

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

26

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'INHIBITION DU TRAITEMENT
BIOLOGIQUE PAR LES SULFURES
ET PAR LES REJETS
INDUSTRIELS DE LA TANNERIE

Proposé par :
Dr R. KERBACHI
S. SEMSARI

Etudié par :
B. OULD-LARBI
H. HADJ-AISSA

Dirigé par :
Dr R. KERBACHI
S. SEMSARI

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

CONTRIBUTION A L'ETUDE
DE L'INHIBITION DU TRAITEMENT
BIOLOGIQUE PAR LES SULFURES
ET PAR LES REJETS
INDUSTRIELS DE LA TANNERIE

Proposé par :
Dr R. KERBACHI
S. SEMSARI

Etudié par :
B. OULD-LARBI
H. HADJ-AISSA

Dirigé par :
Dr R. KERBACHI
S. SEMSARI

PROMOTION : JUIN 1990

ط هداية .

المدونة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

إلى التي حملتني وأرضعتني

إلى التي أوتيتني عند حزني والامني

إلى التي أرجو لها الشفاء

والتي أسأل الله لها الهداء

إلى أمي الحبيبة

بلفاسم

إلى كل مسلم يتطلع إلى تحقيق الرفاهة

إلى أمي

إلى أبي

وإلى أختي

حكيم

تُسر المياه القدرة لوحدة معالجة الملوثات عامل تلوث
مهم للوسط المتدفق فيه عندما تلقا بدون معالجة مسبقة
هذا المشروع يهدف دراسة مدى تأثير عمل الجراثيم
المهينة للمياه من طرف شوارد البيريت التي تمثل واحدا
الملوثات الأساسية المعنوية في مياه الصرف لوحدة
الملوثات من طرف عينة من مياه الصرف لوحدة
و التي تتدفق في بحيرة رعناية .

Les eaux residuaires de tannerie constituent un facteur de pollution important pour le milieu recepteur lorsqu'elles sont rejetees sans traitement prealable .

Ce projet a pour objet l'etude de l'inhibition des micro-organismes purateurs d'eau par les sulfures qui representent un des polluants essentiels contenus dans les eaux de tanneries, puis par un echantillon type de l'eau residuaire de la tannerie de Rouiba qui se deverse dans le lac de Reghaia .

The waste water of tannery is one of the most pollution factors for medium-receiver when it's heaving without treatments .

This work has for object the design of the inhibition of water's purator micro-organisms by sulfides which represente one of the most important pollutant in tannery's waste water, and by sample of Rouiba's waster tannery which is largued in Reghaia's lake .

R E M E R C I E M E N T S

Nous tenons a remercier particulierement :

- Le Dr. R. Kerbachi, enseignant au genie de l'environnement, et Mlle S. Semsari, enseignante a l'universite de Blida pour nous avoir dirige, aide et soutenu tout le long de notre travail et nous ont ainsi permet de finir notre projet,
- Les responsables du service de vente de l'ORLAC de Boudouaou, du service de production de l'ENIPEC de Rouiba ainsi que l'ingenieur de la station d'epuration de Baraki pour leur aide bien precieuse,
- Mrs. Kecili, Mahfoud, Bachir Houari et le responsable du parc de l'ENP
- Mr. Bellaloui Mourad, ainsi que toute personne ayant contribue de pres ou de loin a la realisation de cet ouvrage .

T A B L E D E S M A T I E R E S

PAGE

PARTIE THEORIQUE :

- INTRODUCTION	.....	1
- GENERALITES	.....	2
II-1- Definition	.....	2
II-2- Classification des eaux usees	.....	2
II-2-1- Effluents urbains	.....	2
II-2-2- Effluents industriels	.....	3
II-2-3- Pollution d'origine agricole	.....	4
II-3- Evaluation de la pollution	.....	4
II-3-1- Parametres physiques	.....	5
II-3-1-1- La couleur	.....	5
II-3-1-2- La temperature	.....	5
II-3-2- Parametres physico-chimiques	.....	5
II-3-2-1- La conductivite	.....	5
II-3-2-2- Le pH	.....	5
II-3-2-3- Les matieres en suspension	.....	6
II-3-2-4- Les matieres volatiles en suspension	.....	6
II-3-2-5- Les matieres minerales en suspension	.....	6
II-3-2-6- Les matieres decantables et non decantables	.....	7
II-3-3- Parametres chimiques et biochimiques	.....	7
II-3-3-1- La demande biochimique en oxygene	.....	7
II-3-3-2- La demande chimique en oxygene	.....	9
II-3-3-3- Le carbone organique total	.....	10
II-4- Les nutriments	.....	10
I- LES TANNERIES ET LA POLLUTION DES EAUX	.....	12
III-1- Generalites	.....	12
III-2- Caracteristiques des eaux residuaires de tanneries	.....	15
III-2-1- Les volumes d'eau utilises dans la fabrication	..	15
III-2-2- La pollution des effluents	.....	15
III-2-2-1 La pollution oxydable	.....	15
III-2-2-2 Matieres decantables et matieres en suspension	.....	16
III-2-2-3 La salinite	.....	16
III-2-3- Le caractere toxique des effluents de tannerie	..	17
III-2-3-1- Evaluation de la toxicite	.....	17
III-2-3-2- La toxicite dans les effluents de tannerie	.....	18
a)- Utilisation des sulfures en tanneries	.....	18
b)- Proprietes physico-chimiques des sulfures	.....	19
c)- Effets toxiques des sulfures	.....	19

III-3-	La tannerie-megisserie de Rouiba	20
III-3-1-	Produits chimiques utilisees	20
III-3-2-	Bilan de consommation des eaux de l' unite	23
III-3-2-1-	Alimentation	23
III-3-2-2-	Estimation des volumes d'eau	23
III-3-3-	Reseau d'assainissement	26
- TRAITEMENT BIOLOGIQUE ET INHIBITION		27
IV-1-	Etude theorique des procedes d'epuration des eaux usees.....	27
IV-1-1-	Generalites	27
IV-1-2-	Pretraitements et traitements physico-chimiques.....	27
IV-1-2-1-	Degraillage	27
IV-1-2-2-	Dessablage	28
IV-1-2-3-	Tamissage	28
IV-1-2-4-	Deshuilage-degraissage.....	28
IV-1-2-5-	Decontation	28
IV-1-2-6-	Floculation	29
IV-1-2-7-	Coagulation et precipitation	29
IV-1-2-8-	Filtration	29
IV-1-2-9-	Adsorption sur charbon actif	30
IV-1-3-	Traitement biologique	30
IV-1-3-1-	Mecanisme de l'epuration biologique	30
IV-1-3-2-	Micro-organismes de l'epuration biologique	31
IV-1-3-3-	Evolution de la matiere organique en presence de bacteries	32
IV-1-3-4-	Epuration biologique par boues activees ..	34
	a)- Principe des boues activees	34
	b)- Ecologie microbienne des boues activees	34
	c)- Recirculation des boues	36
IV-1-3-5-	Parametres specifiques aux boues activees.	37
	a)- Charges appliquees	37
	b)- Age des boues	38
	c)- Indice de MOHLMAN	40
IV-1-3-6-	L'aeration dans les bassins a boues activees	40
IV-2-	Cinetique enzymatique	42
IV-2-1-	L'equation de Michaelis-Menten	42
IV-2-2-	Inhibition de l'activite enzymatique des micro-organismes par dea agents toxiques	44
	a)- Inhibition competitive	45
	b)- Inhibition incompetitive	46
	c)- Inhibition non competitive	48
	d)- Inhibition par exces de substrat	49
IV-2-3-	Mise en evidence et mesure de l'effet inhibiteur ...	50
IV-2-4-	Adaptation des micro-organismes au milieu agressif..	52

PARTIE EXPERIMENTALE

V-MESURES ET EVALUATIONS	54
V-1-INTRODUCTION	54
V-2-DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE	54
V-3-ESSAIS D'INHIBITION	56
V-3-1-Choix de la methode de mesure de l'inhibition	56
V-3-2-Methodologie	56
V-3-2-1-Stabilisation des boues actives	57
V-3-2-2-Premiere methodologie de travail	59
V-3-2-3-Deuxieme methodologie de travail	60
V-3-3-Inhibition des micro-organismes par les sulfures	61
V-3-3-1-Principe et resultats de l'experience	61
V-3-3-2-Exploitation des resultats	65
V-3-4-Influence des rejets de tannerie sur le traitement biologique	71
V-3-4-1-Principe et resultats de l'experience	71
V-3-4-2-Exploitation des resultats	73
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	79

ANNEXES

PARTIE THEORIQUE

I - INTRODUCTION ET OBJET DE L'ETUDE :

Ces derniers temps, notre société s'est caractérisée par un accroissement démographique assez considérable qui s'est traduit par de grandes concentrations d'habitants dans les villes. Face à ces prévisions, l'homme a su développer son industrie, conditionnant ainsi son environnement et sa manière de vivre .

Par l'accroissement industriel, il a amélioré son niveau économique et social; cependant cette modernisation s'est accompagnée de nuisances de nature biologique, physique et chimique qui se reperçutent, à court ou long terme, sur notre organisme .

En Algérie, l'industrie de transformation de cuir qui prend de plus en plus d'ampleur génère une pollution de plus en plus importante, une pollution qui, souvent, ne fait l'objet d'aucun traitement ; c'est le cas de la tannerie-mégisserie de Rouiba qui rejette actuellement des effluents très chargés directement dans le l'oued de Reghaia qui aboutit dans le marais naturel de la même région .

Aussi et en continuité à des études précédentes qui se sont penchées sur la nature, l'ampleur et le caractère toxique de la pollution engendrée par cette unité (1), (2) nous nous proposons dans ce travail d'étudier le comportement et l'influence des sulfures sur le traitement biologique et d'en déterminer son pouvoir inhibiteur .

Le choix a porté sur les sulfures car il s'agit d'un des polluants majeurs dans les rejets de tanneries et qu'il présente sur les divers maillons du système aquatique une toxicité très élevée .

D'autre part nous envisageons d'étudier l'influence d'un rejet type de l'ENIPEC, donc d'une eau usée industrielle sur le traitement biologique des eaux usées urbaines .

II - GENERALITES SUR LES EAUX USEES :

II - 1 - DEFINITION :

Une eau usee est, en general, une eau, dont le deversement dans une reserve naturelle superficielle ou souterraine, a pour consequence la perturbation a plus ou moins longue echeance de l'equilibre biologique de ce milieu recepteur, et par la de creer ou d'intensifier une eventuelle pollution de cette reserve .

II - 2^a CLASSIFICATION DES EAUX USEES :

Suivant leur origine et la nature de la pollution qu'il vehicule, on distingue les effluents urbains, les effluents industriels et les effluents mixtes .

II 2 - 1 EFFLUENTS URBAINS :

Les effluents se composent, en general, des effluents de ruissellement et des effluents d'origine domestique .

Les eaux de ruissellement dependent des conditions meteorologiques; elles sont chargees de matieres en suspension de divers polluants atmospheriques que les pluies entrainent et de detergents utilises dans les eaux de lavage des eaux d'origine domestique. Ils vehiculent en general une pollution biodegradable. Il s'agit surtout de matieres organiques et minerales d'origine diverse (cuisines, sanitaires, etc..) riches en micro-organismes qui constituent un reensemencement constant des stations d'epurations biologique. En plus de cette microflore active, ces eaux peuvent vehiculer aussi des elements pathogenes qui posent un probleme d'hygiene publique qu niveau du recepteur naturel .

La collecte de ces eaux peut se faire soit par reseau unitaire soit par reseau separatif surtout au niveau des grandes villes .

II-2-2 EFFLUENTS INDUSTRIELS :

A l'inverse des effluents urbains, les effluents industriels presentent une grande diversification aussi bien dans le volume rejete que dans la nature de la pollution . Cette derniere est en general caracteristique du procede de fabrication . Des interventions ponctuelles et ameliorations dans le process industriel peuvent reduire l'ampleur de la pollution (substitutions de produits chimiques, utilisation et epuisement total de bains chimiques etc ...).

On peut diviser les eaux residuaires industrielles en trois grands groupes :

a) - eaux residuaires a caractere mineral dominant qui presentent une faible DBO et une DCO qui depend de la nature des composes mineraux en solution. Les rejets sont, en outre, charges en matiere en suspension et en sels dissous .

Les industries types generant de tels rejets sont entre autres:

- Mines et industries de traitement de mineraux .
- Industries siderurgiques et de galvanoplastie.
- Industries chimiques .

b) eaux residuaires a caractere organique dominant : de compositions tres variables associant le plus souvent des mineraux en suspension, des debris vegetaux, des graisses, des proteines, des glucides et des sels divers. La DBO peut etre enorme , depassant plusieurs grammes par litre .

Les industries types generant de tels rejets sont les industries agro-alimentaires comme les abattoires et les elevages industriels, les conserveries et sucreries, et les usines de farine de poisson .

c) eaux residuaires a caractere miste organique et mineral qui contiennent un ou plusieurs constituants plus ou moins facilement biodegradables . Ils presentent une DCO et une DBO tres elevees et peuvent contenir certains polluants specifiques tres indesirables tels que les hydrocarbures dissous, emulsionnes ou en films superficiels, des emulsions d'huiles stabilisees par des tensio-actifs, des tensio-actifs libres, des colorants , etc ... parmi ces rejets , ne citerons ceux issus de l'industrie de transformation de cuir : une DBO et une DCO tres elevees, des sulfures, du chrome, des hydrocarbures, des matieres grasses, des colorants et divers autres elements .

II-2-3 POLLUTION D'ORIGINE AGRICOLE :

Ces dernieres annees, on observe le developpement rapide d'une nouvelle pollution celle issue des activites agricoles .

Cette pollution touche aussi bien les eaux de surface que les eaux souterraines . En effet, l'utilisation massive et en exces de fertilisants sous forme d'engrais azotes et phosphates conduit a une contamination des eaux de surface et des nappes peu profondes par les nitrates .

Une autre pollution a effet cumulatif provient de l'utilisation demesuree de pesticides; divers herbicides, fongicides et insecticides sont entraines par les eaux de ruissellement vers le recepteur final ou ils exercent a la longue un effet toxique sur la faune et la flore .

II - 3 EVALUATION DE LA POLLUTION :

L'Interet croissant porte, dans ses multiples usages, a la qualite de l'eau a conduit a definir pour les eaux usees, tant domestiques qu'industrielles un certain nombre de parametres specifiques aidant a evaluer qualitativement et quantitativement la charge polluante d'un rejet et a la comparer aux normes fixees .

II - 3-1 PARAMETRES PHYSIQUES :

II - 3-1-1 LA COULEUR :

Le deversement des seules eaux residuaires urbaines n'est pas susceptible de modifier durablement la coloration. Par contre, les effluents industriels (Industrie de textile par exemple) peuvent provoquer une alteration persistante .

II - 3-1-2 LA TEMPERATURE :

La temperature joue un role important, en effet elle affecte les vitesses des reactions cellulaires, les voies metaboliques empruntees, les besoins nutritionnels, la composition de la biomasse microbienne, la solubilite de l'oxygene et l'activite des microorganismes intervenant dans la biodegradation de la matiere organique (3) .

II - 3-2 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES :

II - 3-2-1 LA CONDUCTIVITE :

La valeur de la conductivite nous renseigne sur la mineralisation ou la salinite globale de l'eau et nous donne de nombreux renseignements sur l'eau a etudier. En effet, la valeur de la conductivite est influencee par la force de l'electrolyte : la nature des ions libres et leur concentration dans la solution .

II - 3-2-2 LE pH

Le pH joue un role important dans la precipitation ou la solubilisation de certains metaux et dans le deplacement de l'equilibre de certaines especes ioniques (ex: $\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$; $\text{H}_2\text{S} / \text{S}^{2-}$).

Dans les usines de traitement, un pH variant entre 6 et 8 correspond aux meilleures conditions d'epuration biologique . Pour des valeurs de pH differentes, on observe une inhibition de l'activite des bacteries epuratrices .

II - 3-2- 3 LES MATIERES EN SUSPENSION (MES)

Theoriquement, les MES sont les matieres qui ne sont ni solubilisees ni a l'etat colloidal. On peut considerer qu'elles representent un intermediaire entre les particules minerales du type mucilagineux . Les M E S comportent aussi bien des matieres minerales que des matieres organiques .

Souvent, la connaissance de ce parametre renseigne sur les possibilites epuratoires de certains ouvrages de traitement, decanteurs par exemple, et intervient dans l'evaluation de la production des boues en exces. Cependant, toutes les M E S ne sont pas decantables, en particulier les colloides retenus par la filtration (3) .

II - 3 -2- 4 LES MATIERES VOLATILES EN SUSPENSION (M V S)

elles representent la fraction organique des M E S . Ces matieres disparaissent au cours d'une combustion et sont mesurees a partir des residus des M E S a 105 C en les calcinant dans un four a 525 + 25 C pendant deux heures .

La connaissance de ce parametre est souvent importante dans l'etude de l'epuration biologique car il permet d'exprimer la quantite de matiere cellulaire, soit les microorganisme sous forme de floccs qui se trouvent dans une boue issue d'un procede biologique (4) .

II -3-2- 5 LES MATIERES MINERALES EN SUSPENSION :

Les matieres minerales en suspension constituent le residu de la calcination des M E S a 525 + 25 C pendant deux heures, et sont principalement dues a la presence de sels de silice et de poussieres .

II -3-2- 6 - LES MATIERES DECANTABLES ET NON DECANTABLES :

Les matieres decantables representent la fraction des M E S qui sedimentent pendant un temps donne, generalement de deux heures. L'essai de decantation est realise dans un cone IMHOFF ou dans des eprouvettes cylindriques du docteur COIN. Ces deux types d'eprouvettes ont une capacite d'un litre et le culot est gradue en ml pour la lecture. Les matieres decantables sont donc exprimees en ml/l . Dans certains cas, les eprouvettes sont dotees d'un robinet de purge, ce qui nous permet d'exprimer ces matieres en mg/l apres leur recuperation et sechage a 105 C et leur mesure par pesees .(3)

II - 3 - 2 - PARAMETRES CHIMIQUES ET BIOCHIMIQUES :

II-3-2-1 - LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE : (DBO)

La demande biochimique en oxygene est, par definition, la quantite d'oxygene necessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matieres organiques presentes dans l'eau usee . Par convention, la DBO est la valeur obtenue apres 5 jours d'incubation, la DBO 5 .

La temperature d'incubation etant de 20 C . (5) .

L'evolution d'un echantillon montre, pour les eaux urbaines, une representation toujours identique des matieres organiques, en deux stades successifs (fig 1) .

