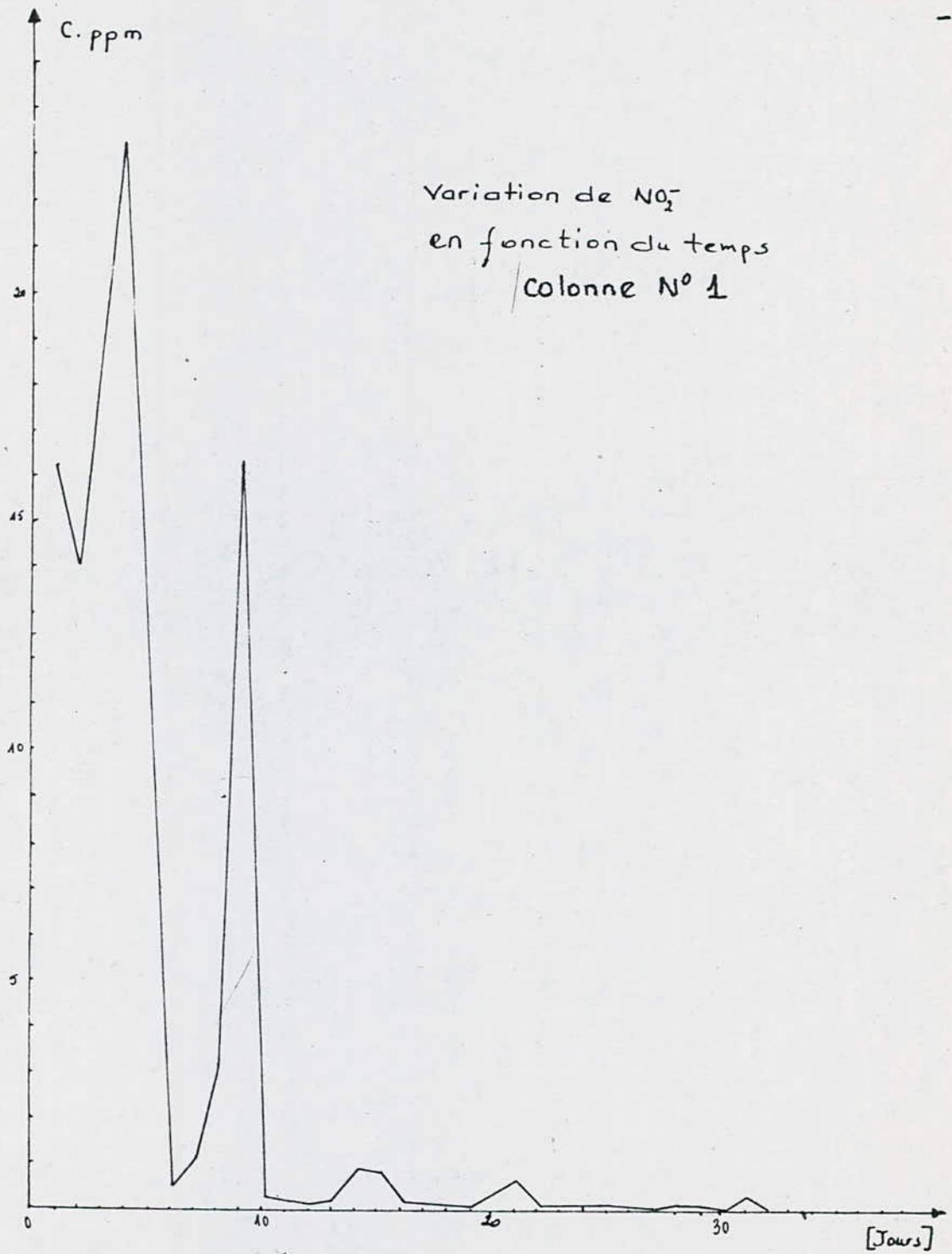
- La première partie essentiellement la plus importante
de notre étude concerne, à observer le phénomène de
nitrification sur une période de 28 jours.

* Le dosage a été effectué selon la méthode sulfopHénique
(SULFOphénique)
(voir annexe)

TABLEAU No 3
COLONNE No 1

DATE	N-MO2 #g/l	N-MO4 #g/l	N-MO3 #g/l	pH	TAC of	OXYGENE #g/l	OBSERVATIONS
25.10.87			-	7,30		2,60	
27.10.87				7,50			
02.11.87	116,20	26,80		6,70			Arret aeration 4 jours
03.11.87	114,10	3,70		6,50			
05.11.87	123,25	1,25		6,30			
07.11.87	10,50	4,50		6,40			
08.11.87	11,65	3,30		6,10			
09.11.87	3,16	1,70		6,00			
10.11.87	16,25	0,19		6,50			
11.11.87	0,24	2,10		6,35			
12.11.87	0,08	11,04		6,40			
14.11.87	0,20	1,64		6,60			
15.11.87	0,90	2,21	0,24	-			
16.11.87	0,56	1,85		6,80	4,00		
17.11.87	10,20	0,94	0,29	6,70	17,20		
18.11.87	0,13	0,65	9,84	7,45	11,00		
19.11.87	10,10	0,60	8,4	7,10	1,40		
20.11.87	0,00	0,35	9,9	6,90	1,00		
22.11.87	10,12	0,99					
23.11.87	10,12	1,65					
24.11.87	10,12	11,70					
25.11.87	-	-	-	-			
26.11.87	10,12	2,25	14,00	-			
28.11.87	10,00	1,00	2,6				
29.11.87	0,14	0,40	0,15				
30.11.87	0,10	2,00	8,00				
01.12.87	0,54	12,65	14,00				IAJOUT DE GLUCOSE 1g/l
02.12.87	0,27	3,35	1,00				IAJOUT DE GLUCOSE 1g/l
03.12.87	0,60	0,25	0,01				IAJOUT DE GLUCOSE ET ARRET AERATION IDEM





