E. I. E. R.
Bibliothèque
OUAGADOUGOU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

KABORE Mathieu

ANNEE 1993-1994

CARACTERISATION DES EAUX DU CANAL CENTRAL DE OUAGADOUGOU (CHARGES POLLUANTES, PROVENANCES, DEBITS).

Mention : TRES BIEN

Encadrement

M.D. DAOU

E. I. E. R.
Enregistré à l'Arrivée
le 23 JUIN 1994 N° 224/94

MEMOIRE
DE FIN D'ETUDES

PRESENTE PAR :

KABORE Mathieu

ANNEE 1993-1994

CARACTERISATION DES EAUX DU
CANAL CENTRAL DE OUAGADOUGOU
(CHARGES POLLUANTES, PROVENANCES,
DEBITS).

Mention :

Encadrement

M.D. DAOU

RESUME

Le canal central de Ouagadougou est l'un des premiers réseaux d'assainissement des eaux pluviales de ladite ville. Ce canal véhicule actuellement des eaux résiduaires qui dégagent des odeurs nauséabondes impliquant un problème de pollution.

Notre étude a porté sur les types de pollution engendrés par les eaux du canal, et présente les dangers par rapport à la santé de la population.

La caractérisation des eaux usées à travers la détermination des paramètres de pollution organique, physico-chimique et bactériologique a révélé que le canal est un agent de pollution d'origine organique, chimique et bactériologique.

En outre, les résultats obtenus montrent que le canal joue faiblement un rôle autoépurateur (abattement de 77,88% en DBO5, 79,70% en DCO) et de la pollution bactérienne de 94,37% (en coliformes fécaux d'amont en aval).

Le contact des populations riveraines par leurs activités (pêche, maraîchage) engendrerait nécessairement des maladies d'origine hydrique (diarrhées, salmonelloses) soit pour les consommateurs des produits (maraîchers et de pêche), soit directement sur les utilisateurs de ces eaux.

L'assainissement du canal central ou d'une manière générale de la ville de Ouagadougou éliminerait les risques d'impact de ces eaux sur la santé de la population.

Sommaire

Résumé....1

Remerciements....2

INTRODUCTION....3

Première partie : Généralités....4

Chapitre 1 : Les eaux usées....4
1. Type d'eaux usées....4
1.1 Eaux de ruissellement ("Eaux pluviales")....4
1.2 Eaux usées domestiques ("Eaux usées")....4
1.3 Eaux usées industrielles....5
2. Collecte des eaux usées....5
Chapitre 2 : Historique du canal....7

Deuxième partie : protocole expérimental....8

Chapitre 1 : Localisation des sites de prélèvement - Provenance des eaux.8
Chapitre 2 : Echantillonnage....9
Chapitre 3 : Définition des paramètres et protocoles de mesures....10
3.1. La température....10
3.2. Le PH....10
3.3. La conductivité....10
3.4. Le potentiel REDOX....11
3.5 Matières en suspension (MES)....11
3.6 Les matières sèches (MS) et minérales (MM)....11
3.7 Dureté....11
3.8 DBO5....11
3.9 La DCO....12
3.10 L'azote total....12
3.11 Les nitrates....12
3.12 Les coliformes fécaux....13
3.13 Le phosphore total (PT)....13

Troisième partie : Résultats - Interpretation et commentaires....13

Chapitre 1 Résultats....13

Chapitre 2 : Interprétation des résultats et commentaires 16
2.1 Interprétation des résultats 16
2.2 Commentaires 22
2.2.1 Température 22
2.2.2 PH 22
2.2.3 Conductivité 23
2.2.4 R-H (potentiel redox) 23
2.2.5 Matières en suspension (MES) 24
2.2.6 D.C.O 24
2.2.7 DB05 25
2.2.8 NO-3 25
2.2.9 NTK 25
2.2.10 COLIFORMES FECAUX 25
2.2.11 DEBITS 25
2.3 Types de pollution 26
2.4 Observation générale 28
2.5 Intérêt et limite des résultats 29
2.5.1 Intérêt 29
2.5.2 Limite 29

Conclusions et recommandations 30
Conclusions 30
Recommandations 30

Références bibliographiques 32

ABREVIATIONS 34

REMERCIEMENTS

Le présent dossier-mémoire a pu être réalisé grâce à l'aide et la collaboration des intervenants en génie sanitaire de l'E.I.E.R. et la D.M.P.

Mes remerciements vont :

- à Monsieur DAOU MPE David, expert O.M.S., mon maître de mémoire, pour son encadrement et ses conseils ;
- à Monsieur ZEBA à la DMP, mon encadreur extérieur, pour sa disponibilité ;
- à Monsieur Dr. Ing. C. TOURÉ pour les différents services rendus, ainsi qu'au personnel du CREPA ;
- à Monsieur GUELLERE, chef de Laboratoire Génie Sanitaire à l'E.I.E.R. ;
- à Monsieur Kokou D. pour sa disponibilité au niveau du Laboratoire ;
- aux Doctorants GNANE et KLUTSÉ pour les différents conseils ;
- à Monsieur KONÉ, Directeur ONEA section assainissement, pour les différentes informations recueillies ;
- à Monsieur BAZIÉ Jeremy, Directeur de la prévention des pollutions et nuisances / MET, pour les informations fournies.

Je remercie mon Directeur et tous mes professeurs qui m'ont apporté la formation tant théorique que pratique d'un Ingénieur de l'Equipement Rural.

Je remercie également tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont aidé dans le bon déroulement de ce mémoire qui m'ouvre la première page d'une vie professionnelle.

ABREVIATIONS

B.C.E.O.M.	Bureau Central d'Etude d'Outre-mer
C.E.A.O.	Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
C.R.E.P.A.	Centre Régional de l'eau Potable et de l'Assainissement à faible coût
D.M.P.	Direction de la Médecine Préventive
E.I.E.R.	Ecole Inter-Etats d'Ingénieurs de l'Equipement Rural
I.G.B.	Institut Géographique du Burkina
M.A.C.O.	Maison d'Arrêt et de Correction de Ouagadougou
O.N.E.A.	Office National de l'Eau et de l'Assainissement
P.S.A.O.	Plan Stratégique de l'Assainissement de Ouagadougou
S.B.M.C.	Société Burkinabè de Manufacture du Cuir
SO.B.BRA.	Société Burkinabè de Brasserie
SO.NA.B.EL	Société Nationale Burkinabè d'Electricité
T.C.M.	Toilette à chasse manuelle
V.I.P. Latrine	Ventilated Improved Pit Latrine (latrine ventilée améliorée)
G.T.Z.	Organisme non gouvernemental pour la Coopération Technique
M.O	Matière Organique (appréciation)
O.M.S	Organisation Mondiale de la Santé
RÉS	Résidu Sec

INTRODUCTION

"Mieux vaut prévenir que guérir", a-t-on coutume de dire. Force est de constater que cet adage se dit mais s'applique de moins en moins en matière de santé surtout dans le volet assainissement.

L'assainissement est une technique qui consiste à évacuer par voie hydraulique, le plus rapidement possible et sans stagnation, les déchets provenant d'une agglomération humaine ou plus généralement d'un centre d'activité économique de telle façon que les produits évacués ne puissent souiller au-delà d'une limite admissible, l'environnement. (N. GUERRE)

Ouagadougou, capitale du Burkina Faso, est implantée sur une zone de socle ancien caractéristique du craton Ouest-africain. L'altitude moyenne est de 295 m, les zones les plus hautes étant situées à 320 m dans le secteur Sud-ouest, les zones les plus basses à 280 m dans le secteur Nord-est. Les bassins du centre ville sont de faible pente, généralement inférieure à 1% (17)

Du point de vue de l'hydrologie, Ouagadougou est située dans le bassin du Massili. La région se caractérise par l'existence de nombreuses retenues artificielles permettant de stocker l'eau de pluie ruisselant lors de l'hivernage.

A Ouagadougou, la Direction de la Médecine Préventive (DMP) est l'une des principales institutions impliquées dans le secteur de l'assainissement de la ville.

Le canal central de la ville de Ouagadougou est l'un des premiers réseaux d'assainissement de la ville. La DMP a un service du génie sanitaire qui s'occupe du volet assainissement de la ville. Ce service est chargé d'élaborer et exécuter les programmes d'hygiène publique (conception du programme d'assainissement, exécution de l'alimentation en eau potable de la ville, son laboratoire est le laboratoire de référence de la qualité d'eau potable du Burkina Faso). Le canal central a été pendant des années source de nombreux désagréments en matière d'assainissement. La DMP dans sa tâche d'assainisseur a voulu en savoir beaucoup sur les eaux que véhicule ce canal en rapport avec l'utilisation qui y est faite, afin de prendre des dispositifs qui s'imposent : c'est l'objet de notre étude qui porte sur la caractérisation des eaux du canal central de Ouagadougou (charges polluantes, provenances, débits).

Cette étude, qui portera sur l'état du canal en avril et mai, consistera à déterminer les différentes sortes d'eau rejetées dans le canal, leur provenance ainsi que les débits. L'analyse des échantillons prélevés permettra en comparaison avec les normes locales (Burkina) ou à défaut les normes OMS ou Françaises de caractériser les eaux du canal.

L'analyse des échantillons passera d'abord par la définition d'une méthodologie expérimentale consistant à localiser les sites de prélèvements à définir les fréquences de prélèvement, les matériels et les méthodes utilisés.

L'étude doit aboutir à présenter l'impact du canal sur la santé des populations et les propositions pour limiter les risques afin d'élargir le débat vers la contribution d'un ingénieur de l'équipement rural dans la médecine préventive et particulièrement dans l'assainissement de la ville de Ouagadougou.

I

PREMIERE PARTIE

GENERALITES

I. Première partie : Généralités

I.1. Chapitre 1 : Les eaux usées

I.1.1. Type d'eaux usées

En matière d'assainissement d'une ville, les eaux usées à évacuer sont de trois types :

I.1.1.1 *Eaux de ruissellement ("Eaux pluviales")*

Elles proviennent principalement des eaux pluviales, mais aussi des eaux de lavage des voies publiques et des eaux de drainage.

Les eaux de ruissellement transportent tous les déchets sur son passage (retombées diverses de l'atmosphère, déchets minéraux et organiques, micro-organismes pathogènes).

Dans les zones urbanisées, hormis la pollution, les eaux de ruissellement présentent souvent des inconvénients (stagnation, inondation), d'où la nécessité de les évacuer.

I.1.1.2 *Eaux usées domestiques ("Eaux usées")*

Elles comprennent :

- les eaux ménagères constituées des eaux de toilettes, de lessive, de cuisine. Elles contiennent certains produits comme les détergents, les hydrocarbures, les huiles, les graisses etc.

- Les eaux vannes encore appelées "eaux noires", qui proviennent des W-C et sont constitués de matières fécales et des urines. Les eaux vannes renferment des matières minérales et organiques, des germes pathogènes et des matières fermentescibles. Les eaux vannes doivent être évacuées de toute urgence.

I.1.1.3 *Eaux usées industrielles*

Elles sont variées et liées au type d'industrie (usine de fabrication et de transformation) d'où elles proviennent. La diversité des industries fait que ces eaux peuvent être soit à caractère minéral dominant ou organique dominant, ou contenir des matières toxiques.

I.1.2. Collecte des eaux usées

Un réseau d'assainissement d'une agglomération a pour objectif :

- d'évacuer correctement les eaux pluviales de manière à éviter les inondations des zones urbanisées et éviter toute stagnation dans les points bas, après les averses ;
- évacuer les eaux résiduaires urbaines.