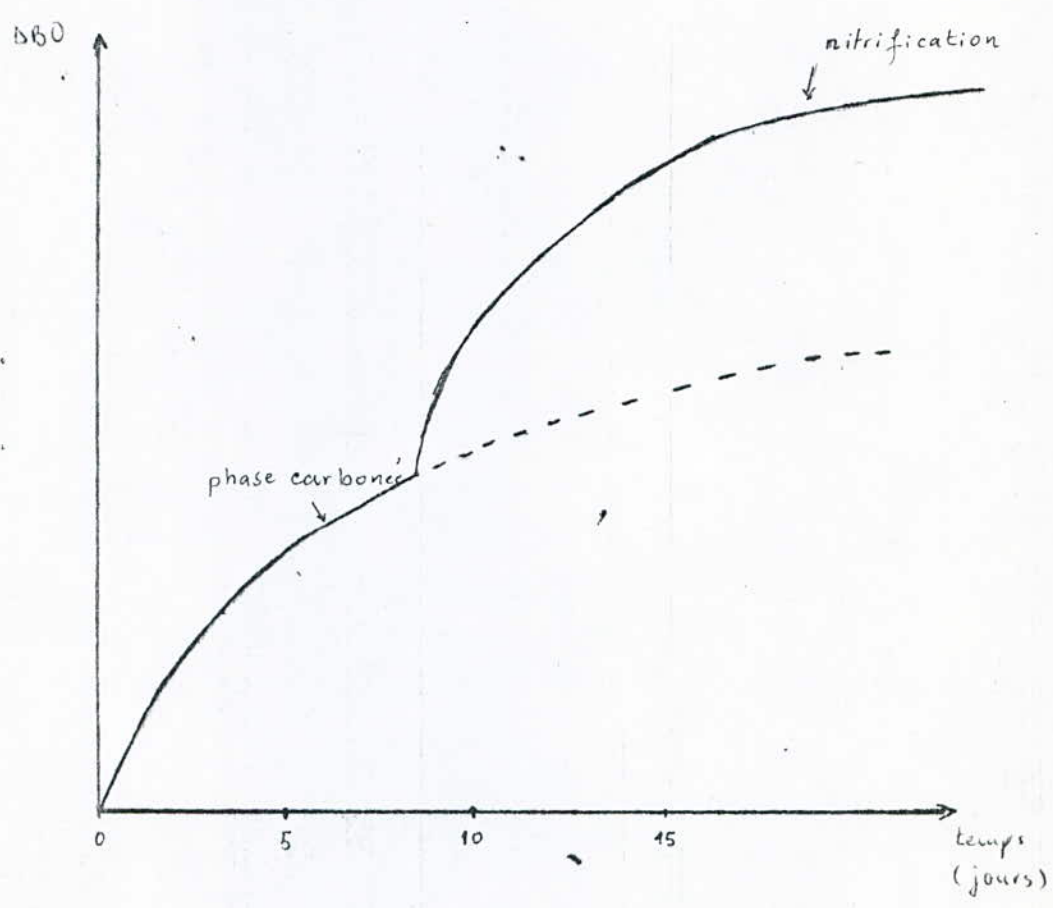
- le premier stade se rapporte aux composees carbonees, debute rapidement, et s'acheve en 20 jours .

- le deuxieme stade correspond a l'oxydation des composees azotes qui ne s'amorce qu'au bout du dixieme jour et qui correspond a la nitrification . En fait, des travaux ont abouti a une loi mathematique d'evolution de la DBO telle que :

$$DBO_t = DBO (1 - \exp\{-Kt\}) \quad (1) \quad (4) .$$

avec DBO_t = quantite d'oxygene consommee ou DBO exercee au temps t
 DBO = DBO ultime limitee a l'oxydation carbonee ou quantite total d'oxygene consommee par la reaction .

K - constante cinetique moyenne .



- Evolution de la DBO en fonction du temps -

- figure 1 -

II - 3-2-2 DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE (D.C.O) :

La demande chimique en oxygene traduit la quantite d'oxygene necessaire pour oxyder chimiquement les matieres organiques et certaines matieres minerales .

La mesure de la D C O se fait a l'aide d'un oxydant energique comme le bichromate de potassium, en milieu acide, et a chaud pendant deux heures. On estime que cette oxydation detruit 90 a 95 % des composes .

La DCO englobe donc aussi les composes qui ne jouent aucun role dans le deficit en oxygene d'un cours d'eau . C'est le cas par exemple des halogenures mineraux .

Si toute la matiere organique est biodegradable, on aura les valeurs de la D C O et de la D B O 5 qui seront sensiblement egales .

Si la matiere n'est pas totalement biodegradable, on a : $D C O / D B O > 1$.

La demande theorique en oxygene d'un produit $C_x H_y O_z$ est la suivante :



La demande en oxygene theorique en gramme d'oxygene par mole de produit est :

$$32 n = 32 \cdot \frac{4x + y - 2z}{4} \text{ g } O_2 / \text{ mole}$$

ainsi par exemple, 1g de glucose $C_6 H_{12} O_6$ possede une $D C O = 192 \text{ g } O_2 / \text{ mole}$

II - 3-2-3 LE CARBONE ORGANIQUE TOTAL (C O T)

Les matieres organiques etant caracterisees par leurs fortes concentrations en atomes de carbone, il est donc interessant de quantifier le carbone present dans l'echantillon . Cette quantification se fait par la determination du parametre carbone organique total (C O T) . Le carbone present dans l'effluent est oxyde en CO₂ qui est ensuite dose par I R . Il faut, bien entendu prendre en consideration les carbonates et bicarbonates mineraux qui forment egalement du CO₂ (6) .

II - 4 LES NUTRIMENTS :

Il s'agit des elements chimiques tels que l'azote et le phosphore, qui, a forte concentration, sont responsables de l'eutrophisation des milieux aquatiques. D'autre part, ils sont, en proportion bien definies, des constituants essentiels pour la croissance et le renouvellement de la matiere vivante et leur presence est indispensable dans le traitement par voie biologique des effluents urbains et industriels biodegradables ou la synthese de nouveaux materiaux cellulaires constitue un process permanent .

L'azote peut etre present dans les eaux sous sa forme reduite (azote organique et ammoniacal) et sous sa forme oxydee (nitrites et nitrates) .

L'azote organique et ammoniacal exerce dans un milieu recepteur une demande biochimique en oxygene importante qui traduit le phenomene de nitrification qui s'etend sur une plus ou moins longue periode .

Le phosphore est present dans les eaux sous forme de sels mineraux (ortho et polyphosphates provenant surtout des lessives) et sous forme organique d'origine industrielle ou biologique .

Lorsque l'effluent a traiter est depourvu d'elements nutritifs (N.P) , il convient alors de lui en ajouter sous forme d'engrais agricoles, soit par une addition d'effluent urbain dans des proportions convenables, ou encore sous forme de produits comme le phosphate d'ammonium; ce cas est cependant le moins repondu a cause de son prix de revient eleve.

Pour un traitement biologique et par rapport a la charge organique de l'effluent. les proportions en nutriments doivent satisfaire les rapports suivants :

$$\text{en D C O} \quad \text{DCO / N / P} = 150 / 5 / 1$$

$$\text{en D B O} \quad \text{DBO / N / P} = 100 / 5 / 1 \quad (4)$$

Outre les parametres classiques que nous avons decris dans les points precedents, il existe d'autres parametres qui sont specifiques a la nature de la pollution etudiee (metaux lourds sulfures, etc ...) et qui peuvent etre d'une grande utilite dans les previsions d'evolution et du comportement de la pollution .

III - LES TANNERIES ET LA POLLUTION DES EAUX :

III - 1 - GENERALITES :

La tannerie est l'industrie de transformation de la peau brute, substance putrescible, en cuir, materiau esthetique et beaucoup plus resistant a l'usage, aux agressions physiques, chimiques et bacteriennes .

Le process technologique est assez complexe et fait appel a une quantite de produits chimiques tres varies. Certaines etapes de production se deroulent dans des bains chimiques (foulons et coudreuses) qui, apres epuisement partiel, sont deverses dans les eaux usees .

Globalement le process se divise en trois etapes :

- le travail de riviere
- le tannage
- le finissage .

Ces etapes sont representees schematiquement dans la figure no 2 qui montre les diverses operations de la transformation des peaux en cuir . Le procede de fabrication etant bien detaille dans les etudes anterieurs (1,2) , nous nous limiterons a presenter une tres breve description des trois ateliers .

a) - ATELIER DE RIVIERE : Dans cette etape les peaux seront preparees a recevoir les matieres tannantes. Le reverdissage, l'enchaînement et le pelanage des peaux par divers produits chimiques a pour but final de liberer le derme de la peau pour le transformer en cuir .

b) - ATELIER DE TANNAGE : Le tannage est l'operation la plus importante du procede de fabrication et determine la qualite du cuir obtenu . cet Atelier comprend entre autres les operations de degreissage, de dechaulage, de pickelage et de tannage : c'est a dire fixation des sels de chrome sur la peau .

c) - ATELIER DE FINISSAGE : ici le cuir tanne qu'on appelle aussi le staim subit les dernieres operations telles que le ponçage et la pigmentation qui donne au cuir sa finesse et son esthetique .

Toute ces operations necessitent des volumes d'eau tres eleves et une quantite importante et variee de produits chimiques . La nature elle meme du process engendre aussi bien des dechets solides que des effluents fortement charges en produits organiques et mineraux partiellement biodegradables et souvent toxiques (1)

La figure 3 donne un apercu general de la nature des produits chimiques consommes et de la nature des dechets et effluents par grandes etapes de production .

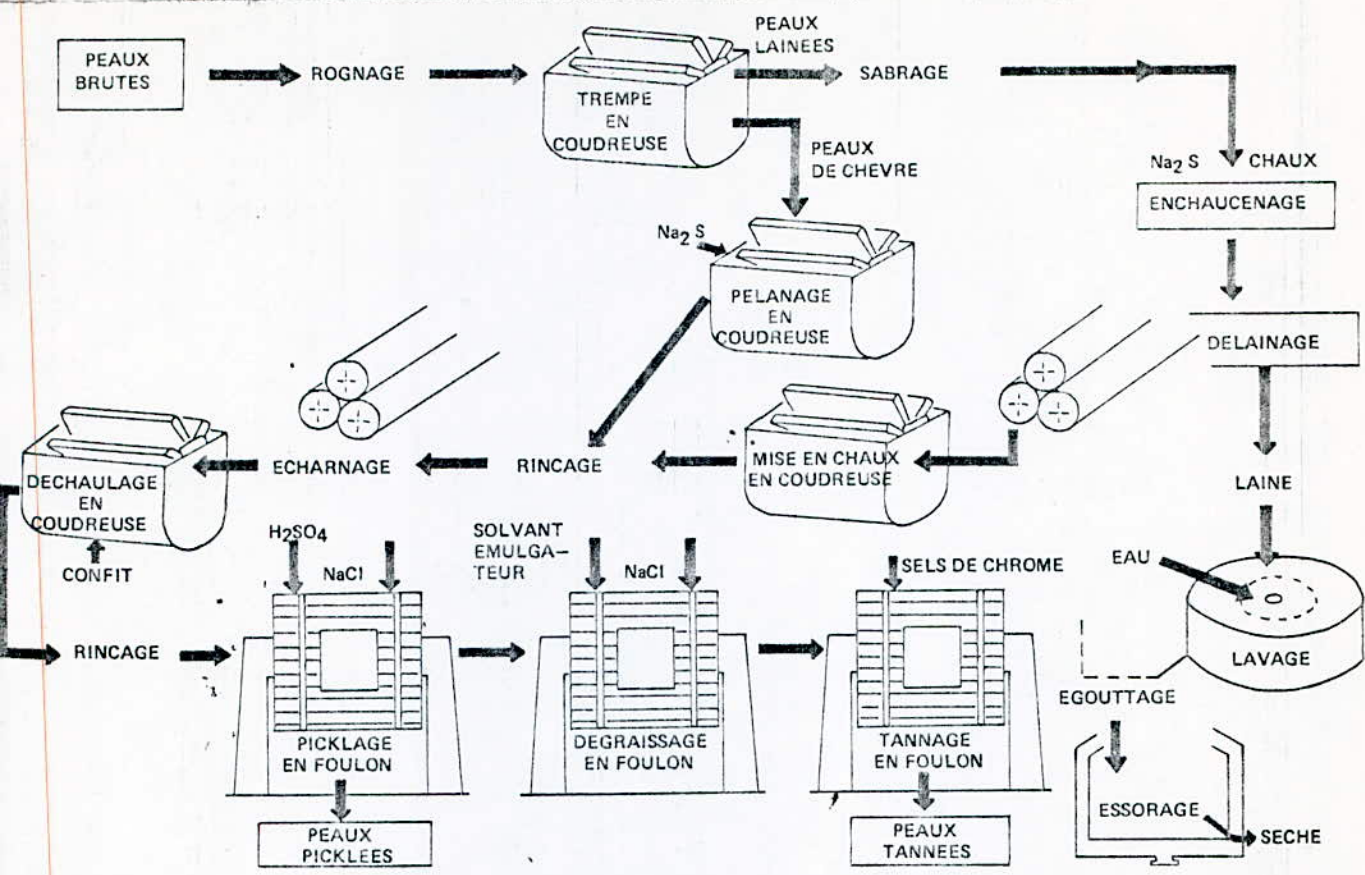


figure 2

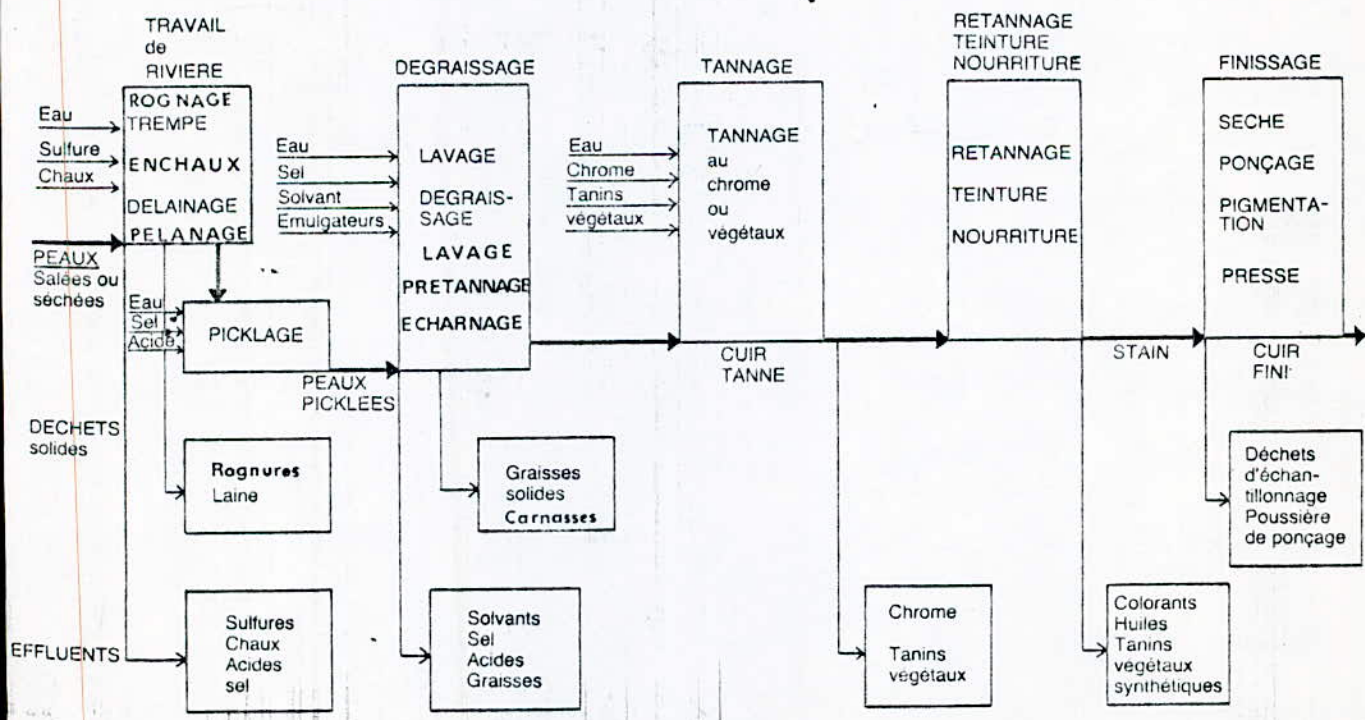


figure 3

III. 2 Caracteristiques des eaux residuaires de tanneries :

III -2-1 - LES VOLUMES D'EAU UTILISES DANS LA FABRICATION :

Les volumès d'eau sont tres variables et ce, en fonction des procedes technologiques de chaque tannerie et de son equipement. Le dimensionnement des differentès ouvrages d'une station d'epuration depend de l'element vehiculant qui est l'eau.

Il est connu que pqr tonne de peaux mises a l'eau, les rejets varient de 40 a 120 m3 pour les fabriques de cuir a dessus, de 60 a 80 m3 pour les fabriques de cuir a semelles et de 100 a 280 pour les megisseries (7) .

III - 2-2 - LA POLLUTION DES EFFLUENTS :

Les eaux de tannerie sont chargees en divers polluants aussi different par leur composition que par leur action toxique : sang, proteines, fibres, poils, sulfures, chrome, petrole, etc ...

III - 2-2-1 - LA POLLUTION OXYDABLE DBO ET DCO

Les mesures des demandes chimiques et biologique en oxygene representent les matieres oxydables, c'est a dire les matieres dont le rejet provoque une consommation plus ou moins totale de l'oxygene dissous dans le milieu recepteur . Pour les tanneries de cuir a dessus, par expemple , les rejets sont de 75 a 80 Kg de DBO 5 et de 200 a 220 Kg de DCO par tonne de peaux trempees. Ce qui equivant en matieres oxydables totales a 115 - 125 Kg par tonne . (8)

III - 2-2-2 - MATIERES DECANTABLES ET MATIERES EN SUSPENSION:

La matieres decantable permet d'evaluer la quantite de boues pouvant etre deposee par l'effluent. La matiere en suspension (MES) quand a elle permet d'evaluer la tendance au trouble, voir a l'opacite, stoppant la penetration des rayons lumineux necessaires au milieu recepteur . Pour la fabrication du cuir a dessus par exemple, le taux moyen des MES engendrees est de 140 Kg par tonne de peaux trempees en moyenne (9) .

III-2-2-3 - LA SALINITE :

Dans les rejets de tanneries, la salinite est tres importante, surtout au niveau des premieres etapes' du process ou on retrouve entre autres une teneur tres elevee en chlorures et en chrome trivalent. Si la salinite est tres importante, elle peut conduire a un desequilibre biochimique du milieu recepteur et meme avoir une action toxique. On sait qu'a une concentration de 25 g/l par exemple, le chlorure de sodium provoque une chute de 25 % de la DBO d'un milieu par inhibition de l'activite bacterienne . Cette salinite est tres variable en raison du grand nombre de procedes de fabrication; on peut toute fois l'evaluer a 250-300 Kg de sels par tonne de peaux trempees . (12)

III-2-3- LE CARACTERE TOXIQUE DES EFFLUENTS DE TANNERIE :

III-2-3-1- EVALUATION DE LA TOXICITE :

La toxicite est difficile a evaluer car elle presente une grandeur relative. En effet, ce qui est toxique pour une espece ne l'est pas forcement pour les autres .

Dans la chaine ecologique cinq niveau sont distingues :

- les bacteries
- les algues
- les micro-crustaces
- les poissons
- l'etre humain .

Le systeme de reference depend des substances toxiques considerees et de leur destination ainsi que des accumulations possibles aux differents niveaux. On mesure generalement la toxicite des effluents industriels sur un micro-crustace tres repandu : la daphnie ou plus exactement l'espece *Daphnia Magna* Strauss.