C ppm

variation de NO_3^-
en fonction du temps
Colonne N° 1

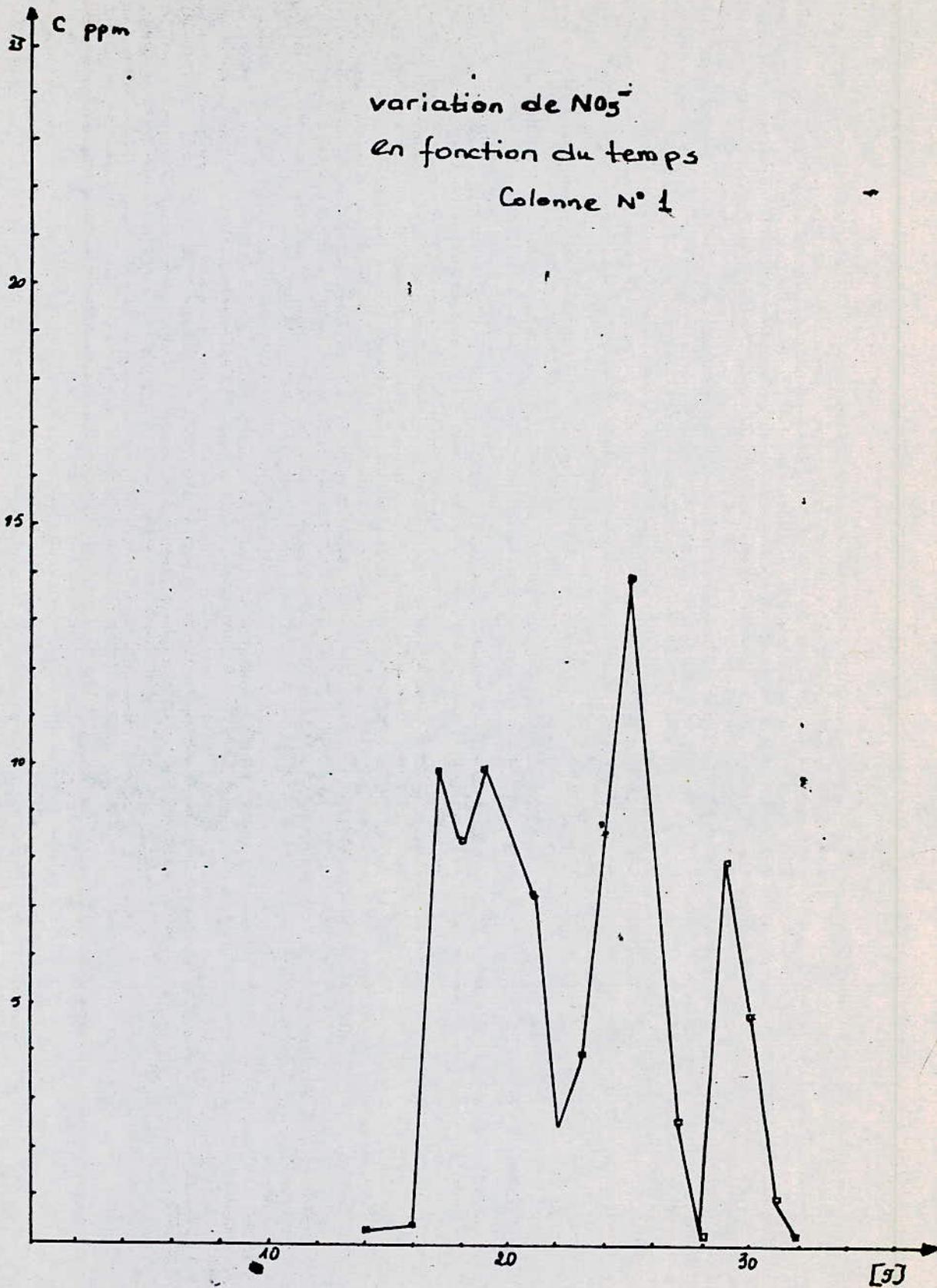