Il existe deux principaux systèmes de réseaux d'assainissement :

- le système unitaire, dans lequel toutes les eaux (pluviales, ménagères, vannes, industrielles) sont conduites par un réseau unique de collecte vers une station d'épuration. Ce système s'impose lorsqu'il n'y a pas de possibilité de concevoir économiquement un réseau d'eaux pluviales de surface. C'est un système qui convient aux populations relativement denses. C'est un système souple (canalisation unique par voie publique), mais nécessitant souvent des frais d'investissement élevés ;
- le système séparatif, dans lequel les eaux pluviales sont évacuées dans un premier réseau, les eaux usées domestiques et éventuellement industrielles étant évacuées dans un second réseau.

  Le système séparatif s'observe là où la population est dispersée, et quand les eaux de ruissellement peuvent être facilement évacuées par voie superficielle.

Que ce soit en système séparatif ou unitaire, une étude doit être menée pour savoir s'il faut construire un réseau spécial pour les eaux industrielles ou si on doit leur faire subir un pré traitement avant de les déverser dans le réseau urbain.

CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

NATURE	ORIGINE	RISQUES
"Eaux pluviales	• Eaux météoriques • Voirie • Drainage	• Déchets minéraux (nitrates) • Déchets organiques (• Retombées atmosphériques (fumée PH) • Micro-organismes pathogènes (choléra) • Stagnation, inondation (moustiques...)
"Eaux ménagères ou "eaux grises"	• Toilette • Lessive • Cuisine	• Détergents • Huile, graisse
"Eaux vannes ou "eaux noires	• Excréta • Eaux de chasse	• Matières minérales • Matières organiques • Germes pathogènes • Matières putrescibles
"Eaux industrielles cas par cas	• Variées	•Matières minérales • Matières organiques • Matières toxiques

I.2. Chapitre 2 : Historique du canal

Le canal central a été aménagé sur le marigot dit de Paspanga en 1966. Les études ont été menées par le BCEOM en 1963. C'est un canal d'une longueur d'environ 5000 m. Il draine un bassin versant de 9 km² correspondant à la partie centrale de la ville. Il débute depuis la base aérienne (amont) et rejoint l'exutoire situé dans une forêt classée (Bois de Boulogne) situé à l'aval du barrage N° 3 (voir plan de situation). Le canal comporte une partie construite (revêtue) de la Base Aérienne à l'Ecole Nationale de la Santé Publique, de section variante (rectangulaire à trapézique (5 à 13 m de largeur)).

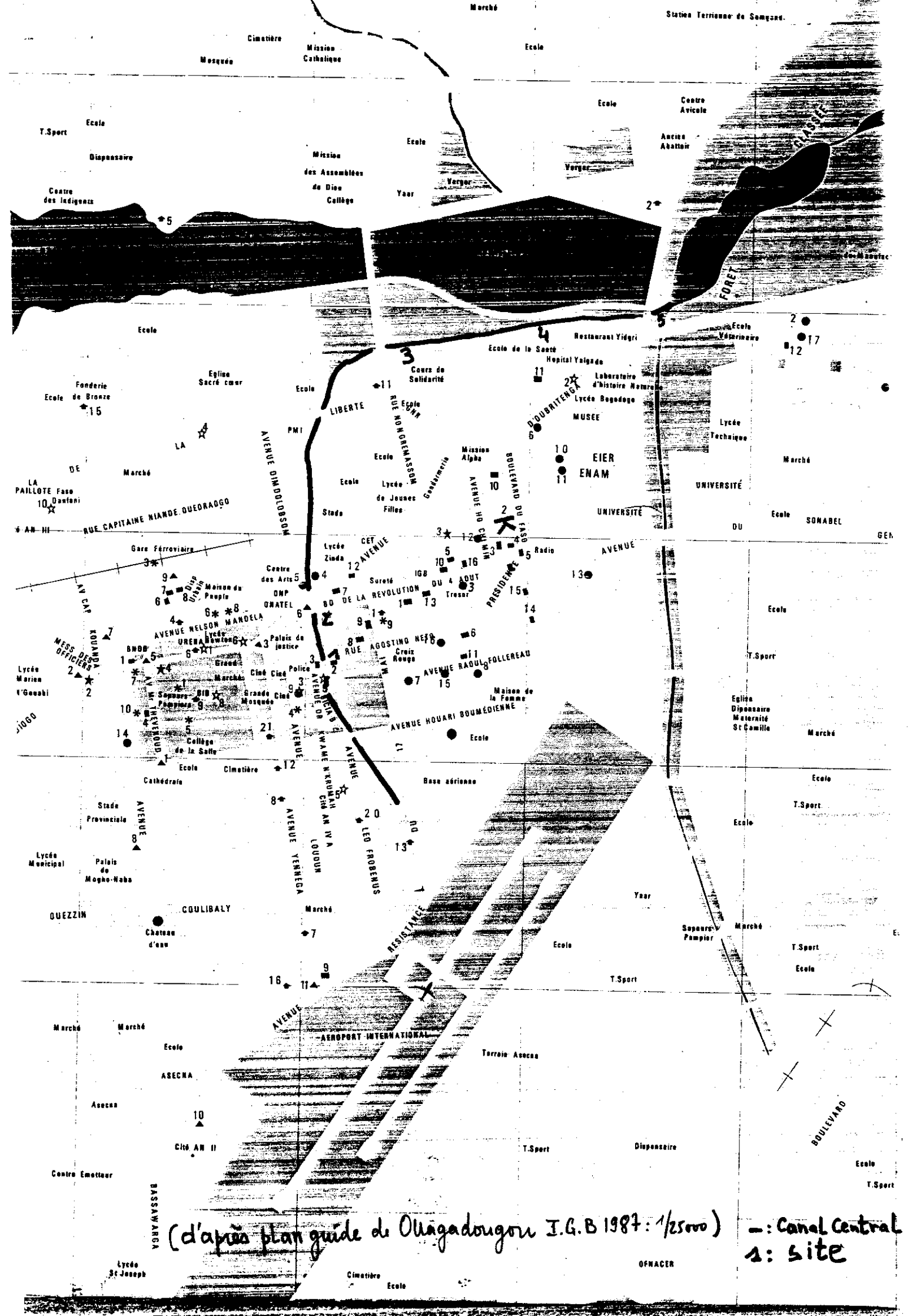
A la construction, le canal avait pour vocation la collecte des eaux pluviales. Mais on constate aujourd'hui que non seulement le canal connaît des problèmes d'évacuation des eaux pluviales (exemple : inondation récente dans la partie amont en 1993), et qu'en plus le canal est un réceptacle de déversement de déchets solides et d'eaux résiduaires.

La réfection de la voirie à l'amont (Avenue Houari Boumedienne) a amélioré le ruissellement, entraînant beaucoup d'eau dans les nouveaux caniveaux construits qui ont des dimensions supérieures (en cette partie) aux dimensions du canal central. Ce qui est à l'origine des inondations.

Les autorités municipales sont conscientes du problème posé par le canal central et recherche des solutions pour y remédier. Pour l'évacuation des eaux pluviales, on note le renforcement de la partie inondable par un canal en parallèle, et la construction d'ouvrage (dalot) sur la voie passant derrière la C.E.A.O.

Pour ce qui concerne les eaux usées, les solutions seront trouvées dans le 3e Projet sur l'assainissement global de la ville de Ouagadougou.

Quant aux riverains, beaucoup ignorent le rôle du canal, et trouvent normal de déverser les eaux usées dedans (habitants et mécaniciens aux abords du canal).



(d'après plan guide de Ouagadougou I.G.B 1987 : 1/25000)

—: Canal Central

1: site

II

DEUXIEME PARTIE

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

II. Deuxième partie : protocole expérimental

II.1. Chapitre 1 : Localisation des sites de prélèvement - Provenance des eaux

Une recherche des sites appropriés a été menée. Ce travail a révélé ce qui suit :

- La partie amont est pleine d'ordures de toutes sortes depuis la Base Aérienne jusqu'à l'Avenue Houari Boumedienne. De cette Avenue à la C.E.A.O., le canal passe sous des constructions.
- Le premier point où on observe un écoulement est situé au niveau de la C.E.A.O. A cette partie le canal reçoit les eaux venant d'un côté la C.E.A.O., et de l'autre un caniveau collectant les eaux des alentours du marché central.
- Les rejets dans le canal sont très variés :
  * rejets domestiques venant directement des habitations riveraines ou passant par l'intermédiaire de caniveaux ;
  * les eaux de lavage des mobylettes ainsi que les résidus dus aux réparations (huile de vidange) ;
  * les eaux venant des hôtels (Hôtel Indépendance) ;
  * les eaux venant de la station de traitement du marché central ROODWOKO ;
  * les eaux venant de la centrale N° 1 SONABEL Ouagadougou (huile, eau de refroidissement) ;
  * les eaux venant de l'Hôpital Yalgado de Ouagadougou.
- La contrainte majeure a été le fait de ne pas avoir le plan du réseau d'assainissement eau pluviale en cette partie de la ville pour identifier en amont les provenances des eaux dans le canal.

Avec l'ampleur des rejets et compte tenu du temps mis à notre disposition, cinq (5) sites ont été retenus pour le travail :

- C.E.A.O. : cette partie du canal reçoit les eaux venant de la C.E.A.O. et des alentours du marché côté canal. L'accès est facile pour les prélèvements. A côté on a un endroit de lavage de mobylettes.
- Station du marché : cette partie du canal reçoit les eaux usées de la station de traitement ou boue activée (en défaillance) du marché central ROODWOKO. A côté, on observe un atelier de réparation de mobylettes. L'accès est facile à l'endroit où

débouchent les eaux du marché. L'écoulement est ainsi permanent.

- Centre SONABEL Ouaga N° 1 : à ce niveau, le canal reçoit les huiles venant de l'usine et les eaux de refroidissement. L'accès est facile pour les prélèvements.
- Hôpital Yalgado : au niveau de l'hôpital, nous avons au total trois rejets. Nous considérons le dernier rejet dans le sens d'écoulement de l'eau qui correspond aux eaux venant de la station de traitement de cet établissement. A ce niveau, le canal n'est pas revêtu. L'accès est facile pour les prélèvements.
- AVAL : Ce site se situe dans la forêt (Bois de Boulogne) à environ 100 du pont Yidigri sur la route menant vers l'Hôtel Silmandé. Ce point est choisi pour la facilité d'accès pour les prélèvements, et pour éviter la non représentativité des échantillons qui seraient liée à l'utilisation de l'eau (jardinage) en amont du pont.

II.2 : Chapitre 2 : Echantillonnage

Le premier objectif de l'échantillonnage est d'obtenir des prélèvements représentatifs de l'eau que l'on désire analyser. On peut distinguer deux modes de prélèvement :

- les prélèvements instantanés qui consistent à obtenir des échantillons à des pas de temps constants (exemple : 30 mn ou 1 h) à longueur de la journée ou étendus jusqu'à la nuit. Mais selon le Mémento technique de l'eau, pour les eaux résiduaires, les variations journalières en quantité et en qualité rendent les échantillons instantanés insuffisamment représentatifs du flux polluant.

Des échantillons isolés doivent être prélevés lorsqu'on constate la présence d'éléments ou de concentration inusitée ou indésirable, par exemple résidu toxique, huile, graisse.

Les prélèvements composites où des échantillons moyens sont recueillis lorsqu'on cherche à mesurer la qualité moyenne sur une période (exemple 2 h ou 24 h). Un certain nombre d'appareils automatiques permettent de constituer les échantillons proportionnels au débit.

Dans notre cas, nous avons opté pour quatre prélèvements par semaine, soit deux le lundi (début de semaine) et deux vendredi (fin de semaine), et ce du 11 avril 1994 au 11 mai 1994.

