

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

«O»

18/87

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«O»

15x

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

«O»

الجامعة الوطنية للتكنولوجيا  
المختصة -  
Ecole Nationale Polytechnique

## PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

### SUJET

## **Etude de la Biodegradabilité des Détergents et Analyse des Eaux Residuaires de l'ENAD (REGHAIA)**

Proposé par :

Mr. A. AMAMRIA

Etudié par :

Mr MENAI - Mohamed

Dirigé par :

Mr AMAMRIA

PROMOTION : JUIN 1987

E.N.P. - 10, Avenue Hacem Badi - EL-HARRACH - ALGER



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

«O»

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«O»

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

«O»

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا  
المكتبة -  
Ecole Nationale Polytechnique

## PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

### SUJET

## **Etude de la Biodegradabilité des Détergents et Analyse des Eaux Residuaires de l'ENAD (REGHAIA)**

Proposé par :

Mr. A. AMAMRIA

Etudié par :

Mr MENAI

Dirigé par :

Mr AMAMRIA

PROMOTION : JUIN 1987

E.N.P. - 10, Avenue Hacem Badi - EL-HARRACH - ALGER

# DEDICACES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents

Mes frères et sœurs

Tous mes amis

Mohamed

# REMERCIEMENTS

---

---

Au terme de cette étude, je tiens à remercier:

Mon promoteur M<sup>e</sup> A. AMAMRIA pour  
ses conseils et orientations qui ont été pour  
mois très instructifs

M<sup>e</sup> R. KERBACHI, Chef de Département  
Génie de l'Environnement

M<sup>e</sup> A. DOWGIALLO

M<sup>e</sup> D. ZIREGUE

M<sup>e</sup> NOUAR.

M<sup>lle</sup> NAIMA

Les techniciens et travailleurs de l'unité ENAD

# PLAN DE TRAVAIL

I. INTRODUCTION	1
II. BUT DU TRAVAIL	3
III. POSITION DU PROBLEME	4
IV. GENERALITES SUR LES DETERGENTS	6
1° Définition	6
2° Nature et structure chimique des détergents	7
3° Composition des détergents	7
4° Classification des détergents	10
a- agents de surface anionique	10
b- agents de surface non ionique	11
c- agents de surface cationique	12
d- agents de surface ampholytes	13
5° Mode d'action des détergents	14
6° Propriétés des détergents	16
a- pouvoir mouillant	16
b- pouvoir soluble	16
c- pouvoir émulsifiant	16
d- pouvoir moussant	17
V. NOTION DE BIODEGRADABILITE	18
1° Définition de la biodégradabilité	18
2° Procédus de dégradation des détergents	19
3° Facteurs influençant la biodégradabilité	23

## VI TOXICITE ET NUISANCE

1°	Origine des détergents dans Les eaux	24
2°	Effet des détergents dans Les eaux d'égout	25
3°	Effet des détergents dans les eaux douces de surface	26
a-	phénomène de moutage	26
b-	action sur la réaération des cours d'eau	27
c-	Effet sur la faune aquatique	28
d-	participation à l'eutrophisation	28
e-	pollution des sol et des eaux souterraines	29
4°	Les détergents et la corrosion	30
a-	corrosion de l'acier	30
b-	corrosion de l'aluminium	30
c-	corrosion du cuivre	30
d-	corrosion du zinc	30
5°	Effet des détergents dans Les stations d'épuration	
a-	Effet sur la sédimentation	31
b-	Effet sur la floculation	32
6°	Effet sur Les traitements biologiques	32
a-	action sur les lits bactériens	33
b-	action sur les boues activées	34
c-	action sur la digestion des boues	36

<b>VII</b>	<b>ETUDE EXPERIMENTALE DE LA BIODEGRADABILITE DES DETERGENTS ANIONIQUES</b>	37
1°	but de l'expérience	37
2°	Étude expérimentale de la première variante	40
a-	Introduction	40
b-	discusion et analyse des résultats	45
c-	conclusion	46
3°	Étude expérimentale de la seconde variante	47
a-	Introduction	47
b-	discusion et analyse des résultats	51
c-	conclusion	53
4°	Étude expérimentale de la troisième variante	54
a-	Introduction	54
b-	discusion et analyse des résultats	60
c-	conclusion	61
<b>VIII</b>	<b>DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DU SYSTEME ETUDIE (ENAD)</b>	62
1°	Matieres premières utilisées	62
2°	Matieres chimiques utilisées	62
3°	consommation des rejets journaliers des eaux	63
4°	Description du procédé de fabrication	63



IX ANALYSE DES REJETS DE L'ENAD . . . . . 66

1° Introduction . . . . . 66

2° Mode de prélèvement des échantillons et analyse

3° Interprétation des résultats . . . . . 71

X CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS . . . . . 73

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

## I) INTRODUCTION:

- 1 -

Indispensable au fonctionnement des cellules vivantes, comme à celui des organismes humains ou végétaux, l'eau intervient tout aussi fondamentale dans le "métabolisme" des collectivités et des économies. En principe l'eau est noble, mais elle souffre de jouer un double rôle, elle est un aliment mais aussi un égout. Elle apporte la vie mais aussi la maladie, la mort. D'où l'urgente nécessité d'une politique de l'eau en Algérie, s'agissant de l'Algérie, nul n'ignore les efforts qui sont consentis pour développer l'industrialisation, ou cette dernière a apportée d'importante bénéfice du point de vue socio-économique et une nette amélioration du niveau social. Or ce développement s'est avéré qu'il engendre des nuisances qui se répercutent à long terme ou à court terme sur l'organisme humain et sur l'équilibre écologique. Parmi les substances qui nuisent à l'homme, on distingue les substances organiques synthétiques fabriquées par les grandes industries chimiques. Or on a longtemps admis comme axiome qu'aucune molécule organique n'était à l'abri de la biodégradation, aucune n'a une persistance illimitée, sinon elle se serait accumulée à la surface du globe. C'est dans ce sens que l'on a parlé de l'"infaillibilité"

des microorganismes [1]. Mais un tel raisonnement, valable pour les produits naturels, ne s'applique pas nécessairement à des composés synthétiques possédant des structures inconnues dans la nature; c'est le cas de certains détergents par exemple.

Ces substances organiques synthétiques enrichissent de plus en plus les milieux récepteurs en matière de polluant. Un certain nombre de ces polluants sont difficilement biodégradables et toxiques, donc la détermination de la biodégradabilité des substances organiques, et le traitement des eaux résiduaires deviennent ainsi une nécessité pour exercer le contrôle des matières polluantes du milieu humain.

## II BUT DU TRAVAIL

Le but du travail s'inscrit dans le Cadre de La recherche scientifique de l'École Nationale Polytechnique "ENP, Alger" en vue de lutter contre la pollution; de nature physique, chimique et biologique.

Ainsi notre objectif est d'étudier le caractère de dégradabilité des détergents anioniques commerciales et leur quantification au niveau de l'unité "ENAD" de Reghaïa. Afin de voir leur comportement dans les milieux récepteurs: l'auto-épuration.

Nous essayons de donner des conclusions et recommandations qui pourraient réduire cette pollution engendrée par les unités industrielles ou par les eaux usées urbaines.

### III POSITION DU PROBLEME

C'est dans le cadre d'étude globale de la pollution au niveau du marais de Reghaïa et le contrôle des matières polluantes, en particulier certains détergents qui s'accumulent et enrichissent de plus en plus les milieux récepteurs du fait de leur caractère non ou difficilement biodégradable.

En effet les détergents causent de sérieux problèmes sur la réaération des cours d'eau et sur la faune aquatique, ainsi que la participation au phénomène d'eutrophisation.

Dans notre travail, il s'agit en un premier temps d'étudier la biodégradabilité de certains détergents anioniques commerciales et en deuxième temps d'identifier la nature et la quantification de la pollution des eaux résiduaires de l'unité "ENAD". Pour cela nous avons développé notre étude sur les parties suivantes:

- La première est consacrée à l'étude des détergents et leur différentes propriétés
- À partir de ces propriétés nous avons examinés l'influence des détergents sur les eaux et leur effets.
- La troisième partie concerne l'étude expérimentale de la biodégradabilité des trois variantes de détergents

- En quatrième partie nous avons étudiés les différentes étapes de production de détergent en particulier le procédé de fabrication au sein de l'unité
- La cinquième et dernière partie s'agit de l'analyse qualitative et quantitative des eaux résiduaires de l'unité "ENAD"

## IV GENERALITES SUR LES DETERGENTS

### 1°) DEFINITION

On désignera donc plus justement les détergents par corps tensio-actifs ou agents de surface. C'est à dire des substances chimiques qui permettent le nettoyage de la surface d'un corps et cela en abaissant la tension superficielle de l'eau [2]

La matière active constituant le détergent est appelée suractif ou agent de surface.

Un suractif est défini comme étant un composé chimique, qui, dissous ou mis en suspension dans un liquide est préférentiellement adsorbé à une interface, ce qui détermine un ensemble de propriétés physico-chimiques ou chimiques.

La molécule d'un suractif comporte au moins un groupement polaire hydrophile capable d'assurer le plus souvent la solubilisation dans l'eau, et un radical à long chaîne carbonnée à caractère hydrophobe [2]

## 2) Nature et structure chimique des détergents:

Généralement les molécules de ces substances tensio-actives sont constituées d'une partie hydrophobe et une partie hydrophile situé à l'une des extrémités de la molécule et qui permet à celui-ci de s'accrocher à l'eau ou à un autre solvant [3]

La partie hydrophobe (A) ou lipophile est une chaîne carbonnée ramifiée ou non, rattachée au noyau benzénique. Elle est insoluble dans l'eau mais soluble dans les produits organiques tel que les huiles et les graisses.

La partie hydrophile [B] ou "tête" de la molécule est un groupement ionique, cette partie est soluble dans l'eau.

## 3) Composition des détergents:

Dans la majeure partie, les détergents sont constitués par les composés suivants. [4]

### principes actifs

- \* agents de surface ... savons
- \* agents de surface anioniques
- \* agents de surface cationiques
- \* agents de surface ampholytes
- \* agents de surface non ioniques

### Adjuvants

- \* phosphates
- \* silicates
- \* Carbonates



## Additifs

- \* agents de blanchissement optiques
- \* inhibiteurs de corrosion
- \* colorants
- \* parfums
- \* agents bactericides

## charges

- \* sulfates
- \* eau
- \* alcool

## Enzymes

Principalement les lipases, les proteases et les amylases  
Cependant celles-ci ne sont pas admises dans un grand nombre de pays, comme en Algerie et ce pour les raisons sanitaires pouvant y resulter.

A titre indicatif on trouvera dans le tableau ci-dessous, les formulations moyennes utilisées en europe. Il est possible d'y rencontrer quelques pourcentage de Carbonate de soude [6]

Produit	Europe de l'ouest	COMECON	FONCTION
Alkylbenzene sulfonate	14 à 20%	25 à 35%	Tensioactif
Alcool laurique	1 à 3%	1 à 2%	Moussant (stabilise la mousse)
Triphosphate de Na	30 à 45%	20 à 40%	Améliore le pouvoir nettoyant séquestrant
Carboxyméthyl cellulose	0,6 à 1%	1%	Dispersant
- silicate de Na	3 à 5%	—	Anticorrosif
sulfoxylate de Na	3%	—	Anti-poussière
Adjuvant optique	0,3 à 0,7%	0,3%	Adjuvant fluorescent
Perborate de Na	15 à 30%	—	Agent de blanchissement
- Benzotriazole	2%	—	Anti-tache
Enzymes	0,5 à 0,9%	0,8%	Protease + amylase
charges inertes	Reste	Reste	

Tableau de la "composition des détergents dans l'Europe de l'ouest"

#### 4°) Classification des agents de surface :

On distingue quatre

catégories d'agents de surface.