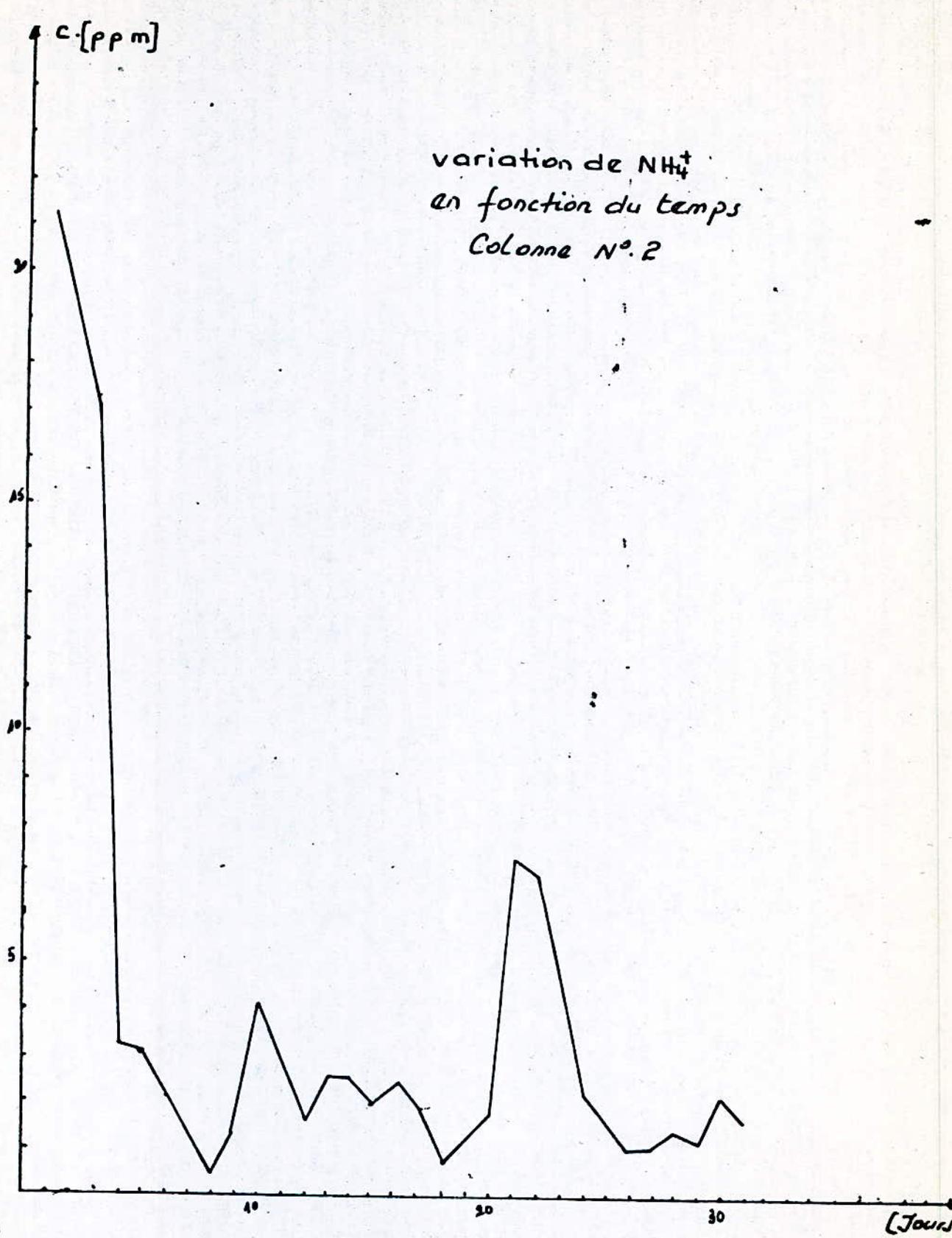
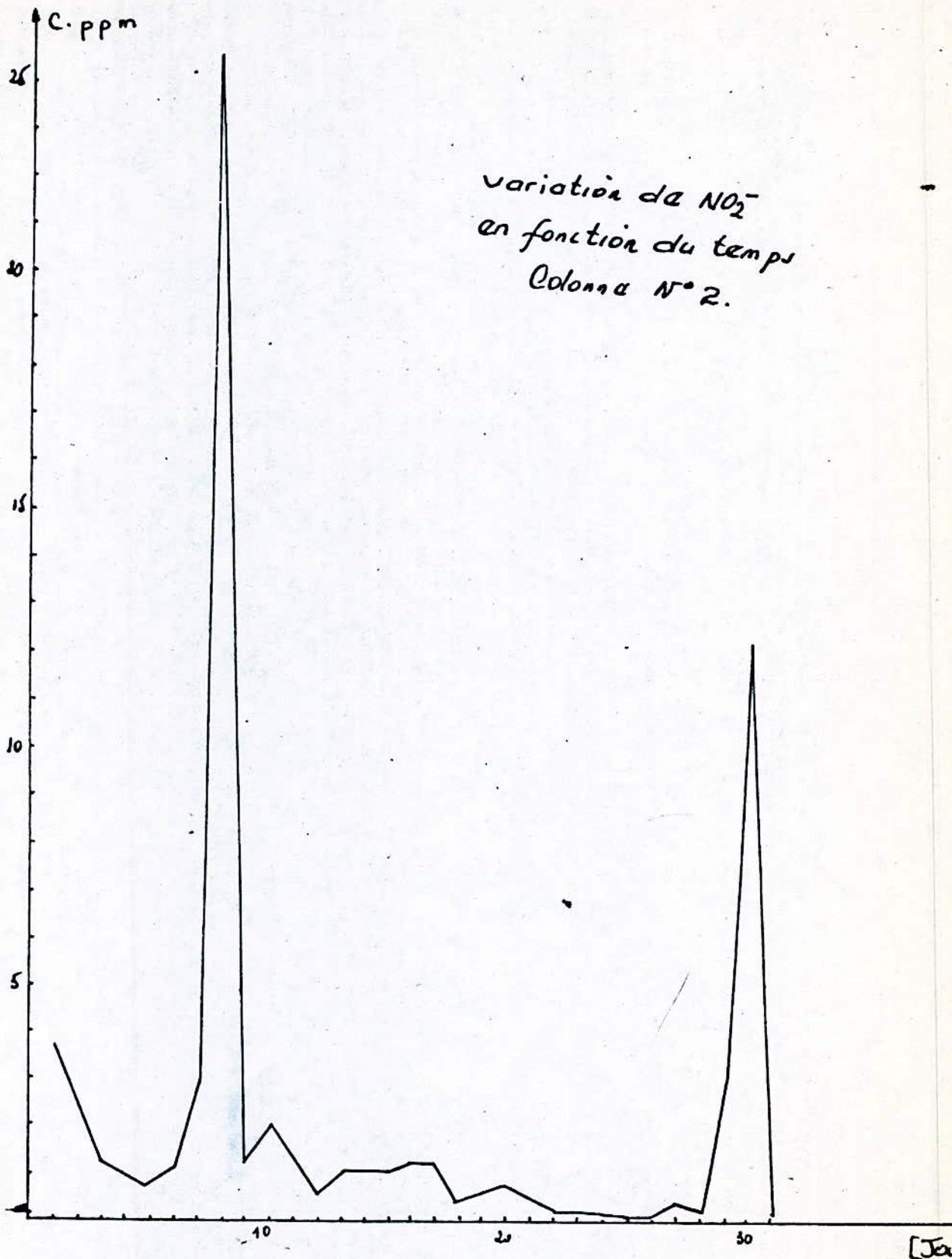
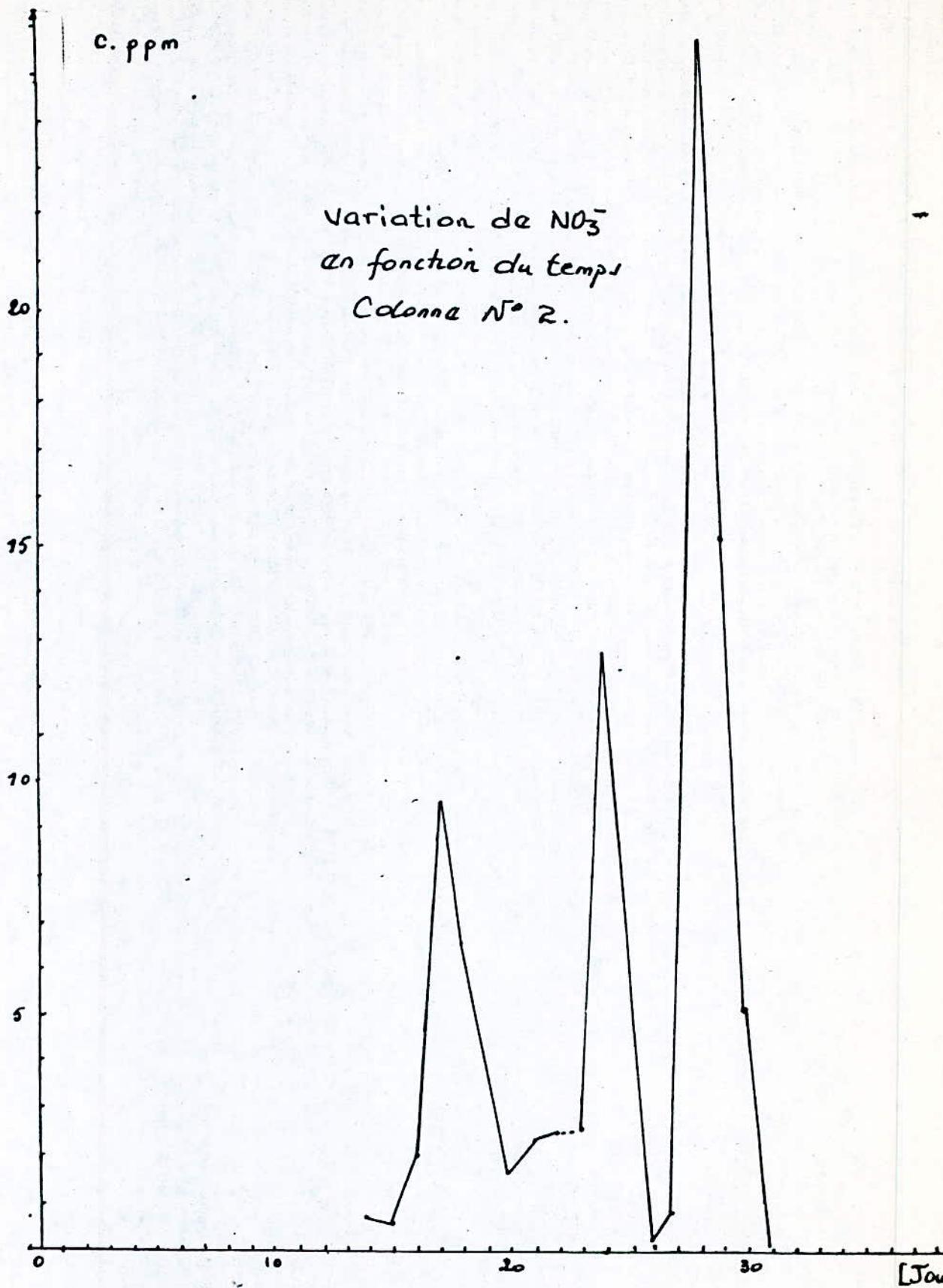