Nous avons retenu les notation suivantes pour les échantillons prélevés dans les sites :

- S1 : C.E.A.O.
- S2 : Station de traitement du marché central
- S3 : SONABEL
- S4 : Hôpital
- S5 : AVAL

Des flacons soigneusement lavés ont servi pour les prélèvements. A chaque site nous laissons l'eau de l'effluent se mélanger à l'eau du canal avant de prélever.

Nous avons analysé au total 16 échantillons par site.

II .3:Chapitre 3 : Définition des paramètres et protocoles de mesures

II . 3.1. La température

La température joue un rôle important dans toutes les réactions chimiques qui ont lieu dans un milieu liquide. Dans les eaux usées, la vitesse de dégradation de la matière organique croît avec la température. C'est un paramètre qui influence les autres paramètres des eaux usées.

La température influence fortement la cinétique des processus biologiques puisqu'elle traduit la plus ou moins grande agitation des molécules. La température a été mesurée par un thermomètre au lieu-même du prélèvement (mesure *in situ*).

II . 3.2. Le PH

Le PH est défini par le logarithme négatif décimal de la concentration en ion H+ : PH = - log H+. Le PH influence fortement les réactions de dégradation de la matière organique. L'eau usée devrait avoir un PH correspondant au PH de croissance optimal des bactéries qui dégradent la matière organique pour assurer une bonne épuration. Le PH a été mesuré au laboratoire par la méthode des électrodes.

II . 3.3. La conductivité

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leur nature. La conductivité influence l'épuration des eaux usées par

les teneurs en sel. Ces sels entrent en réaction avec les composants cellulaires bactériens par des phénomènes d'osmose en accélérant ou en ralentissant la croissance microbienne. La conductivité varie avec la température. La conductivité a été l'objet d'une mesure *in situ* par un conductimètre de terrain.

II. 3.4. Le potentiel REDOX

Le potentiel redox (R - H) est la capacité d'une substance à céder ou à intégrer des électrons ; ce qui est lié au caractère oxydant ou réducteur du milieu mesuré. Le potentiel redox permet de mesurer le degré d'aération d'une eau usée. Lorsque le R - H est bas, le milieu est dit réducteur (le milieu capte les électrons au lieu de céder). Le potentiel redox a fait l'objet de mesure au laboratoire par la méthode des électrodes.

II. 3.5 Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension représentent l'ensemble des particules non dissoutes présentes dans l'eau (grains de sable, poussière etc.). Elles sont obtenues par turbidité de l'eau. Les matières en suspension ont été obtenues par filtration sur membrane 3u puis pesée du filtrat après chauffage à 105° C (voir protocole en annexe).

II. 3.6 Les matières sèches (MS) et minérales (MM)

Elles permettent d'estimer les matières organiques et minérales. Elles s'obtiennent par filtration et pesée (voir protocole).

II. 3.7 Dureté

"En langage courant, la dureté d'une eau est le caractère mousseux lié à l'utilisation du savon ; une eau est dure quand elle mousse difficilement." Ce sont essentiellement les ions Ca2+ et My2+ qui sont responsables de la dureté." Fascicule TP 2è A. Elle s'obtient par dosage volumétrique et s'exprime en dureté totale (TH) calcique (Tca) et magnésienne (Tmg).

II. 3.8 DBO5

C'est la demande biochimique en oxygène pour cinq (5) jours. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour assurer la dégradation des matières organiques biodégradables existantes

pendant une période de cinq jours. La mesure se fait par la méthode potentiométrique ou par la méthode manométrique (voir annexe).

II . 3.9 La DCO

La demande chimique en oxygène est utilisée comme une mesure de la quantité d'oxygène équivalente à la teneur en matières organiques contenues dans un échantillon d'eau, susceptible d'être oxydées par un oxygénant énergétique par voie chimique. La détermination de la DCO est un critère d'appréciation de la pollution par les matières organiques. C'est un test rapide qui renseigne sur l'ensemble de la charge organique, qu'elle soit biodégradable ou non. Elle est déterminée par centimètre soit par la micro méthode par colorimétrie qui est la méthode ici utilisée. La création se fait avec un oxydant énergique (K_2CrO_7) en milieu acide fort (H_2SO_4). La plupart des matières organiques sont oxydées de 90% dans ces conditions. La DCO est généralement supérieure à la DBO, et il existe un rapport de 1,5 à 2.

II . 3.10 L'azote total

Le terme "azote Kjeldahl" désigne la combinaison de l'azote ammoniacal (NH_3) et de l'azote organique. Mais ce ne sont pas tous les composés d'azote qui sont déterminés par cette méthode. Ce sont ceux qui sont à l'état trivalent. Le dosage de l'azote Kjeldahl ne permet pas de déterminer l'azote total, mais seulement les composés non oxydés de l'azote. La détermination du NTK donne l'azote organique sous forme de protéines surtout dans les aliments. Dans les eaux usées NTK = $N\text{-}NH_3$ + azote organique. L'azote Kjeldahl (NTK) s'obtient par minéralisation distillation puis dosage (voir protocole).

II . 3.11 Les nitrates

Les nitrates NO_3^- représentent l'état terminal d'oxydation de l'azote. Les bactéries transforment les nitrites en nitrates en consommant de l'oxygène. De fortes teneurs en nitrates dans l'eau ont pour origine la présence de déchets organiques ou le ruissellement dans des champs riches en engrais azotés. La mesure s'est effectuée par la méthode des électrodes.

II . 3.12 Les coliformes fécaux (C.F)

Les coliformes fécaux sont des germes indicateurs de pollution fécale, capables d'être cultivés en milieu sélectif et sous une température définie. La température d'incubation est de 44° C, et ce pendant 24 heures.

II . 3.13 Le phosphore total (PT)

Les algues synthétisent de la matière organique (biomasse) à partir du $C0_2$. Elles ont besoin de ressource minérale telle que $N(NO_3)$ et $P(PO_{43}-)$. La mesure du phosphore permet d'évaluer le degré de minéralisation de la matière organique par les bactéries, et la présence des algues. Il a été déterminé par le spectrophotomètre avec le DR/2 000.

II . 3.14 Débit

Le débit a été mesuré à l'aide d'un flacon de 1,25 l et d'un chronomètre. Il existe d'autres méthodes telle que l'application de l'analyse spectrale aux mesures de débit par dilution. Le manque de réactif (dichromate de sodium) ne nous a pas permis d'expérimenter cette méthode.

III

TROISIEME PARTIE

RESULTATS - INTERPRETATION ET COMMENTAIRES

III . Troisième partie : Résultats - Interpretation et commentaires

III.1: Chapitre 1 Résultats

Les résultats se présentent par valeurs moyennes par site/paramètre. On distingue les moyennes du matin, celles du soir, les deux donnant la moyenne de la journée.

Parmi les résultats, la conductivité, le RH les MES et CF ont des écarts-types relativement élevés (voir annexes) dans l'ensemble, les autres paramètres ayant les écarts-types relativement bas par rapport aux moyennes trouvées.

Les tableaux ci-dessous (T1 à T3) présentent les résultats des mèsures des paramètres par site respectivement en moyenne du matin, du soir et de la journée.

Tableau 1 : Valeurs moyennes/Paramètres/Sites
(Prélèvement du matin)

	Sites				
PARAMETRES	S1	S2	S3	S4	S5
T° (°C)	29,9	30	30,2	31,2	31,20
PH	7,26	7,00	7,51	7,01	7,22
Conductivité us/cm	763	860	841,4	512,8	297
R-H (mv)	38	-94,03	-21,67	-119,9	-28,2
MES (mg/l)	217	500	122,4	110	57,20
TH (OF)	11,00	16,2	12,96	9,36	8,41
Tca (OF)	7,55	7,60	8,47	4,98	4,84
TMg (OF)	3,45	8,61	4,39	4,39	3,57
DCO (mg/l)	133,75	380	196	148	83
DBO5 (mg/l)	70	235	96	87	48
NTK (mg/l)	47,04	49,40	45,59	25,25	12,57
NO3 (mg/l)	0,506	0,386	0,175	0,366	0,29
CF (N/100ml)	$57,5.10^4$	$967,10^4$	425.10^4	710.10^4	58.10^4
Débit (m3/h)		2,08		5,7	
Rés (mg/l)	380	855	425	355	175
M.O (mg/l)	50	345	85	1,60	35
P (mg/l)	7,05	10,75	6,25	3,75	1,05

Tableau 2 : Valeurs moyennes/Paramètres/Sites
(Prélèvement du soir)

	Sites				
PARAMETRES	S1	S2	S3	S4	S5
T° (°C)	32	32	37	33,2	37,7
PH	7,35	7,17	8,01	6,78	7,24
Conductivité us/cm	708	954	858,20	492	389,00
R-H (mv)	-5,07	-205,77	-81,51	-61,43	-8,03
MES (mg/l)	208	545	112	107	86,75
TH (OF)	9,73	14,36	13,20	10,11	8,67
Tca (OF)	7,02	8,91	8,86	6,59	7,02
TMg (OF)	2,71	5,45	4,27	3,61	1,65
DCO (mg/l)	138	299	277	168	67
DBO5 (mg/l)	80,5	170	145	80	35
NTK (mg/l)	11	44,19	36,46	40,18	9,10
NO3 (mg/l)	0,722	0,501	0,439	0,411	0,37
CF (N/100ml)	$55,4.10^4$	810.10^4	153.10^5	520.10^5	42.10^4
Débit (m3/h)		2,09		6,2	
Rés (mg/l)	540	769	530	458	295
M.O (mg/l)	114	258	144	91	65
P (mg/l)	6,7	12,8	3,3	3,8	1,8

Tableau 3 : Valeurs moyennes de la journée/Paramètres/Sites

	Sites				
PARAMETRES	S1	S2	S3	S4	S5
T° (°C)	30,9	31	35,5	32,2	34,45
PH	7,30	7,08	7,76	6,89	7,23
Conductivité us/cm	735	907	849	502	343
R-H (mv)	16,70	-149,90	-51,50	-90,66	-18,11
MES (mg/l)	210	522	117	108	71,97
TH (OF)	10,36	15,28	13,08	9,73	8,54
Tca (OF)	7,28	8,25	8,66	5,74	5,93
TMg (OF)	3,08	7,03	4,32	4,00	2,61
DCO (mg/l)	136	339	236	158	75
DBO5 (mg/l)	75,25	202	120	83	41
NTK (mg/l)	29,02	46,79	41,02	32,71	10,83
NO3 (mg/l)	0,614	0,443	0,307	0,388	0,33
CF (N/100ml)	$56,5.10^4$	888.10^4	289.10^4	615.10^4	50.10^4
Débit (m3/h)		2,09		5,95	
Rés (mg/l)	460	812	477,5	325	316,5
M.O (mg/l)	82	301,5	114,5	112,5	63
P (mg/l)	6,90	11,8	4,8	3,8	1,4

III.2 : Chapitre 2 : Interprétation des résultats et commentaires

III . 2.1 Interprétation des résultats

Nous avons interprété les résultats en dressant les histogrammes des valeurs moyennes des paramètres mesurés par site. Cela représente l'état de l'eau du canal au site considéré et en plus on ne peut pas lier les différents points des valeurs des sites, étant donné que la progression n'est pas linéaire. On tiendra compte des normes O.M.S. ou françaises de rejet d'eau usée pour statuer sur le caractère polluant de l'eau, étant donné que sur le plan national, aucune norme n'existe en la matière.