##### a) Agents de surface anioniques

Ce sont ceux qui comprennent le plus

grand nombre de produits. Ces agents sont composés d'un groupement hydrophile souvent inorganique tel que,  $H_2SO_4$ ,  $H_2SO_3$ ,  $H_2CO_3$ ,  $H_3PO_4$  et  $H_3PO_3$ , et d'un groupement hydrophobe composé soit:

- d'un alcane ou une oléfine avec un nombre de carbone entre [8-16]
- d'un noyau benzénique avec une chaîne oléfine dont le nombre de carbone est compris entre [9-15]
- d'un noyau naphthalène lié à une chaîne alcane ou oléfine dont le nombre de carbone est compris entre [6-12]

Ces agents sont ionisés en solution dans l'eau, en donnant naissance à un grand anion et un petit cation. Dans cette catégorie, les substances les plus couramment utilisées, ont été longtemps des produits "durs" ou peu biodégradables à chaîne ramifiée tel que les alkylbenzènes sulfonates (ABS), les alkylaryl sulfonate et les alkyl sulfate qui sont les principaux responsables des problèmes posés par la présence des détergents dans les eaux [7]

# Différentes catégories d'agents de surface anionique

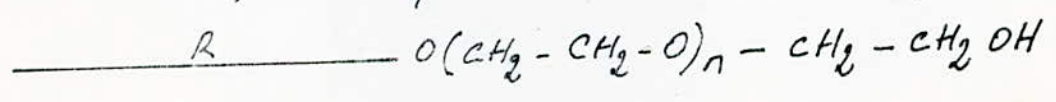
- \*  $R-OSO_3M$  Alkylsulfate primaire
- \*  $R_1-\underset{\substack{| \\ O \cdot SO_3M}}{CH}-R_2$  Alkyl sulfate secondaire
- \*  $R-SO_3M$  Alkylsulfonate
- \*  $R_1-CO-NH-R-OSO_3M$  sulfate d'amide grasse
- \*  $R_1-CO-NH-R-SO_3M$  amide grasse sulfonée
- \*  $R_1-\text{Cyclohexane}-R-SO_3M$  alkylarylsulfonate

## b) Agent de surface non ionique

Les substances appartenant à ce

groupe sont toujours constituées par des molécules renfermant des groupements hydroxyles hydrophiles et des groupement lipophiles, cette catégorie de surfactif garde en milieu acide comme en milieu alcalin Leur propriétés physico-chimiques [3]

Ils sont obtenus par fixation de polymers d'oxyde d'éthylène ou de propylène sur les molécules à hydrogène mobile telles que les alcools, acides, phénols, amines ainsi que les sucres

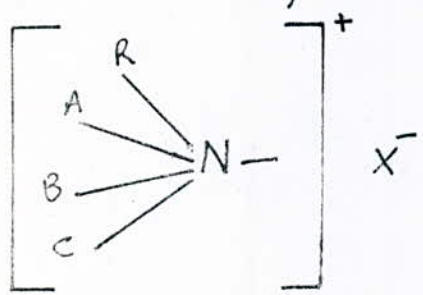


les non ioniques moussent moins que les anioniques, ils peuvent même freiner la mousse de ces derniers lorsqu'ils sont mélangés avec eux [8], n'étant pas ionisables, les non ioniques présentent une gamme très large d'emulsionnant suivant leur prédominance hydrophile, ils favorisent les emulsionnants huile/eau ou eau/huile

### c) AGENTS DE SURFACE CATIONIQUES

C'est la seconde grande classe après les anioniques, les cationiques s'ionisent dans l'eau, comme les anioniques, mais en sens inverse de ces derniers. Ici l'ion porteur de la chaîne hydrophobe "R" est chargé positivement. Les cationiques sont constitués de sels d'ammonium quaternaire, ils possèdent un ou plusieurs groupements fonctionnels, qui, en solution aqueuse donnent des ions chargés positivement [3].

Ils peuvent être représentés par la formule générale suivante



le cation est constitué par l'atome d'azote, portant la longue chaîne grasse R en C<sub>12</sub>-C<sub>18</sub> et par ailleurs trois radicaux variables A, B etc, qui sont soit de l'hydrogène ou des groupes d'alkyles ou cycliques, Par exemple CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub> et benzyle

L'anion est représenté par le groupement monovalent libre "X" qui assure la solubilisation dans l'eau tel que (Cl, Br, SO<sub>3</sub>H, SO<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>)

d) AGENTS DE SURFACE AMPHOLYTES

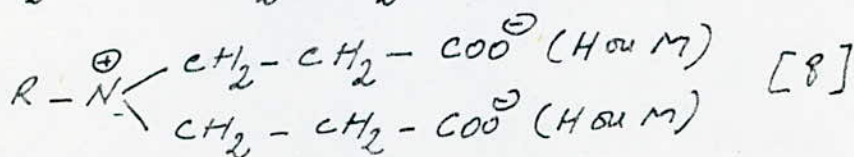
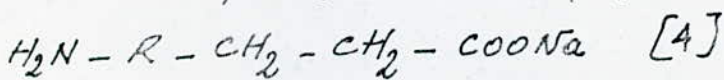
Cette catégorie de détergent est classée parfois parmi les anioniques et les cationiques.

La raison est due aux conditions de pH dans lesquelles ils se trouvent. Ils peuvent se comporter en milieu

- acide comme agents cationiques
- basique comme agents anioniques

En effet, ils peuvent comporter un groupement carboxylique ou sulfonique et d'autre part une fonction amine ou une fonction ammonium quaternaire [8]. Ils sont très solubles pour un pH compris entre [8-9] et produisent un volume de mousse de même importance que celui fournit par les anioniques.

Parmi les ampholytes on distingue



Les ampholytes ont trois propriétés principales

- \* pouvoir détergent marqué
- \* pouvoir germicide prononcé, associé à une affinité pour la peau.
- \* absence de caractère irritant aux tests sur l'œil et aux tests eutannés.

### 5°) MODE D'ACTION DES DETERGENTS

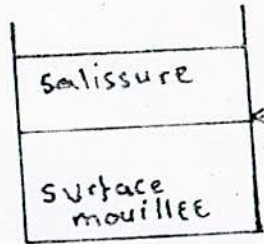
Les savons et les détergents sont utilisés pour le nettoyage de la peau, des textiles et des surfaces en général, car ils favorisent le mouillage de ces surfaces en abaissant la tension superficielle de l'eau. Ceux-ci sont des agents tensio actifs. Leur action superficielle correspond en effet à un véritable phénomène d'adsorption qui s'explique par leur structure. Ils s'adsorbent à la surface de l'eau et s'y orientent. Leur partie hydrophile polaire étant dirigée vers l'intérieur (voir tableau), ils créent ainsi une discontinuité dans le film superficiel, qui en est perturbé et engendre une diminution de la tension superficielle du solvant [9]

-15-

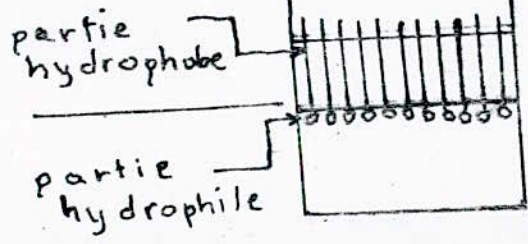
← groupement hydrocarboné hydrophobe  
 ← groupement polaire hydrophile

1<sup>ère</sup> ETAPE

AVANT LE CONTACT



Interface eau-salissure

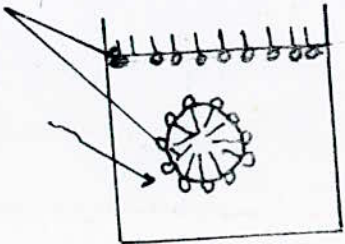
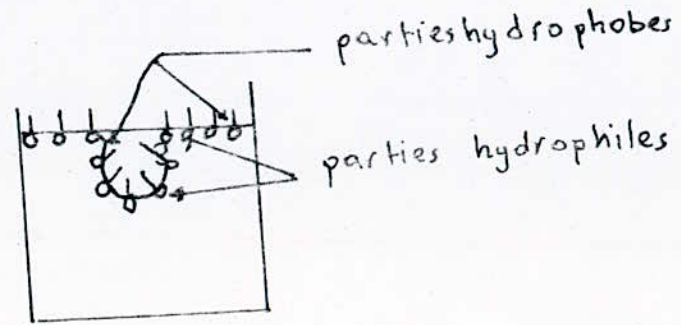


2<sup>ème</sup> ETAPE

CONTACT ET ADSORPTION

3<sup>ème</sup> ETAPE

MODIFICATION DE L'INTERFACE



4<sup>ème</sup> ETAPE

DISPERSION DE LA SALISSURE ET MISE EN SOLUTION

# Mode d'action des detergents

D'après Pesson P [4]



## 6<sup>e</sup>) PROPRIETES DES DETERGENTS

La détergence est un phénomène complexe dont le pouvoir détersif est lié à :

- \* son pouvoir mouillant
- \* son pouvoir moussant
- \* son pouvoir soluble
- \* son pouvoir émulsifiant

### a) POUVOIR MOUILLANT :

on définit un mouillant comme étant un corps, qui, dissous dans l'eau favorise l'entrée en contact de celle-ci spontanément avec diverses surfaces à mouiller [2]

### b) POUVOIR SOLUBLE :

La solubilité des tensioactifs dans l'eau varie en fonction de la longueur de la chaîne hydrocarbonée, elle diminue au fur et à mesure que celle-ci grandit.

### c) POUVOIR EMULSIFIANT :

on définit une émulsion comme une suspension de particules liquides au sein d'une autre phase liquide non miscible

#### d) POUVOIR MOUSSANT

Un moussant est un corps, qui, dissous dans l'eau permet d'obtenir des mousses stables par inclusion d'un gaz (l'air en général), plus le pouvoir moussant est important plus les impuretés de matière à laver sont entraînées à la surface [8]

mais chacune de ses qualités n'est absolument nécessaire il existe des produits non moussant ou non émulsifiant qui sont de bon détergents. Toute fois d'une façon générale, les corps employés comme détergents se dissolvent dans l'eau en diminuant la tension superficielle, on dit qu'ils sont tensio-actifs.

## V NOTION DE BIODEGRADABILITE

### 1° DEFINITION DE LA BIODEGRADABILITE:

La biodégradabilité d'une substance exprime son aptitude à être décomposée par les microorganismes décomposeurs (bactéries, champignons, ect...). La plus part des substances d'origines naturelles sont facilement et rapidement biodégradables et leur présence dans les eaux usées se traduit donc par une consommation rapide d'oxygène. Ce type d'évolution est constatée dans les effluents domestiques et dans de nombreuses industries agricoles (laiteries, abattoirs, ect...). Par contre d'autres substances également d'origine naturelle ne sont que lentement et difficilement biodégradables c'est le cas notamment des composés d'origines végétales, comme la lignine conduisant à la formation de résidu relativement stable (humus). Ce même comportement est constaté dans certains produits de synthèse dont la structure résiste à la dégradation bactérienne. C'est le cas des détergents dit "durs" [10].

Cependant les bactéries produisent une grande variété d'enzymes susceptibles de décomposer de très nombreuses substances complexes. Certaines ont en outre la faculté de s'adapter à la métabolisation de substrats inhabituels, en

synthétisant de nouvelles enzymes adaptées à ces composés.

## 2°) PROCESSUS DE DEGRADATION DES DETERGENTS

En ce qui concerne les détergents on sait que peu de chose des stades successifs de leur dégradation. Les métabolites formés sont-ils plus ou moins toxique que la molécule de départ? Possèdent-ils la même propriété tensio-active.

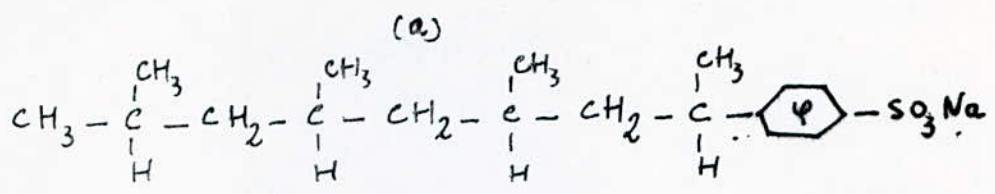
Des recherches ont permis de répondre à ces questions à savoir que les métabolites intermédiaires, produit par la dégradation de l'alkylbenzène sulfonate (ABS) présentaient quand même une résistance à la biodégradation totale [2], mais qu'il était tout de même moins toxique que le produit de départ.

Notons que la biodégradabilité d'un produit tensio-actif est surtout fonction de sa structure moléculaire. En effet l'alkylbenzène sulfonate est plus facilement biodégradable que la chaîne alkyle est droite.