TABLEAU No 4
COLONNE No 2

DATE	N-NH2 mg/l	N-NH4 mg/l	N-NH3 mg/l	pH	TAC of	OXYGENE mg/l	OBSERVATIONS
25.10.87			-	7,30		2,60	
27.10.87			-	8,20			
02.11.87			-				Arret aeration 4 jours
03.11.87	13,75	21,25	-	8,20			
05.11.87	1,33	17,12	-	7,60			
07.11.87	0,75	3,25	-	7,80			
08.11.87	1,64	3,12	-	7,40			
09.11.87	2,88	2,08	-	7,80			
10.11.87	24,50	0,46	-	7,60			
11.11.87	1,26	1,28	-	7,65			
12.11.87	2,04	4,13	-	7,50			
14.11.87	10,52	1,61	-	7,10			
15.11.87	1,60	12,57	-	7,10			
16.11.87	1,65	2,50	0,65	7,30	8,20		
17.11.87	1,06	2,00	0,55	6,80	3,40		
18.11.87	1,26	2,40	2,00	7,90	2,00		
19.11.87	1,32	1,85	9,60	7,20	2,90		
20.11.87	0,40	0,75	6,60	7,40	3,20		
22.11.87	0,73	1,80	1,60				
23.11.87	4,48	7,35	2,30				
24.11.87	0,20	7,00	2,50				
25.11.87	-	-	-	-			
26.11.87	0,27	12,27	12,60	-			
28.11.87	10,08	1,60	0,10				
29.11.87	0,30	1,10	0,75				
30.11.87	0,23	1,40	25,80				IAJOUT DE GLUCOSE 1g/l
01.12.87	2,96	1,25	25,20				IAJOUT DE GLUCOSE 1g/l
02.12.87	12,35	2,25	5,10				IAJOUT DE GLUCOSE ET ARRET AERATION
03.12.87	0,00	1,70	10,00				IDEM







.../...

- Dans la deuxième partie nous nous sommes proposés d'étudier l'influence d'un apport extérieur de matière organique (Glucose) tout en maintenant l'aération.
- La troisième partie: On procède à un arrêt d'aération et on ajoute du glucose à raison de 1 g/l. Cette expérience a duré deux jours.

INTERPRETATION

Du premier au dixième jour :

Dans cet intervalle on voit disparaître l'ammoniac $(N-NH_4^+)$ et apparaître en quantité élevée les nitrites $(N-NO_2^-)$.

Certes l'oxydation de l'ammoniac a eu lieu, cependant il est très difficile d'attribuer cette dernière aux bactéries nitrosomonas à cause de la présence des bactéries accompagnatrices hétérogènes stimulant l'activité nitrifiante (CLARK et SCHMIDT, 1966).

Du onzième au trente deuxième jour :

L'ammoniac continue à disparaître d'une manière non uniforme, tantôt il augmente tantôt il diminue.

.../...