FIG 1: VALEURS MOYENNES DES TEMPERATURES PAR SITE

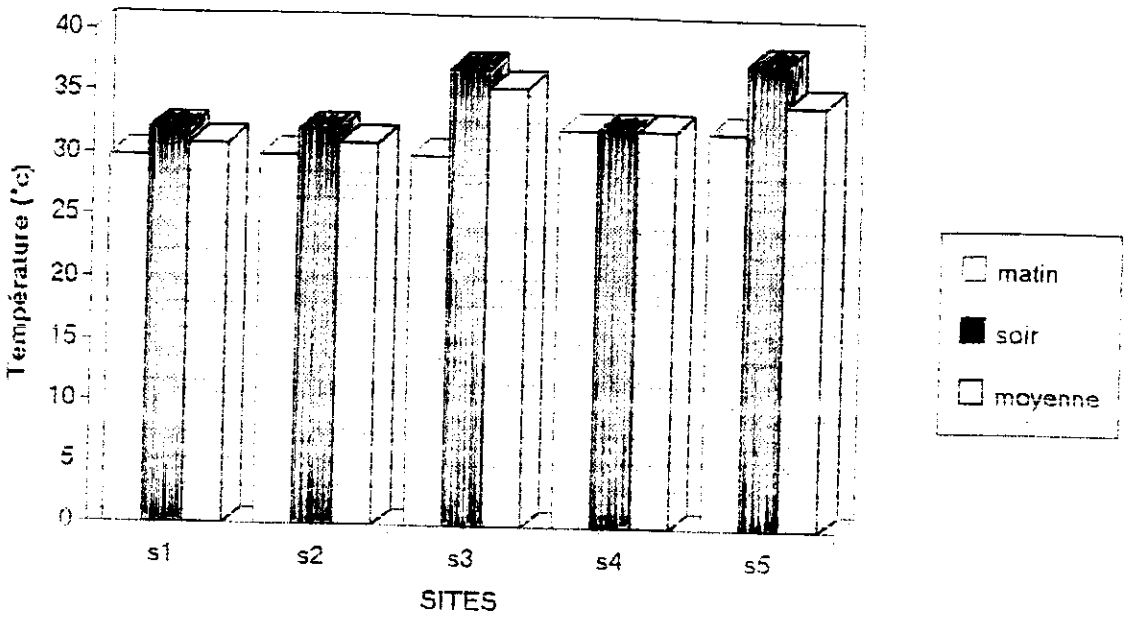


FIG2 : VALEURS MOYENNES DU PH PAR SITE

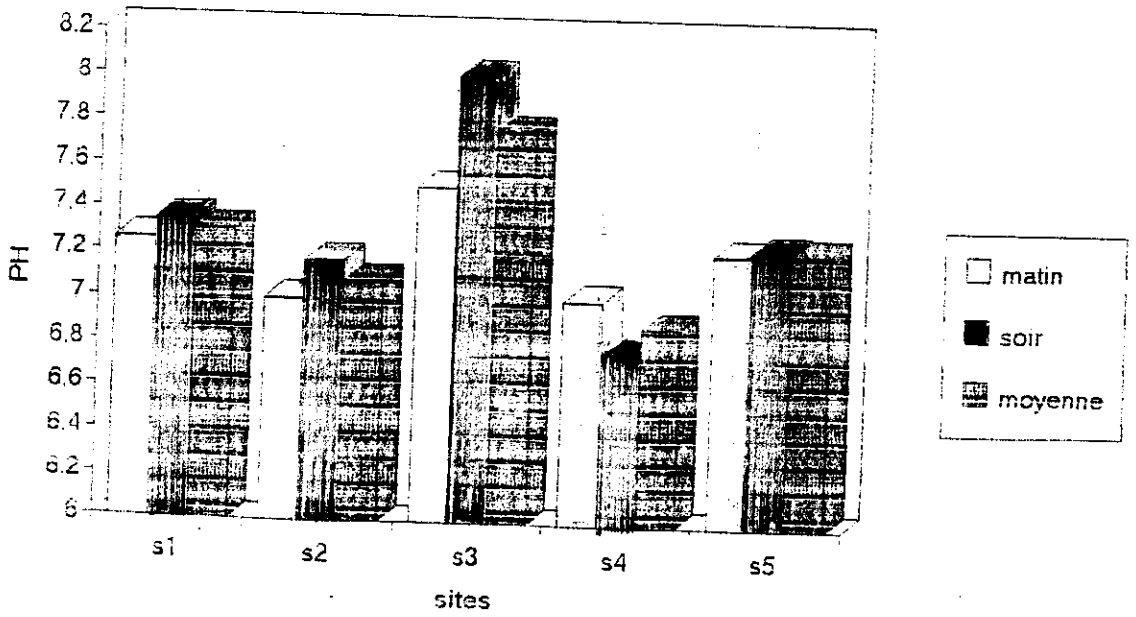


FIG3:VALEURS MOYENNES DE LA CONDUCTIVITE PAR SITE

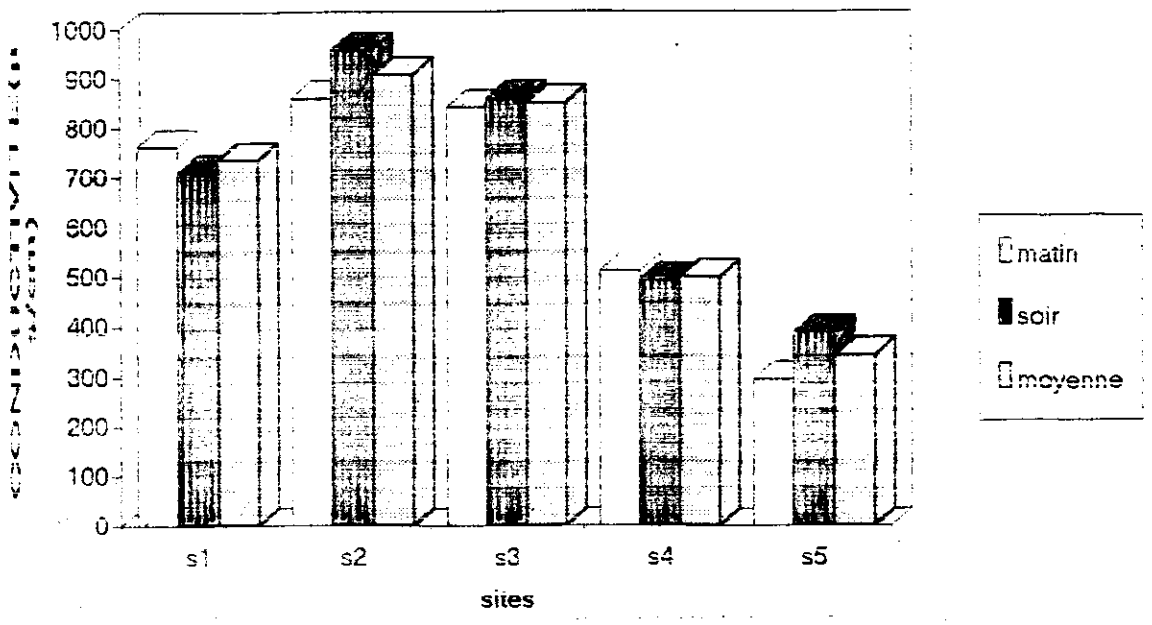


FIG4:VALEURS MOYENNES DU POTENTIEL-REDOX PAR SITE

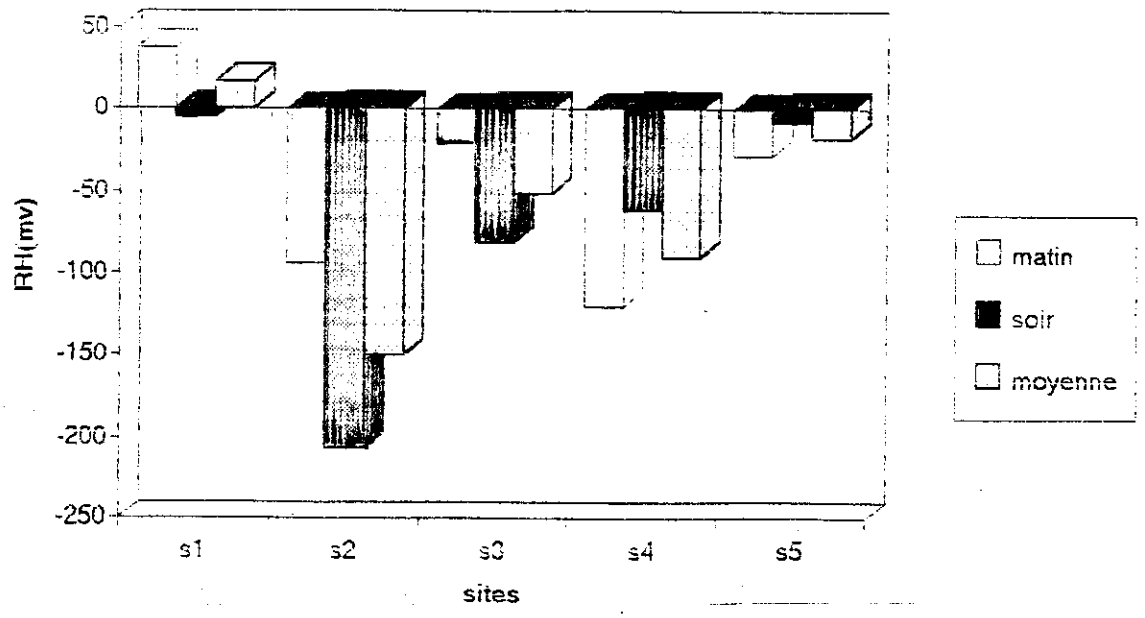


FIG 5: VALEURS MOYENNES DES M E S PAR SITE

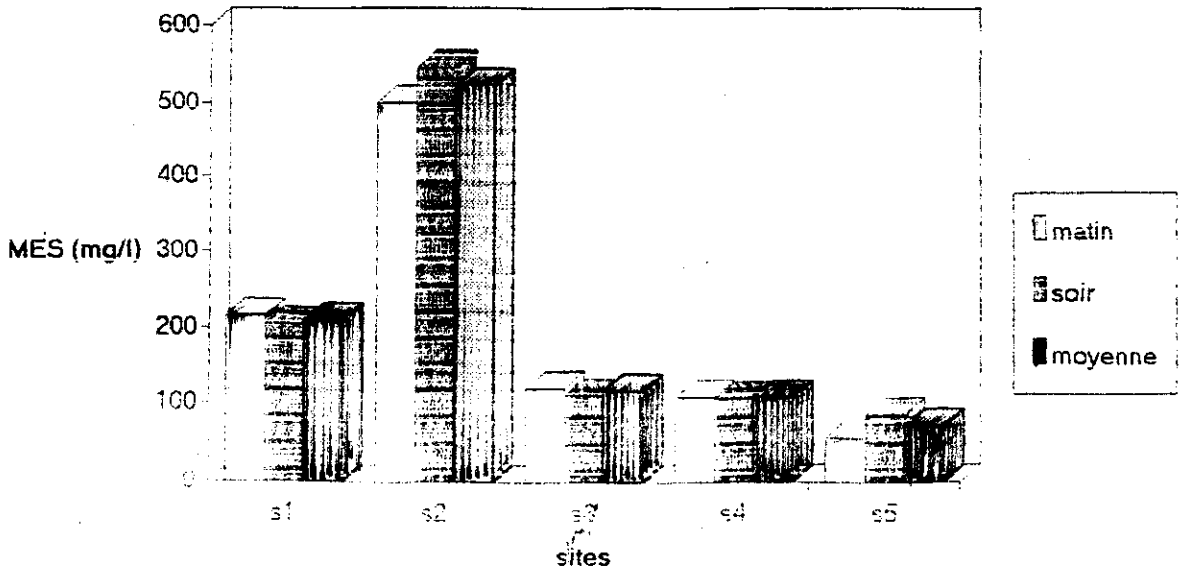


FIG 6: VALEURS MOYENNES DE N T K PAR SITE

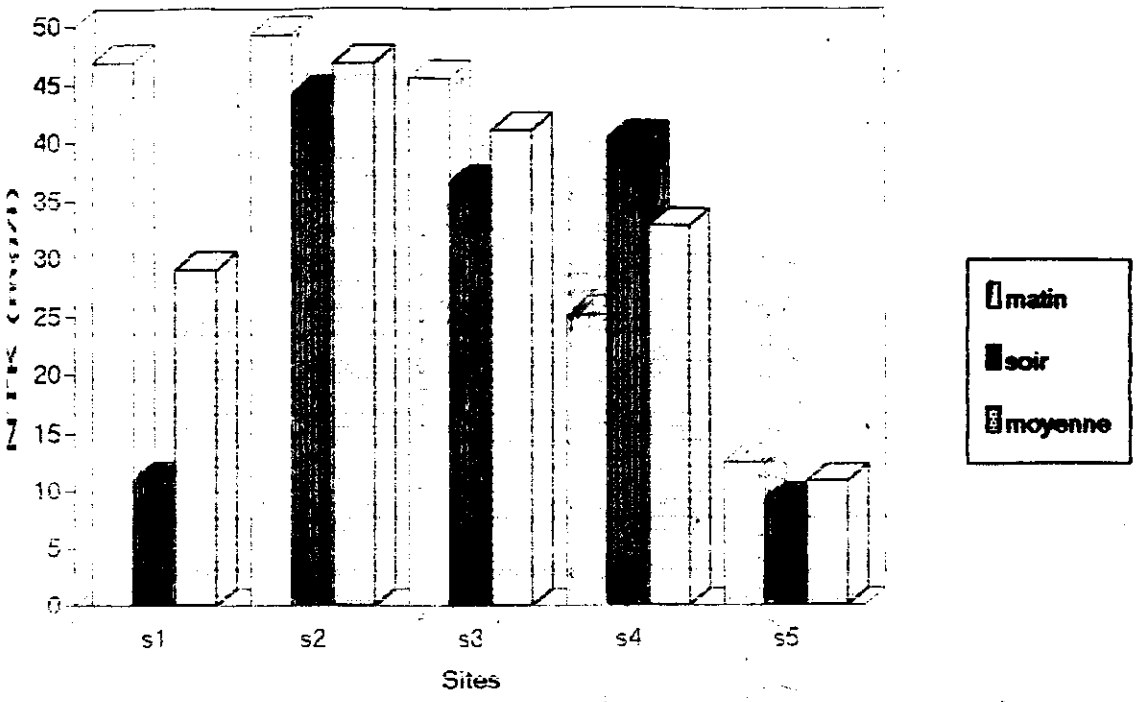


FIG 7: VALEURS MOYENNES DE N-NO_3^- PAR SITE

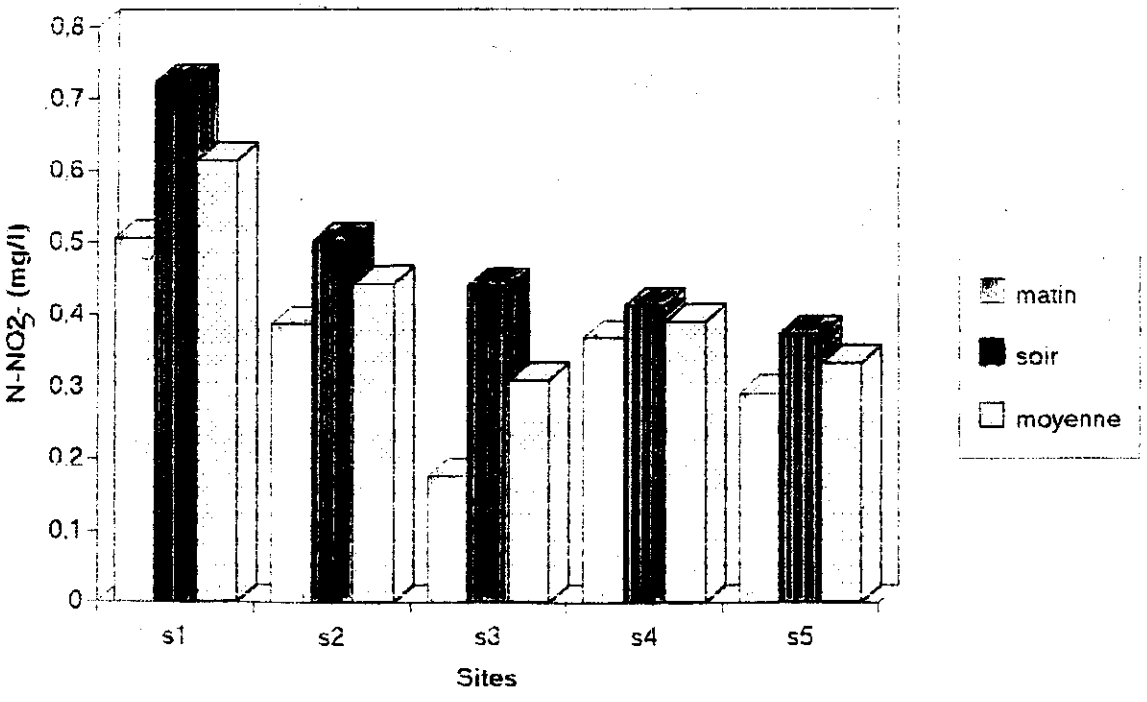


FIG 8: VALEURS MOYENNES DE D C O PAR SITE

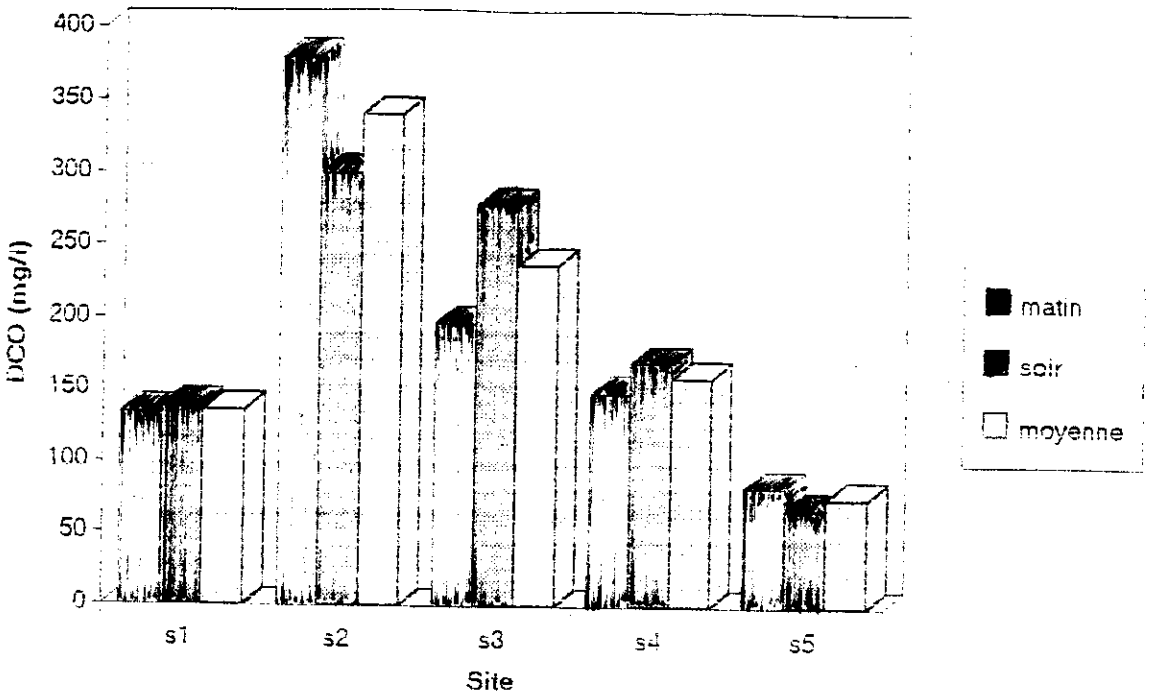


FIG 9: VALEURS MOYENNES DE D B O 5 PAR SITE

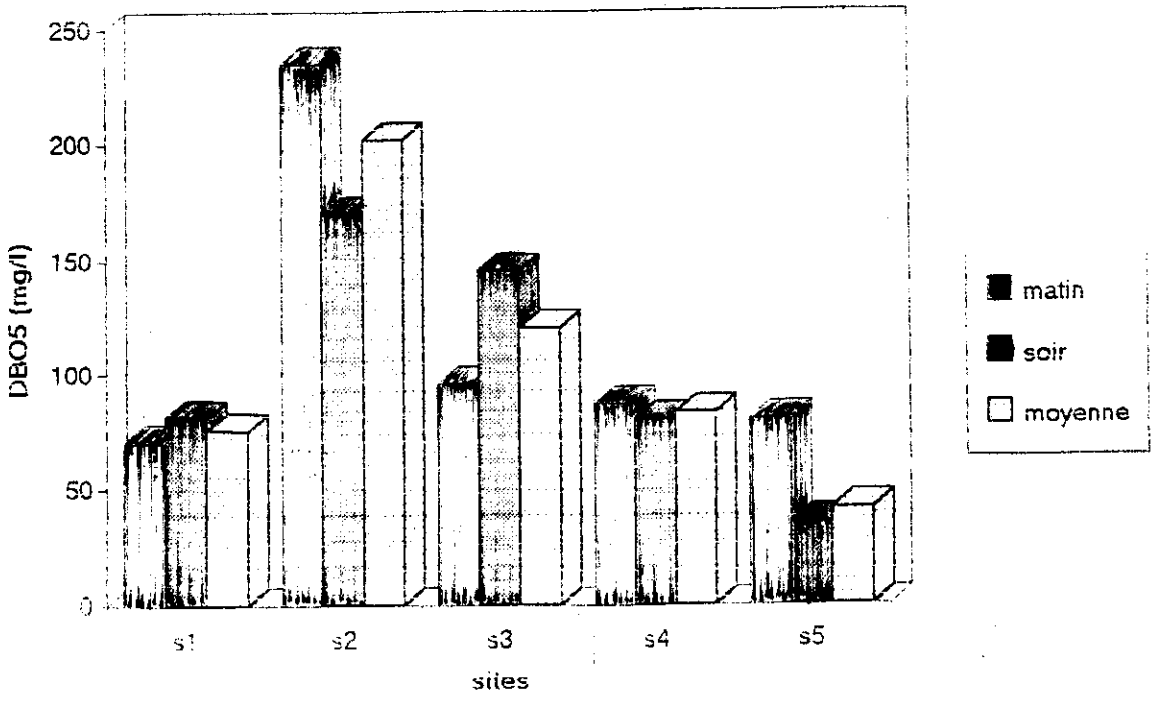


FIG 10: VALEURS MOYENNES DE C F PAR SITE

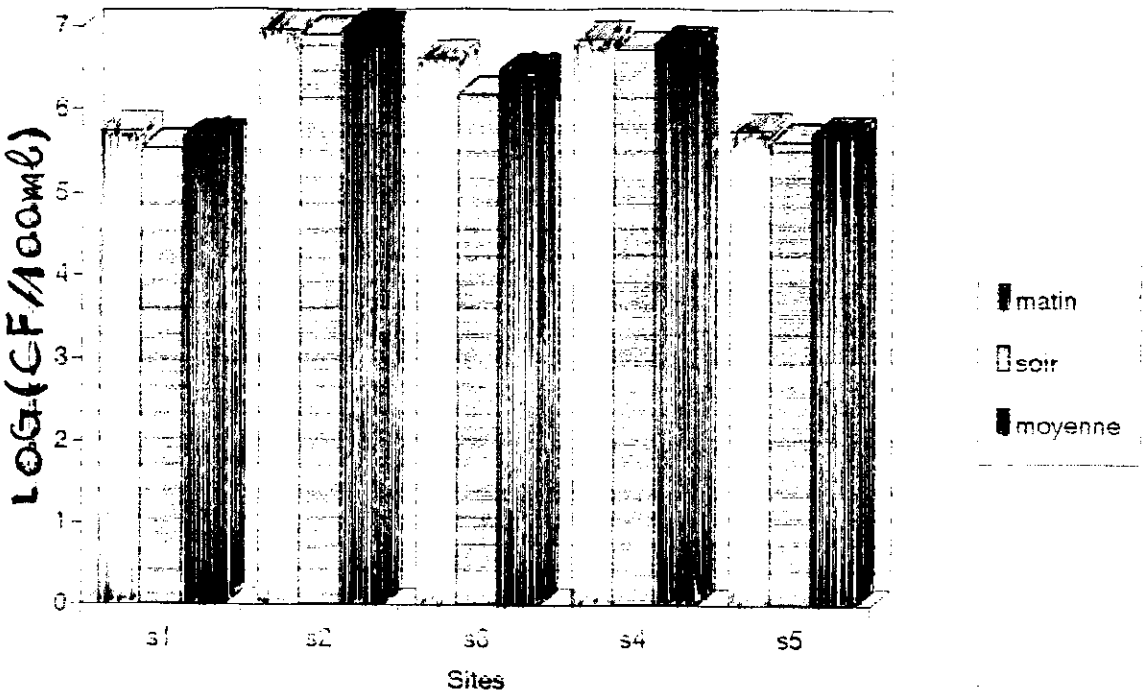
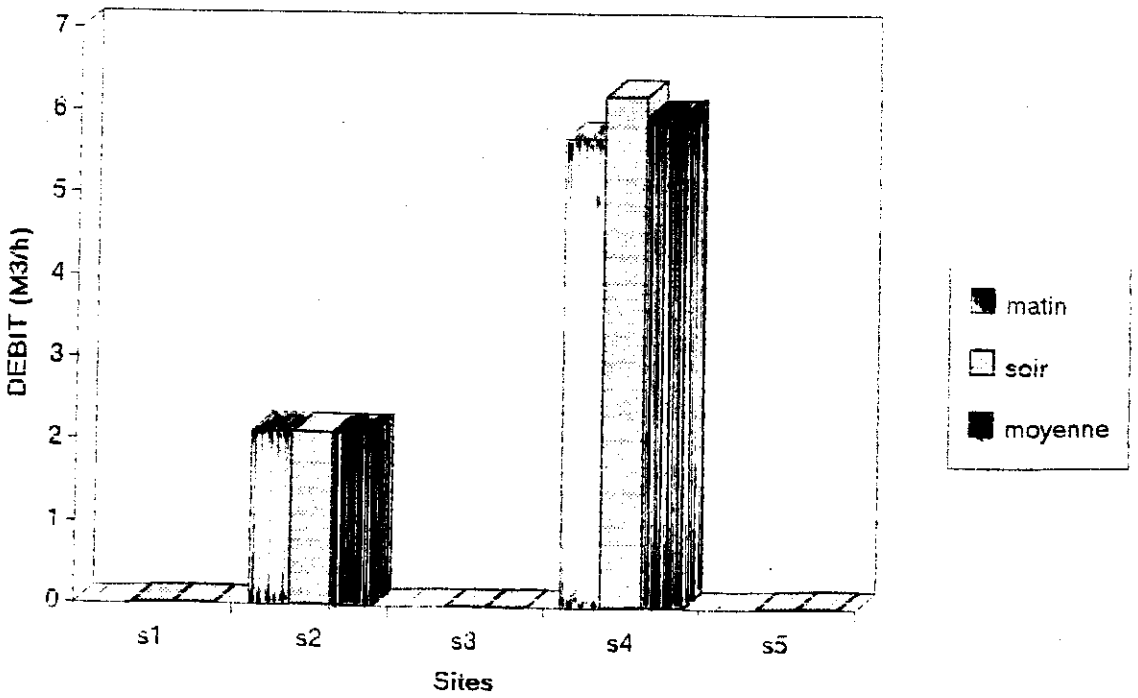


FIG 11 : VALEURS MOYENNES DE DEBIT PAR SITE



III.2.2 Commentaires

III.2.2.1 *Température*

La température joue un rôle dans la dégradation des matières organiques. Au niveau de tous les sites, les températures du soir sont supérieures à celles du matin. Ceci est lié aux heures de prélèvement (matin 8h - 10h et soir 14h - 16h). L'écart entre les valeurs du matin et du soir pour les sites S3 et S5 pourraient s'expliquer par le fait que les eaux huileuses de S3 stockent la chaleur aux heures chaudes (13h - 14h) et que le refroidissement serait lent. Au niveau de S5, cela serait dû au fait que l'eau à ce niveau est assez claire, et les rayons solaires pénètrent en "profondeur", ce qui engendre une chaleur d'ensemble élevée.

Au niveau de S1, S2, S4 les écarts entre matin et soir sont relativement petits et cela serait lié au phénomène de mélange des eaux venant dans le canal au niveau de ces sites.

Les températures mesurées sont dans l'ensemble favorables à l'activité bactérienne pour une biodégradation des matières organiques. Les normes situant les valeurs de températures entre 25 et 30°C.

Les moyennes de la journée assez élevées (valeurs variant de 30,9 (S1) à 35,5 (S3) seraient dus au fait que la période des mesures correspond à la période la plus chaude de l'année (avril et mai) où souvent la température ambiante dans l'ombre dépasse 40°C.

III.2.2.2 *PH*

Le PH est le principal facteur qui concourt à la disparition des bactéries. Un milieu acide empêche la dégradation de la matière organique par les bactéries. Les conditions de biodégradabilité imposent un PH entre 6,5 et 8,5. Au niveau des sites S1, S2, S3 la variation du PH suivrait celle de la température. Parmi tous les sites S3 renferme les valeurs élevées en PH tant le matin, le soir, que la moyenne de la journée. Cela serait lié au rejet huileux à cet endroit. En moyenne journalière les PH varient entre 6,89 (S4) à 7,76 (S3). On peut dire que ces valeurs sont dans les normes.