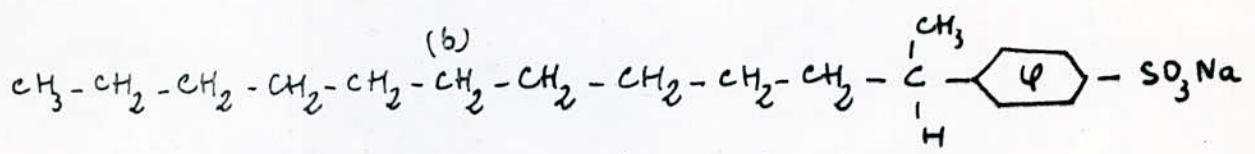
Par ailleurs plus le groupement phényle se rapproche du centre de la chaîne plus la biodégradabilité est difficile. Un alkylbenzène sulfonate primaire (noyau benzénique attaché au bout de la chaîne avec le groupement sulfonate en position "para" par rapport à la chaîne alkyle) se dégrade plus facilement que l'"ortho" correspondant [11]

C'est ainsi que les alkylbenzènes sulfonate à chaîne ramifiées se retrouvent presque intact après passage dans les stations

dépuration biologique et vont persister dans les milieux récepteurs [4]



(a) Anionique non biodégradable à chaîne ramifiée

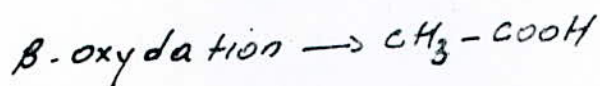
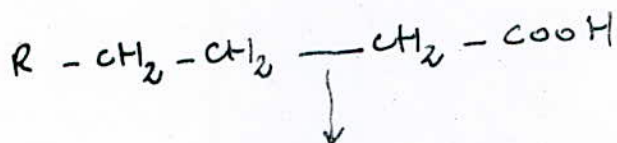
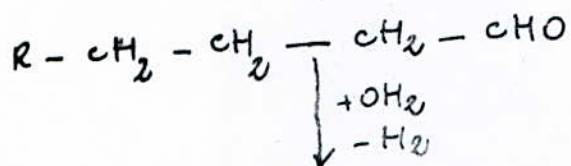
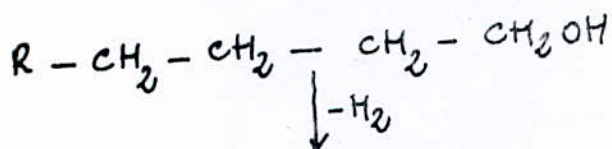
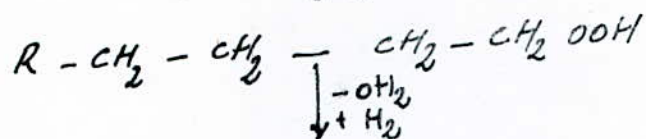
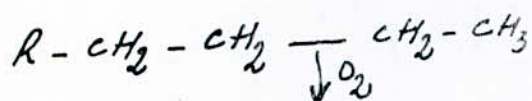


(b) Anionique biodégradable à chaîne linéaire

D'après ALEXANDER les détergents à chaîne ramifiée ne sont pas biodégradables de sorte que les microflore sont en réalité faillibles. Ils sont d'autant plus résistants que leurs substituants sont plus rapprochés les uns des autres et souvent ils sont absolument recalcitrants [1]

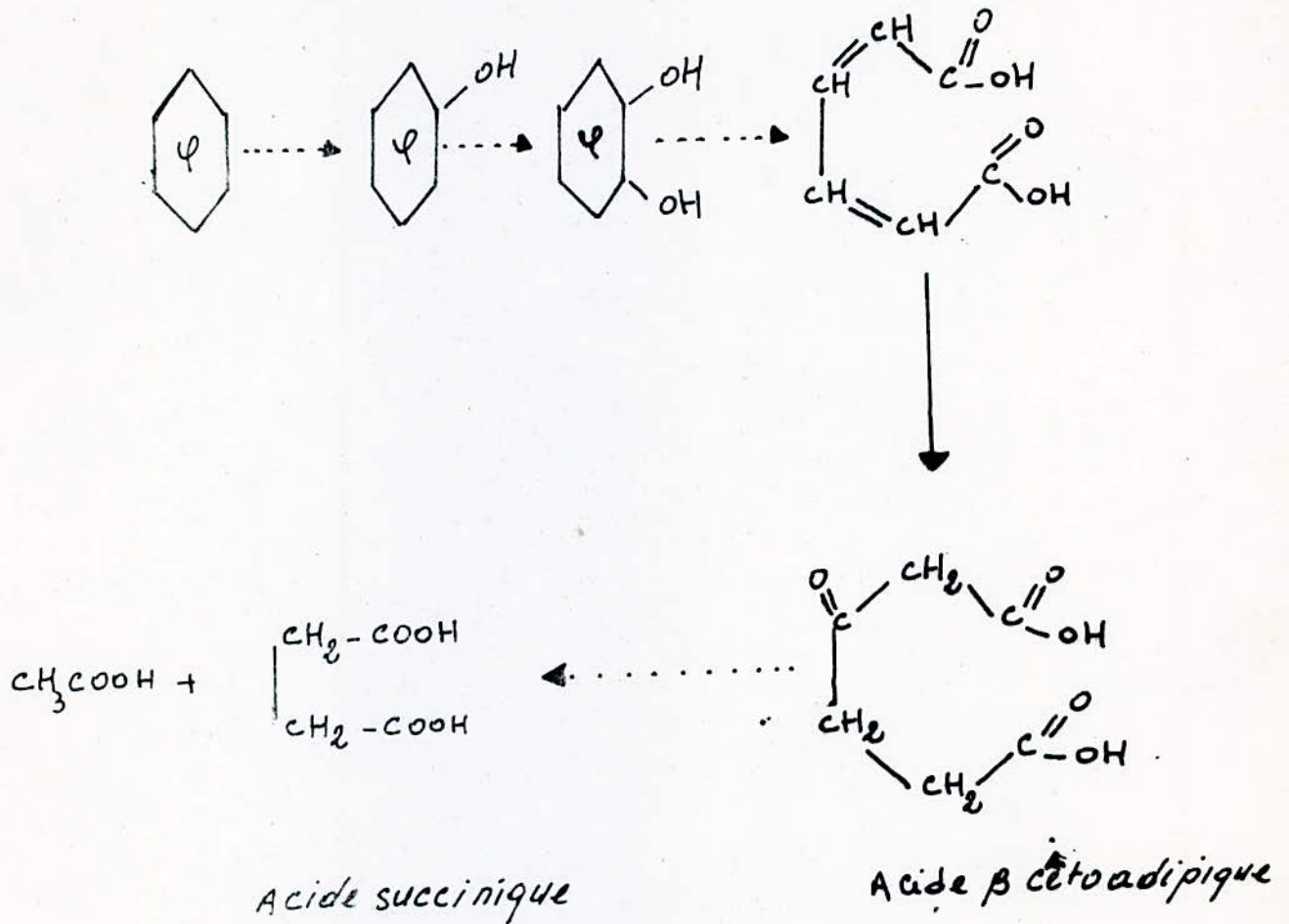
les processus de métabolisation sont connus en général, ils semblent que les hydrocarbures non aromatiques sont plus fragile et sont attaqués par des microorganismes variés et très répandus (Pseudomonas, Micrococcus, Gram+ et Gram- Actinomycetes divers, ect...). Leur actions consistent en oxydation en bout de chaîne conduisant à l'alcool puis à l'acide gras correspondant ou bien à un acide à chaîne plus courte, puis enfin raccourcissement progressif de la chaîne par la β. oxydation. [1]

### Dégradation de la chaîne d'après [4]



En ce qui concerne les cycles aromatiques (benzène, toluène, xylène) sont attaqués seulement par un petit nombre de microorganismes. En effet l'ouverture du cycle est assurée par des dioxygénases, qui fixent les 2 atomes d'oxygène sur une molécule de substrat, la coupure peut se faire entre les deux fonctions phénols et l'on parle de la coupure en "ortho", ou bien elle peut se faire entre une des fonctions phénols et l'atome de carbone voisin, coupure en "meta" [1]

La figure ci-dessous montre le processus d'ouverture du cycle de benzène, d'après [ ]



### 3) Facteurs influençant la biodégradabilité

Divers facteurs peuvent influencer la biodégradabilité, Parmi ces principaux facteurs on peut citer:

- le nombre, la nature et le degré d'adaptation des microorganismes présents dans le milieu
- la concentration du produit à dégrader, car lorsque la concentration endérogène par exemple est élevée, elle provoque une action inhibitrice vis à vis des microorganismes.
- Les conditions du milieu : le pH (doit être compris entre 7 et 8) et la température (doit être comprise entre 20 et 26)

Quant aux effluents industriels, ils posent généralement de sérieux problèmes car leurs constituants sont rarement favorables au développement des microorganismes, Ceci est due à la présence de matières organiques qui résistent à l'attaque des microorganismes. Ils peuvent présenter un pH incompatible à la vie des microorganismes.

CABRIDENC [2] a préconiser de les « équilibrés biologiquement » par addition d'azote et de phosphore assimilables, de façon à avoir le rapport DBO/N/P voisin de 100/5/1, pH compris entre 6 et 8

la présence des substances toxiques, minérales ou organiques



telle que les phénols, les cyanures, les chromates et les métaux lourds perturbent le développement des microorganismes. En effet en présence d'importantes concentrations en produits organiques facilement biodégradables, les microorganismes se multiplient plus rapidement et leur biomasse augmente [12]. Cependant ils métabolisent en priorité les produits facilement biodégradables et à un degré moindre les agents de surface. C'est ainsi qu'on peut obtenir après adaptation et dans les conditions convenables, la dégradation des substances telles que les phénols malgré leur toxicité à l'égard des bactéries banales [4].

## VI TOXICITE ET NUISANCE

### 1°) origine des détergents dans les eaux.

Les détergents

rejetés dans les milieux récepteurs ont diverses origines :

- a) une origine urbaine résultant de l'utilisation croissante de diverses formulations destinées au nettoyage.
- b) une origine industrielle résultant de la fabrication des détergents ou de leur utilisation intensive dans certains domaines (blanchisserie, industrie textile, industrie du cuir ect. ...) [3]

c) Une origine agricole due à l'entraînement par les eaux fluviales des détergents entrant dans la composition de formulation à usage divers (insecticides, fongicides, ect....)

## 2) Effet des détergents dans les eaux d'égout.

La présence des détergents dans les eaux d'égout peut entraîner des nuisances particulières préjudiciables au réseau dans ses diverses fonctions tel que le transport des eaux et dans certains cas influe sur l'auto-épuratation notamment.

En plus de l'effet de ces produits sur l'écoulement des eaux et sur la corrosion des canalisations le moussage semble le problème le plus sérieux et le plus spectaculaire [13, N°3]

les chiffres cités ci-dessous donnent la teneur en détergents dans certains pays.

VERSAILLES (FRANCE)	7 à 15 mg/L
MILAN (ITALIE)	1 à 13 "
HONGRIE	10 à 20 "
GRANDE-BRETAGNE	15 à 19 "

### 3°) Effet des détergents dans les eaux douces de surface:

Les effets des détergents dans les eaux douces de surface sont:

- Le phénomène de moussage
- L'action sur la reoeration des cours d'eau.
- L'action sur la faune aquatique
- La participation à l'eutrophisation
- La pollution du sol et des eaux souterraines.

#### a) phénomène de moussage:

La formation de mousse constitue l'aspect le plus essentiel de pollution des eaux par des agents de surface. En effet, le rejet des détergents dans les rivières provoque la formation d'écumes encombrantes à la surface des eaux. Ces agents de surface, de par la couverture formée, ils augmentent la toxicité d'autres substances éventuellement présentes dans le milieu et diminuent les capacités photosynthétiques des plantes vertes submergées ou des algues [14]. Ces mousses peuvent être entraînées par le vent et desseminent des bactéries ou des virus pathogènes qui auraient pu se concentrer à leur niveau [15].

Cette formation de mousse dépend de la teneur en substances tensio-actives, une teneur de l'ordre de 0,3 à 1 mg/l permet la formation de mousse [13, N°1], mais elle est aussi d'autres facteurs mécaniques et chimiques. En effet, une agitation

mécanique intense favorise l'apparition de mousse, il en est de même s'il y a présence d'ion alcalino-terreux, si le pH est acide et si la température est modérée [13 N°3]

b) Action sur la réaération des cours d'eau.

la présence des agents de surface dans les eaux conduit à la formation d'un film superficiel constitué d'une couche mono moléculaire de détergent plus ou moins imperméable à la pénétration de l'oxygène de l'atmosphère au sein de l'eau désaturée. L'explication du rôle que joue le film d'adsorption fait intervenir à la fois, la teneur en matière active et la turbulence. En effet la couche superficielle que doit traverser le gaz est remplacée par des molécules de détergents orientées vers le liquide. Plus il y a de détergent et moins le gaz diffusera à travers la couche laminaire d'interface.

S'autre part, le degré d'agitation du liquide agira sur la distribution du produit tensio-actif en surface, si l'agitation est intense le film se déchirera et ainsi la résistance à la pénétration de l'oxygène diminuera [13, N°6].