Cette mesure est effectuee par determination de la dilution a laquelle il faut amener un echantillon de l'effluent considere dans les conditions optimales de dilution, aeration, nutrition et obscurite, afin d'immobiliser pendant 24 heures, 50 % de la population de daphnies placees au sein de la solution . Le parametre determine est donc la CI - 50 - 24 h .

III-2-3-2 LA TOXICITE DANS LES EFFLUENTS DE TANNERIE :

Divers etudes (1.2.) ont montre que certains effluents de l'industrie de transformation du cuir possedent un caractere toxique tres accentue. Parmi ces composes toxiques qu'on y rencontre, on cite le chrome trivalent, les solvants organiques de degraissage et les sulfures . Ces derniers sont cependant de loin les plus incrimines car leur potentiel toxique et inhibiteur, meme a faible teneur est tres eleve .

Comme notre etude consiste a etudier l'inhibition par les sulfures, nous nous limiterons a presenter quelques aspects concernant ceux-ci .

En ce qui concerne l'inhibition par les sels de chrome, nous signalons qu'une etude est en cours . (10) .

a) - Utilisation des sulfures en tanneries :

Les sulfures peuvent se rencontrer en dehors des eaux minerales, dans les eaux polluees ou dans les eaux soumises a une intense activite microbienne qui reduit les sulfates a l'etat de sulfures. En milieu acide, ils sont facilement decelables par leur odeur caracteristique d'oeufs pourris . (14) .

Le sulfure de sodium est utilise en tannerie sous deux formes :

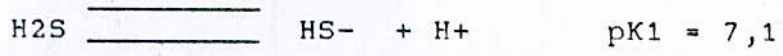
- Le sulfure concentre coule en ecailles, de couleur rose, renfermant de 60 a 65 % de Na_2S ; il renferme des impuretes, en particulier du sulfure de fer .

- Le sulfure de sodium Na_2S , $9 \text{ H}_2\text{O}$. C'est un produit tres pur, mais compte tenu des $9\text{H}_2\text{O}$ de cristallisation, il ne renferme que 30 a 32 % de Na_2S .

Le sulfure de sodium est utilise en tannerie pour l'epilage des peaux; l'action de la solution de sulfure de sodium est encore augmentee par l'addition de chaux; les pelains chaux-sulfure de sodium epilent plus rapidement que les pelains a la chaux et gonflent beaucoup plus les peaux du fait de l'augmentation de la concentration en NaOH .

b) - Proprietes physico-chimiques des sulfures :

Dans l'eau, les sulfures sont regis par les equilibres suivants:



Au dessous de pH = 2 , la teneur en ions S-- est negligeeble(14)

c) - Effets toxiques des sulfures :

L'action toxique des sulfures dans l'eau est essentiellement liee a leurs proprietes reductrices . Introduites dans un milieu recepteur, elles consomment preferenciellement l'oxygene dissous :

- soit directement, la reaction est plus ou moins catalysee par la presence de certains cations (Mn , Cu , etc ...) .
- soit indirectement, par action de certaines bacteries . (9)

Une fois oxyde sous forme de sulfite, thiosulfate ou sulfate, le soufre n'a plus d'action toxique, mais il en resulte de sa disparition un appauvrissement en oxygene pouvant conduire a une asphyxie .

Le sulfure de sodium provoque de fortes lésions chez la "tranche" à une concentration de 30 à 115 mg / l ; les poissons d'expérience se décolorent et se couchent sur le côté. Pour certaines autres espèces ; la concentration létale est de 3 à 3,5 mg de $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. L'action produite est toutefois en fonction du pH, et est d'autant plus prononcée que le pH est plus bas. Certains poissons sensibles ne peuvent supporter, même dans une eau neutre, des teneurs en sulfures de 0,5 à 1,0 mg / l. En ce qui concerne l'effet toxique des sulfures sur les organismes inférieurs, leur action sur le processus de digestion dépend de la forme et des quantités sous lesquelles ils sont présents. Une concentration de 100 mg / l affecte la digestion. Au bout de 48 h, des expériences sur *Daphnia Magna* ont montré une limite de toxicité de 9,4 mg / l.

III-3- LA TANNERIE-MEGISSERIE DE ROUIBA (ENIPEC) :

La tannerie-mégisserie de Rouiba, unité dépendant de l'Entreprise Nationale des Industries des Peaux et Cuirs (ENIPEC) spécialisée dans le traitement des peaux d'ovins est implantée dans la zone industrielle de Rouiba-Reghaia.

Cette industrie a commencé à produire en 1966 en traitant des peaux de bovins, de caprins et d'ovins.

Cette unité a été réalisée pour une production maximale de 9000 peaux par jour et devait traiter en parallèle, dans un atelier de fourrure 800 peaux quotidiennement.

III-3-1- PRODUITS CHIMIQUES UTILISES :

La nature et les quantités de produits chimiques consommés annuellement par l'unité ENIPEC sont résumés dans le tableau 1. La présentation est faite en fonction de la nature de l'opération. Ces données ont été fournies par les responsables de l'unité considérée.

tableaux n 1 . Produits chimiques utilises dans la megisserie de Rouiba .

Operation	Produits utilises.	Consommation en tonnes / an
Trempe .	- Anti-septique KMN	2,66
	- Mouillant sandozine	9,55
Enchaucenage .	- Sulfure de sodium	292,96
	- chaux	418,58
Pelannage	- sulfure de sodium	3216,00
	- chaux	4556,17
Dechaulage	- Amonitrate	301,50
	- Mouillant Baynold	565,31
Confitage	- Oropon (ON2)	2,26
Degraissage	- Petrole (kerosene)	1507,50
	- Mouillant Baynold	1132,12
Picklage	- chlorure de sodium	753,75
	- Acide formique	30,15
	- Acide sulfurique	52,76
Tannage	- Sulfate de chrome	226,12
	- Chronitome MS	895,96
	- Anti - septique KN11	18,84
Lavage	Sandozine NIL	3,97

suite du tableau n 1

operation	Produits utilises	consommation en tonnes / an
Retannage	- Chromitan MS	201,00
	- Rellasan GF	100,50
Neutralisation	- Formiate de sodium	50,25
	- Bicarbonate de sodium	75,37
Nourriture	- Olinoi 85	301,50
	- Olinoi DL	150,75
	- Pelason GF	50,25
	- Acide formique	75,37
Teinture	- Ammoniaque	125,62
	- Colorant anionique	404,51
	- Acide formique	75,37
	- Acide acetique	100,50
	- Colorant basique	25,12
	- Mimosa	101,76
Pigmentation	- Pigment	154,92
	- Caseine	0,85
	- Cire	41,05
	- Resine souple	115,57
	- Resine medive	100,00
	- Penetrateur	33,67
Fixation	- Toucher gras	24,12
	- laque WS	76,88

III-3-2- BILAN DE CONSOMMATION DES EAUX DE L'UNITE :

III-3-2-1- ALIMENTATION:

L'alimentation en eau de la tannerie est assuree par l'EPEAL (ex SONADE) a partir de forages effectues dans la nappe de mitidja-est et, recement, par pompage local en raison des grandes quantites demandees.

les differentes canalisations sont aeriennes et reliees a chaque coudreuse ou foulon. L'eau servant pour l'operation de tannage est adoucie par un echangeur d'ions sur une resine regeneree a l'aide de NaCl concentre.

III-3-2-2-ESTIMATION DES VOLUMES D'EAU:

L'estimation des volumes consommes est basee sur le processus technologique utilise et les donnees qui ont ete fournies par le chef de production de l'unite .

Il n'existe, en effet aucun compteur d'eau et les taxes en eau payees par l'unite sont forfaitaires .

La connaissance des volumes des coudreuses, des foulons et des bassins de lavage de laine ainsi que les frequences de vidange nous permettent d'apprécier le volume journalier degage sur la base du planning de fabrication journaliere .

L'estimation se fait en tenant compte du poids de mise a l'eau et de la proportion en eau que necessite cette mise a l'eau . Ce calcul est fait pour une production journaliere de 7500 peaux de moutons. Le poids des peaux est variable en fonction de ses dimensions, aussi, nous prendrons une moyenne :

poids d'une peau avec laine : 2 Kg
poids d'une peau sans laine : 1,2 Kg

Trempe :

Poids des peaux : $7500 \times 2 = 15000$ Kg
Pourcentage d'eau : 700 %
Volume d'eau : $15000 \times 700 \% = 105$ m³

Lavage de laine :

La laine est lavée dans 3 bacs de 5 m³ chacun. Ces bacs sont vidés 3 fois par jour. Ce qui correspond à une consommation de 45 m³.

Le rinçage de la fosse et des bacs : 5 m³
Volume d'eau total = 50 m³

Pelanage :

On utilise chaque jour 6 coudreuses de 6 m³ chacune et l'on effectue un rinçage. L'expérience a montré qu'il est nécessaire d'utiliser 4 fois le volume des coudreuses.

Volume d'eau = $6 \times 6 \times 4 = 144$ m³.

Echarnage :

Approximativement, le volume d'eau utilisé s'élève à 50 m³

Dechargement-confitage :

Se fait dans 8 foulons de 900 l. Et on rince chaque foulon avec 650 l. L'eau est utilisée seulement pour le dechargement. Le volume estimé est de : $5,2 + 7,2 = 12,4$ m³.

À partir de cette opération, les peaux sont en tripes.

Pickelage-tannage :

Lors du pickelage qui se fait avec 100 % du poids des peaux en tripes, les foulons ne sont pas vidés. On y ajoute 80 % d'eau pour le tannage proprement dit.

Le volume d'eau utilisé est d'environ : $7,2 + 5,76 = 12,96$ m³

Lavage apres tannage :

Le lavage s'effectue avec abondance (1000%) .
Le volume est estime a : $0,9 \times 1000 \% \times 8 = 72 \text{ m}^3$.

Complement-tannage :

On utilise environ 500 % du volume des foulons en eau :
volume d'eau = 36 m³

Neutralisation :

La neutralisation qui se pratique avant le retannage utilise
200 % d'eau et donc un volume de 14,4 m³ d'eau .

Retannage :

Au niveau du retannage (au chrome), on a un volume d'eau de
200 % , d'ou un total de 14,4 m³ d'eau .

Teinture et nourriture :

Pour ces 2 operations avec vidanges respectifs, le volume d'eau
est estime a 57,6 m³ avec 800 % d'eau .

Nettoyage de l'atelier et divers:

Le volume d'eau est estime a 150 m³ .

Ainsi les quantites d'eau utilisees sont en rapport avec le nombre
de peaux travaillees par jour .

La production moyenne de la tannerie etant de 7500 peaux par jour,
la quantite d'eau necessaire pour les besoins technologiques qui a
ete calculee sur la base de cette production est donnee par :

$$Q = 718,76 \text{ m}^3 .$$

La moyenne par peau calculee a partir de ce debit est de l'ordre de 96 l . Les experiences menees par la fabrication vachette box ont montre qu'on peut atteindre facilement 70 l par peau y compris les lavages intermediaires. Cependant leur procede est completement automatise .

III- 3-3- RESEAU D'ASSAINISSEMENT†.:

l'Evacuation des eaux residuaires se fait par un systeme separatif Les eaux de trempe sont evacuees par un canal souterrain . Les divers autre effluents caracterisant les etapes de transformation de la peau suivent des caniveaux, par gravite a l'interieur de l'usine, rejoignent la "riviere" et sont evacues vers l'egout principal de l'unite qui donne vers la conduite communale de Rouiba des eaux usees.

Les caniveaux sont realises de telle sorte que l'eau s'ecoule par gravite, a pente douce . L'eau ayant servie pour le lavage de la laine est stockee dans une large fosse , puis pompee vers la "riviere" . Un lavage a fort jet d'eau permet a chaque fin d'operation d'evacuer tous les dechets et l'eau residuaire stagnante sur le parterre .

IV - TRAITEMENT BIOLOGIQUE ET INHIBITION .

IV-1- ETUDE THEORIQUE DES PROCEDES D'EPURATION DES EAUX USEES:

IV-1-1- GENERALITES:

Le traitement d'une eau usee doit donner un effluent qui n'altère pas l'état du milieu recepateur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène publique; il ne doit pas porter atteinte aux interets et activités telle que l'alimentation en eau des hommes, des animaux et des plantes .

Le choix d'un procede de traitement ou d'une chaîne de plusieurs procedes dependra donc :

- 1- des caracteristiques de l'eau residuaire ;
- 2- de la qualite de l'effluent requise ;
- 3- du cout et de la disponibilite des terrains ;
- 4- de l'evolution des normes de rejets . (5)

IV-1-2- PRETRAITEMENTS ET TRAITEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES :

Les pretraitements constituent une serie d'operations susceptibles d'alléger les eaux brutes des matieres les plus grossieres d'une part, ou celles pouvant gener le processus du traitement ulterieur d'autre part .

IV-1-2-1- DEGRILLAGE :

Il s'agit de separer des eaux brutes, les matieres les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent a travers des grilles dont l'espacement est determine en fonction de la nature de l'effluent . (4)

IV-1-2-2- DESSABLAGE :

Le sable et les matériaux lourds dont la sédimentation relève du cas des particules grenues, doivent être rapidement éliminés dans la chaîne de traitement afin d'éviter l'abrasion des corps des pompes et des équipements mécaniques .

Un dimensionnement correct doit permettre d'éviter le dépôt simultané des matières organiques qui compliquerait le versage ultérieur du sable .

Plusieurs systèmes sont disponibles; le choix du type de dessableur dépendra de la concentration en sable des eaux, de l'importance de la station et de son coût . (5)

IV-1-2-3- TAMISAGE :

Le tamisage est en fait un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions . Il existe un macro-tamisage (mailles supérieures à 0,3 mm) et un micro-tamisage (mailles inférieures à 0,1 mm) .

IV-1-2-4- DESHUILAGE - DEGRAISSAGE :

C'est une opération destinée à réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface .

Il est évident que les huiles et graisses présentent de multiples inconvénients dans le traitement biologique ultérieur, tels que une mauvaise diffusion de l'oxygène dans le floc bactérien .

IV-1-2-5- DECANTATION :

L'élimination des matières en suspension présentes dans le milieu liquide est réalisée par sédimentation, en utilisant uniquement les forces de gravité . La sédimentation peut se faire aussi bien dans des dessableurs que dans des décanteurs . (4)

IV-1-2-6- FLOCCULATION :

L'efficacite d'un decanteur peut etre nettement amelieoree si on favorise la flocculation des particules qui s'agglutinent et cela par addition d'agents chimiques flocculants, ou un recyclage de la boue decantee .

Traitement d'epuration physico-chimique peut etre defini comme etant un traitement permettant l'elimination de matieres polluantes non epurees par les procedes biologiques conventionnels (boues activees, lits bacteriens, lagunes aerees, etc..)

IV-1-2-7- COAGULATION ET PRECIPITATION :

Les matieres colloïdales, tant organiques que minerales, peuvent etre eliminees par coagulation'. La coagulation consiste en l'addition d'agents chimiques a une dispersion de colloides en vue de les destabiliser' de maniere a les rassembler sous forme de floccs . La precipitation consiste a former un compose insoluble du polluant dont on desire l'elimination .

IV-1-2-8- FILTRATION :

La filtration est utilisee pour l'elimination des matieres en suspension , en tant que pretraitement dans le cas d'eaux faiblement chargees ou en tant que traitement de finition en aval d'un procede physico-chimique ou biologique . On parlera dans ces deux derniers cas d'epuration tertiaire .

IV-1-2-9- ADSORPTION SUR CHARBON ACTIF :

Les procedes par adsorption sont utilises pour l'elimination des matieres organiques (DCO) dans les traitements tertiaires, ou pour l'elimination des matieres organiques biodegradables ou non .

La vitesse d'adsorption est d'autant plus grande que :

- la concentration du solute adsorbable est elevee ;
- la granulometrie du charbon est faible ;
- la surface specifique du charbon est elevee ;
- la taille des molecules adsorbables est faible . (5)

IV-1-3- TRAITEMENT BIOLOGIQUE :

L'epuration biologique des eaux residuaires est basee sur l'activite vitale des micro-organismes, qui, utilisent les impuretes organiques dissoutes, ou amenees a une forme soluble, en partie comme source d'energie , et en autre partie pour la formation de substances cellulaires nouvelles , ce qui a pour resultat de les eliminer du liquide . Ce sont essentiellement des bacteries qui interviennent dans ces processus . Les produits de transformation peuvent etre gazeux, liquides ou solides . (5)

IV-1-3-1- MECANISME DE L'EPURATION BIOLOGIQUE :

La degradation biologique des matieres organiques biodegradables presentes dans les eaux usees, s'effectue en deux phases distinctes:

- une phase d'adsorption, tres rapide, au cours de laquelle les substances organiques s'adsorbent sur la membrane exterieure de la cellule ;
- une phase d'oxydation plus lente au cours de laquelle a lieu l'oxydation ou la stabilisation des matieres organiques en produits de decomposition tels que CO_2, H_2O .

La vitesse de decomposition depend de plusieurs parametres tels que la quantite d'oxygene necessaire, la masse totale des micro-organismes , la temperature, et surtout la nature des substances a traiter . En effet , de nombreuses substances sont tres rapidement degradees alors que d'autres le sont plus lentement : (4)

IV-1-3-2-MICRO-ORGANISMES DE L'EPURATION BIOLOGIQUE:

Les traitements biologiques ne font que reprendre les processus naturels, communs dans les eaux de surface et dans le sol. mis en oeuvre de facon beaucoup plus intensive, ils permettent d'utiliser de facon rationnelle le pouvoir auto-epurateur des cours d'eaux et du sol.

Deux voies sont possibles pour realiser ces transformations:

- Une voie aerobie si l'oxygene de l'air est associe a ces transformations ,
- Une voie anaerobie si la degradation se fait a l'abri de l'air en milieu redacteur . (12)

On peut alors parler de bacteries aerobies et de bacteries anaerobies. Notons toutefois, que la vitesse de degradation des matieres organiques est plus elevee en milieu aerobie, c'est generalement la raison pour laquelle, les installations d'epuration biologique fonctionnent en presence d'oxygene .

Les bacteries peuvent egalement etre classees en deux autres categories :

- des bacteries autotrophes, qui , sous l'action de l'energie solaire, utilisent le gaz carbonique et les sels dissous dans l'eau pour synthetiser la matiere vivante .
- des bacteries heterotrophes, qui utilisent des substances organiques pour la synthese cellulaire . (4)

IV-1-3-3- EVOLUTION DE LA MATIERE ORGANIQUE (DBO) EN PRESENCE DE ----- BACTERIES : -----

Lorsqu'on apporte des matieres organiques dans un milieu microbien, et si celui-ci n'est pas depourvu en elements nutritifs, on assiste a une evolution progressive de la masse microbienne suivant quatre phases principales que nous presentons schematiquement dans la figure n 3 .

Au cours de la premiere phase, le milieu riche en nourriture permet un developpement rapide des bacteries. La DBO diminue rapidement, la masse des MVS augmente alors que la masse d'oxygene present dans le milieu decroit.

C'est la phase de synthese cellulaire au cours de laquelle, les matieres organiques oxydees sont transformees en metabolites finales tels que CO₂, H₂O, NH₃, etc... C'est la phase de croissance exponentielle .