III. 2.2.3 *Conductivité*

Ce paramètre apprécie la minéralisation d'une eau. Au niveau des sites S2, S3, S4, S5 la variation de la conductivité suit celle de la température pour ce qui concerne le matin et le soir. Au niveau de S3 et S4 les moyennes matin, soir et journée se confondent presque. L'écart entre la valeur moyenne du matin et du soir serait au degré de pollution pour S2 et à la température pour S5. Les valeurs élevées de moyenne journalière se situent au niveau de S2 (907 us/cm). La valeur de S3 est aussi grande (849 us/cm) puis vient celle de S1 (735 us/cm).

Le curage du canal a diminué la valeur de la conductivité car elle était de 926 us/cm à 25°C au 10/01/93 au niveau de S3 1545 us/cm pour S2 et 1060 pour S_4 (dilution).

A partir de S3 les valeurs de conductivité diminuent (auto épuration.

L'eau étant dans sa finalité déversée dans la nature (marigot de Dasassogo), on pourra rechercher les conditions d'une vie aquatique. Selon "l'aperçu sur la pollution de la ville de Ouagadougou" un excès d'ions dissouts (> 700 us/cm) dans l'eau peut détériorer l'activité aquatique. Par rapport à cela, les valeurs obtenues sont dans l'ensemble acceptables puisqu'on se retrouve en S5 avec une conductivité de 343 us/cm.

III. 2.2.4 *R-H (potentiel redox)*

Il permet d'apprécier si le milieu est aéré ou anaérobie. Un potentiel supérieur à 300 mv relèverait d'un milieu oxydant bien aéré (aérobiose). Les eaux usées domestiques auraient un potentiel de l'ordre de 40 à 100 mv (septiques). Un potentiel en dessous de 40 mv à négatif caractérise un milieu réducteur (anaérobiose), présence des réducteurs chimiques et de fermentations putrides qui conduisent à la formation de sulfure S2 et provoquent le dégagement d'hydrogène sulfuré H_2S. Dans ce milieu anaérobie, la faune pratiquement sensible disparaît complètement.

Le potentiel redox est donc témoin de la pollution organique biodégradable.

Les eaux du canal sont dans l'ensemble anaérobie? La valeur la plus élevée (signe négatif) se situe en S2 (-149,90 pour la moyenne de la journée et -205,7 pour les moyennes du soir).

A l'aval (S5) on observe une certaine amélioration de la situation (auto épuration du canal).

III . 2.2.5 *Matières en suspension (MES)*

Les matières en suspension (MES) sont un obstacle à la pénétration de la lumière dans l'eau empêchent le phénomène de photosynthèse.