KOOT mentionne qu'à une dose de 0,5 mg/l de détergent dans l'eau 93% de la surface est affectée par l'agent tensio-actif [13, N°3]

c) Effet sur la faune aquatique :

La toxicité des agents tensio-

actifs vis à vis de la faune aquatique résulte essentiellement de leurs propriétés physiques, en effet l'abaissement de la tension superficielle du milieu cause une modification des échanges respiratoires au niveau des branchies des poissons [4]. En général, la toxicité commence à des concentrations de l'ordre de 2 à 3 mg/l. Les mêmes conséquences seraient causées chez certaines espèces très sensibles à partir des teneurs de 1 à 2 mg/l [13, n°4]. Ces doses léthales sont variables selon l'âge et l'espèce de cette faune aquatique.

d) Participation à l'eutrophisation

Les produits synthétiques contiennent non seulement l'agent de surface mais aussi un fort pourcentage de substances qui entrent dans la composition des détergents. En général il s'agit de tripolyphosphate pentasodique ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) dont la présence peut conduire à une augmentation bienfaisante de la productivité, par exemple d'un lac, spécialement si ce dernier est oligotrophe (absence de sels minéraux), mais peut aussi causer une hypertrophie du lac en enrichissant excessivement les eaux en éléments nutritifs, autrement dit, cela peut favoriser

le phénomène d'eutrophisation. Or les manifestations les plus gênantes de cette eutrophisation est la croissance massive d'algues. A longue échéance ces algues sont très nuisible à beaucoup d'égard, entre autre, leur présence diminue la transparence de l'eau à la lumière, ce qui peut perturber la vie en profondeur

### e) Pollution du sol et des eaux souterraines

#### Les détergents

ayant la propriété de modifier la tension superficielle des solutions aqueuses, peuvent modifier la perméabilité des terrains et favoriser ainsi la pénétration en profondeur de fines particules polluantes qui, normalement seraient arrêtées par la filtration à travers le sol. C'est ainsi que FLYNN cite « les détergents traversent facilement les terrains sans être absorbés, ni modifiés, et parviennent ainsi aisément aux nappes d'eau souterraines » [2]. FLYNN a constaté aussi que certains détergents pouvaient persister dans des puits, sans être dégradés, pendant des périodes allant d'une à trois années.

En effet l'accumulation des détergents dans des terrains peut modifier notablement leur perméabilité et par suite l'écoulement de l'eau dans les nappes souterraines. Il semble qu'il y ait encore des inconnues sur la modification de l'hydrogéologie d'une région à la suite de l'emploi massif des détergents.

#### 4°) Les détergents et la corrosion

Les effets néfastes des

détergents sur certains métaux les plus utilisés dans l'industrie sont :

##### a) la corrosion de l'acier

Certains auteurs considèrent que l'acier est faiblement influencé par la présence des détergents, les cuves galvanisées sont plus sensibles à ces actions, la présence prolongée de détergents y laissent des aureoles colorées.

##### b) la corrosion de l'aluminium

L'aluminium pur est fortement érodé par les détergents. Les agents de cette corrosion sont surtout les carbonates de sodium et les phosphates de sodium [13, N°3]. Une protection efficace contre cette attaque peut être réalisée par addition à ces produits de silicates solubles.

##### c) La corrosion du cuivre

Dans des machines en cuivre, la corrosion est attribuée aux phosphates à une température environ 80°C.

##### d) la corrosion du zinc :

les substances commerciales servant au lavage montrent différentes propriétés de corrosion, en effet

l'attaque du zinc par les produits à base de savon est moindre que celle produite par les détergents synthétiques. Les composants des détergents les plus agressifs vis à vis du zinc sont les polyphosphates et le perborate de sodium. Leur action combinée augmente la corrosion. Ainsi, selon le métal de référence, l'effet de la corrosion ne peut être attribué à une seule substance mais aux différentes substances constituant le détergent.

### 5°) Effets sur les stations d'épuration

L'épuration des eaux

peut se faire selon trois mécanismes.

- épuration physique ; sédimentation, filtration, ect. . . .
- épuration chimique ou physico-chimique : floculation, neutralisation ect. . . .
- épuration biologique : boues activées, lits bactériens ect. . . .

#### a) Effet sur la sédimentation :

Certains auteurs reprochent aux détergents de gêner l'épuration des eaux résiduaires soit par suite d'une action inhibitrice sur les flores, soit par suite d'un empêchement de la sédimentation des matières en suspension lors de la décantation primaire. D'autres auteurs, ont montré qu'à certaines concentrations, les détergents augmentent les matières en suspension, cette augmentation rend



plus difficile, l'auto-épuration chimique et biologique.

La sédimentation est affectée surtout par la partie inorganique des phosphates, elle enlève peu de produit tensio-actif 2 à 4% que l'on retrouve dans les boues décantées [16]

### b) Effet sur la floculation

L'action des détergents varie avec l'agent de floculation. Certains tensio-actifs interfèrent dans la formation du floc à des concentrations de 8 à 20 ppm [14] alors que d'autres ne montrent pas l'influence à la concentration de 20 ppm. Lors des perturbations intervenant dans la floculation, "le builder" du détergent peut jouer un grand rôle. En effet si le détergent est ionique, les micelles sont donc chargées, ce qui empêchera leur coagulation d'où l'effet d'effloculant des adjuvants des détergents.

### 6) Effet sur les traitements biologiques

Les détergents anioniques utilisés à raison de 50 à 60 mg/l, exercent une action inhibitrice sur la flore nitrifiante [2] et [4]. Il en est de même avec les algues à des teneurs de 120 mg/l [16]

Les différentes recherches effectuées à ce sujet ont montré que l'épuration biologique d'une eau d'égout

prédécantée n'est pas influencée par la présence des détergents synthétiques qui seront décomposés par les bactéries [13, N°3]. Les détergents détruits biologiquement peuvent constituer une source d'énergie pour certaines catégories de bactéries.

Plusieurs auteurs ont reconnu que la présence de nutriments organiques était nécessaire pour assurer la biodégradation concomitante des détergents.

### a) Action sur les lits bactériens

Les détergents anioniques réduisent généralement l'efficacité des installations d'épuration par lits bactériens, cette réduction commence seulement pour une concentration de matière active de 15 à 20 ppm. LIEBMANN et LECLERC [17] limite cette nocivité à 10 mg/l. KOOT, plus récemment (1973), mentionne 9,5 mg/l. comme dose limite pour ces lits bactériens [2].

Notons que ceux-ci sont surtout les mousses qui ont un effet néfaste, sur ce type d'installation.

MAC. GAUHEY [13, N°4] signale que l'enlèvement des produits tensio-actifs par lits bactériens varie entre 25 et 40%. D'autres auteurs situent le niveau possible de la destruction de la matière active à 65% [13, N°4].

Les effets des détergents apparaissent beaucoup moindres, si l'eau est traitée par lit bactérien que si celle-ci est épurée par le procédé de boue activée. En fait les détergents interfèrent dans l'épuration des eaux par la réduction du degré d'adsorption de l'oxygène dissous nécessaire pour l'épuration. Cette fourniture d'oxygène est plus variable dans le procédé par boues activées que dans celui par lits bactériens où, normalement, elle n'est pas un facteur limitatif du degré d'oxygénation. [13, N°3]

b) Action sur boues activées : Le procédé par boues activées est plus sérieusement affecté par la présence de détergents dans les eaux que la filtration biologique. Il est présumé que les matières actives réduisent le degré d'oxygénation. L'étendue de cette réduction, dans le bassin d'aération dépend de plusieurs facteurs (17) :

- de la concentration en matière active
- du type de diffuseur d'air
- du débit d'air
- du degré d'épuration atteint.

La concentration qui affecte l'épuration par boues activées est de l'ordre de 7 à 9,5 mg/l de matière active

La réduction peut atteindre au moins 30% et même 50% si les diffuseurs utilisés sont de faible porosité, l'augmentation du débit d'air permet de compenser cette réduction

[13, N°3]

La charge avec détergents pouvant être traitée dans une installation d'épuration par boues activées est le 4/5 de celle sans détergents [17]. Notons aussi que la réduction du taux d'aération est moindre pour un effluent decanté que pour une eau d'égout brute [13, N°3]

DEGENS signale que l'activité des boues activées est influencée par les détergents anioniques, spécialement par la concentration élevée des sulfonates dans les boues et par la teneur en oxygène dissous trop basse dans les bassins d'aération [13, N°3]

MAC GAUHEY indique que l'effet du traitement par boues activées est une dégradation biologique complète de 7% du produit de détergent (Alkylbenzène sulfonate dans ce cas) et une dégradation partielle de 37%. Il reste ainsi 56% du produit tensio-actif dans l'effluent [13, N°3].

D'autres chercheurs ont mis en évidence que la dégradation biologique du détergent dépendait de la composition de la boue activée, celle-ci permettait une réduction de 60 à 80% du tensio-actif.

## c) Digestion des boues

Toujours, d'après DEGENS, la fermentation méthanique des boues d'égout n'est pas interférée quand la concentration des détergents synthétiques dans les boues brutes est inférieure à 500 ppm de matière active.

Le détergent n'est pas décomposé biologiquement durant la digestion anaérobie. Il semble qu'actuellement, même s'ils ne sont pas détruits, les détergents n'ont aucune action fâcheuse sur les fosses septiques et les puisards [13 n°3]

Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs limites admissibles pour les boues activées et la digestion des boues d'après LIEBMANN [6]

Substance toxique	Exprimée en	Digesteur <sub>LB</sub>	Boues activées
Alkylarylsulfonate	sub active	9,5 mg/l	7 - 9,5 mg/l
Alkylsulfate	"	> 40 mg/l	50 à 100 mg/l
détergents cationiques	"	10 mg/l	—
Détergent non ionique	"	5 mg/l	9 - 100 mg/l.

## VII ETUDE DE LA BIODEGRADABILITE DES DETERGENTS

1°) But de l'expérience

Notre étude a pour objectif la détermination de la biodégradabilité des détergents anioniques commerciales. Notons que les tests de biodégradabilités sont effectués sur 3 types de détergents :

- + Le détergent "isis", qui est constitué de dodécylbenzène sulfonate comme matière active
- + Le détergent "Telj" constitue aussi de dodécylbenzène sulfonate comme matière active.
- + Le suractif Alkylbenzène linéaire (produit pur)

Notons que les expériences ayant lieu dans leur intégralité au niveau du laboratoire. Pour cela nous avons jugé meilleur de préparer une eau synthétique pour ces tests de biodégradabilité afin d'éviter tout facteurs pouvant freiner le processus de dégradation.

Tout au long de cette procédure nous avons veillé à reproduire au mieux la constitution physico-chimique ainsi que les caractères analytiques de notre eau, conformément à la nature.

Dans cette optique et vu que notre milieu synthétique est chargé d'une pollution organique, l'ensemencement était facilité

Plusieurs lieux peuvent se servir comme source d'ensemencement et parmi ceux-ci on distingue, station d'épuration, eau dégout. En effet pour ces tests nous avons choisi l'inoculation de notre milieu par un échantillon d'eau prélevé d'un effluent d'eau résiduaire urbaine: Oued. EL- HARRACH.

### a) Milieu synthétique

Il s'agit d'un milieu synthétique mixte c'est à dire qu'il comporte de sels nutritifs nécessaires à la croissance des microorganismes [18]

composés	concentration en mg/l
+ Glucose	500
+ sulfate de magnésium	100
+ urée	227
+ Trichlorure ferrique	0.5
+ Chlorure de calcium	7.5
+ phosphate d'hydrogène monopotassique	527
+ phosphate d'hydrogène dipotassique	1070

## b) Présentation du model

L'eau usée synthétique ainsi constituée estensemencée par une portion d'eau urbaine d'un rapport de 20%. Lors de cette étude de biodégradabilité, le processus de dégradation aérobie sera établie sous l'influence d'aération du fond continue. L'aération du milieu se fera par insufflation d'air grâce à un compresseur à air. La concentration en oxygène dissous sera maintenue dans tout le flacon, de telle sorte que le milieu travaille en phase aérobie. Le compresseur qui nous assure l'apport d'oxygène est mis en marche durant toute l'expérience

Notons toute fois, par manque de moyen pratique adéquat nous avons procédé, par bricolage à l'aménagement du compresseur à air afin d'en ressortir avec un système d'aération plus au moins efficace.



## 2) Étude expérimentale de la première variante (Isis)

a) Introduction. L'eau usée synthétique contenue dans le flacon d'expérimentation est aérée pendant 2 jours, ce qui a pour but de permettre une bonne croissance et acclimatation des bactéries, après cela nous ajoutons au milieu une quantité de détergent connue, de l'ordre de 5 mg/l de la matière active. Cette concentration est inférieure au seuil de toxicité des bactéries pour les traitements biologiques. Ainsi nous procédons au 1<sup>er</sup> prélèvement pour le dosage du détergent ainsi que la mesure de la demande chimique en oxygène  $DO_5$ . La durée d'échantillonnage s'étalera sur une semaine à raison d'un prélèvement par jour. Pour cette première variante nous établissons ainsi la cinétique du processus de dégradation aérobie du détergent (DB5) et en déduisant le pourcentage de dégradation sous le seul effet de l'activité enzymatique des microorganismes. Notons que cette variante sera étudiée en deux tests.