Au cours de la seconde phase, l'insuffisance de nourriture entraine un ralentissement de la croissance bacterienne . On observe alors un debut de plafonnement de la masse des MVS . C'est la phase dite de croissance ralentie .

La troisieme phase correspond a une phase stationnaire. Elle signifie qu'a ce moment, les bacteries utilisent les reserves accumulees precedement . C'est la phase stationnaire.

Enfin la derniere phase, au cours de laquelle le milieu est pauvre en matieres organiques et se traduit par la mort de nombreux micro-organismes . C'est la phase endogene ou phase de declin . L'oxygene apporte est alors utilise par les bacteries pour leur propre transformation en produits finaux . (12)

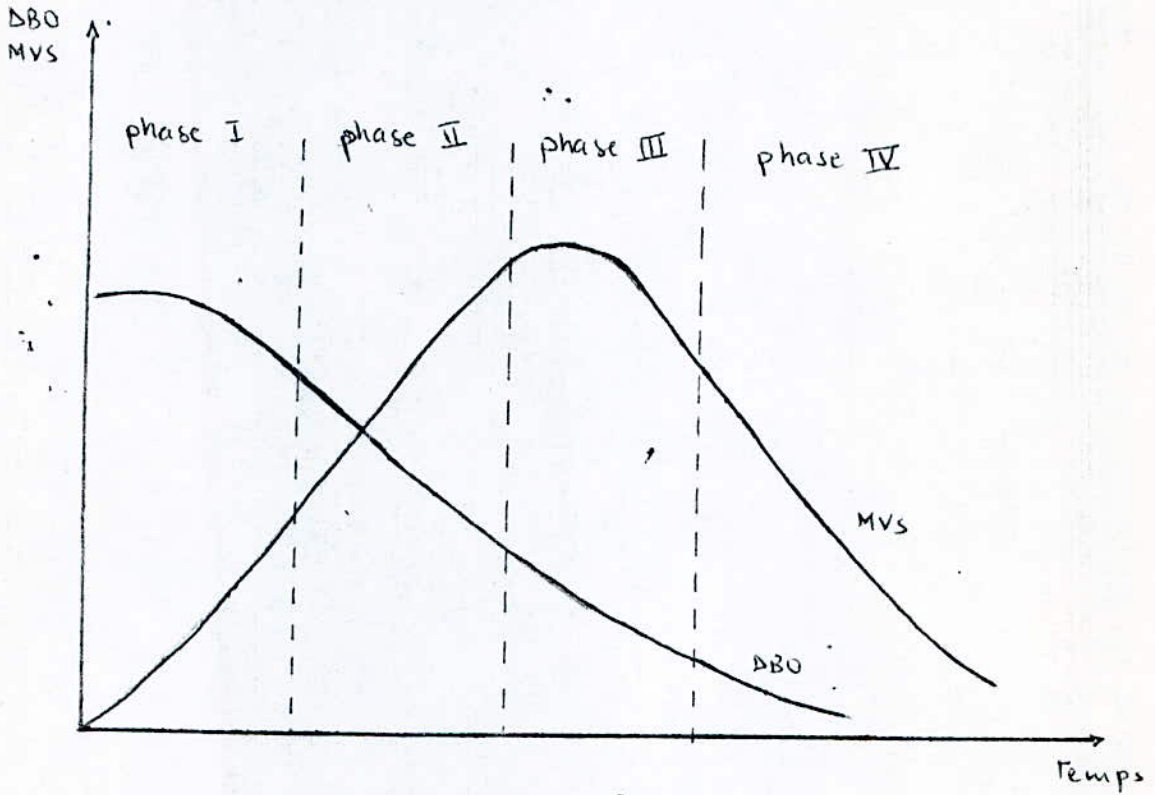


figure 3 Evolution de la DBO et des MVS dans un bassin

IV-1-3-4- EPURATION BIOLOGIQUE PAR BOUES ACTIVEES :

Le systeme a boues activees est une extension artificielle des phenomenes d'epuration naturels . Dans un cours d'eau ou riviere , des phenomenes entrant en jeu sont identiques a ceux presents dans les systemes a boues activees, seule varie la concentration en micro-organismes dans le milieu et a fortiori, la vitesse de la reaction de degradation .

a)- PRINCIPE DES BOUES ACTIVEES:

Le procede a boues activees est un systeme fonctionnant en continu dans lequel, des micro-organismes sont mis en contact avec les eaux usees contenant des matieres organiques . De l'oxygene est injecte dans le melange, permettant de fournir aux bacteries cet element vital a leurs besoins respiratoires. Les micro-organismes vont se developper rapidement et auront tendance a former des masses floconneuses plus ou moins compactes. Le floc bacterien ainsi defini, permettra l'oxydation des matieres biodegradables . En fait, le phenomene est plus complexe, puisqu'une partie des matieres organiques est assimilee et transformee en matiere cellulaire, et une autre portion est degradee par oxydation et l'energie recuperee sert a la synthese cellulaire .

Lorsque la nourriture est abondante, il ya alors un phenomene de stockage par les cellules qui l'utiliseront au fur et a mesure de leurs besoins . (4)

b)- ECOLOGIE MICROBIENNE DES BOUES ACTIVEES :

L'observation microscopique d'un echantillon de boues preleve dans le bassin d'aeration homogeneise par l'aerateur, est donc tres utile; y sont decelees une microflore et une microfaune . La premiere comprend :

- des bacteries libres , en general peu abondantes du fait de la predation exercee par les protozoaires.

-des filaments dont la presence en nombre important est indicateur d'anomalies (effluent septique, sous-aeration, etc...)

-de bacteries flocculees,qui donnent au floc un aspect carateristique.

la microfaune,souvent importante quantitativement,est constituee de protozoaires et de metazoaires faciles a reconnaitre.

les premiers comprennent:

-des flageles,qui se deplacent rapidement et se nourrissent souvent de substrat soluble . Ils sont donc, presents en grand nombre,indicateurs de mauvais rendement ou de demarrage de la station.Cependant,d'autres flageles,tels les MONAS,traduisent un bon rendement et une charge elevee.

-des celies,qui se classent en trois groupes:

1)-Les holotriches (cils sur tout le corps),qui se deplacent vite,se nourrissent de bacteries libres et caracterisent une boue en voie de floculation et\ou de charge elevee.

2)-Les peritriches(cils autour de l'entonnoir buccal)qui sont fixes par pedoncule,done depensent moins d'energie que les precedents.Ils se nourrissent aussi de bacteries libres,mais se developpent moins rapidement que les holotriches(aeration prolongee-moyenne carga).Ils sont,en general,exigents en oxygene,mais peuvent subir des instabilites passageres de l'equilibre d'ensemble.

-des hypotriches qui rampent et broutent le floc.Ils indiquent une boue bien flocculee et bien adaptee.

-des thecamebiens,sortes d'amibes installees dans les theques,peu mobiles et peu devoreurs d'energie,sont trouves dans les boues agees,stabilisees.

Quant aux metazoaires, dont les dimensions: 0,1 a 1mm sont plus importantes, ils sont presentes par :

- des rotiferes fixes, indicateurs d'un long temps de sejour, ou libres, indicateurs d'un bon traitement . Ils sont surtout presents dans les tres faibles charges.

- des nematodes, sortes de petits vers, en general peu sensibles a l'anaerobiose .

Cet ecosysteme, bien que simple, est donc deja suffisamment complexe pour qu'une attention soutenue soit apportee aux conditions de fiabilite des installations biologiques, dont les boues actives ne sont qu'un exemple . (6)

c)- RECIRCULATION DES BOUES :

La biomasse sortant du bassin aerateur est separee dans un decanteur secondaire. Une partie de la boue est recyclee dans le bassin aerateur . La liqueur mixte traverse le bassin et subit une epuration progressive . La vitesse de respiration des boues est tres elevee au debut du bassin, puis diminue en fonction de la duree d'aeration . Si l'epuration est totale, la demande en oxygene en fin de bassin est uniquement due a la respiration endogene des boues. Ce procede presente quelques desavantages dans le cas du traitement des eaux residuaires industrielles :

1- Les vitesses de consommation en oxygene ne sont pas uniformes; ceci conduit a une distribution irreguliere des aerateurs.

2- Les variations de la charge se repercutent directement en tete de station et peuvent ainsi compromettre l'epuration. Les boues sont directement en contact avec d'eventuels rejets acides ou basiques ou toxiques . (5)

IV-1-3-5- PARAMETRES SPECIFIQUES AUX BOUES ACTIVEES:

Les performances de l'épuration biologique, la production de biomasse en excès, la consommation d'oxygène, etc ... sont déterminées dans une large mesure par le rapport qui existe entre la quantité de substrat disponible, et la masse de micro-organismes présents pour détruire ce substrat .

a)- CHARGES APPLIQUEES:

Lorsque la biomasse présente est difficilement quantifiable (cas des lits bactériens par exemple), on exprimera la charge en pollution appliquée à l'installation par la notion de charge volumique C_v qui est égale au rapport entre la masse de pollution à détruire par unité de temps et le volume du réacteur biologique auquel est proportionnelle la biomasse présente .

$$C_v = \frac{\text{DBO5 entree}}{\text{volume du bassin}} \quad [\text{Kg} / \text{m}^3 \cdot \text{j}]$$

La DBO5 peut être remplacée par la DCO .

Lorsque la biomasse est mesurable par le biais par exemple des MES , MVS ou d'ATP , on définit la charge massique C_m telle que :

$$C_m = \frac{\text{DBO5 entree}}{\text{masse des micro-organismes}} \quad \left[\frac{\text{Kg DBO 5}}{\text{Kg biomasse}} \cdot \text{j} \right]$$

Plus la charge est élevée, plus il est nécessaire de recycler dans le bassin d'aération une partie des boues formées pour effectuer un reensemencement en micro-organismes .

On classe aussi les systemes d'epuration biologique suivant la charge appliquee :

systeme d'epuration	Cm
- Aeration prolonge (ou oxydation totale)	0,05 - 0,1
- Faible charge	0,1 - 0,2
- Moyenne charge	0,2 - 0,5
- Forte charge .	0,5 - 1
- Tres forte charge	1 - 5

b)- AGE DES BOUES :

C'est le rapport entre la quantite de boues dans le bassin et celle extraite quotidiennement . Il precise le temps de sejour moyen des boues dans l'aerateur . C'est, en general, cette quantite de boues excedentaires extraites qui selectionne la population bacterienne dans le bassin d'aeration et determine dans une certaine mesure ses performances .

En resume , nous presentons dans le tableau ci-apres les donnees et caracteristiques principales qui regissent un traitement par boues actives dans les bassin d'aeration .

Type de procede	: a forte charge	: Conventionnel (moyenne charge)	: a aeration extensive (tres faible charge)
Charge massique (Kg DBO5/Kg MES.j)	: 1,5 a 5	: 0,2 a 0,5	: 0,02 a 0,1
Duree de retention	: 2 a 3h	: 4 a 6 h	: de 12h a plusieurs jours
Consommation d'O2 (Kg d'O2/Kg DBO5 enlevee)	: 0,3 a 0,5	: 0,5 a 0,1	: 1,5 a 2
Production de boues en exces (Kg MES/Kg de DBO5)	: 0,75	: 0,55	: 0,15
Pourcentage de recyclage des boues (%)	: jusqu'a 300	: 10 a 50	: 50 a 100
Rendement de l'epurateur	: 60 a 75	: 85 a 95	: > 95

c)- INDICE DE MOHLMAN :

L'indice de mohlman est le rapport entre le volume de boues decantees en une demi-heure, et la masse de matieres en suspension contenue dans ce volume . L'indice de Mohlman peut etre utile pour prevoir une mauvaise decantation .

IV-1-3-8- L'AERATION DANS LES BASSINS A BOUES ACTIVEES :

Pour degrader les matieres organiques et se maintenir en vie, les bacteries consomment une certaine quantite d'oxygene apportee au moyen d'appareils appeles aerateurs .

On admet cependant, que les micro-organismes aerobies en suspension dans l'eau n'utilisent pas directement l'oxygene gazeux, et que celui que l'on se propose de leur fournir doit etre au prealable dissous dans l'eau .

On peut considerer qu'en fait, le phenomene de transfert de l'oxygene a lieu en trois etapes distinctes :

- Une premiere etape, tres rapide, au cours de laquelle il y a transfert des molecules d'oxygene de l'air vers la surface du liquide.
- Une seconde etape, au cours de laquelle s'etablit une diffusion des molecules d'oxygene a travers le film liquide ..
- Une troisieme etape, au cours de laquelle l'oxygene est melange intimement au liquide pqr des phenomenes de diffusion, de convection ou encore de turbulence .

Il s'avère que pour des niveaux de turbulence croissante, la surface du film est perturbée et le renouvellement du film est responsable du transfert d'oxygène au sein du liquide .

Le transfert d'oxygène est régi par la loi de Fick conduisant à l'équation de transfert d'oxygène donnée par :

$$\frac{dC}{dt} = K(C_s - C_l)$$

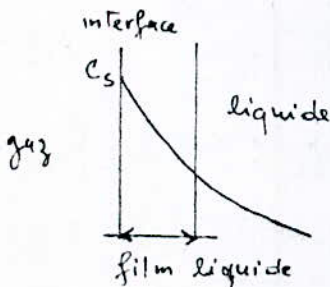
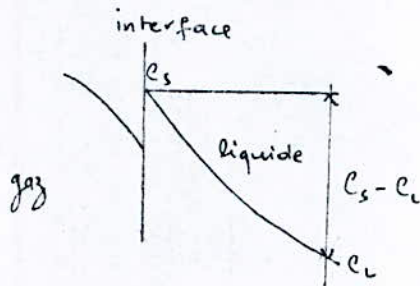
avec
 $\frac{dC}{dt}$

----- - vitesse de variation de la concentration en oxygène exprimée en [mg / l . h] .

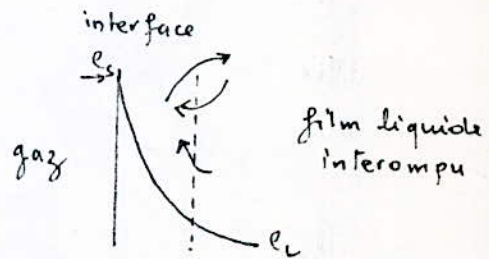
K - coefficient caractéristique du couple aérateur-bassin dans les conditions de l'essai . K dépend du volume, de la forme du bassin d'aération, de la température et de la nature du liquide à aérer . K est exprimé en [1/h]

C_s - la concentration en oxygène à saturation, mesurée à l'interface, exprimée en [mg/l] .

C_l - la concentration de l'oxygène dans l'eau . [mg/l] (2)



régime calme



régime turbulent

- Mécanisme de transfert d'oxygène [5]-

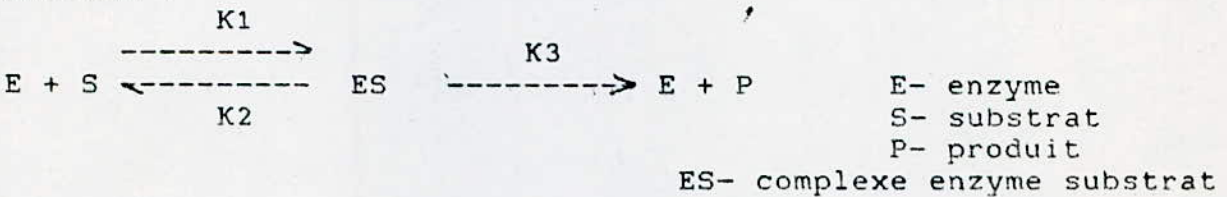
IV-2- CINETIQUE ENZYMATIQUE :

L'objet de la cinetique enzymatique est d'etablir les relations qui existent entre la vitesse de la reaction et les concentrations en substrat et en enzyme, ainsi que l'influence de certains facteurs : pH, temperature, presence d'inhibiteurs.

IV-2-1- L'EQUATION DE MICHAELIS-MENTEN :

A une concentration donnee en enzyme, la vitesse de la reaction enzymatique rs de transformation du substrat croit lorsqu'on augmente la concentration S en substrat .

Une description simple du mecanisme reactionnel global est le suivant :



En 1913, Michaelis et Menten ont suggere qu'en regime permanent, la vitesse de formation de ES est egale a sa vitesse de disparition

soit : $K1 [E] [S] = (K2 + K3) [ES]$

soit : $[ES] = \frac{[E] [S]}{K_m}$

avec $K_m = \frac{K2+K3}{K1}$ = constante de Michaelis

La concentration totale en enzyme (presente sous deux formes E et ES) est donnee par : $E_T = E + ES$

La vitesse de la transformation enzymatique sera donc :

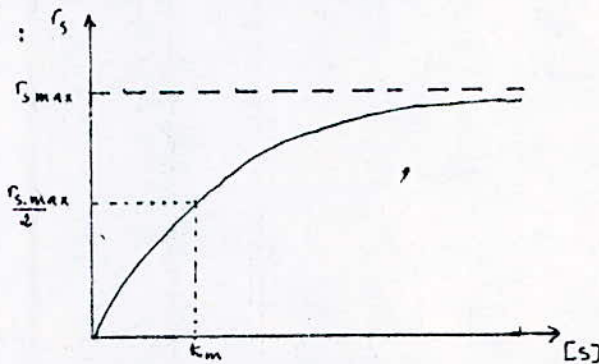
$$r_s = K_3 [ES] = K_3 [ET] \frac{S}{S + K_m}$$

Posant $r_s \text{ max} = K_3 [ET]$: vitesse maximale

on aura :

$$r_s = \frac{r_s \text{ max} \cdot S}{K_m + S} \quad -1-$$

Graphiquement, on a :



Selon la valeur de $[S]$, deux cas limites peuvent être envisagés

- pour $[S] \ll K_m$: $r_s = \frac{r_s \text{ max}}{K_m} \cdot S$

La vitesse de la réaction est alors proportionnelle à la concentration en substrat (réaction enzymatique d'ordre 1 par rapport au substrat) .

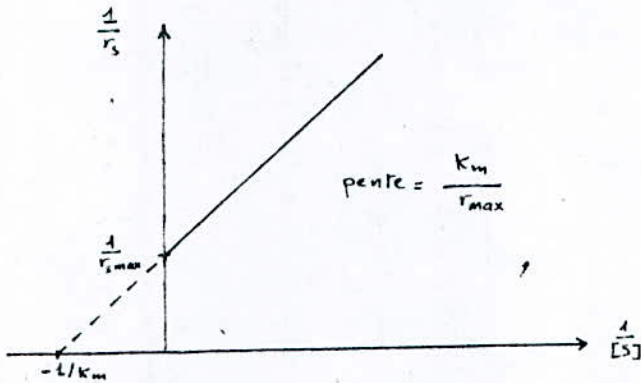
- pour $[S] \gg K_m$: $r_s \sim r_s \text{ max}$

La réaction enzymatique est d'ordre zero .

A partir de l'equation -1-, lorsque les resultats experimentaux obtenus en laboratoire donnent acces a l'information $r_s = f([S])$.

La linearisation de Lineweaver-Burk permet de determiner les parametres cinetiques K_m et $r_{s \max}$.

on aura alors :
$$\frac{1}{r_s} = \frac{1}{r_{\max}} + \frac{K_m}{r_{\max}} \cdot \frac{1}{[S]}$$



L'activite enzymatique est fortement influencee par la variation du pH du milieu, ainsi que sa temperature .