Les valeurs de MES diffèrent peu au niveau des sites, qu'ils s'agisse du matin ou du soir. La valeur moyenne journalière est très élevée au niveau de S2 (522 mg/l) ce qui caractérise encore le caractère pollué des eaux du marché central. En effet les eaux ne sont pas traitées avant d'être rejetées dans le canal à ce niveau.

La teneur en matière en suspension des eaux du canal diminue jusqu'à atteindre 71,97 mg/l (moyenne de la journée) en S5. Mais demeure toujours supérieure à la norme française qui est de 40 mg/l.

III . 2.2.6 *D.C.O.*

La D.C.O caractérise la pollution organique non biodégradable. En S2 et en S3 on observe un écart important entre les valeurs du matin et du soir, tandis qu'en S1, S4 et S5 elles sont peu distancées. Les moyennes journalières vont de 339 mg/l au niveau de S2 (valeur la plus elevée) à 75 mg/l en S5 (plus petite valeur). On note encore le caractère plus pollué de l'eau venant de la station du marché. La petite valeur obtenue au niveau de S5 montre que sans rejet il y a auto éputation des eaux du canal. Mais les valeurs restent quand même supérieures aux normes (les normes françaises exigent une DCO de 40 mg/l pour les effluent urbains). Les valeurs élevées au niveau de S3 sont liées aux huiles rejetées dans le canal à ce niveau.

III. 2.2.7 DB05

Les valeurs de DBO5 varient au niveau des sites dans le même sens que la DCO. Les normes françaises optent pour 10 mg/l la valeur de la DBO5. Nos valeurs moyennes journalières de DBO5 varient de 202 mg/l (S2) à 41 mg/l(S5).

Cela signifie une pollution biologique des eaux du canal. La pollution est plus élevée en S2, S3, et S4. On note une auto épuration au niveau S5.

III. 2.2.8 NO^-_3

Les valeurs de NO^-_3 obtenues présentent des écarts entre le matin et le soir au niveau S1, S2, S3, et S5. La moyenne journalière "élevée" se situe au niveau de S1. Cela pourrait être dû au eaux venant des déchets solides (insecticides, détergents etc) situés à l'amont.. Nous avons des valeurs allant de 0,61 à 0,307. La réduction des nitrates sur le plan bactériologique est d'une importance écologique, car limitant les phénomènes d'eutrophisations des milieux aquatiques..

III. 2.2.9 NTK

Les normes française exigent 10 mg/l de NTK pour les effluents urbains. Nos valeurs moyennes journalières vont de 46,79 (S2) à 10,83 (S5). Ici encore la pollution élevée au niveau de la station du marché (S2) est mise en évidence.

III. 2.2.10 COLIFORMES FECAUX

Les normes O.M.S. exigent 10^3 CF/100 ml. Nos valeurs trouvées en moyenne journalière vont de 888.10^4 (S2) à 50.10^4 (S5), ce qui dépasse largement les normes. On pourrait dire qu'il y a une pollution bactériologique.