### b) Résultats d'analyses sur la biodégradabilité

Les résultats de nos divers dosages et analyses sont classés dans un tableau récapitulatif et les représentations graphiques sont données sur les pages suivantes.

TABLEAU A<sub>1</sub>: Resultats d'analyse du premier essai de  
la 1<sup>er</sup> variante (ISIS)

Jour de prelevement	T° (°C)	pH	DCO mg/l d'O <sub>2</sub>	concentration de DBS en mg/l	observation sur l'échantillon
Jour 0	16.1	7.5	816	-	eau clair
Jour 1	16.4	7.8	703	-	eau peu turbide
Jour 2	16	7.9	652	5.5	eau très turbide
Jour 3	-	-	-	-	-
Jour 4	15.2	8.1	530	-	eau turbide décoloration jaune
Jour 5	14.4	8.2	460	4.6	"
Jour 6	14.8	8.2	308	3.2	"
Jour 7	-	8.2	-	1.8	"
Jour 8	16	8.2	340	1.7	"

TABLEAU A<sub>2</sub> : RÉSULTATS D'ANALYSE DU SECOND ESSAI DE LA  
1<sup>ère</sup> variante (ISIS)

Jour de prélèvement	T°c	PH	DCO mg/l d'10 <sub>2</sub>	concentration de O <sub>2</sub> S en mg/l	observation sur l'échant. illon
jour 0	15.8	8.2	1125	5.6	eau turbide décoloration
jour 1	16.2	8.1	1030	5.5	"
jour 2	16.4	8.1	830	5.4	"
jour 3	-	-	-	-	"
jour 4	16	8.1	650	4.9	"
jour 5	16	8.2	-	3.35	"
jour 6	15.6	8.1	580	2.1	apparition d'espèce d'algue
jour 7.	15.2	8.1	540	0.4	"

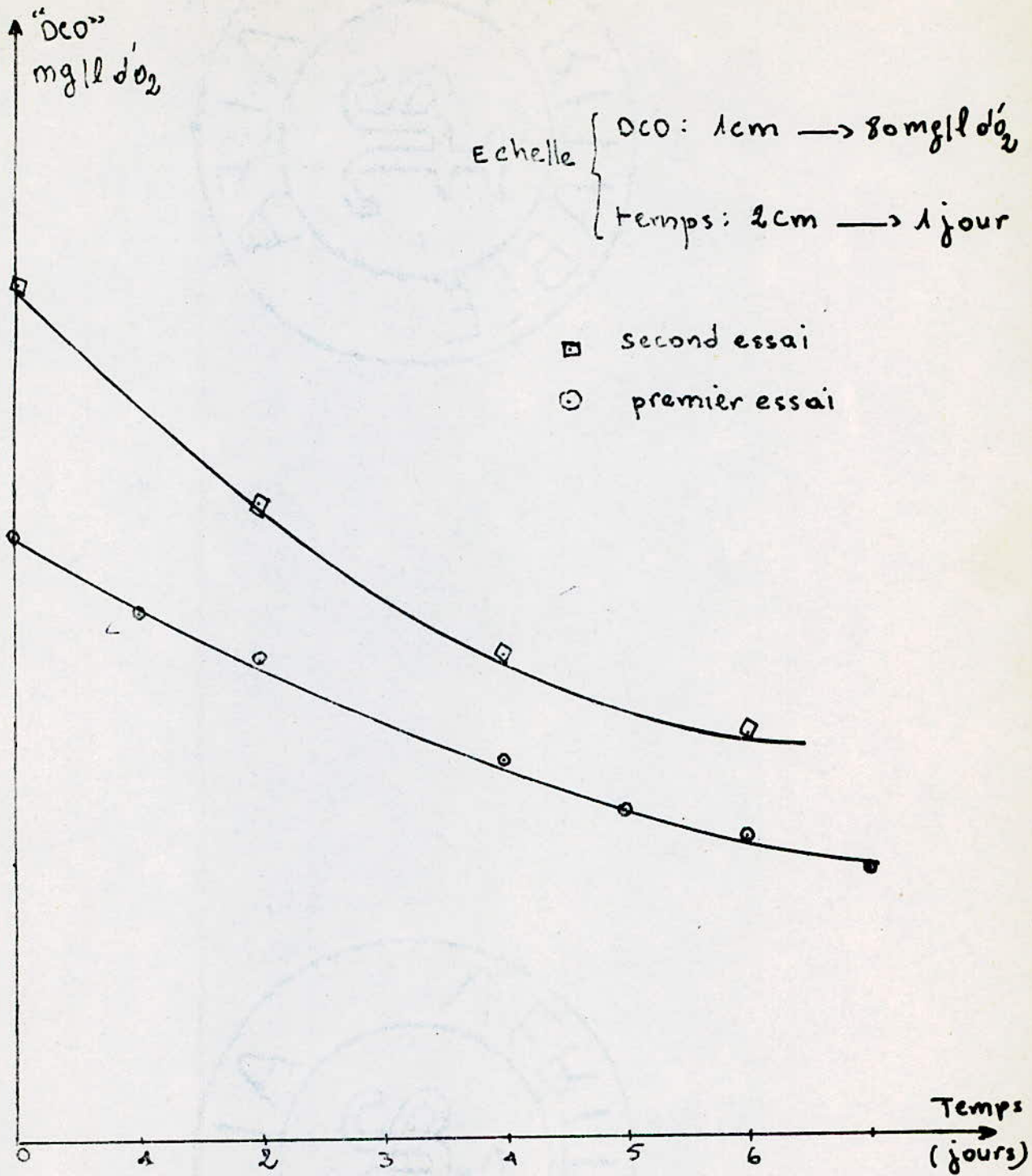


fig.1 : Variation de la DCO en fonction du temps (Variante 1)

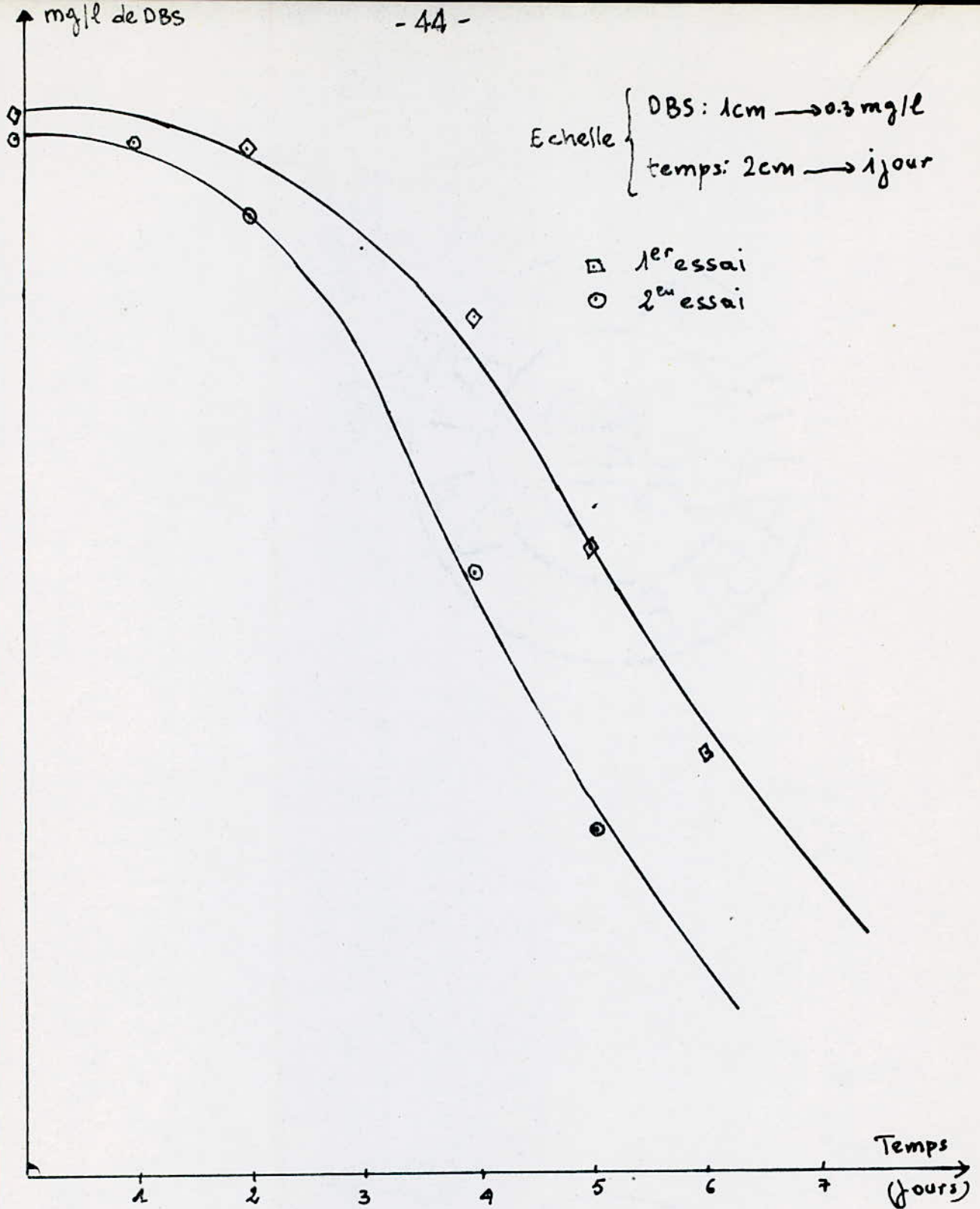


fig. 2 : variation de la concentration de DBS en fonction du temps (variante - 1 -)

## b) Interprétation des résultats :

Pendant les prises des échantillons d'analyse, les valeurs du pH sont voisines de 8. Les échantillons sont préalablement tamponnés par les solutions de phosphate ( $KH_2PO_4$ ,  $K_2HPO_4$ ) entrants dans la composition du milieu synthétique. Ces valeurs constante de pH représente un optimum pour l'activité bactérienne.

### Demande chimique en oxygène "DCO"

D'après les tableaux  $A_1$  et  $A_2$  de résultats d'analyse, nous remarquons que la DCO est très élevée en particulier le second essai (Tableau  $A_2$ ). Ceci est dû à l'accumulation des matières minérales et organiques apportées par le milieu synthétique additionné dans le flacon d'expérimentation. D'après la figure (1) nous constatons que la "DCO" suit une allure décroissante, en effet cette chute de "DCO" correspond à la fraction de la matière organique biodégradable. Au fil des jours la DCO prend une allure horizontale, celle-ci est due à l'épuisement de la matière organique biodégradable.

## Détergent:

D'après les résultats du tableau A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub>, nous constatons une diminution de la concentration du DBS. En effet cette diminution correspond à la dégradation du produit par les bactéries. L'allure de la figure 2 nous informe sur la dégradation

Ainsi pour les deux essais nous distinguons une allure horizontale réduite et une allure verticale prolongée. Pour ce qui est de l'allure horizontale nous informons que les bactéries présentent une phase d'adaptation à ce produit. La seconde allure de ces deux courbes correspond à la phase de dégradation accentuée par les microorganismes qui sont déjà adaptés au détergent.

## c) Conclusion

A la lumière des résultats obtenus pour les deux essais de cette variante de détergent, nous concluons que le détergent "ISIS" est biodégradable.

### 3) Etude expérimentale de la seconde variante de détergent (Telf)

#### a) Introduction

L'étude de cette seconde variante de détergent est analogue à celle de la première. nous avons gardé la même eau contenue dans le flacon d'expérimentation seulement nous lui avons additionné le milieu synthétique (Tableau, page 38) et une quantité de ce détergent à raison de 4 mg/l de matière active (DBS). Après

cela nous avons effectué des prélèvements pour dosage à raison d'un prélèvement par jour pendant une durée d'une semaine.

#### b) Résultats d'analyses sur la biodégradabilité

Les résultats de nos divers dosages et analyses sont récapitulés dans le Tableau A<sub>3</sub> figurant sur les feuilles suivantes ainsi que les représentations graphiques.