Lenitrite

Dés qu'il se forme, il stimule la nitratisation, ce qui le fait disparaître. Pour cette raison il revêt l'allure d'une courbe en pic, et n'atteint jamais que des concentrations très faibles.

-Les nitrites apparaissent d'une façon fugitive et transitoire.

-L'ajout du glucose n'a pas eu une influence nette sur le déroulement de la nitrification toute fois on remarque une légère augmentation des nitrites.

Les deux derniers jours on a constaté une chute rapide des, $N-NO_2^-$, $N-NH_4^+$ et $N-NO_3^-$.

.../...

Commentaire

Le même phénomène s'est produit dans les deux colonnes, l'inhibition par le glucose n'a pas été nettement observée, par contre l'arrêt de l'aération a engendré une élimination des, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻.

Pour ce cas, il aurait été préférable de réaliser une deuxième aération afin de voir l'influence de cette dernière sur l'activité de la flore nitrifiante.

Pour nous permettre un meilleur approche du phénomène observé nous avons décidé de suivre l'évolution de la teneur de N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ et N-NO₃⁻ en fonction du temps dans les deux colonnes. Les résultats sont regroupés dans le tableau n°5 et 6.

```

*****
* TEMPS DE      *      +      *      -      *      -      *
* REACTIONS     *      N-H4   *      N-NO2   *      NNO5    *
* En HEURES    *      mg / l  *      mg / l  *      mg / l  *
*****
*               *               *               *               *
*      1        *      0,60    *      0,14    *      10,00   *
*               *               *               *               *
*-----*-----*-----*-----*
*               *               *               *               *
*      3        *      1,00    *      0,24    *      8,00     *
*               *               *               *               *
*-----*-----*-----*-----*
*               *               *               *               *
*      5        *      0,60    *      0,20    *      10,00   *
*-----*-----*-----*-----*
*****

```

Tableau n°5 : Evaluation de la teneur de N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻ en fonction du temps de la colonne n°1.

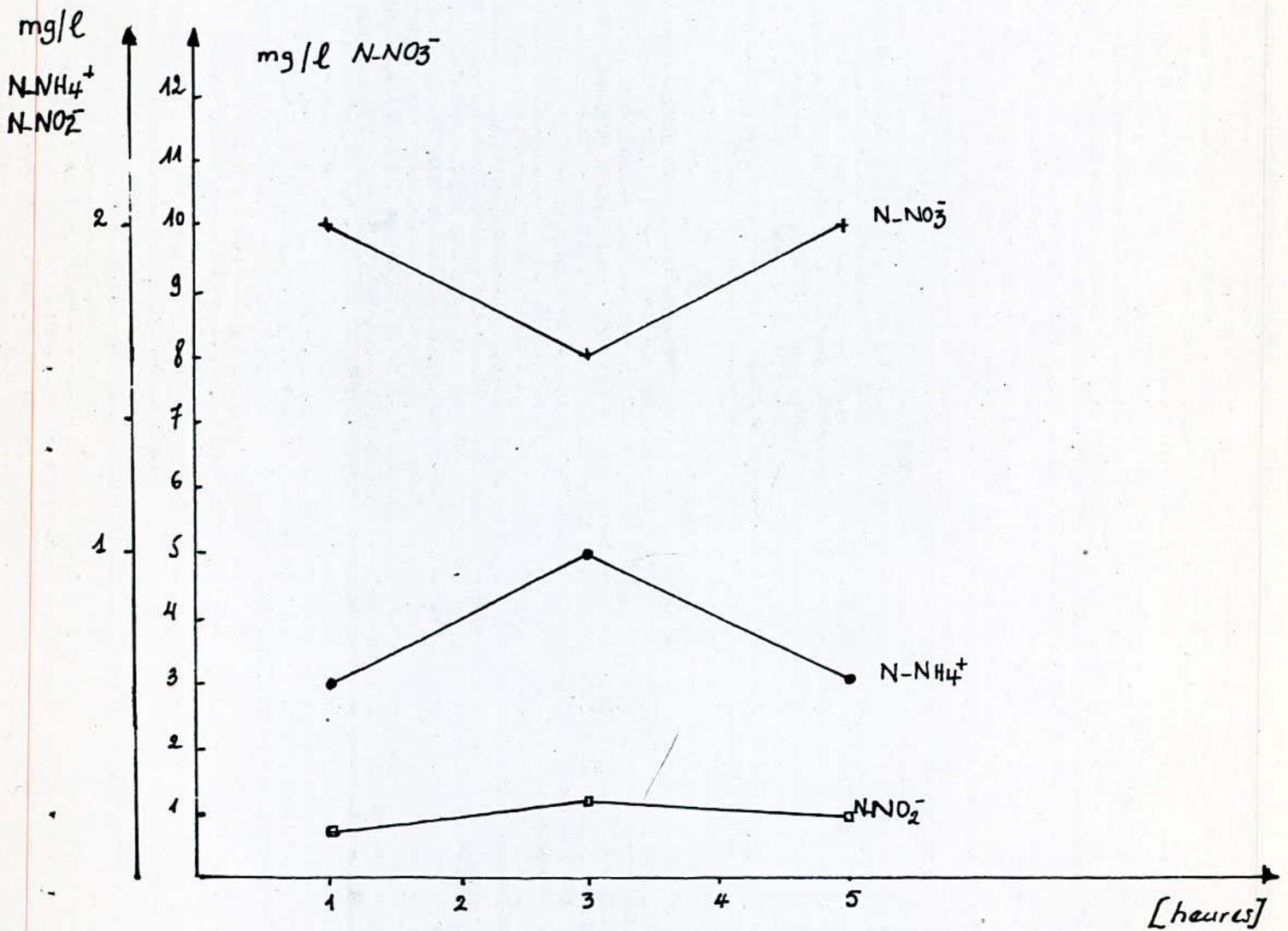
```

*****
* TEMPS/REAC- * N-NH4 * N-NO2 * N-NO3 *
* EN HEURE * mg / l * mg / l * mg / l *
*****
* 1 * 0,65 * 0,24 * 12,00 *
*-----*
* 3 * 0,80 * 0,44 * 9,60 *
*-----*
* 5 * 0,50 * 0,44 * 11,60 *
*-----*
*****

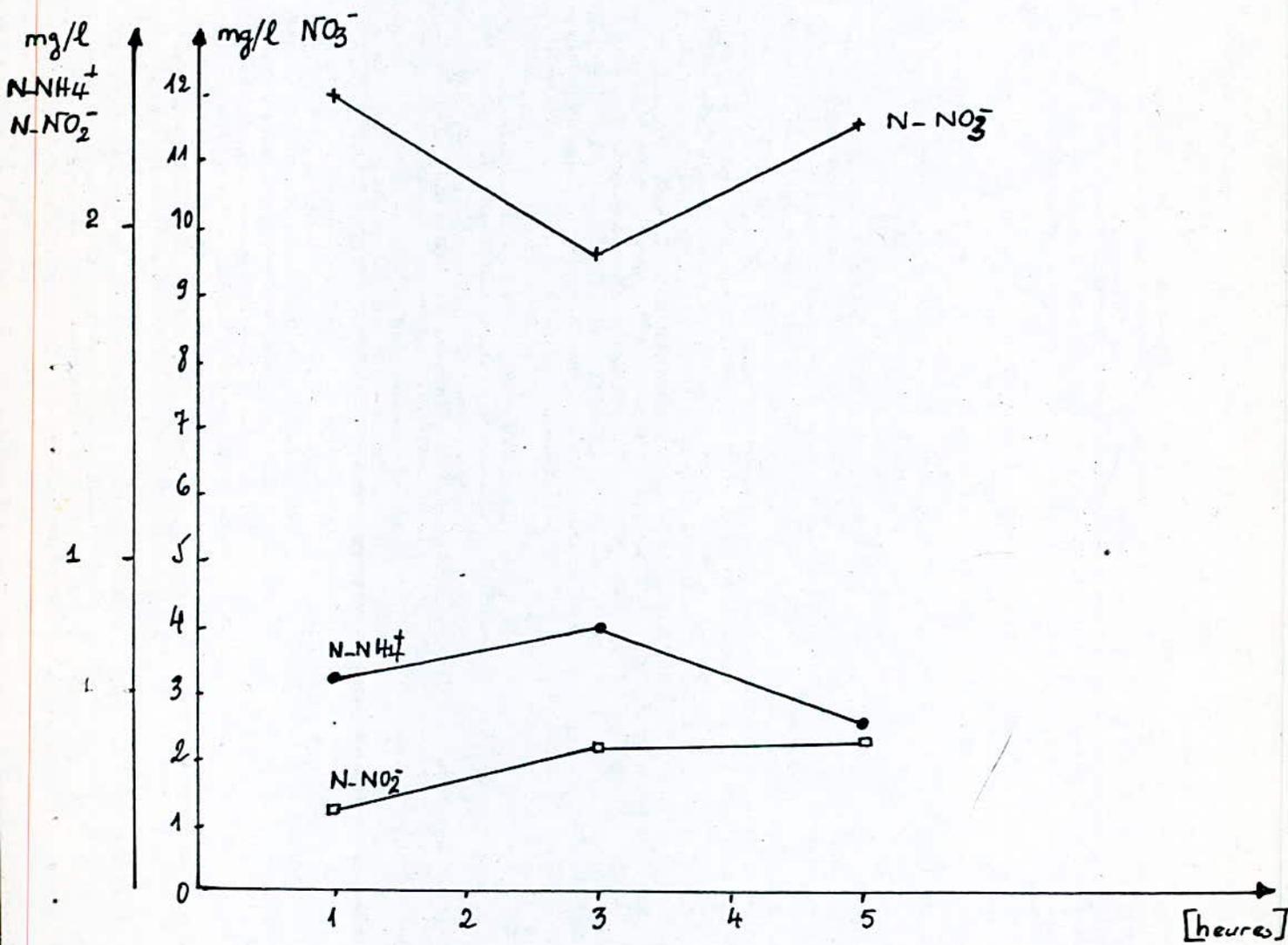
```