IV-2-2- INHIBITION DE L'ACTIVITE ENZYMATIQUE DES MICRO-ORGANISMES ----- PAR DES AGENTS TOXIQUES: -----

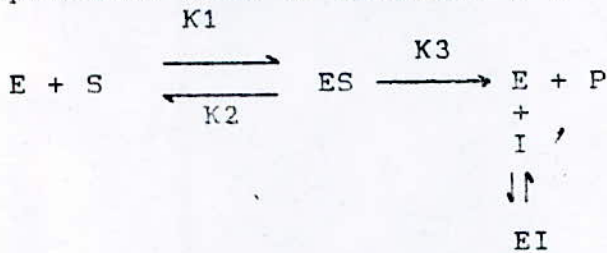
Certaines substances toxiques, a l'etat isole ou se trouvant dans la composition d'un effluent residuaire, peuvent entraver les processus d'epuration biologique en exerçant une action inhibitrice sur les micro-organismes d'epuration. Ce sont de telles proprietes inhibitrices que possedent par exemple les metaux lourds, les detergents et certains anions. Souvent, on observe que les memes substances peuvent etre a la fois biodegradables en solution diluee, et inhibitrices en solution plus concentree. (21)

Les types d'inhibitions qu'on rencontre généralement sont :

- L'inhibition compétitive;
- L'inhibition incompétitive;
- L'inhibition non compétitive ;
- L'inhibition par excès de substrat .

a)- INHIBITION COMPÉTITIVE :

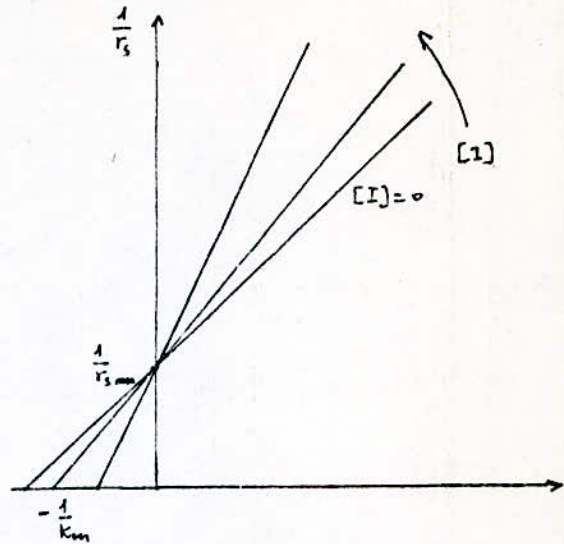
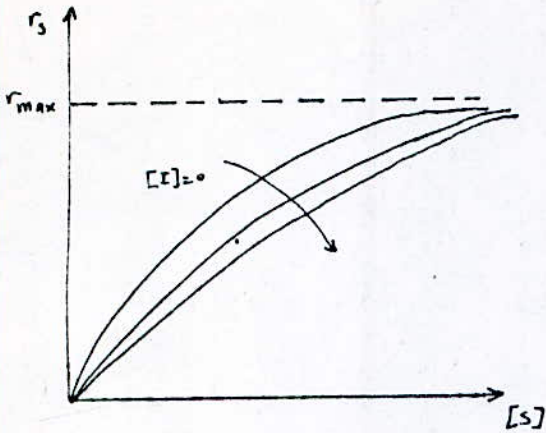
Cette inhibition a lieu lorsqu' une substance I autre que le substrat S vient se loger sur le site actif de l'enzyme empêchant ou limitant ainsi la fixation du substrat. L'inhibiteur I entre donc en compétition avec le substrat S .



En supposant l'état stationnaire pour le complexe ES et l'état d'équilibre pour la réaction $\text{E} + \text{I} \rightleftharpoons \text{EI}$, on aboutit à l'expression cinétique simple suivante :

$$r_s = \frac{r_{\text{max}} \cdot [\text{S}]}{K_m (1 + 1/K_I) + [\text{S}]}$$

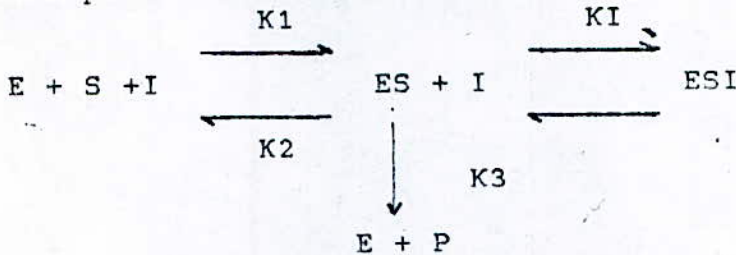
Où [I] désigne la concentration en inhibiteur et K_I la constante de dissociation de EI ($K_I = [\text{E}] \cdot [\text{I}] / [\text{EI}]$) ou constante d'inhibition .



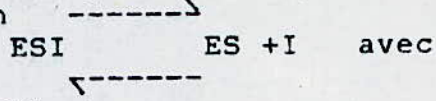
Comme exemple, on a le cas de l'acide malonique ((COOH₂)-CH₂) qui bloque la deshydrogenation de l'acide succinique en acide fumarique .

b)-INHIBITION INCOMPETITIVE:

C'est une inhibition par blocage du complexe ES . Il y a alors sur l'enzyme deux sites de fixation , l'un pour le substrat , l'autre pour l'inhibiteur.



En supposant l'état stationnaire pour le complexe ES et l'état d'équilibre pour la réaction



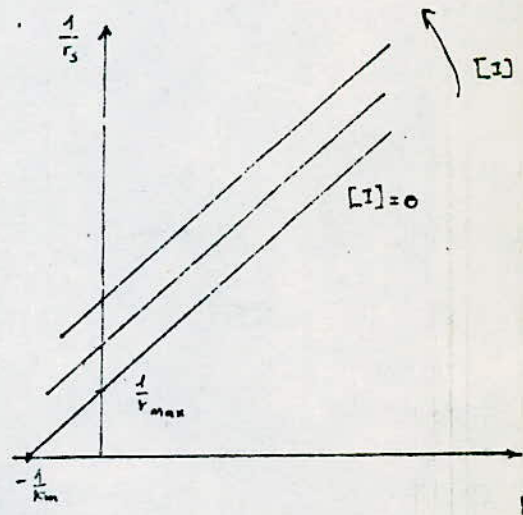
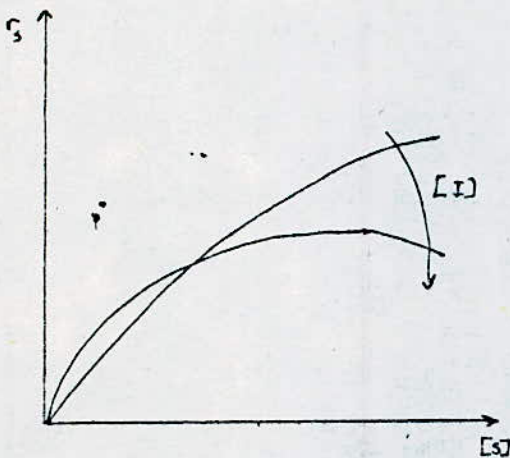
$K_I = \frac{[E][I]}{[EI]}$, on obtient:

$$r_s = \frac{r_{\max} [S]}{K_m \left(1 + \frac{1}{K_I} \right) + [S]}$$

ou encore, en posant :

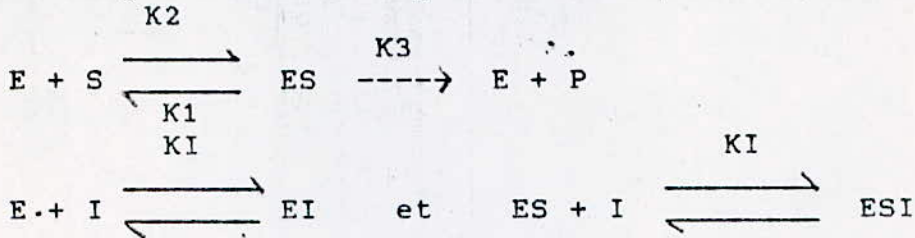
$$r'_{\max} = \frac{r_{\max}}{1 + 1/K_I} \quad \text{et} \quad K'_m = \frac{K_m}{1 + 1/K_I}$$

$$r_s = \frac{r'_{\max} [S]}{K'_m + [S]}$$



c)- INHIBITION NON COMPETITIVE :

L'inhibiteur se lie alors indifferemment a l'enzyme libre E ou au complexe enzyme-substrat ES, selon le mecanisme suivant :

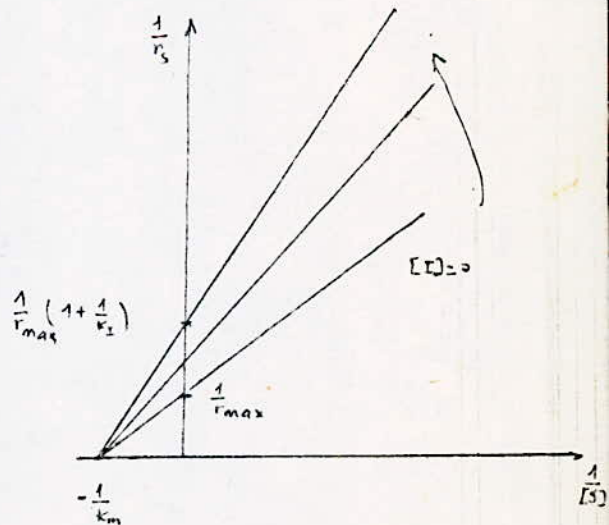
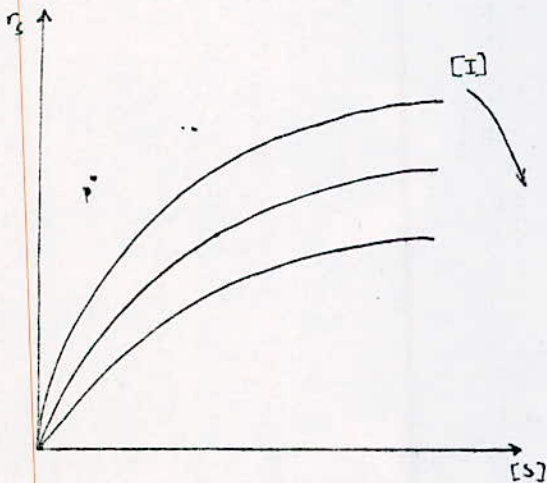


Dans une telle situation, l'inhibition ne diminue plus quand [S] augmente, mais depend uniquement de [I] .

Etude bibliographique montre que les ions [Cu 2+] obeissent a un tel modele . (19)

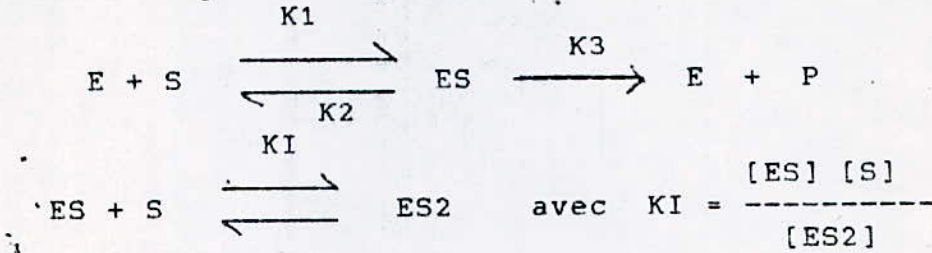
En supposant les concentration EI et ESI a l'equilibre, et le complexe ES a l'etat stationnaire, on obtient la loi cinetique suivante :

$$r_s = \frac{r_{\max} [S]}{K_m + [S] \left(1 + \frac{1}{K_I} \right)}$$



d) - INHIBITION PAR EXCES DE SUBSTRAT :

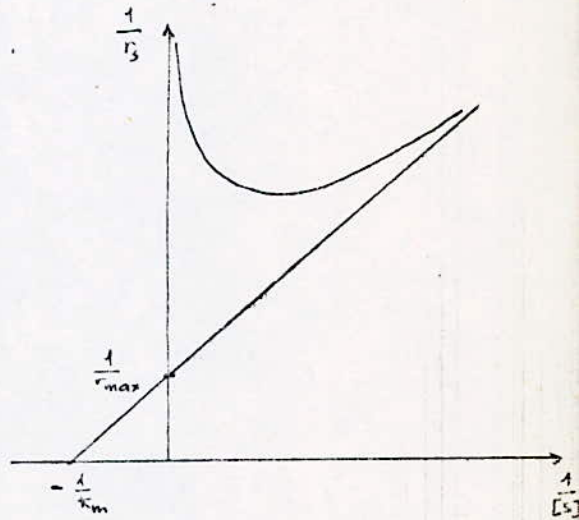
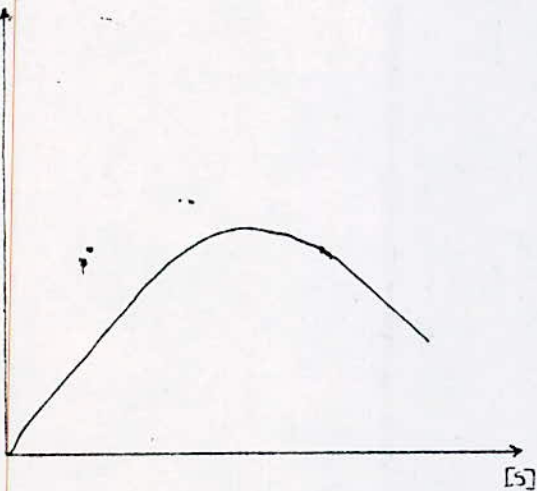
Lorsque le substrat est present en forte concentration, la vitesse de la reaction enzymatique peut diminuer (au lieu de rester a sa valeur maximale) par suite de l'interaction entre le substrat et le complexe ES pour donner un nouveau compose inactif (15) .



on aura alors :

$$r_s = \frac{r_{\max} \cdot S}{K_m + S + S \cdot S / K_I}$$

qui ne reprend plus a la forme definie par Michaelis-Menten. l'exemple type d'une telle inhibition est donne par le blocage de la methanisation en presence d'exces d'acide acetique .



Il faut noter que dans les boues activees, la micro flore est si diversifiee qu'il est tres difficile d'aboutir a un modele strict et bien defini . Le suivi de l'ATP lui-meme ne reproduit d'ailleurs pas fidelement l'activite enzymatique des micro-organismes epurateurs .

De meme, il faut noter qu'on n'arrive pas encore a connaitre exactement le mode d'action des inhibiteurs . On formule et on explique generalement leur action soit :

- par fixation sur certains sites enzymatiques dont ils bloquent le fonctionnement .
- par denaturation des enzymes par modification de leur conformation .
- par alteration de la permeabilite des membranes cellulaires et l'equilibre entre le milieu de culture et le cytoplasme est perturbe.

IV-2-3- MISES EN EVIDENCE ET MESURE DE L'EFFET INHIBITEUR :

L'inhibition ou la toxicite d'un compose ou d'un effluent vis-a-vis des micro-organismes epurateurs peut-etre mise en evidence par les voies suivantes :

- a) - Valeurs mesurees de DBO5 croissante avec la dilution utilisee lors de la realisation de la mesure de DBO5 .
- b) - Diminution de la DBO5 d'une solution de substance biodegradable et non inhibitrice tel que le glucose a laquelle se trouve ajoute le compose ou l'effluent par rapport a un temoin (solution de substance biodegradable seule) .
- c) - Mesure directe de l'influence de l'addition de l'effluent sur l'activite biologique d'un echantillon de micro-flore epuratrice. Cette activite sera mesuree par :

- des techniques respirometriques qui donnent la vitesse de consommation d'oxygene en aerobiose ou de production de methane en anaerobiose .

- mesure biochimique en rapport avec la biomasse : mesure de l'ATP.

- tests specifiques, tel que le test Microtox qui donne l'intensite luminescente de certaines cultures bacteriennes .

La methode a connu sous le nom de methode de OFFHAUS decrite dans (12) permet de determiner le % d'inhibition d'une maniere graphique. La methode consiste a determiner :

- la courbe de DBO de l'effluent en fonction du temps (courbe 1)
- la courbe de DBO d'une solution de peptone a la concentration C_p (courbe 2) .
- la courbe de DBO de l'eau a traiter additionnee de peptone pour realiser la meme concentration (courbe 3) .

En l'absence de substance inhibitrice ou toxiques, la courbe 3 doit coincider avec la somme des courbes 1 et 2 . Dans le cas contraire, la difference entre les deux courbes resulte de l'action inhibitrice .

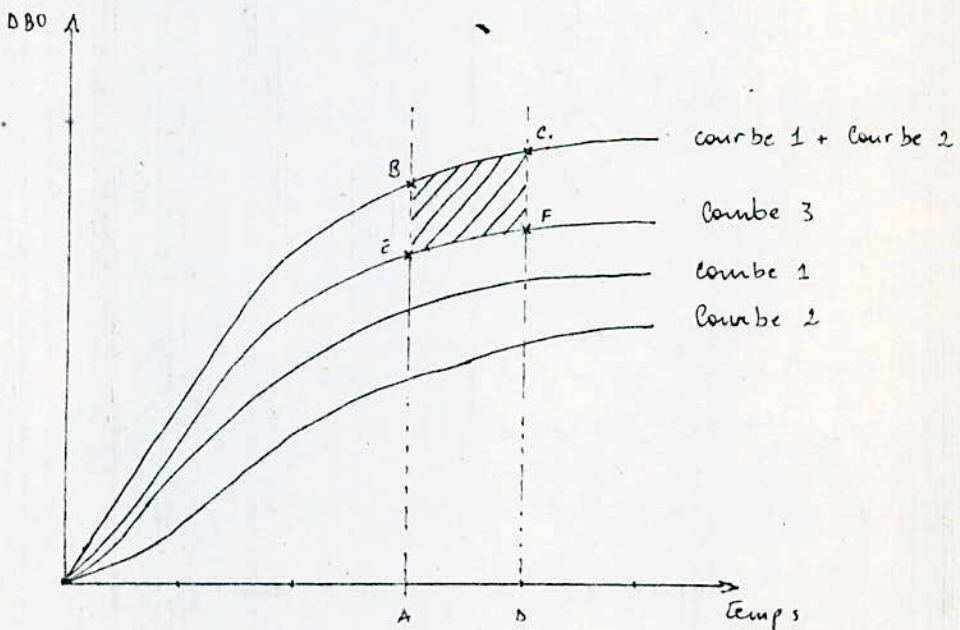


Figure n° 5 Effet inhibiteur des toxiques
- d'après methode OFFHAUS [12] -

La representation graphique donnee en figure n 5 donne le pourcentage inhibiteur d'apres :

$$\% \text{ inhibiteur} = \frac{\text{aire EBCF}}{\text{aire ABCD}}$$

En ce qui concerne notre etude, nous avons choisi plutot une methode similaire a celle donnee au point b par le suivi de la DCO avec et sans inhibiteur, car la methode OFFHAUS necessite un respirometre dont nous ne disposons pas .