TABLEAU A<sub>3</sub> : Résultats d'analyse de la seconde  
variante (Telj)

Jour de prélèvement	T°c	pH	DCO en mg/l p d'10 <sub>2</sub>	concentra- tion de DB5 en mg/l.	observation sur l'échantillon
Jour 0	16.4	8.2	1325	4.5	developpement massive d'algues.
Jour 1	16.2	8.1	1200	3.6	"
Jour 2	16	8.2	1020	2.7	"
Jour 3	-	-	-	-	eau de couleur verte
Jour 4	-	8.2	835	2	"
Jour 5	15	8.3	-	1.3	"
Jour 6	16	8.2	720	0.8	"
Jour 7	-	-	-	-	"

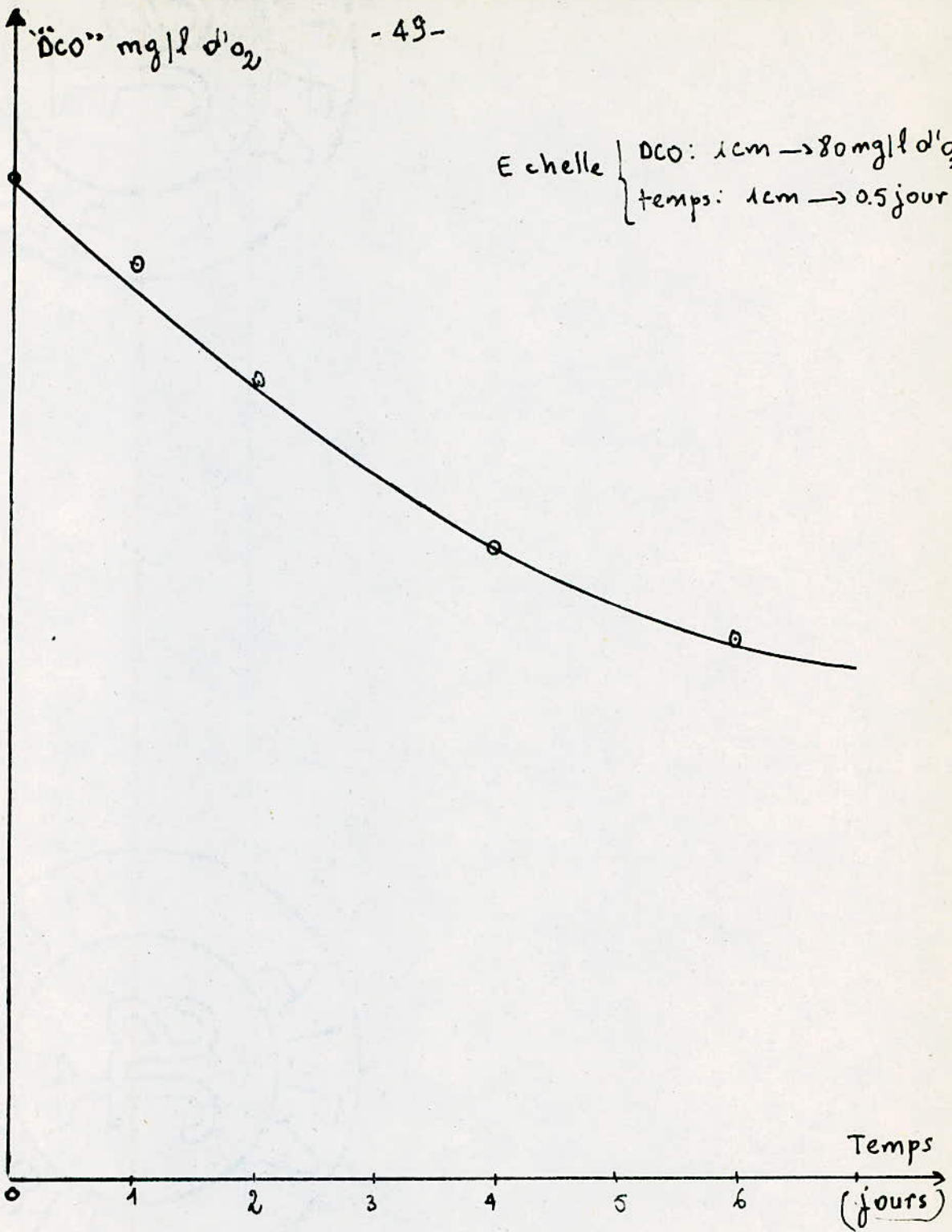


fig. 2: variation de la "DCO" en fonction du temps  
(Variante. 2)

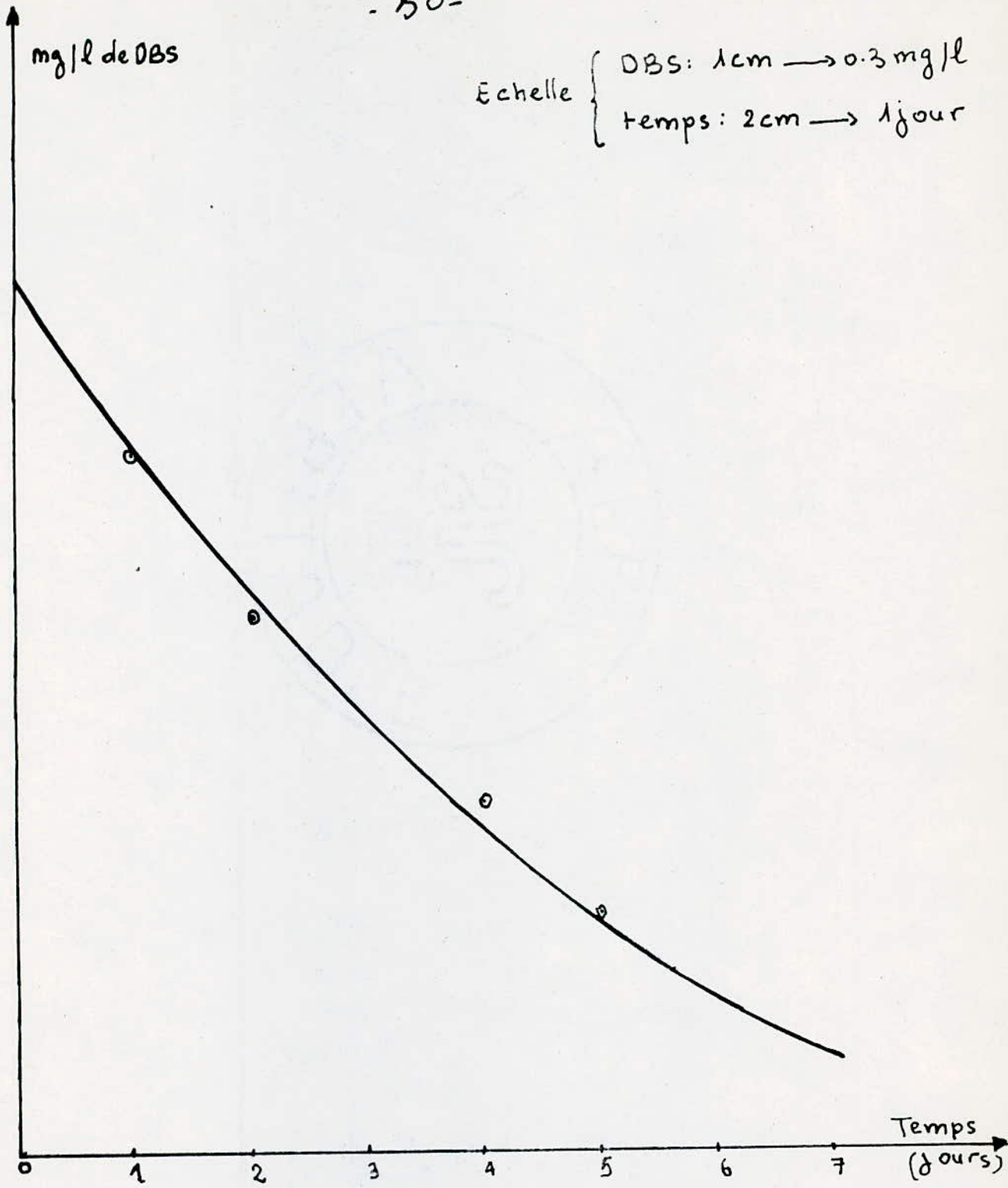


fig.4 : variation de la concentration de DBS  
en fonction du temps  
(Variante 2)

## b) Interpretation des résultats

Pendant les prises des échantillons d'analyse les valeurs de pH sont voisines de 8. Notons que celui-ci est préalablement tamponné par les solutions de phosphate ( $KH_2PO_4$  et  $K_2HPO_4$ ). Il est propice pour une bonne métabolisation bactérienne vis à vis de la matière organique.

### Temperature

Elle est voisine de  $16^\circ C$ , et notons qu'elle est inférieure à la norme fixé pour les essais biologiques ( $20$  à  $26^\circ C$ ), malgré ces valeurs (Tableau A<sub>3</sub>) elle est tout de même propice d'une bonne activité des microorganismes si on se réfère aux conditions des stations d'épurations.

### Demande chimique en oxygène "DCO"

D'après le tableau A<sub>5</sub> des résultats d'analyses nous remarquons que la "DCO" est très élevée, celle-ci est due à l'accumulation

des matières minérales dans le flacon d'expérimentation lors des essais de la première variante ainsi que les matières minérales et organiques apportées par le milieu synthétique additionné au flacon. En effet la fig (3) nous informe sur l'évolution de la DCO qui suit une allure décroissante. Cette chute de DCO correspond à la dégradation des matières organiques biodégradables. Nous remarquons aussi que pendant les derniers jours de l'essai la courbe prend une allure horizontale, celle-ci est due à l'épuisement de la matière organique biodégradable.

À partir des résultats de la DCO, nous pouvons estimer la fraction correspondante à la  $DBO_5$

$$DBO_x = DCO_0 - DCO_x$$

$$DBO_5 = DCO_0 - DCO_5 = 1325 - 720 = 505 \text{ mg/l d'O}_2$$

Detergent:

D'après les résultats du tableau (A3), nous constatons une nette diminution de la concentration au cours des prélèvements.

En effet cette diminution de la concentration correspond à une dégradation du détergent. Pour bien distinguer l'allure de dégradation examinons la fig(4). Nous remarquons que la courbe présente une seule allure décroissante et aussi l'absence de phase de latence. Cette dernière peut s'expliquer du fait que les bactéries ont été déjà adaptées à ce type de produit, qu'elles ont rencontré dans les essais de la première variante de détergent (isis). Ceci revient à dire que les bactéries ont participé plus activement à ce produit ainsi que le substrat présent dans le milieu.

### c) conclusion

D'après les résultats obtenus nous concluons le détergent appelé "Telj" est biodégradable.

#### 4) Etude expérimentale de la troisième variante de détergent (Alkylbenzène linéaire; "LAB")

La troisième variante de détergent consiste à l'étude de biodégradabilité du produit pur, qui est l'alkylbenzène linéaire (LAB). Comme son nom l'indique ce produit possède une chaîne linéaire et appartient à la famille des détergent biodégradables [19].

Le principe d'étude de cette troisième variante est analogue à celui de la première et seconde variante. En effet nous avons procédé à la reconstitution du milieu synthétique (Tableau, page 38) et de l'ensemencer par une portion d'eau urbaine prélevée d'un effluent urbain: Oued-EL-HARRACH.

Après cela nous avons introduit une quantité de surfactif (Alkylbenzène linéaire) à raison de 5 mg/l dans le flacon d'expérimentation. Notons toute fois que l'eau servi comme source d'ensemencement contient une quantité de détergent égale à 1,5 mg/l.

Les prélèvements sont effectués à raison d'un  
prélèvement par jour pendant une durée d'une  
semaine.

### Resultats d'analyses sur la biodégradabilité

Les resultats de nos divers dosages et ana-  
-lyses sont exprimés dans les tableaux  
récapitulatifs A<sub>4</sub> et A<sub>5</sub> figurants sur les  
feuilles suivantes.