Tableau n°6 : Evolution de la teneur de N-NO3, N-NH4 et N-NO2 en fonction du temps de la colonne n°2

Evolution de la teneur de:
 $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, NO_3^- en fonction
du temps Colonne n°1



evolution de la teneur de:
 $N-NH_4^+$, $N-NO_2^-$, $N-NO_3^-$ en fonction
 du temps Colonne N° 2.



En résumé

- L'essai de nitrification sur les garnissages, polyester et le polyuréthane, se résume ainsi:

-NITRIFICATION

La nitrification a été observée dans les deux colonnes de façon identique.

+ -OXYDATION DE NH₄

+
-L'oxydation de NH₄ dans la colonne "une" a commencé avant celle de la colonne "deux".

APPORT MATIÈRE ORGANIQUE (glucose 1g/l)

Aucun effet n'a été constaté pour NH₄⁺NO₃⁻ cependant nous constatons une légère accumulation de NO₂⁻ dans la colonne "deux".

AERATION :

L'interruption d'insufflation d'air pendant deux jours a
conduit à une élimination de NO_2 , NO , NH_3 .

Conclusion générale :

Les conditions de travail présentées durant notre étude pour réaliser une nitrification étaient insuffisantes, par le manque de matériel qui nous a conduit à négliger certains facteurs tels que le pH et la température, qui jouent un grand rôle dans le métabolisme provoqué par les micro-organismes.