III. 2.2.11 DEBITS

Au niveau du site S2, les valeurs moyennes matin, soir sont confondues. Cela serait dû au fait que l'eau passant par la station de traitement, le débit d'évacuation varie peu. Au niveau de S4 nous avons deux rejets qui ne passent pas par la station et donc évoluent en fonction

de l'importance du déversement. Le débit au niveau de S4 est d'environ le triple de celui de S2. D'où un important phénomène de dilution en S4.

III .2.2.12 : Appréciation de l'auto épuration au niveau du canal : Pourcentage d'abattement

Soit E la valeur moyenne journalière de charge entrante (site S2) et S celle de la charge moyenne sortante (site S5) l'abattement par R = E - S / E.
L'application numérique donne :
DCO (E = 339 mg/l, S = 75 mg/l)→ R = 77,88%
DBO5 (E = 202 mg/l, S = 41 mg/l)→R = 79,70%
Coliformes (E = 888.10^4/100 ml ; S = 50.10^4/100 ml)→R = 94,37%
L'épuration bactériologique est plus importante que l'épuration biologique ; cette dernière étant plus importante que l'épuration organique biodégradable.

III .2.3 *Types de pollution*

Les critères de la pollution organique se détermine par rapport aux valeurs de la DBO, DCO, NTK, NO3.

En supposant que l'eau est utilisée à partir de S3 jusqu'à S4 les valeurs sont :

Tableau 4: Pollution organique

Sites	DBO5	DCO	NTK
Normes	10 mg/l	40 mg/l	10 mg/l
S1	75,25	136	29,02
S2	202	339	46,79
S3	120	236	41,00
S4	83	158	32,71

Toutes les valeurs étant supérieures aux normes, on en déduit une pollution organique pour les eaux du canal central.

Les critères de pollution bactériologique se déterminent par rapport au nombre de coliformes trouvés dans l'eau.

Tableau 5: Pollution bactériologique

Sites	CF (N/100 ml)
Normes O.M.S.	1000
S1	565 x 1000
S2	8880 x 1000
S3	2890 x 1000
S4	6150 x 1000
S5	500 x 1000

A travers le tableau ci-dessus, on déduit une pollution bactériologique.

Le manque de matériels appropriés ne nous a pas permis de rechercher les métaux lourds et les pesticides. Mais certains éléments ont fait l'objet d'analyse par différentes études (ONEA-GTZ) :

Tableau 6: Pollution chimique

Sites	Fe (mg/l)	Cl- (mg/l)	Cu (mg/l)	Cr total	Zn (mg/l)
Normes françaises	1,7	200	1,0	0,05	1,0
S2	1,8	34	2,2	0,6	-
S4	2,7	22	2,0	0,5	37,5

De ces valeurs on pourrait déduire une pollution chimique. Le Cr est de l'ordre de 10 fois la norme et a un effet néfaste pour l'organisme.

Les trois tableaux ci-après montrent que l'eau du canal pourrait être un agent de pollution organique, chimique et bactériologique et que de ce fait l'eau présenterait un danger pour les populations riveraines :

- Déjà au niveau de l'hopital, l'eau est utilisée à des fins agricoles (jardinage) et de pépinières.
  Aussi des enfants pêchent des poissons à ce niveau.
- A l'aval les eaux du canal se mélangent avec les eaux de l'hotel Silmandé, de la SBMC, de la SOBBRA, de l'EIER et de la MACO pour aboutir au marigot de dassassogho où l'eau estutilisée à plusieurs fins : agriculture, pêche, confection de brique etc.

Tableau 7: Origine et nature de la pollution au niveau du canal central de Ouagadougou

Sites	Composantes du rejet	type de pollution
Marché central	- eaux vannes - eaux de lavage	- bactériologique - organique
Centrale SONABEL	- huile de vidange - eaux de lavage des machines et du sol - eaux vannes	- bactériologique - organique
Hopital	- eaux vannes -eaux ménagères - eaux de lavage des sols - eaux de lessives	- bactériologique - organique - chimique
Autres (riverains services etc)	- eaux domestiques - fécaux	- bactériologique - organique - chimique

III . 2.4 *Observation générale*

Dans la ville de Ouagadougou, les citoyens se débarrassent de leurs ordures ménagères en les déposant soit dans une dépression, soit sur un terrain vierge. Pour les riverains du canal central, le dépot se fait quasi automatiquement.

Cette pratique pourrait être liée à :

- la carence des services d'embellissement des ordures ménagères, soit par le manque de moyens financier ou matériel ou la non motivation du personnel.
- l'absence de prise de conscience des citoyens qui n'établissent souvent pas de relation direct entre pollution et les problèmes de santé qu'elle pose.
- la pauvreté des habitants qui ne disposent pas de moyens de stockage appropriés d'ordures ménagères.

Notons que le vent et le ruissellement sont des agents transporteurs de déchets dans le canal central de Ouagadougou.

Le rejet des eaux usées domestiques ou industrielles dans le canal sont dues à la carence du système d'assainissement, à la nécessité d'évacuer les eaux ménagères à tout prix ou à la défaillance (mauvais fonctionnement) des systèmes d'assainissement existants (exemple : Hôpital, marché, SONABEL).

Ces rejets d'eaux usées ont pour conséquence

- stagnation d'eau polluée
- prolifération des vecteurs de maladies
- dégagement d'odeurs nauséabondes.

III.2.5 *Intérêt et limite des résultats*

III.2.5.1 *Intérêt*

- banque de données
- permettre aux autorités de prendre conscience du problème de pollution engendré par les eaux du canal
  * cultures maraîchères avec les eaux du canal (salades, crudités, poivrons etc.)
  * poissons et grenouilles tirés dans le canal
  * passage du canal près du barrage N° 3 (fluctuation de la nappe et possibilité que l'eau du canal se retrouve dans le barrage qui alimente la ville en eau potable).
- permettre aux autorités de prendre des mesures sur les différentes activités pratiquées autour du canal et mettre l'accent sur l'entretien (notamment le curage).

III.2.5.2 *Limite*

- Résultat pour les mois d'avril et mai avec les conditions de température qui s'imposent
- Résultats obtenus au lendemain du curage du canal, donc censé ne pas caractériser l'état habituel des eaux du canal.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions

Notre étude de deux mois sur le canal central de Ouagadougou est une modeste contribution pour une prise de conscience sur l'assainissement de ladite ville. En effet, les valeurs obtenues en DB05 (202 à 41 g/l), DCO (339 à 75 mg/l), NTK (46,79 à 41 mg/l), attestent une pollution organique. Le nombre de coliformes est de 8880 à 500 fois supérieure à la norme O.M.S. (1000 CF/100 ml). Ce qui atteste une pollution bactériologique. Des études (ONEA-GTZ) menées en janvier 1993 donnent une idée sur la teneur en Fe (1,8 à 2,7 mg/l), Cu (2,2 à 2 mg/l), Cr total (0,6 à 0,5 mg/l) et Zn (37,5 mg/l). Ce qui attesterait une pollution chimique. Dans l'ensemble, la décroissance des valeurs des paramètres étudiés de l'amont vers l'aval indiquerait une auto épuration que joue le canal, (abattement 77,88% DCO, 79,70% DBO5, 94,37% CF) mais les valeurs restent supérieures aux normes.

A travers nos résultats, on pourrait dire que le canal est un agent de pollution organique, chimique et bactériologique, et que de ce fait les eaux du canal constituent un danger pour la santé des populations :

- A Ouagadougou, une consultation médicale sur quatre est liée à une maladie d'origine hydrique (principalement diarrhées et gastro-entérites) (étude PSAO, décembre 1993).
- Les statistiques recueillies auprès de l'hôpital montrent que plus de 50% des décès sont causés par le paludisme (étude ONEA-GTZ, janvier 1993). Les eaux du canal favoriseraient entre autres la création de biotopes favorables à la prolifération d'insectes vecteurs de maladies (paludisme).

Une étude sur l'état de santé des riverains du canal (jardiniers, pêcheurs etc.) confirmerait encore mieux le danger que constitue l'eau dudit canal.

Recommandations

La résolution du problème que pose le canal pourrait d'abord passer par la satisfaction des habitants au niveau de l'enlèvement des déchets solides et même l'évacuation des eaux des fosses septiques :

- On pourrait vulgariser et mieux faire accepter l'assainissement autonome (VIP, TCM etc.).
- Installer des bacs à ordures si possible devant chaque porte (riverains).

Une fois ce volet résolu, on pourrait ensuite mettre en place une législation et veiller à son application. Cette législation concernerait non seulement les rejets des eaux usées dans le canal, mais pourrait aussi interdire certaines activités (exemple : jardinage) avec les eaux du canal.

Il faudrait aussi assurer le curage annuel du canal, ce qui éviterait l'accumulation du sable dans le canal (13 000 m^3 cette année).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1 Jean RODIER : 1975
L'analyse de l'eau
eaux naturelles
eaux résiduaires
eau de mer
T. 1 et T. 2

2 H. GUERREE et C. GOMELLA : 1978
Les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales.
T. 1 : la collecte. 248 p.

3 C.I.E.H. : 1985
Conception générale des systèmes d'assainissement urbain dans le contexte africain. Etude de l'entretien des ouvrages.

4 M.D. DAOU : 1990
"Cours" sur les Aspects sanitaires des projets de développement des Ressources en eaux E.I.E.R. 45 p.

5 P. BOUTIN et B. GILBERT
L'épuration des eaux usées. "Cours" de l'Ecole Nationale de la Santé publique de Rennes.

6 F. EDELINE : 1988
L'épuration biologique des eaux résiduaires.
Théorie et technologie, 3e éd. 304 p.

7 C. TOURE : 1990
Technologies Appropriées d'Assainissement dans les pays en voie de développement.

8 O.M.S. : 1989
L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture : recommandations à visées sanitaires.

9 Ministère de l'Eau / ONEA : Décembre 1993
Plan stratégique d'Assainissement des eaux usées de la ville de Ouagadougou.

10 DIRECTION GÉNÉRALE DE L'ONEA : Janvier 1993
Aperçu sur la pollution de la ville de Ouagadougou.

11 J. DEWIS et F. FREITAS : 1972
Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux.

12 YAMEOGO Léandre : 1991
"Rapport de stage" : Etude préliminaire en vue de l'assainissement de la forêt classée du barrage de Ouagadougou (Bois de Boulogne).

13 J.B. BECHAC, P. BOUTIN, B. MERCIER, P. NVER : 1984
Traitement des eaux usées. Ed. Eyrolles

14 A. BABA-MOUSSA : 1988
Cours sur la collecte des eaux usées

15 B. BADOLO : 1993
"Rapport de stage" : Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

16 Mémento technique de l'eau 1978
8e éd. Degremont. 1200 p.

17 Alain MOREL : 1993
"Dossier de consultation" : Projet d'amélioration des conditions de vie urbaine à Ouagadougou - volet drainage des eaux pluviales.