IV-2-4- ADAPTATION DES MICRO-ORGANISMES AU MILIEU AGRESSIF :

L'etude de l'inhibition ne doit pas faire passer sous silence le pouvoir et la capacite d'adaptation ou d'acclimatation de la flore et de la faune aux modifications du milieu vital et a l'introduction de toxiques .

cette adaptation peut s'accomplir par le fait que, dans l'apport de substances nutritives, un ou plusieurs corps jouent le role de provocateurs ou d'inducteurs d'un mecanisme de regulation par lequel s'effectue la production de l'enzyme ou du groupe d'enzymes necessaires a l'assimilation des substances nutritives (synthese provoquee d'enzymes) .

Une adaptation se produit aussi par une selection d'especes de micro-organismes de telle sorte que puissent se produire les associations vitales les mieux adaptees a l'apport de substances nutritives ou au milieu ambiant .

Ces deux types d'adaptations peuvent s'effectuer conjointement . Dans une certaine mesure, il peut également se produire une adaptation des micro-organismes meme a des concentrations elevees en produits toxiques . C'est le cas de l'adaptation aux composes cyanures extremement toxiques pour des teneurs inferieures a 2 mg / l , mais qui peuvent , dans des installations biologiques bien acclimees, etre fort bien degradees lorsque leur concentration atteint 50 mg / l .

La vitesse a laquelle s'effectue l'acclimatation des micro-organismes est tres variable. Dans bien des cas, il faut des semaines . (22)

Partie experimentale

V - MESURES ET EVALUATIONS :

V-1- INTRODUCTION :

L'inhibition des micro-organismes par un toxique dans un bassin d'aeration est un processus normal, surtout s'il s'agit d'un traitement d'eaux usees industrielles generalement chargees en metaux lourds et en d'autres substances qui peuvent inhiber la croissance de la microflore epuratrice de l'eau .

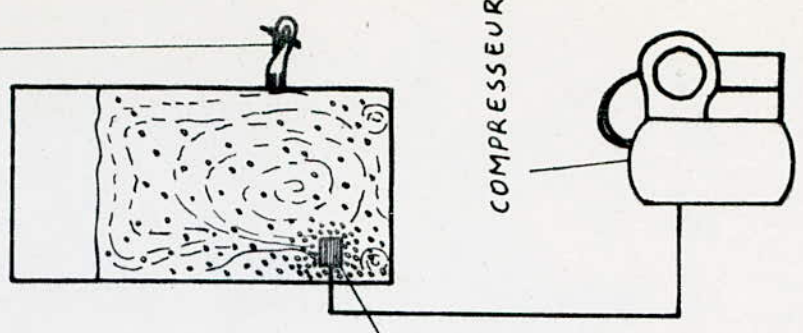
Pour etudier l'action inhibitrice d'un toxique sur les boues activees en laboratoire, il faut simuler un bassin d'aeration (reacteur aerobie) avec toutes les conditions inherentes dont la plus difficile est la stabilisation des micro-organismes a un certain age de boues et a un substrat donne .

V-2- DESCRIPTION DE L'APPAREILLAGE:

Notre appareillage qui est presente schematiquement en figure n 5 se compose de deux grands bacs de 44,8 x 12,5 x 30 cm³, et chaque bac est divise en quatre cellules de 11,2 x 12,5 x 30 cm³ munies de deux diffuseurs d'air et d'un robinet de purge chacune.

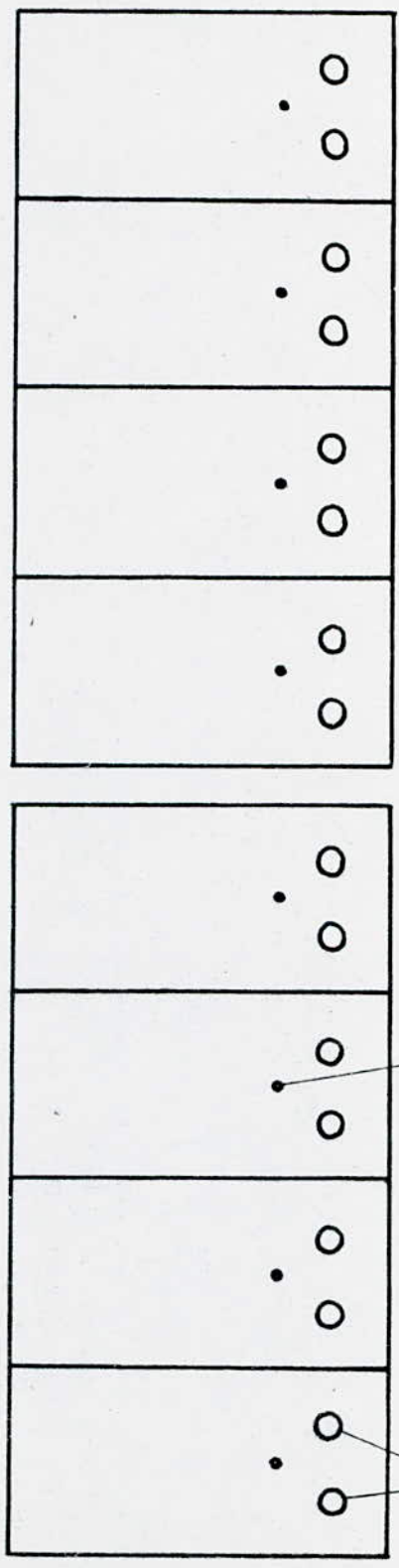
Les bacs que nous avons realises sont en plexiglas . Toutes les operations d'alimentation, de recyclage des boues et de prelevements d'echantillons auront lieu de maniere discontinue .

ROBINET DE PURGE



COMPRESSEUR

DIFFUSEUR D'AIR



ROBINET DE PURGE

DIFFUSEUR D'AIR

MONTAGE EXPERIMENTAL (BASSIN AERATEUR)

Figure n°5

V-3- ESSAIS D'INHIBITION :

V-3-1- CHOIX DE LA METHODE DE MESURE DE L'INHIBITION :

Le choix de la methode devrait tenir compte aussi bien du but recherche que de la disponibilite des moyens .

Comme cite auparavant, nous avons opte pour la mesure de l'inhibition d'abord, par la methode basee sur le suivi de la diminution de la DCO d'une solution synthetique de substance parfaitement biodegradable, le glucose, auquel on ajoute le compose inhibiteur a des doses croissantes .

La comparaison avec le temoin des parametres DCO, MES et MVS ainsi que les representations graphiques des lois des cinetiques etablies devraient nous permettre d'aboutir aux constantes d'inhibition qui sont caracteristiques du compose etudie , independantes du dispositif experimental.

Dans le cas d'une substance parfaitement biodegradable comme le glucose, la DCO remplace aisement la DBO5, et l'erreur commise lors de l'assimilation de la biomasse active aux valeurs de MES ou MVS reste minime (les MVS representent environ 80 % de la biomasse active) .

V-3-2- METHODOLOGIE :

Notre travail experimental devrait comprendre deux etapes; une premiere consacree a la stabilisation des boues activees et une deuxieme etape, devisee en deux parties, concerne l' etude de l'inhibition des micro-organismes par une solution de sulfure de sodium a differentes concentrations . La deuxieme partie etant consacree a l'etude de l'inhibition engendree par l'eau residuaire industrielle issue de la tannerie- megisserie de Rouiba .

Le travail se fera en systeme discontinu qui offre une grande securite quand au fonctionnement experimental et qui aboutit pratiquement au meme resultat qu'en systeme continu .

V-3-2-1- STABILISATION DES BOUES ACTIVEES :

Les boues actives sont ramenees directement du bassin aerateur de la station d'epuration de Baraki .

La solution synthetique utilisee comme alimentation se compose de :

Glucose	1000 mg
Sulfate d'ammonium	500 mg
Mg SO ₄ , 7H ₂ O	100 mg
FeCl ₃ , 6H ₂ O	0,5 mg
CaCl ₂	7,5 mg
KH ₂ PO ₄	527 mg
K ₂ HPO ₄	1070 mg
Eau	q.s.p. 1000 ml .

Ce milieu presente une DCO de 2000 mg/l .

Les bacs de boues actives sont alimentes de facon a avoir au debut une DCO dans le bac de 400 mg/l .

Dans les jours suivants, l'alimentation se fera d'une maniere croissante de facon a avoir au bout d'une semaine une DCO initiale ou DCO d'entree de l'ordre de 2000 mg/l .

Des le 4eme jour d'alimentation nous avons lance l'operation de recyclage des boues .

Les ages de boues choisis sont resumes dans le tableau n 3

Tableau n 3: ages de boues choisis lors de la stabilisation de la biomasse .

n de cellule :	1	2	3	4	5	6	7	8
Age des boues: (θ) (1/j):	8	6	6	6	6	6	5	4
volume purge (ml) *	312,5	416	416	416	416	416	500	625

*: le volume purge correspond a $v = \frac{2,5}{\theta}$

Dans ces conditions d'experimentation, l'etat d'equilibre sera atteint lorsque les conditions suivantes seront verifiees .

- DCO ~ Canstante . Il s'agit de la DCO de l'effluent traite 24 h apres alimentation .

MVS

- ---- ~ constante .

MES

- si les deux conditions ci-dessus sont verifiees, on doit avoir aussi $MVS \sim X$. avec $Q.Y (S_0 - S_e)$

$$X = \frac{Q.Y (S_0 - S_e)}{V_a (1/\theta + K_d)} \quad (16). \quad X - \text{Concentration en biomasse.}$$

Cette formule est etablie pour un reacteur continu avec :

Q - debit de l'alimentation . Q = 100 ml/j

V_a - Volume de chaque reacteur . V_a = 2,5 l

θ - l'age de boues

Y = $\frac{dX}{dS}$ - rendement de trasformation du substrat pour le

K_d - Coefficient de respiration endogene. En general ce coefficient est tres faible et poura etre negligé .

- Exces de substrat
- age des boues assez faible . Les boues que nous utilisions etait deja adaptees a un age plus eleve, d'ailleurs nous remarquons que les bacs les plus performants etaient ceux qui possedaient l'age de boue les plus eleves. Cependant le temps qui nous etait imparti pour cette etude nous limitait dans le choix des ages plus eleves.
- Influence nefaste de l'atmosphere du labo. En effet un groupe de collegues travaillait sur l'aeration d'un effluent de tannerie fortement charge en hydrocarbures. Ces hydrocarbures se degageaient a cote du compresseur qui les aspirait et les refoulait avec l'air dans nos cellules. Ce systeme travaillant 24 h / 24 h , il est donc probable que cela ait aussi contribue a l'inhibition de la biomasse .
- et enfin nous supposons qu'on a ete confrote au phenomene du "wash-out" c'est a dire le lessivage des boues qui sont emportees par la purge plus rapidement qu'elles ne croissent .

Le troisieme essai que nous entamions en tenant compte des precautions a prendre et aux corrections a faire fut malheureusement interrompu par la deterioration du compresseur .

V-3-2-3- DEUXIEME METHODOLOGIE EXPERIMENTALE :

Apres s'etre procure un autre compresseur, et en vertu du temps qui nous restait, nous decidions d'un commun accord avec nos promoteurs d'opter pour une nouvelle methodologie de travail.

Cette methodologie consistait a simuler exactement le bassin d'aeration de la station d'epuration de Baraki et cela aussi bien en ce qui concerne les boues, l'age de celles-ci que la nature de leur alimentation. L'alimentation se fera desormais en eau usee homogeneisee prelevee a la station de Baraki . Le recyclage des boues se fera pour un age de boues de 10 jours qui correspond a celui des boues en activite a Baraki et stabilisees au meme rejet utilise . L'inconvenient de cette methode reside dans le fait que l'alimentation peut contenir des inhibiteurs qui entreront en synergie avec celui que nous testerons. Avant de proceder a l'essai d'inhibition, nous procederons sur une periode de quelques jours a une sois-disante acclimatation des boues a leur nouvel environnement; l'alimentation en eau usee se faisait deux foix par

jour avec une DCO de 500 et 1000 mg O₂/l . Pendant ces jours d'observation, la DCO passait selon les bacs consideres d'environ 500-600 mg O₂/l a une DCO residuaire d'environ 50-100 mg O₂/l , soit un rendement de l'ordre de 80 %. Le taux de MES est de l'ordre de 2,2 g/l, celui des MVS de l'ordre de 1,3 g/l .

A titre d'exemple nous representons le suivi de la variation de la DCO sur des intervalles de 24 heures . voir figure 6 .

V-3-3- INHIBITION DES MICRO-ORGANISMES D'EPURATION PAR LES

SULFURES :

V-3-3-1- PRINCIPE ET RESULTATS DE L'EXPERIENCE :

L'inhibition sera etudiee dans les cellules verifiant les conditions d'equilibre citees auparavant; pour eviter la volatilisation des sulfures sous forme de gaz H₂S lors de l'aeration des cellules, nous avons basifie le milieu des boues actives a un pH egale a 8,6. A ce pH les sulfures restent en solution sous forme de S⁻⁻ .

Les doses croissantes de sulfures injectees dans les cellules ou sera suivie l'inhibition s'elevent a 0; 5; 15; 50 et 100 mg S⁻⁻ par litre . La cellule avec [S⁻⁻] = 0 sera prise comme temoin .

L'alimentation des cellules se fait avec un volume de 100 ml d'eau usee plus 10 ml de solution de sulfure de sodium a une dose telle, qu'une fois en cellule, elle atteindra la concentration en S⁻⁻ ci dessus .

Des prelevements de 60 ml de boues a des intervalles de temps determines seront effectues pour l'analyse de la DCO residuaire, des MES et des MVS, un controle du pH et son maintien a la valeur de 8,6 avec une solution de soude est necessaire . Les resultats obtenus sont representes sur les tableaux n 3,4,5,6 et 7 .

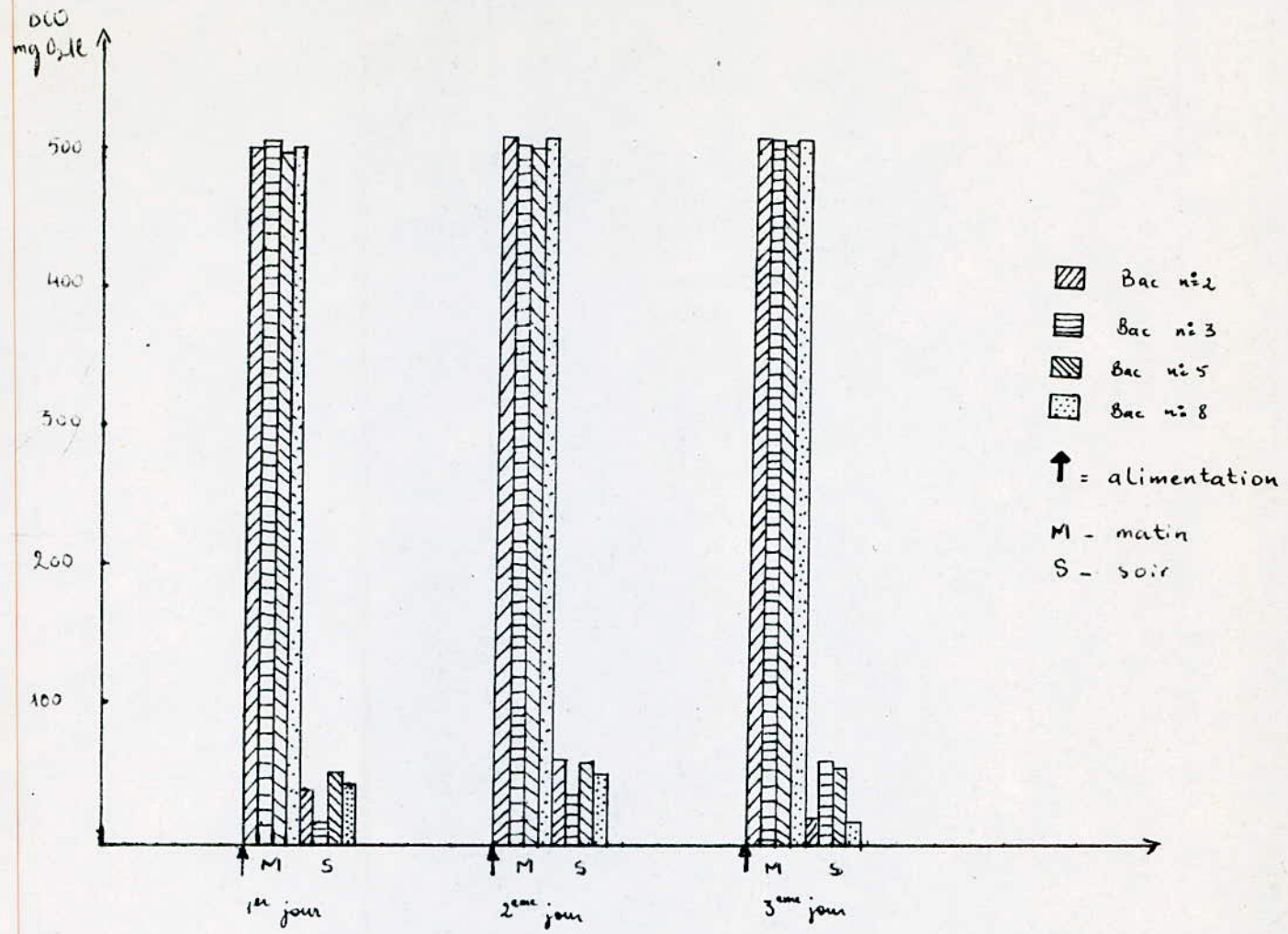


fig 6 : suivi dans le temps de l'abattement de la DCO

solution témoin $[S^{2-}] = 0 \text{ mg/l}$

temps (h)	t_1	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO (mg/l)	128,8	624	-	480	457,6	374,4	152	-	187,6
MVS (g/l)	0,79	0,71	0,77	0,80	0,71	0,77	0,57	0,77	0,73
MES (g/l)	1,44	1,39	1,19	0,38	1,22	1,27	1,14	1,00	0,94
pH	8,60	8,60	8,53	8,47	8,49	8,50	8,48	8,51	8,54

tableau n° 3

inhibiteur $[S^{2-}] = 5 \text{ mg/l}$

temps (h)	t_1	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO (mg/l)	270,4	644,8	-	570	540,8	416	374,4	-	208
MVS (g/l)	0,80	0,73	0,79	0,84	0,81	0,74	0,87	0,71	0,70
MES (g/l)	1,66	1,37	1,22	1,24	1,27	1,21	1,36	1,07	0,96
pH	8,60	8,60	8,26	8,18	8,16	8,14	8,02	8,19	8,30

tableau n° 4

inhibiteur $[S^{2-}] = 15 \text{ mg/l}$

temps (h)	t_1	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO (mg/l)	62,4	499,2	416	353,6	332,8	603,2	416	395,2	270,4
MVS (g/l)	0,90	0,89	0,96	1,01	1,00	0,93	1,02	0,67	0,48
MES (g/l)	1,00	0,68	1,15	1,35	1,53	1,27	1,33	1,16	0,96
pH	8,60	8,60	8,52	8,50	8,43	8,40	8,44	8,46	8,49

tableau n° 5

inhibiteur [S⁻] = 50 mg/l

temps (h)	t ₋₁	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO (mg/l)	104	540,8	540,8	499,2	478,4	520	644,8	561,6	457,6
MVS (g/l)	0,87	0,87	0,73	0,96	0,47	0,82	1,59	0,70	0,45
MES (g/l)	1,00	0,87	1,16	1,19	0,94	1,17	1,10	1,02	0,76
pH	8,60	8,60	8,59	8,58	8,57	8,58	8,43	8,42	8,40

Tableau n° 6

inhibiteur [S⁻] = 100 mg/l

temps (h)	t ₋₁	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO (mg/l)	253,6	707,2	474,4	474,4	478,4	603,2	644,8	686,4	700,2
MVS (g/l)	0,84	0,98	0,82	—	0,97	0,96	0,87	0,69	0,37
MES (g/l)	0,94	1,00	1,29	1,31	1,43	1,30	1,40	1,31	1,04
pH	8,60	8,60	8,6	8,54	8,53	8,48	8,49	8,40	8,38

Tableau n° 7

Dans les tableaux, le temps $t-1$ représente le temps avant l'alimentation en substrat et le temps t_0 représente le temps correspondant à l'injection de l'alimentation et de l'inhibiteur.