TABLEAU A<sub>4</sub> : Résultats d'analyse du premier essai  
de 3<sup>em</sup> variante (Alkyl-benzène linéaire)

Jour de prélèvement	T (°C)	PH	DLO en mg/l d'oz	Concentration de LAB* mg/l	observation sur lechant. -110n
Jour 0	17.8	7.5	850	6.5	eau claire
Jour 1	17.4	7.6	720	6.1	eau peu turbide
Jour 2	17.5	7.8	660	5.5	eau très turbide
Jour 3	-	-	-	-	-
Jour 4	17	8.1	505	2.4	turbidité + couleur jaune
Jour 5	-	8.1	-	1.3	"
Jour 6	17.1	8.2	430	0.6	"

LAB\* : Linear Alkyl benzène

TABLEAU A<sub>5</sub> : Résultats d'analyse du second essai de  
la 3<sup>em</sup> variante (Altylbenzene Lineair)

Jour de prélèvement	T (°C)	pH	DCO mg/l d'O <sub>2</sub>	concentration de LAB mg/l	observation sur les caractéristiques
Jour 0	-	8.2	1225	6	eau turbide jaunâtre
Jour 1	-	-	-	-	-
Jour 2	17	8.2	1050	4.1	eau jaunâtre
Jour 3	16.8	8.2	940	2.2	"
Jour 4	16.4	8.2	890	1.8	"
Jour 5	16.7	8.2	750	0.9	"
Jour 6	-	-	710	0.4	"

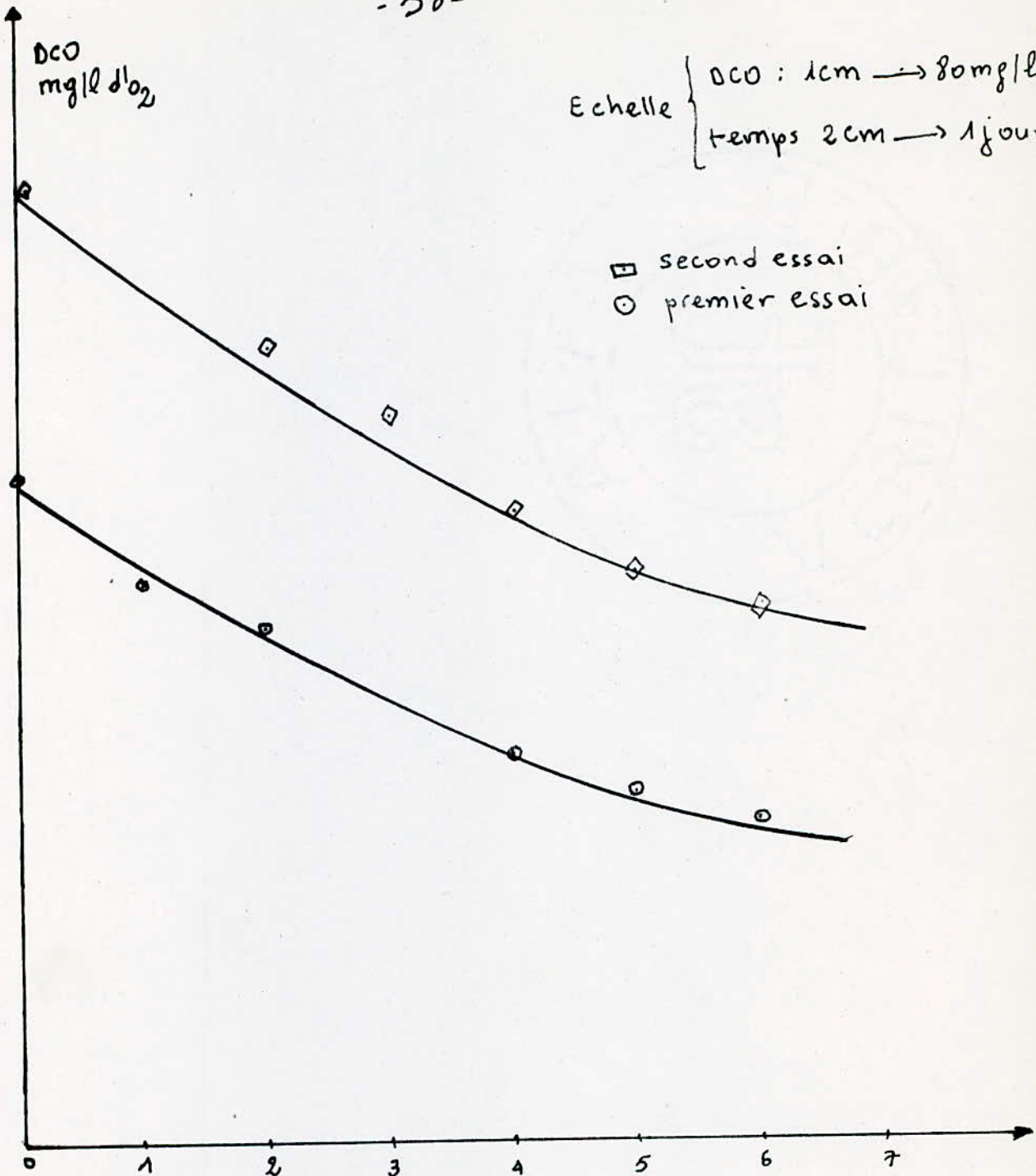


fig. 5 : variation de "DCO" en fonction du temps  
(variante 3)

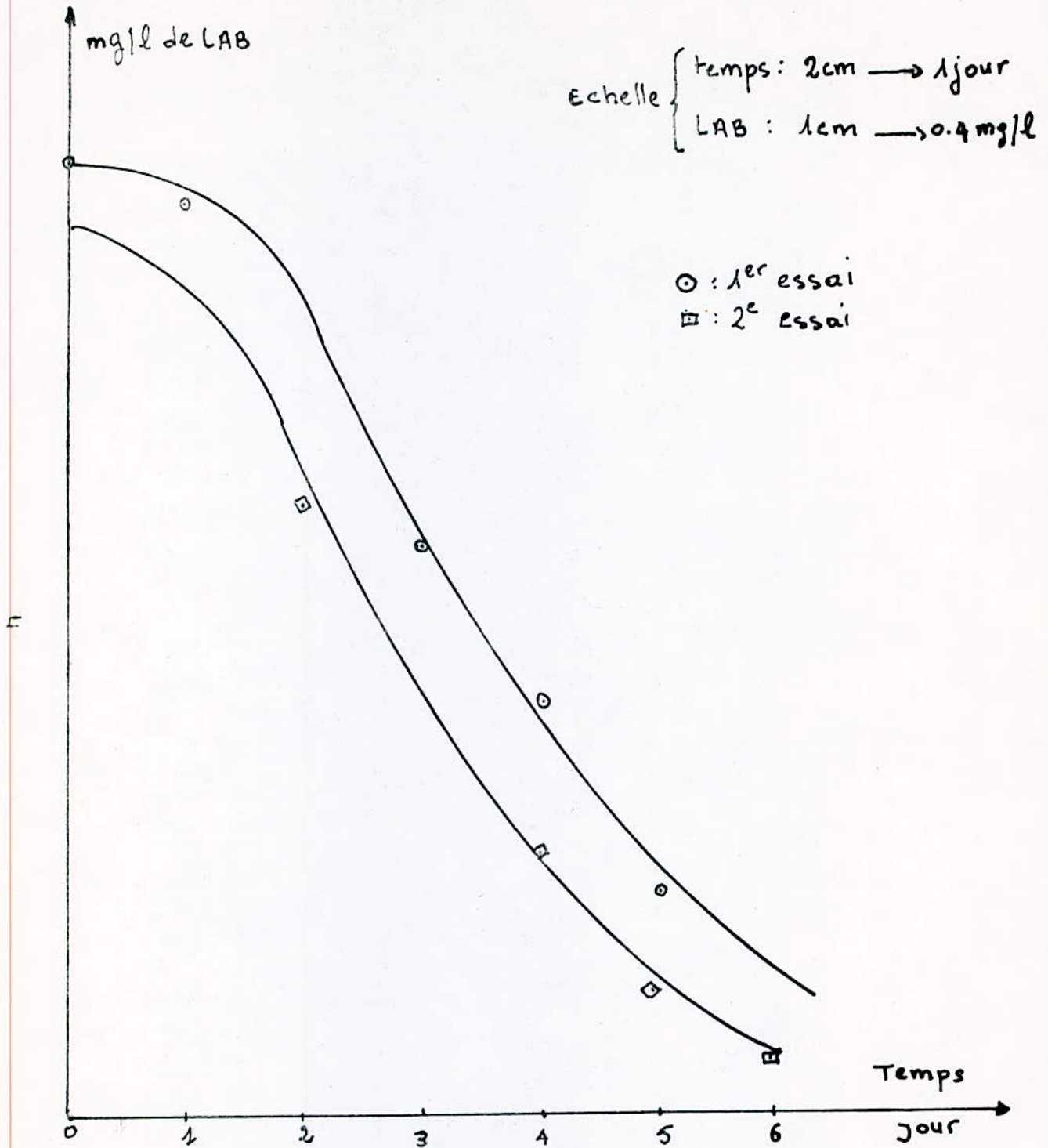


fig.6 : variation de la concentration de l'alkylbenzène  
linéaire en fonction du temps  
(Variante 3) (essai)

## b) Interprétation des résultats

pH: D'après les tableaux A<sub>4</sub> et A<sub>5</sub> nous remarquons que les valeurs du pH sont voisines de 8. Les valeurs constantes de pH représentent un optimum pour l'activité bactérienne.

Demande chimique en oxygène: "Dco"

Pendant les premiers jours des essais, en particulier le second essai nous distinguons des valeurs élevées de "Dco". celles-ci sont dues à l'accumulation des matières minérales dans le milieu. Sur la fig(5) nous constatons que la Dco évolue selon un mécanisme de décroissance correspondant à la métabolisation de la matière organique biodégradable par les microorganismes.

suractif (LAB)

D'après les tableaux de résultats d'analyses (A<sub>4</sub> et A<sub>5</sub>) et les deux courbes de la fig 6 nous constatons une diminution lente

de la concentration pour les deux premiers jours  
puis une nette diminution pour les jours qui suivent  
correspondant successivement à une phase de  
latence réduite et une phase de métabolisation  
accentuée par les microorganismes

c) conclusion:

D'après les deux essais de cette variante  
et à la lumière des résultats obtenus nous  
pouvons que conclure que le suractif:  
Alkylbenzène linéaire est biodégradable.

## VIII : DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES DE L'ENAD

- Unite ENAD (Entreprise nationale des détergents)  
Notre travail porte sur le suivi des rejets de l'ENAD du point de vue quantification de la pollution, il nous a semblé nécessaire de présenter celle-ci.

1°) Matières premières utilisées : l'obtention de la poudre détergent appelée "ISIS" est le résultat de transformation de plusieurs matières à savoir :

- tripolyphosphate de sodium (30 tonnes/jour) dont la pureté est de 90% minimum, les impuretés sont constituées de pyrophosphate de sodium (4%) de l'orthophosphate de sodium (2%) et de sulfate de sodium (2%)
- l'acide dodécylbenzène sulfonique (20 tonnes/jour) est constitué de 98% d'acide DBS et 1% d'huile neutre.
- sulfate de sodium (30 tonnes/jour) d'une pureté de 98% au minimum et avec des traces NaCl, H<sub>2</sub>O

2°) Matières chimiques utilisées

- silicates de sodium 10 tonnes/jour
- carboxyméthyl cellulose 0.5 tonne/jour
- azurant optique 20 kg/jour
- Parfum industriel 100 kg/jour.

### 3°) Consommation et rejet journalier des eaux.

L'eau utilisée est pompée d'un puit situé dans l'usine, celui-ci étant alimenté par une nappe phréatique. La consommation est répartie comme suit :

- Volume total utilisé  $82 \text{ m}^3/\text{jour}$

Volume par phase de procédé

* eau de lavage-rinçage	$3.5 \text{ m}^3/\text{jour}$
* production de vapeur	$54.38 \text{ m}^3/\text{jour}$
* solubilisation du silicate de Na	$5.75 \text{ m}^3/\text{jour}$
* préparation de la pâte	$48.49 \text{ m}^3/\text{jour}$
* eau de lavage des airs de travail	$21.10 \text{ m}^3/\text{jour}$
* eau domestique	$0.30 \text{ m}^3/\text{jour}$

Les débits des effluents rejetés sont les suivants :

* eau de lavage-rinçage	$3.5 \text{ m}^3/\text{jour}$
* eau de lavage des airs de travail	$21.10 \text{ m}^3/\text{jour}$
* vapeur d'eau issue du séchage de la poudre	$47.9 \text{ m}^3/\text{jour}$

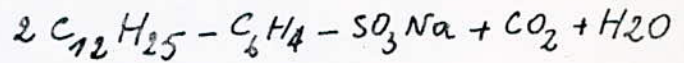
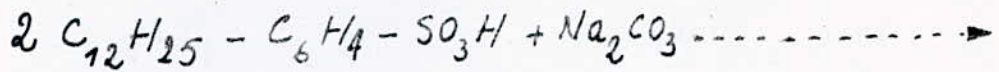
### 4°) Description du procédé de fabrication

Avant le conditionnement, le procédé de fabrication comporte 5 étapes principales :

a) Première étape un acide sulfonique à chaîne hydrocar-



-bonée lineaire (C<sub>12</sub>) est neutralisé par une solution de carbonate de sodium selon la réaction suivante.



A l'issue de cette réaction, il se forme la matière active qu'est le dodécylbenzène sulfonate de sodium.

### b) Deuxième étape : Dégazage atmosphérique

La réaction décrite précédemment est génératrice de gaz carbonique qui est éliminé au niveau d'un bac de dégazage. Cette élimination permet l'obtention d'une pâte homogène désaérée, facilement transférable au moyen de pompes volumétrique.

### c) Troisième étape:

La station de malaxage est composée de deux malaxeurs munis de système de chauffage à la vapeur et de brassage lent (agitateur à pales). Dans ces cuves est formée la pâte par addition d'un ensemble de matières chimiques (sels minéraux et organiques)

### d) Quatrième étape:

La partie issue de la station de malaxage est envoyée dans une tour de séchage de grand volume

-65-  
où règne une température de  $350^{\circ}\text{C}$ , cette pâte est finement pulvérisée par six gicleurs.