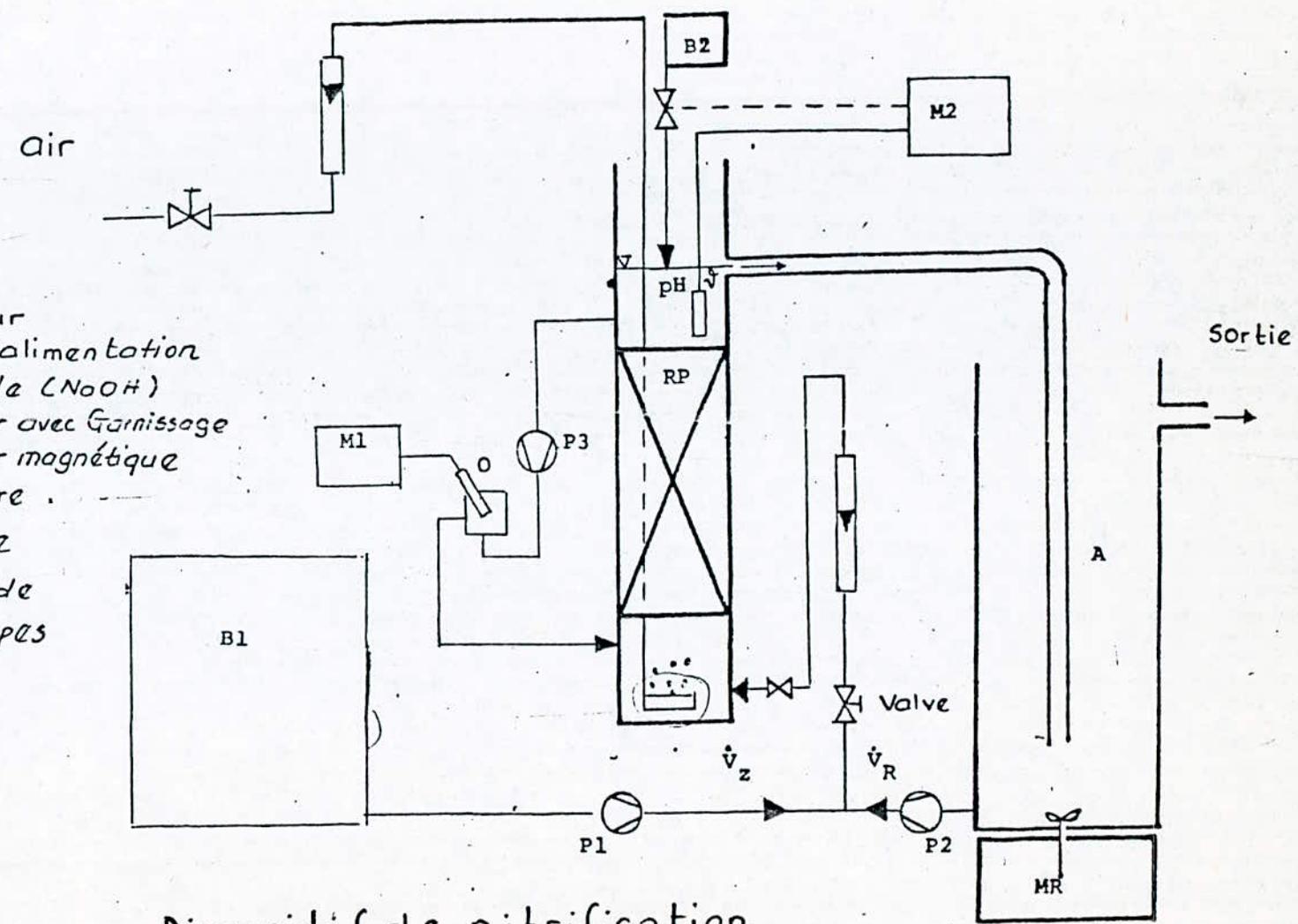
Mais les résultats obtenus peuvent être jugés optimums par le fait qu'on a observé l'oxydation de l'ammonium en nitrites et les nitrites en nitrates.

La nitrification en régime discontinu n'est qu'un essai d'un nouveau processus Biologiques dont nous souhaiterons son étude pour les projets futurs, avec bien sûr les conditions acceptables (pH, T°, âge des boues ...) qui permettent peut-être la diminution de la pollution par l'azote qui constitue actuellement un des éléments les plus préoccupants de la pollution résiduelle.

Le polyuréthane et l'éponge, utilisés pour la première fois dans notre département, seront peut-être demain des solutions valables pour résoudre le problème de pollution. Ils n'en sont, pour le moment qu'au stade de prototype. Pour cela nous recommandons d'envisager une étude sur la nitrification en régime continu, tout en utilisant le dispositif proposé par notre promoteur et comme garnissages ceux de notre projet afin de définir les caractéristique aux quelles ils doivent répondre et les classer peut-être à l'avenir dans la hierarchie de la technologie biologique.

65

- A : Décan teur
- B1 : Bassin d'alimentation
- B2 : Bassin de (NaOH)
- RP : Rdacteur avec Garnissage
- MR : agitateur magnétique
- M1 : oxymètre
- M2 : pHmètre
- O : electrode
- P1, P2, P3 : pompes



Dispositif de nitrification
(Recommandé).

ANNEXE

I- DOSAGES DES NITRITES :

1 Principe :

Diazotation de la sulfanilamide par les nitrites en présence de dichlorure de N (1-naphtyle) éthylène diamine mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde de 537 nm de la coloration du complexe rose formé.

2- Réactif de diazotation :

A 800 ml d'eau distillée, ajouter 100 ml d'acide orthophorique concentré, puis 40 g de sulfanilamide ($C_6H_8O_2N_2S$). Laisser dissoudre, puis ajouter 2g de dichlorure de N(1-naphtyl) éthylène-diamine ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2_2HCl$).

Agiter jusqu'à dissolution complète et ajuster à 1000 ml.

3- Solution étalon du nitrite à 1mg/l :

Peser à 0,1 mg près, 150 mg de nitrite de sodium, les dissoudre dans de l'eau et ajuster à 1000 ml. La solution mère ainsi obtenue est une solution à 100 mg de NO_2 par litre.

Au moment de l'emploi, diluer au centième cette solution mère.

4- Appareillage :

- Matériel courant de laboratoire.
- Spectrophotomètre $\lambda = 537$ nm.

5- Echantillon :

Les échantillons doivent être refroidis à une température voisine de 5°C. L'analyse doit être effectuée aussitôt que possible après prélèvement.

6- Mode opératoire :

6.1- Prise d'essai :

Si l'échantillon contient moins de 1 mg de No_2 par litre introduire 50 ml de l'échantillon.

Si l'échantillon contient plus de 1 mg No_2 par litre diminuer la prise d'essai et compléter à 50 ml avec de l'eau distillée.