La représentation graphique de l'évolution des paramètres DCO et MVS est reportée successivement sur les figures 7 et 8 .

V-3-3-2- EXPLOITATION DES RESULTATS:

En étudiant qualitativement les courbes donnant l'évolution de la DCO en fonction du temps, nous remarquons d'abord que, par rapport au témoin, les sulfures introduits dans le "batch" exercent selon leur concentration une influence variable et plus ou moins importante sur la dégradation du substrat . Le résultat qualitatif est donc en conformité avec les études qui ont montré le caractère fortement toxique des sulfures sur divers organismes vivants (Daphnia, poissons, etc...) . [1,2]

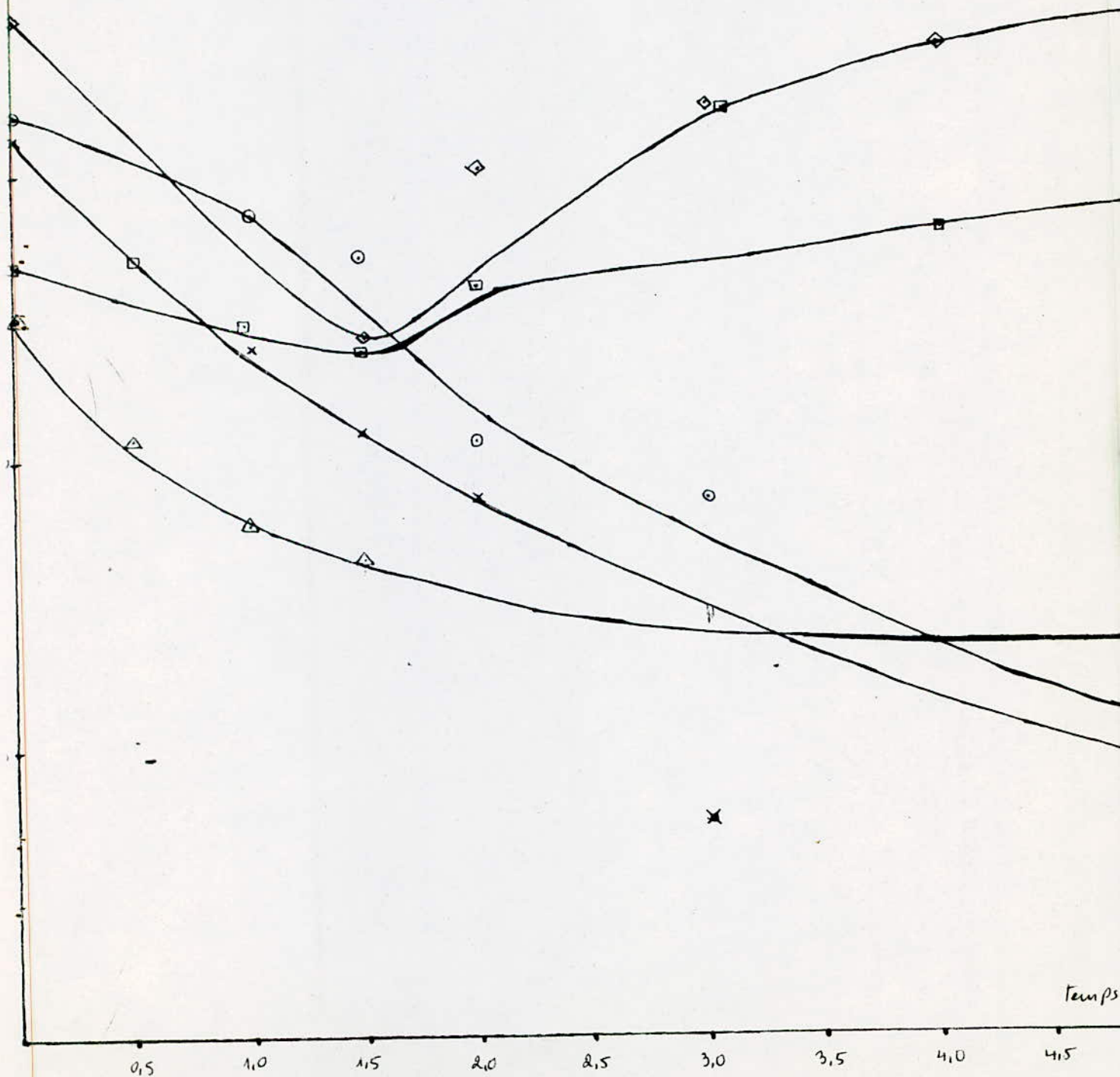
Nous remarquons d'autre part que, souvent, dans le même "batch" l'évolution en fonction du temps de la DCO n'est pas régulière et que les courbes obtenues donnent plutôt une tendance qu'un résultat qualitatif . Ceci peut s'expliquer, d'une part par la complexité de l'interaction avec l'inhibiteur, et d'autre part des imperfections dans les prélèvements et l'homogénéisation des échantillons pour l'analyse des divers paramètres .

Cependant, nous noterons qu'à des teneurs en sulfures supérieures à 15 mg/l, la dégradation biologique présente un comportement nettement significatif et différent de l'évolution qu'on observe habituellement dans les traitements biologiques. En effet, les courbes pour $[S^{--}] = 50$ mg/l et $[S^{--}] = 100$ mg/l montrent tout d'abord une faible diminution de la DCO, qui suit ensuite une évolution croissante avec un minimum après un temps de traitement d'environ 1 h 30 mn . Cette augmentation de DCO est probablement due à la lyse bactérienne à cause de la forte concentration en sulfures et à l'extinction totale de l'activité des micro-organismes .

Evolution de la DCO lors de l'inhibition par les sulfures

DCO (mg/l)

- x témoin
- inhibiteur 5 mg/l S²⁻
- △ inhibiteur 15 mg/l S²⁻
- inhibiteur 50 mg/l S²⁻
- ◇ inhibiteur 100 mg/l S²⁻
- T = 20°C



- Evolution des MVS lors de l'inhibition par les sulfures -

- x: $[S^{2-}] = 0$ mg/l.
- o: $[S^{2-}] = 5$ mg/l.
- Δ : $[S^{2-}] = 15$ mg/l.
- \square : $[S^{2-}] = 50$ mg/l.
- \diamond : $[S^{2-}] = 100$ mg/l.

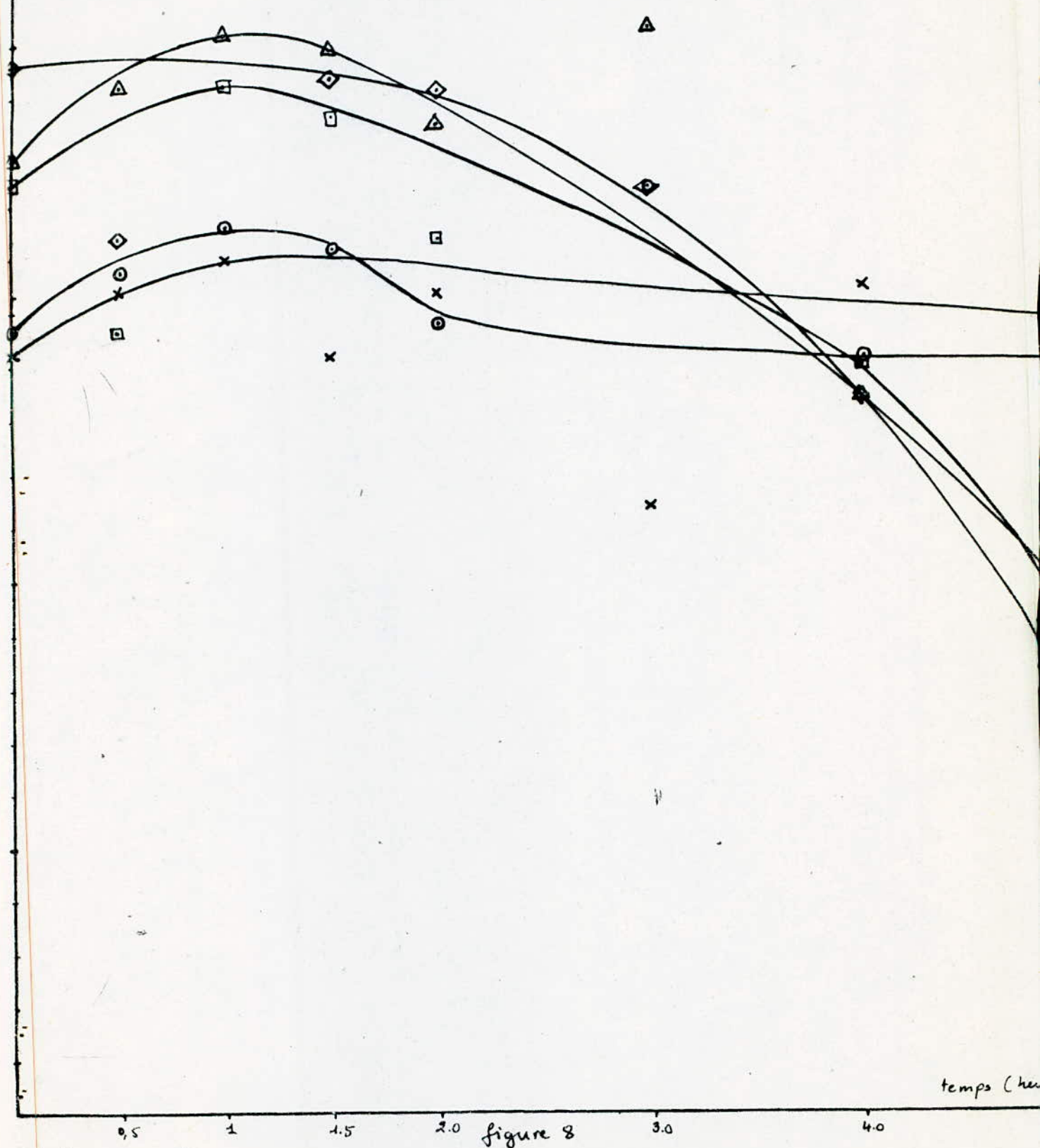


figure 8

temps (heures)

Les sulfures rendent le milieu fortement reducteur et l'oxygene introduit n'apporte plus l'effet desire. Ainsi, la phase endogene est rapidement atteinte et les DCO mesurees correspondent pratiquement a la DCO initiale. Cette evolution de la DCO est en bonne correlation avec l'evolution de la biomasse ou on observe, pour des teneurs en sulfures superieures a 15 mg/l et apres une duree de traitement 1 h 30 mn, une constante et forte diminution des MVS .

Au bout d'un temps de sejour de 5h, le taux de MVS ne s'eleve plus qu'a un tiers du taux initial .

L'exploitation quantitative des resultats de l'experience est representee dans le tableau n 8 .

Dans ce tableau, nous representons le pourcentage de rendement dans l'abattement de la DCO initiale pour divers concentrations de l'ion inhibiteur S-- et le pourcentage d'inhibition i lors des diverses experiences. Le parametre d'inhibition i est calcule par rapport a la reference-temoin a laquelle on attribue un pourcentage relative de l'abattement de la DCO egale a 100 %.

Les taux d'inhibition i ainsi obtenus sont representes graphiquement dans la figure 9 .

Ces taux correspondent a l'inhibition exercee sur un temps de sejour de 5 heures, temps qui correspond a celui qu'on rencontre habituellement dans les bassins a boues activees dans les systemes conventionnels de traitement des eaux .

La representation graphique du taux d'inhibition nous donne une inhibition quasi-totale pour les concentrations en sulfures de l'ordre de 50 mg/l . Une extrapolation approximative nous donne un taux d'inhibition de 50 % pour une concentration de l'ordre de 20 mg S--/l .

Qualitativement vue, l'inhibition etudiee est tres faible a des teneurs en sulfures inferieures a 5 mg/l et elle croit ensuite d'une maniere exponentielle pour atteindre la saturation correspondant a l'inhibition totale a partir d'une teneur en sulfures d'environ 50 mg/l .

L'auteur H.ROQUES [12] cite une source qui donne un seuil de toxicite des sulfures en epuration biologique qui est compris entre 5 et 25 mg S--/l .

Par comparaison a nos resultats, nous pensons que la valeur limite superieure indiquee par l'auteur est trop elevee car elle engendre deja une inhibition de plus de 50 % qui n'est plus tolerable en traitement biologique performant .

Malheureusement, pour des raisons que nous avons citees en introduction, nous n'avons pu atteindre qu'une approche du probleme pose par l'inhibition des sulfures car l'objectif qu'on s'etait fixe etait de determiner la constante cinetique max du systeme etudie en variant l'age des boues, et par la d'aboutir a la nature de l'inhibition (competitive ou non competitive), a la constante d'inhibition Kd et a la teneur minimale en sulfures au au-dela de laquelle il n'ya pas d'inhibition .

: [S--] (mg/l) :	0	:	5	:	15	:	50	:	100	:
: So (mg/l) :	624	:	644,8	:	499,2	:	540,8	:	707,2	:
: Se (mg/l) :	187,6	:	208	:	270,4	:	550 (a)	:	700	:
: P% = $\frac{So-Se}{So}$:	69,93	:	67,74	:	45,83	:	0	:	0	:
: P % :	100	:	96,86	:	65,53	:	0	:	0	:
: i = $\frac{100-P}{100}$:	0	:	3,14	:	34,47	:	100	:	100	:

tableau n 8 donnant les pourcentages d'inhibition .

(a) - valeur prise de la representation graphique .

variation du taux d'inhibition en fonction de la concentration en sulfures

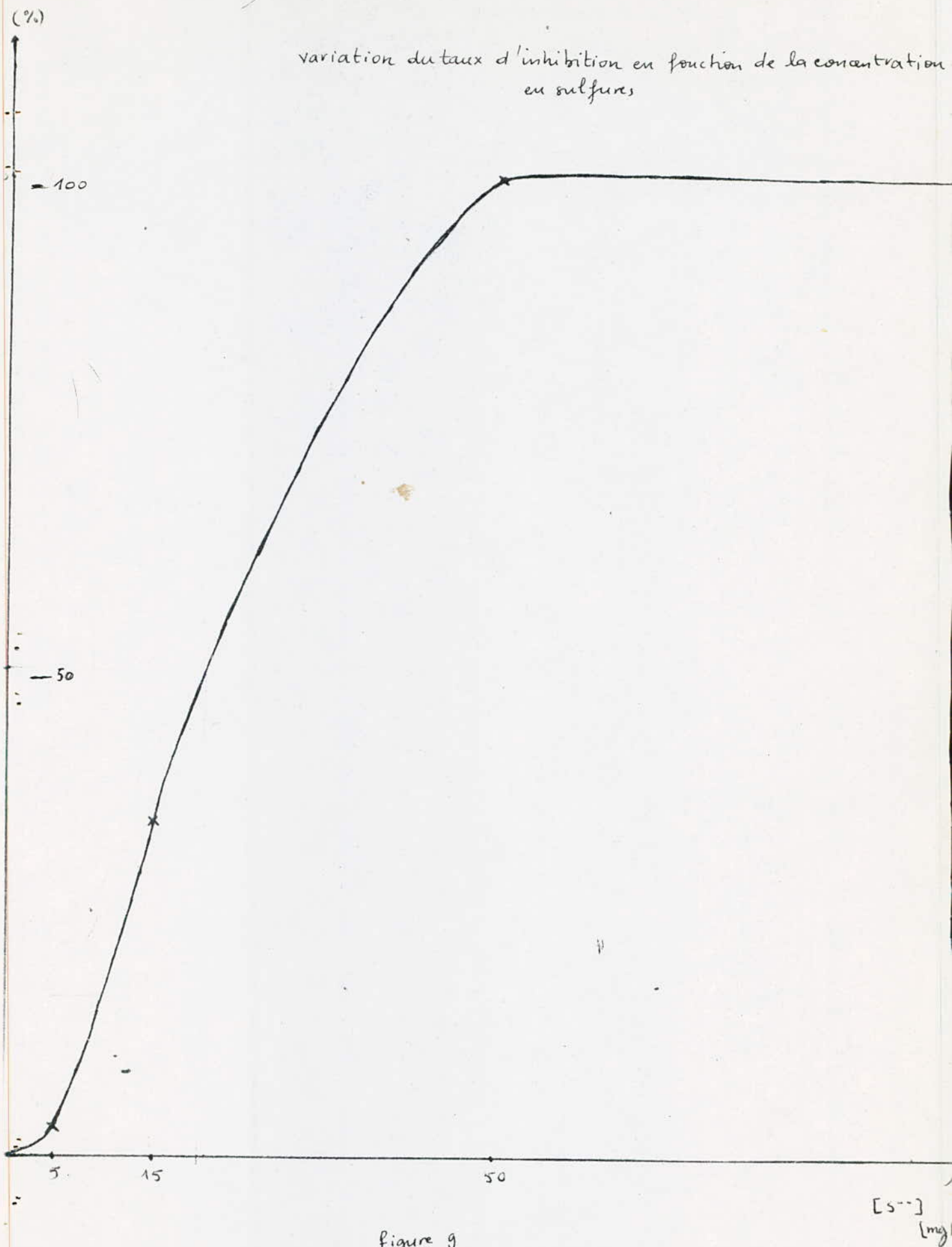


figure 9

[S²⁻]
[mg]

V-3-4- INFLUENCE DES REJETS DE TANNERIE SUR LE TRAITEMENT

BIOLOGIQUE :

V-3-4-1- PRINCIPE ET RESULTATS DE L'EXPERIENCE :

Les eaux des differents ateliers ne se rejoignent guere au meme moment dans l'exutoire de la tannerie, ce qui nous a ammene , connaissant les debits d'eaux usees rejetees par chaque atelier, de reconstituer un melange en proportions adequates et en simulant un melange reel et homogene . (9)

Le suivi de l'inhibition se fera de la meme maniere que pour le cas des sulfures. Le substrat se compose des eaux usees de la station de Baraki auxquelles on ajoutera des volumes croissants des eaux residuaires industrielles de la tannerie .

Les caracteristiques de ce rejet sont :

MES = 35,06 g/l
MVS = 14,92 g/l
DCO = 100000 mg/l
pH = 10,9
Cr³⁺ = 355 mg/l
S⁻⁻ = 161,8 mg/l

Les concentrations en Cr³⁺ et S⁻⁻ sont des teneurs moyennes estimees a partir des etudes precedentes (9) .