#### e) Cinquième étape.

A la sortie de la tour, la poudre est transportée pneumatiquement vers un site de fluidisation et de dépoussiérage où elle perd ses fines particules. Ces dernières sont récupérées par l'intermédiaire de cyclones et reintroduites dans la tour d'atomisation.

L'étape de conditionnement consiste à un tamisage de la poudre et de sa mise dans des paquets à l'aide de deux machines empaqueteuses.

#### f) Effluent liquide

- \* Eau de rinçage des filtres
- \* Eau de rinçage des malaxeurs
- \* Eau de lavage des équipements et des aires de travail
- \* Eau de lavage du bac de préparation de la colle
- \* Huile de vidange.

Le débit total des effluents rejetés dans le collecteur est estimé à  $28 \text{ m}^3/\text{jour}$ .

## IX ANALYSE DES REJETS DE L'ÉNAO

### 1°) Introduction

L'analyse des rejets de l'ÉNAO a pour but la quantification de certains paramètres polluants. Pour ce faire nous avons jugé nécessaire de mener plusieurs campagnes d'analyses que nous présentons ci-dessous. Les campagnes consistent à l'étude d'un certain nombre de paramètres des rejets de l'ÉNAO. Il nous a semblé judicieux de les choisir en fonction de leur importance et de leur éventuelle présence dans les rejets de l'ÉNAO. Ces paramètres sont:

- \* DBS (dodecylbenzène sulfonate)
- \* Les orthophosphates
- \* Les polyphosphates
- \* Les sulfates
- \* Les silicates
- \* La "DBO<sub>5</sub>"
- \* La "DCO"
- \* Les matières en suspension "MES"

nous avons en plus mesuré le pH et la température

Notons ainsi que tout les prélèvements ont été fait au collecteur principale de l'ÉNAO et sont nombre de cinq.

## 2°) Mode de prélevement des échantillons et analyses

Tous les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en plastiques préalablement rincées avec l'eau à analyser. Toutes les analyses ont été effectuées dans les vingt quatre heures qui suivent les prélevement et avec précaution spécifique pour chaque type d'analyse. La température et le pH ont été mesuré systématiquement et directement sur le lieu de prélevement.

TABLEAU: B<sub>1</sub> (NORMES-SUISSE)  
Concentrations limites des rejets après traitement [5]

* pH	6,5 à 8,5
* T°c	30
* MES	20 mg/l.
* DBO <sub>5</sub>	30 mg/l.
* Détergent	1 mg/l.
* phosphate	2 mg/l.

TABLEAU B<sub>2</sub> : Résultats d'analyse des phosphates,  
des rejets de l'ENAD

Paramètres jours de prélèvement	T °C	pH	orthophosph- ates en mg/l	polyphosphat en mg/l.	observation
09.05.87	24.5	8.5	35.6	128.7	eau turbide + mousse
11.05.87	20.7	9.5	27	79.8	eau brune + mousse.
13.05.87	25.3	9.2	129	420	eau noire très mousseuse.
17.05.87	26.4	9.3	49.7	150.6	eau clair + mousse.
19.05.87	27	10.1	55.5	120.7	eau noire + mousse.

TABLEAU B<sub>3</sub>: Résultat d'analyses des sulfates et silicates  
des rejets de l'ENAD

Paramètres jours de prélèvement	T °C	pH	sulfates en mg/l de SO <sub>4</sub>	silicates en mg/l de SiO <sub>2</sub>	observation sur l'échantillon
09.05.87	24.5	8.5	145.6	31.2	eau turbide + mousse
11.05.87	20.7	9.5	1336	20	eau brune + mousse.
13.05.87	25.3	9.2	703	240	eau noire très mousseuse
17.05.87	26.4	9.3	269.8	26.8	eau clair + mousse.
19.05.87	27	10.1	189.4	19.7	eau noire + mousse.

TABLEAU B<sub>4</sub> : Résultats d'analyse de DBS, DCO, MES et DBO<sub>5</sub>  
des rejets de L'ENAO

Paramètres jours de prélèvement	T°c	pH	DBS en mg/l.	DCO en mg/l d'O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> en mg/l d'O <sub>2</sub>	MES en mg/l.
09.05.87	24.5	8.5	4.6	620.8	180	312
11.05.87	20.7	9.5	4.5	550	-	280
13.05.87	25.3	9.2	16.2	-	200	-
17.05.87	26.4	9.3	6.8	632	225	330
19.05.87	27	10.1	8.5	698	-	405
Moyenne	24.8	9.3	8.12	637	201	331

DBS : dodecylbenzène sulfonate. , DCO : demande chimique en oxygène

MES : Matière en suspension

DBO<sub>5</sub> : demande biochimique en oxygène pendant  
5 jours

-70-

### 3) Interprétation des résultats :

L'eau rejetée par l'"ÉNAD" ne présente pas de couleur particulière ni d'odeur caractéristique. Cette eau a un pH compris entre 8.5 et 10.

La température est variable entre 20°C et 30°C et répond aux normes des rejets industriels. Quant aux teneurs de dodecyl benzène sulfonate "DBS" présents dans les rejets, elles sont d'une moyenne de 8 mg/l (voir tableau B<sub>4</sub>).

phosphates :

Le tableau B<sub>2</sub> nous montre que les rejets sont excessivement riches en phosphates, ceci pourrait être la cause des fuites très nombreuses et très fréquentes au niveau des pompes de malaxeurs.

sulfates :

D'après les résultats du tableau B<sub>3</sub>, nous constatons que les teneurs en sulfates des rejets sont importantes. Ces teneurs ne sont pas tout de même alarmantes vu que celles-ci ne dépassent les normes tolérées [9]



silicate :

Les teneurs des rejets en silicates sont en moyenne de 25 mg/l sauf pour le troisième prélèvement où l'on enregistre une teneur importante, due essentiellement à une fuite accidentelle. Ces teneurs en silicates sont inférieures à 50 mg/l dose admissible pour l'eau potable [16]

DCO et DBO<sub>5</sub> :

Le rapport  $DBO_5 / DCO \approx 0.3$

ce rapport nous informe que les rejets sont composés essentiellement de matières minérales

En effet les rejets de l'ENAD en terme de DCO dépassent les normes prises comme référence.

Quant aux Matières en suspension, les eaux sont riches et dépassent les normes tolérées.

## X CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Notre travail a consisté à l'étude, en un premier temps des propriétés des détergents et leurs effets, en second lieu l'étude expérimentale de trois variantes de détergent anioniques et en dernier temps à l'analyse des eaux résiduaires de l'ENAD.

D'après les résultats obtenus de l'étude de biodégradabilité des détergents, nous concluons que les trois variantes de détergents sont biodégradables. Vu les effets que peuvent engendrer certains produits synthétiques du fait de leur caractère non biodégradable vis à vis du milieu humain, il est nécessaire de ne pas négliger ce problème. En effet la détermination de la biodégradabilité des substances organiques devient donc une nécessité pour exercer le contrôle des matières polluantes du milieu environnant. Il serait même justifié de recommander

à chaque entreprise nationale ou privée utilisateur des substances organiques synthétiques de soumettre ces substances avant leur commercialisation d'un essai obligatoire de biodegradabilité satisfaisant et ne dégageant pas, lors de leurs biodegradation de produit intermédiaire toxiques pourraient obtenir un permis officiel de mise sur le marché national.

D'après les résultats obtenus sur les rejets de l'ENAD nous constatons que le DBS, DCO, phosphates et MES ne répondent en aucun aux normes des rejets allégués prises comme référence (voir Tableau B<sub>2</sub>). Vu les effets que peuvent engendrer ces détergents et les phosphates nous recommandons aux responsables de l'unité d'épurer leur eaux avant de les rejeter dans le milieu récepteur, et ceci par une installation d'une station d'épuration au niveau de l'unité, afin de réduire cette pollution.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) Y. DOMMERGUES et F. MANGENOT, *Ecologie microbienne du sol*, Masson, Paris (1970)
- (2) J.R. VAILLANT, *Protection de la qualité des eaux et maîtrise de la pollution, contrôle de déversement d'eau polluée*, Eyrolles, Paris (1973)
- (3) A. SCHWARTZ et J. PERRY, *Chimie et technologie des agents tensio-actifs*, Traduit par J. Colonne, (1956).
- (4) N. PESSON, *Pollution des eaux continentales, incidence sur les biocénoses aquatiques*, Gauthiers Villards, Paris (1980)
- (5) H. SEGHOUBANI et L. ALLIA, *Projet de Fin d'étude, contribution à l'étude de la pollution engendrée par "ENAD" et son impact sur le lac de Réghaia*, ENP Alger (1986)
- (6) H. ROQUES, *Fondement théorique du traitement biologique des eaux*, Technique et documentation, Paris (1979)
- (7) DEGREMENT, *Memento technique de l'eau*, Paris (1978)
- (8) R. COLSON, *Les surfactifs en cosmétologie*, Eyrolles, Paris (1976)
- (9) M. TARDAT-HENRY et J.P. BEAUDRY, *Chimie des eaux*, le Griffon, Canada (1984)

- (10) M. BOUSHAKI, *Projet de fin d'étude, contribution à l'étude des eaux résiduaires de l'ENGI*, ENP ALger (1986)
- (11) F. RAMADE, *Précis d'écologie appliquée*, Mc Graw Hill, Paris (1982)
- (12) S. JAKANOVIC et J. DRAPEAU, *MANUEL de microbiologie de l'environnement*, OMS, Genève (1977)
- (13) W. RESEARCH, 

Volume 8	n°2	(1974)
" 10	n°3	(1975)
" 10	n°4	(1975)
" 10	n°4	(1976)
- (14) R. DUMONT, *Encyclopédie d'écologie*, Larrousse, Paris (1977)
- (15) F. RAMADE, *Ecotoxicologie*, Masson, Paris (1979)
- (16) H. MEINK-STOOF et R. HOHLSCHUTER, *les eaux résiduaires industrielles*, Masson, Paris (1977)
- (17) E. LECLERC, *Les détergents et la pollution des eaux*, Eyrolles, Paris (1971)
- (18) F. EDELINÉ, *Epuración biologique des eaux résiduaires*, CEREDOC, Liege (1979)
- (19) A. GUILLEMONAT, *Chimie organique*, Mc Graw.Hill, Paris (1976)

- (20) AFNOR , polycopie, UNIVERSITE DE PARIS
- (21) W. ECKENFELDER , Gestion des eaux usées, Lavoisier,  
France (1982)
- (22) J. RODIER , Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux resi-  
-duaires et eau de mer, Dunod, Paris (1984)
- (23) R. LEFAUX , Les matières plastiques dans l'industrie  
alimentaire., ed. Française, Paris (1972.) -

# ANNEXES

## DETERGENTS ANIONIQUES

Dosage par colorométrie d'après (22)

### Principe

Les détergents forment avec le bleu de méthylène un complexe bleu extraîble avec le chloroforme et susceptible d'un dosage colorométrique

## DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES, et POLYPHOSPHATES

Par colorométrie d'après (22)

### A. ORTHOPHOSPHATES:

Principe: En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par  $\text{SnCl}_2$  et en présence d'acide prend une couleur bleue, susceptible d'un dosage colorométrique

### B. POLYPHOSPHATES:

Principe: Les polyphosphates tel que, meta, pyro et tripolyphosphates sont transformés par hydrolyse en milieu acide en orthophosphates et dosés sous cette forme.

## DOSAGE DES SULFATES PAR COLOROMETRIE d'après (9)

Principe

Le dosage est basé sur la réaction, en milieu acide entre l'ion sulfate et le chlorure de baryum qui, conduit quantitativement à la formation de sulfate de baryum, sel très peu soluble.



## DOSAGE DE LA SILICE PAR COLOROMETRIE d'après (9)

Principe : L'anhydride silicique donne avec le molybdate d'ammonium à pH 8 une coloration jaune à l'acide silico-molybdique, celui-ci peut être dosé par colorimétrie.

## DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

"DCO" d'après (9)

Principe :

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées par le bichromate de Potassium en milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure. L'excès de bichromate est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.



## DETERMINATION DE LA DEMANDE BIOCHIMIQUE EN OXYGENE D'après ( 9 )

### Principe :

Les bactéries contenues dans un échantillon d'eau consomment l'oxygène présent dans cet échantillon en produisant du gaz carbonique ( $CO_2$ ). Cet excès de  $CO_2$  entre en réaction avec l'hydroxyde de potassium et il se produit dans le flacon une variation négative de pression, mesurée par un manomètre intégré directement, gradué en mg/l de DBO. Un agitateur magnétique assure l'homogénéisation constante du milieu.

## DETERMINATION DES MATIERES EN SUSPENSION D'après ( 9 )

Les mesures de la température et le pH ont été faites  
Par méthodes instrumentales.