6.2- Courbe d'étalonnage :

Introduire dans des fiches jaugées de 50 ml respectivement 0 - 2 - 5 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 ml de solution (3) .

correspondant à : 0 - 2 - 5 - 10 - 20 - 30 - 40 - 50 mg de No₂.

Dans chaque fiole ajouter 1,0 ml de réactif de diazotation (2) et homogénéiser, attendre 10 mn environ et effectuer les mesures au spectrophotomètre.

6.3- Dosage :

Ajouter à la prise d'essai (6.1) 1,0 ml de réactif (2) homogénéiser et attendre 10 mn environ puis effectuer la lecture au spectrophotomètre après avoir régler le zéro.

7- Expression des résultats :

Déduire de la courbe d'étalonnage la teneur en nitrite de l'échantillon et l'exprimer en mg de No₂ par litre.

II - DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL :

1- Principe :

Réaction en présence d'hydroxyde de potassium ou de sodium entre le réactif de Nessler et les ions NH_4 avec formation d'un composé de coloration variant du rouge orange au brun.

Mesure spectrophotométrique à une longueur d'onde voisine de 420 nm de la coloration obtenue.

2- Réactif de NESSLER :

Traiter une solution de 50 g de KI dans 35 ml d'eau par une solution saturée de chlorure de mercure II, jusqu'à ce qu'un léger précipité subsiste. Ajouter ensuite 400 ml de solution de NaOH 9N. Diluer la solution à 1000 ml, laisser reposer et décantier.

3- Tartrate double de potassium et de sodium :

Dissoudre 1000 ml de tartrate double de potassium et de sodium dans 1000 ml d'eau chaude.

Après refroidissement ajouter 50 ml de réactif de Nessler (2) laisser reposer deux et filtrer.

4- Azote ammoniacal, solution étalon à 10 mg de NH_4^+ au litre:

Dissoudre 297 mg de chlorure d'ammonium dans de l'eau distillée et amener à 1000 ml en fiole jaugée diluer au dixième la solution obtenue.

5- Appareillage :

- Matériel courant de laboratoire.
- Spectrophotomètre $\lambda = 420 \text{ nm}$.

6- Echantillon :

L'échantillon doit être refroidi à une température de 5°C.

7- Prise d'essai :

Prélever 50 ml de l'échantillon si sa teneur en NH_4 est inférieure à 5 mg/l. Si ce n'est pas le cas, prélever un volume plus petit et ajuster à 50 ml avec de l'eau distillée.

8- Courbe d'échantillonnage :

Dans une série de fioles jaugées de 50 ml, introduire :
0 - 5 - 10 - 15 - 20 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 ml de
solution (3).

Correspondant à : 0 _ 1 _ 2 _ 3 _ 4 _ 5 _ 6 _ 7 _ 8 _ 9
mg NH_4 /l.

Compléter avec de l'eau distillée et ajouter 2,0 ml de
tartrate (3).

Mélanger, ajouter 2,0 ml de réactif de nessler (2) et
mélanger à nouveau. Attendre 10 mn et effectuer les
mesures au spectrophotomètre.

9- Dosage :

Traiter la prise d'essai de la même façon que pour
l'établissement de la courbe d'étalonnage, veillez à
respecter le même temps d'attente entre l'addition du
réactif de nessler et la mesure spectrophotométrique,
veillez à opérer à la même température.

III- DOSAGE DE NITRATES :

1- Préparation du réactif sulfophénique :

A 79 ml de H₂SO₄ ajouter 12 g de phénol, laisser dissoudre dans le bain marie pendant deux heures.

Courbe d'étalonnage :

Procéder de la même façon avec des concentrations de 10-100 mg/l de NO₃ avec une solution mère.

3

Prise d'essai :

Prendre 5 ml d'échantillon, faire évaporer à sec puis ajouter 1 ml du réactif sulfonilique attendre environ 10 mn. ajoute 5 à 10 ml de NH₄OH puis compléter à 50 ml avec de l'eau distillée et procéder à la lecture ou photomètre.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) H. GUEREE ET C. GOMELLA "les eaux usées dans les agglomérations urbaines et rurales" (EYROLLES) Paris 1983.
- (2) H. ROQUES "Fondements théoriques et traitements biologiques des eaux" TOME I, (TECH. & DOC.) Paris 2ème édition 1980.
- (3) DÉGREMENT "Memento technique de l'eau" (DEGREMENT) Paris 8ème édition 1978.
- (4) MEINCK F "Les eaux résiduaires
H. STOFF industrielles" (MASSON)
H. KOHLSCHUTTER Paris 2ème édition 1977.
- (5) K. GAID. "Épuration biologique des eaux usées urbaines" TOME I & II (OFU) Alger 1984.
- (6) BECHAC J. "Traitement des eaux usées"
BOUTIN P. (EYROLLES)
MERCIER R. Paris 1984.
- (7) ASSAM M. "Essais de traitement biologique
KHAZNADJI M. sur une station d'épuration de laboratoire" P.E.F ENP ALGER juin 1987
- (8) SCIENCE & VIE "Cours d'eau et rivages: les noms des pollueurs" Aout 1977 No 779 P 36.
- (9) EDELINE "L'épuration biologique des eaux résiduaires" (Tech. & Doc.) Paris 1980.

- (10) DOWRIALO A. "Cours de traitement des eaux"
E.N.P Alger ,1987.
- (11) W.W.ECKENFELDER "Gestion des eaux usées
urbaines et industrielles"
(Tech.& Doc) LAVOISIER Paris 1982.
- (12) SAID MAHIGUT "Utilisation des bioreacteurs
pour le traitement des eaux"
conférence donnée au département
de génie de l'environnement FNP. 1987.
- (13) P. BROUZES "Précis d'épuration biologique
par boues activées" (Tec et Doc), Paris 1980.
- (14) H. MOREUD "L'élimination de l'azote dans
les eaux usées"
P. GILLS (T.S.M.) Avril 1979
- (15) G. MARTIN "Le problème de l'azote dans
les eaux".
(Tec. et Doc) Paris 1979.