Les volumes d'une eau usee de tannerie et les proportions correspondantes sont resumes dans le tableau n 9 .

n de la cellule	1	2	3	4	5
volume de rejet de tannerie (mp)	0	125	250	500	750
teneur en pourcentage en EUI dans E.U.U *	0	5	10	20	30
DCO initiale du milieu(mgO ₂ /l)	1015	17680	18160	16560	22640

* E.U.I.: eau usee industrielle de tannerie
E.U.U.: eau usee urbaine

tableau n 9: teneurs en eau usee de tannerie dans les
differentes cellules .

C'est seulement au cours de l'essai que nous avons remarque que les conditions operatoires que nous avons impose a l'essai ne pouvaient aboutir a des resultats exploitables. En effet, nous avons soumis une biomasse adaptee a une DCO de l'ordre de 1000 mg O₂/l d'une maniere abrupte et soudaine a un rejet industriel toxique dont la DCO en bassin est de l'ordre de 18000 mg O₂/l . Dans de pareilles situations, il y inhibition quelque soit la nature du rejet etudie. L'inhibition ici est aussi bien par exces de substrat que par blockage systematique des sites actifs de l'enzyme .

Il n'était donc plus permis de comparer les divers essais avec le témoin qui ne contient pas de rejet de tannerie. Toutefois, nous pensons qu'il est possible d'effectuer une étude d'approche en comparant les essais effectués dans les bacs 2,3,4 et 5 entre eux en prenant comme référence l'essai contenant le plus petit volume de rejet inhibiteur, c'est à dire le bac n 2 .

Dans tout ce qui suit donc, le bac n 2 contenant 125 ml de rejet de tannerie est pris comme essai de référence .

En vue de ces considérations, nous reportons les résultats et les représentations graphiques dans les tableaux n 10,11,12,13 et sur les figures 10 et 11.

V-3-4-2- EXPLOITATION DES RESULTATS :

Pour les mêmes raisons que celles discutées dans le cas de l'inhibition par les sulfures, nous remarquons ici que les courbes d'évolution de la DCO et des MVS donnent plutôt une tendance globale qu'une allure exacte du point de vue cinétique (figures 10 et 11) . Si ainsi la cellule de référence (assez pauvre en rejets de tannerie) accuse encore une traitabilité biologique acceptable ou l'élimination de la DCO s'élève à environ 70 %, il n'en est pas de même des autres rejets mixtes avec les rapports de dilution eau usée urbaine : eau usée industrielle de l'ordre de 6:1 et 4:1 , et où l'on observe un très mauvais rendement dans le traitement par voie biologique .

Une inhibition claire par ces rejets mixtes est observée déjà à partir d'un taux d'environ 10 % en rejets de tannerie (soit un taux de dilution de 9:1) . Ceci n'est pas étonnant si on tient compte du fait qu'un rejet mixte d'un tel taux contient déjà plus de 6 mg de sulfures et cela sans parler des autres polluants tel que le chrome qui accentueront certainement le pouvoir inhibiteur du rejet .

cellule de reference

temps (h)	t ₁	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO mg/l	220,8	14680	16480	13840	12320	8800	6880	5200	4900
MVS g/l	2,00	2,77	2,53	2,50	2,80	2,33	1,60	1,79	1,50
MES g/l	2,27	3,28	3,15	3,17	3,66	3,05	2,65	2,42	2,60
pH	8,60	8,60	8,26	8,18	8,16	8,15	8,02	8,19	8,18

tableau n° 40

% de de tannerie 5%

temps (h)	t ₁	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0
DCO mg/l	104,9	18160	18080	18560	16640	14320	12320	11200	11400
MVS g/l	2,25	2,82	2,27	2,13	2,60	2,13	1,61	1,77	1,52
MES g/l	2,63	3,38	3,02	2,91	3,38	2,98	3,15	2,42	2,50
pH	8,60	8,60	8,57	8,35	8,34	8,35	8,18	8,21	8,30

tableau n° 11

essai à 15%

temps (h)	t _n	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
DCO (mg/l)	176,6	16560	17200	17920	16640	14800	12320	11200	11200	11600
MVS (g/l)	1,88	3,54	4,38	2,93	3,32	2,39	3,05	1,11	2,32	2,41
MES (g/l)	2,13	4,61	5,78	4,04	4,43	3,50	4,12	1,65	3,29	3,37
pH	8,60	8,60	8,50	8,52	8,49	8,49	8,43	8,45	8,45	8,46

Tableau n° 12

essai à 25%

temps (h)	t _n	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
DCO (mg/l)	131,2	22640	23360	18960	17120	14400	13760	14400	16600	16600
MVS (g/l)	2,49	5,38	5,60	4,45	4,71	3,54	4,43	2,69	1,23	2,15
MES (g/l)	2,81	8,20	7,44	6,14	6,52	4,83	8,83	4,49	1,88	3,30
pH	8,60	8,60	8,46	8,52	8,50	8,50	8,43	8,47	8,48	8,49

Tableau n° 13

76

Evolution des MVS lors de l'inhibition
- par l'eau de tannerie -

- Δ - reference
- - 5% d'eau de tannerie
- ◇ - 15% d'eau de tannerie
- - 25% d'eau de tannerie

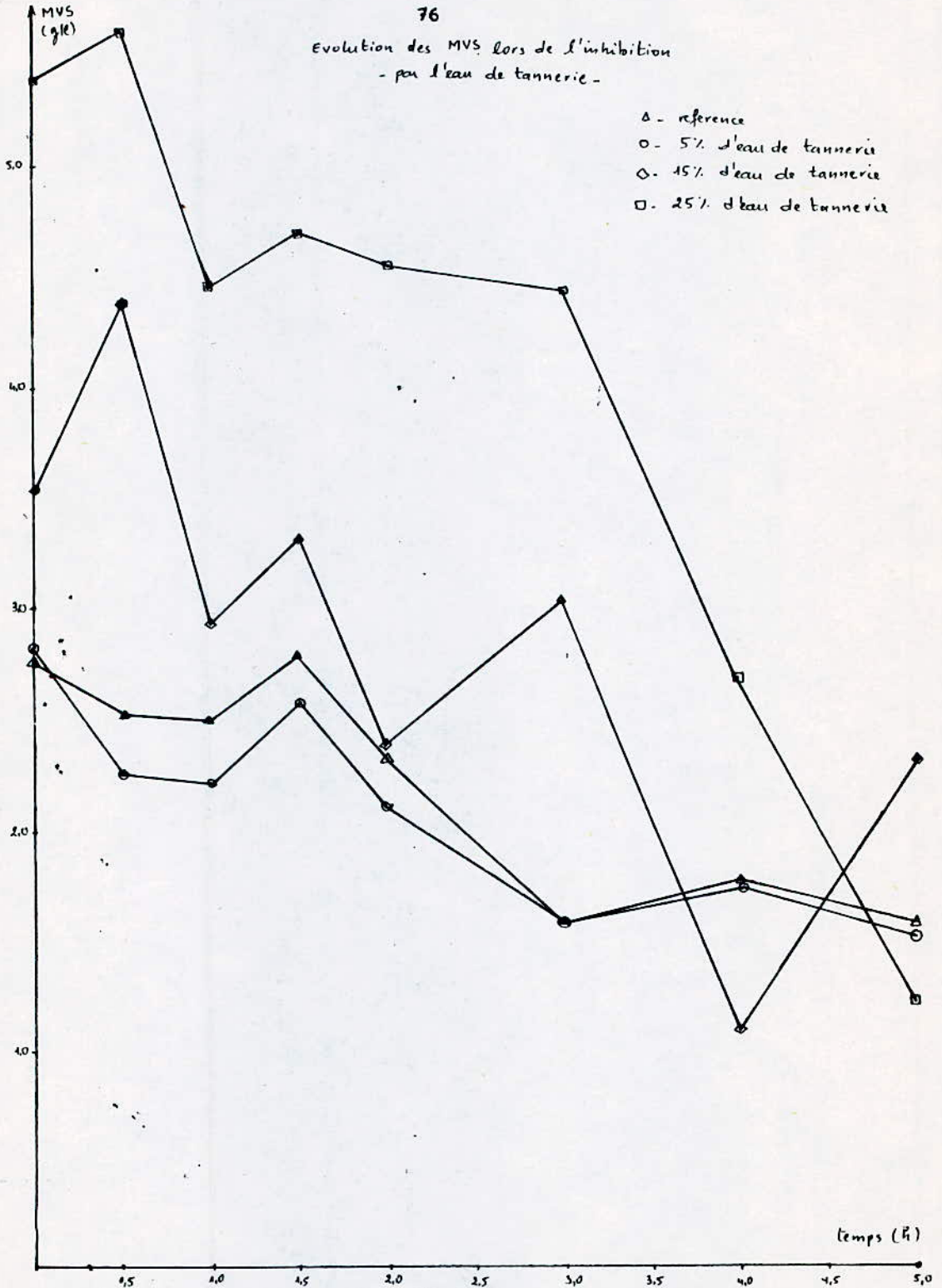


figure 10.

Evolution de la DCO lors de l'inhibition par les eaux de tannerie

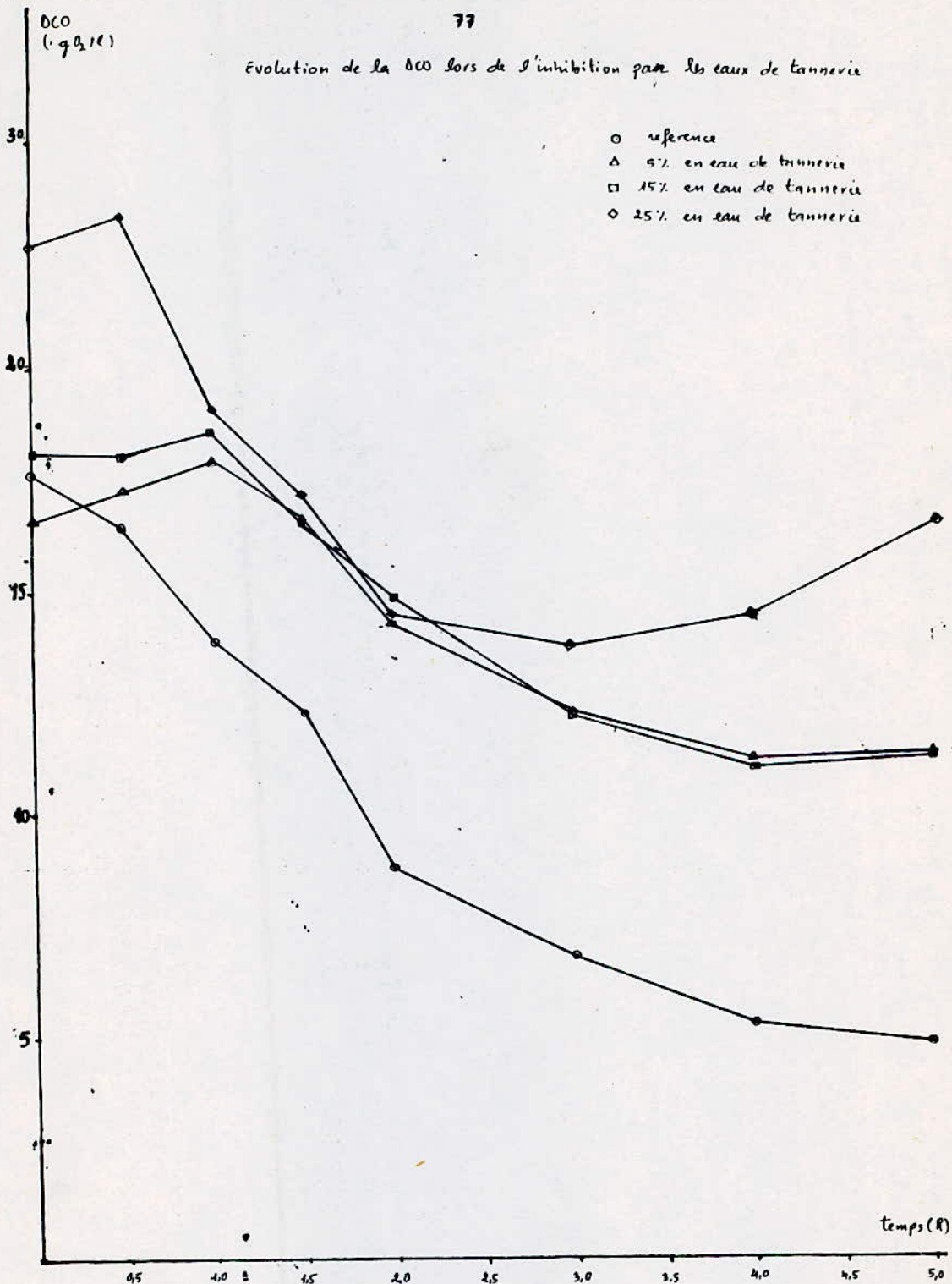


figure 11

Naturellement, il faut tenir aussi compte du fait que nos conditions operatoires n'etaient pas optimales et que la capacite inhibitrice est a corriger vers le bas.

Ceci nous amene donc a considerer ces resultats avec critique et avec une certaine prudence .

Quant a des conclusions et affirmations hatives et prematurees, le probleme de traitabilite des eaux residuaires mixtes est tellement complexe qu'il necessite des etudes sur de plus longues durees .

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les eaux de tannerie, riches en sulfures, en chrome trivalent et en différents autres polluants, sont très toxiques pour la microflore épuratrice d'eau; d'ailleurs, l'état actuel du lac de Reghaia est dû en grande partie aux eaux résiduaires de tannerie qui y sont rejetées, et cela, sans aucun traitement préalable.

C'est un volume de l'ordre de 700 m³/j d'eau résiduaire qui y est déversé par la tannerie-mégisserie de Rouiba et cette eau contient, entre autres, 116 kg de sulfures et 255 kg de chrome.

Ce projet a traité justement de l'effet inhibiteur qu'exercent les sulfures sur la biomasse épuratrice d'eau, puis par un échantillon représentant un effluent de tannerie.

Ainsi, nous avons mis en évidence le pouvoir inhibiteur des sulfures qui, à des concentrations de l'ordre de 20 mg/l, réduisent de moitié la capacité épuratrice des micro-organismes des boues actives et, pour une concentration de 50 mg/l de sulfures, c'est la quasi-totalité de la biomasse épuratrice d'eau qui est détruite.

Pour ce qui est des rejets de tanneries, et malgré les difficultés auxquelles nous avons été contraints, nous avons pu, par comparaison à un témoin à 5 % d'eau de tannerie, mettre en évidence d'une manière qualitative un pouvoir inhibiteur très important de ces rejets sur la microflore épuratrice.

Ce pouvoir inhibiteur résulte en grande partie de l'influence néfaste qu'exerce le chrome et à un degré plus important les sulfures que nous avons présentés auparavant.

De part la présence en taux élevés de ces deux inhibiteurs, les eaux de tannerie constituent un facteur important de pollution pour l'environnement et il est impératif de les traiter ne serait-ce que partiellement avant leur rejet.

Parmi les traitements qu'on peut facilement mettre en œuvre:

- La précipitation du chrome sous forme d'hydroxyde au contact de l'alcalinité des eaux de tannerie.
- La désulfuration par procédé catalytique et par insufflation d'oxygène de l'air qui transforme les sulfures en composés oxygénés du soufre dont la toxicité est presque nulle.

A N N E X E S

- Calcul des M.E.S : [12]
- Calcul des M.V.S : [12]
- Calcul de la DCO : [10,12]

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

- (1) : BOUDRIES H. " Quantification de la pollution azotée des effluents de la tannerie ", projet de fin d'étude, ENP, 1989 .
- (2) : BOULEKBACHE S . "Quantification de la pollution engendrée par la tannerie-mégisserie de Rouiba-Reghaia. Essais de toxicité sur les poissons " , projet de fin d'étude, ENP, 1989 .
- (3) : BECHAC J.; BOUTIN P.; MERCIER B. ; NUER P. ; "traitement des eaux usées " , [EYROLLES] , PARIS, 1984 .
- (4) : GAID A. , "épuración biologique des eaux usées urbaines" tomes I et II, [O.P.U], ALGER, 1984 .
- (5) : ECKENFELDER W.W. "gestion des eaux usées urbaines et industrielles" , [Tec et doc] , PARIS, 1982 .
- (6) : THOMAZEAU R. , "station d'épuración " , [Tec et doc], PARIS, 1985 .
- (7) : FOLACHIER A. , "le recyclage des bains résiduels de dégraissage avec solvants", CTC n 4, LYON 75 .
- (8) : FOLACHIER A. , "la pollution des tanneries-mégisseries et les préventives possibles" CTC n 4, LYON 75.
- (9) : VULLIERMET A. , "Ecotoxicologie en milieu aquatique, type eau douce".
- (10) : KERBACHI R. ; SEMSARI S. ; "utilisation des sulfures en tannerie " , magister en cours, ENP, 1990.
- (11) : GUYOT C. "L'Hydrologie", PUF [que sais je?], 2 édition, 1974.
- (12) : ROQUES H. "fondements théoriques du traitement biologique des eaux " Tomes I et II [Tec et doc] . PARIS 2 édition, 1980 .
- (13) : MEINCK F. ; "les eaux résiduels industrielles " , [Masson], PARIS , 2 édition, 1977 .

- (14) : LARPENT J.P. ; LARPENT J.M. ; "Elements de microbiologie" ,
.[Hermann], PARIS , 1975 .
- (15) : STORCK A. ; Element de genie biochimique" PARIS .
- (16) : BENEFIELD L.D. ; CLIFFORD W.R. ; "biological process design for
waste water treatment", USA 1980 .
- (17) : METCALF ; EDDY ; "wastewater engineering treatment disposal
reuse", [MC GRAW.HILL] . 2 EDITION, USA, 1979 .
- (18) : SUNDSTRUM D.W. ; "waste water treatment " , USA .
- (19) : EDELINE F. ; "epuration biologique des eaux usees", 1979 .
- (20) : RODIER J., ; "l'analyse de l'eau " [DUNOD], PARIS. 6 edition
1978 .
- (21) : O.C.D.E. ; "Epuraton des eaux residuaires mixtes urbaines et
industrielles en RFA", PARIS, 1966 .
- (22) : RAMADE F. ; "Ecotoxicologie " [MASSON], PARIS, 1979 .

إِنِّي رَأَيْتُ أَنَّهُ لَا يَكْتُبُ إِنْسَانًا
كِتَابًا فِي يَوْمِهِ إِلَّا قَالَ فِي غَدِهِ :
" لَوْ نَشِئْتُ هَذَا لَكَانَ أَحْسَنَ ، وَلَوْ زِيدَ كَذَا
لَكَانَ بِسَدِّحَسَنَ ، وَلَوْ قُدِّمَ هَذَا لَكَانَ
أَفْضَلَ ، وَلَوْ زُرْتُ هَذَا لَكَانَ أَجْمَلَ "
وَهَذَا مِنْ أَكْبَرِ الْعِبَرِ ، وَهُوَ دَلِيلُ
إِسْتِزْلَالِ النَّفْسِ عَلَى جُمَّةِ الْبَشَرِ .

« العمار الأصفهاني »