ANNEXES

Site S1

	dates	11/04/94		15/04/94		18/04/94		22/04/94		25/04/94		29/04/94		02/05/94		07/05/94		Moyenne		écart-type		Moyenne de la période
Paramètres	unités	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
T° Température	0°C	29	28	31	35	30	33	29	32	30	32	29	31	31	33	30	32	29,9	32	0,8	2	30,9
PH		7,32	7,43	6,04	6,80	7,82	7,05	7,52	7,64	7,60	7,81	7,40	7,56	7,08	7,25	7,30	7,25	7,26	7,35	0,54	0,33	7,30
Conductivité	µs/cm	830	740	880	518	866	696	606	852	791	735	706	607	633	810	792	707	763	708	103	106	735
R-H	mV					111	-3	65	39,70	-44,2	-28	50	-30	-10	30,2	56	-30,3	38	-5,07	55	23,30	16,70
MES	mg/l	256	252	147	152	276	136	122	144	210	320	196	150	145	290	387	222	217,0	208	87	73	210
TH	°F	16,06	12,05	17,38	9,80	5,40	7,23	7,48	14,12	8,70	9,46	12,10	9,75	7,20	8,10	13,71	11,36	11,00	9,73	4,45	1,57	10,36
TCa	°F	14,45	9,25	12,00	7,30	3,17	4,75	5,89	6,62	6,25	7,20	7,55	7,02	4,73	5,41	10,37	8,63	7,55	7,02	3,11	1,49	7,28
TMg	°F	5,65	2,80	5,38	2,50	2,23	2,48	1,59	3,50	2,45	2,26	4,45	2,73	2,47	2,69	3,34	2,73	3,45	2,71	1,53	0,36	3,08
DCO	mg/l	150	150	200	200	170	130	60	100	90	110	100	140	150	106	150	168	132,75	138	46,27	34,24	135,87
DBO5	mg/l	80					85			60					76			70	80,5	14,14	6,36	75,25
NTK	mg/l	56,84	15,40	43,84	9,60	49,28	8,68	38,20	10,30	41,20	12,75	52,88	9,25	-	-	-	-	47,04	11	7,18	2,58	29,02
$N\text{-}NO_3^-$	mg/l	0,705	0,832	0,540	0,850	0,606	0,335	0,172	0,275	0,510	0,72	0,640	0,710	0,362	0,407	0,516	1,047	0,506	0,722	0,17	0,26	0,614
$CF \times 10^{-4}$	N/kcal	46	35	63	41	53	44	62	21	65	35	47	28	80	42	32	35	57,5	35,4	14	7	56,5
debit	m^3/h																					

M = Matin
S = Soir
Période = 11/04 - 7/05/94

Site S2

	Dates	11/04/94		15/04/94		18/04/94		22/04/94		25/04/94		29/04/94		02/05/94		07/05/94		Moyenne		écart-type		Moyenne de la période
Paramètres	Unités	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
Température	0°C	28	29	31	33	30	32	30	32	30	33	31	32	29	31	31	33	30	32	1	1,46	31
PH		7,15	7,64	6,20	6,07	7,28	7,24	7,14	7,60	7,19	7,30	7,13	7,20	6,80	7,13	7,04	7,18	7,0	7,17	0,35	0,48	7,08
Conductivité	µS/cm	862	715	403	584	682	976	1066	1074	1280	1420	880	956	840	902	860	1006	860	954	256	248	907
R-H	mV					-23,5	-319,2	-54,9	4,50	-203,7	-302,3	-102	-206,3	-86,06	-198,5	-94,00	-202,84	-94,03	-205,77	61	115	-149,90
M.E.S	mg/l	562	120	1025	65	368	2024	224	56	320	460	560	540	480	672	460	420	500	545	242	641	522
T.H	°F	12,39	18,30	35,75	16,02	5,17	9,25	13,82	10,06	13,87	18,30	16,25	16,20	13,15	12,32	19,25	14,40	16,20	14,36	8,84	3,50	15,28
T.Ca	°F	4,53	12,40	15,10	9,50	2,88	6,01	7,22	5,53	8,24	11,10	7,60	8,80	4,58	9,02	14,62	8,90	7,60	8,91	3,90	2,30	8,25
T.Mg	°F	7,86	5,90	20,65	6,52	2,29	3,24	6,60	4,53	5,63	7,20	8,65	7,40	8,57	3,30	8,63	5,50	8,61	5,45	5,32	1,63	7,03
DCO	mg/l	400	200	280	210	230	420	600	230	380	430	410	350	340	250	370	300	380	299	108	92	339
DBO5	mg/l	250				140				220					200			235	170	21	42	202
NTK	mg/l	35,84	52,64	53,94	40,20	58,52	41,44	49,30	42,80	36,22	44,30	62,58	43,80	-	-	-	-	49,40	44,19	11,27	4,40	46,79
$N\text{-}NO_3^-$	mg/l	0,510	0,532	0,450	0,730	0,453	0,475	0,172	0,253	0,380	0,420	0,416	0,610	0,362	0,490	0,389	0,502	0,380	0,501	0,100	0,138	0,443
C.F.10^4	N/100ml	1020	1010	1200	980	700	710	960	660	1100	980	800	800	940	760	930	580	967	810	158	163	888
débit	m^3/h	1,8	2,1	1,9	2,0	2,3	1,9	2,4	2,6	1,8	1,9	2,03	1,8	2,4	2,6	2,1	1,8	2,09	2,09	0,25	0,33	2,09
D[illegible]	mg/l																					

M : Matin
S : Soir

Site S3

Paramètres	dates / unités	11/04/94 M	11/04/94 S	15/04/94 M	15/04/94 S	18/04/94 M	18/04/94 S	22/04/94 M	22/04/94 S	25/04/94 M	25/04/94 S	29/04/94 M	29/04/94 S	02/05/94 M	02/05/94 S	07/05/94 M	07/05/94 S	Moyenne M	Moyenne S	écart-type M	écart-type S	Moyenne de la période
Température	0°C	30	29	31	41	31	40	32	38	27	37	32	36	28	38	30	37	30,1	37	1,8	3,6	35,5
PH		7,43	7,90	6,48	7,13	7,84	8,51	7,92	8,33	7,89	8,20	6,89	8,01	8,10	7,92	7,51	8,10	7,51	8,01	0,56	0,41	7,76
Conduct	µS/cm	923	778	710	825	927	1030	793	738	854	920	840	860	780	856	902	857	841	858	77	89	+849
R-H	mV					-2,10	-75,6	-4,60	-12	-58,3	-186,1	-22	-84,3	-26,3	-78,5	-16,0	-82,3	-21,55	-81,51	20,34	45,81	-51,53
MES	mg/l	46	36	40	35	64	172	110	32	352	240	92	107	154	104	120	168	122	112	100	77	117
TH	°F	12,62	14,63	13,39	12,25	7,71	10,61	13,96	10,29	17,13	18,46	13,00	13,13	10,96	11,10	14,0	15,16	12,96	13,20	2,70	2,78	13,08
TCa	°F	8,01	7,46	11,40	10,45	4,53	9,17	10,18	7,84	8,21	9,36	8,50	8,86	8,66	7,00	8,34	10,72	8,47	8,86	1,98	1,35	8,66
TMg	°F	4,61	6,57	1,99	1,80	3,18	1,44	3,78	2,45	8,92	9,10	4,50	4,27	2,30	4,10	5,66	4,44	4,37	4,27	2,21	2,57	4,32
DCO	mg/l	300	390	110	670	370	110	110	120	90	96	180	270	200	280	190	280	196	277	98	190	236
DBO5	mg/l	150					90			42					200			96	145	76	78	120
NTK	mg/l	42	38	46,79	35,60	47,88	35,84	45,70	36,40	45,60	38,46	45,58	34,46	-	-	-	-	45,59	36,46	1,98	1,52	41,02
$N\text{-}NO_3^-$	mg/l	0,210	0,310	0,175	0,310	0,145	0,666	0,171	0,471	0,175	0,438	0,125	0,410	0,225	0,468	0,175	0,437	0,175	0,439	0,032	0,112	0,307
$C.F.10^{-4}$	N/100ml	400	96	450	180	460	130	390	210	440	150	110	160	140	150	370	150	426	153	36	33	289

	dates	11/04/94		15/04/94		18/04/94		22/04/94		25/04/94		29/04/94		02/05/94		07/05/94		Moyenne		écart-type		Moyenne de la période
Paramètres	unités	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
Température	°C	31	30	32	33	30	34	31	35	32	34	31	33	32	32	30	34	31,2	33,2	0,8	1,5	32,2
PH		7,25	7,20	6,30	6,20	7,48	7,26	7,08	7,04	6,94	6,20	7,10	6,78	6,92	7,10	7,01	6,46	7,01	6,78	0,30	0,44	6,89
Conduct	µS/cm	640	525	292	303	442	460	609	612	581	560	513	490	456	500	570	486	513	492	113	90	502
R-H	mV					5,20	1,9	-106,3	-28,3	-258,6	-158	-120	-64,5	-118,3	-58,4	-121,4	-61,3	-119,9	-61,43	83,76	53,76	-90,66
MES	mg/l	127	113	90	148	80	82	118	86	124	86	125	159	112	94	104	84	110	107	17	37	108
TH	°F	14,80	11,30	6,75	6,71	3,74	9,12	8,00	7,86	10,51	15,56	9,40	10,10	8,30	9,42	10,50	10,80	9,36	10,11	4,05	2,66	9,73
TCa	°F	5,51	8,20	5,40	5,21	2,53	7,11	5,62	5,07	5,51	7,34	4,91	6,60	4,49	6,02	5,86	6,43	4,98	6,50	1,08	1,06	5,74
TMg	°F	12,25	3,10	1,35	1,50	1,21	2,01	2,38	2,78	5,00	8,22	4,49	3,50	3,90	3,40	4,64	4,37	4,39	3,61	3,50	2,06	4,00
DCO	mg/l	100	220	160	290	200	70	170	150	140	110	150	170	160	180	100	150	148	168	34	67	158
DB05	mg/l	84					60			90					100			87	80	4	28	83
NTK	mg/l	18,2	98	27,8	18,4	28	12,32	27	32	30	40,20	20	40,16	–	–	–	–	25,25	40,18	4,83	30,53	32,71
N-NO3⁻	mg/l	0,506	0,407	0,408	0,703	0,445	0,297	0,107	0,290	0,365	0,338	0,250	0,400	0,482	0,385	0,367	0,413	0,366	0,411	0,132	0,127	0,388
CF x 10⁻⁴	N/100ml	650	530	560	310	850	640	830	610	550	520	950	670	700	350	600	540	710	520	150	130	615
debit	m3/h	4,8	5,3	5,8	6,9	5,9	6,8	6,0	6,5	6,2	6,3	5,4	5,8	5,8	6,2	5,6	5,8	5,7	6,2	0,4	0,5	5,95

site 55

	dates	11/04/94		15/04/94		18/04/94		22/04/94		25/04/94		29/04/94		02/05/94		07/05/94		Moyenne		écart-type		Moyenne de la période
Paramètres	unités	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	M	S	
T°	°C	31	31	35	40	30	39	29	39	31	39	32	38	30	39	32	37	31,2	37,7	1,18	2,9	34,45
PH		7,30	7,33	6,65	6,50	7,28	7,40	7,41	7,40	7,46	7,54	7,26	7,30	7,18	7,26	7,20	7,20	7,22	7,24	0,25	0,32	7,23
Conductivité	µS/cm	326	420	254	282	314	401	278	433	300	410	298	388	294	390	302	392	297	389	24	46	343
R-H	mV					23,9	1,5	-37,7	-8,3	-70,80	-17,3	-28,4	-8,01	-30,40	-3,30	-26,30	-6,76	-28,2	-8,03	30	6	-18,11
MES	mg/l	75	96	107	20	44	128	12	103	48	90	58	84	55	75	56	97	57,20	86,75	27	31	71,97
TH	°F	16,40	7,54	6,11	7,60	6,14	9,15	7,30	14,40	8,10	8,63	8,40	8,72	8,42	8,56	8,39	8,78	8,41	8,67	3,56	0,90	8,54
TCa	°F	4,32	6,42	5,12	6,30	2,75	7,05	5,83	8,30	6,20	7,02	4,80	6,82	4,88	7,22	4,86	6,97	4,84	7,02	1,04	0,61	5,93
TMg	°F	12,08	1,12	0,99	1,12	1,39	1,30	1,48	2,10	1,30	2,10	3,60	1,90	3,54	1,34	3,53	1,81	3,51	1,65	3,60	0,42	2,61
DCO	mg/l	160	160	110	40	30	50	30	60	-	30	80	80	90	50	80	70	83	67	45	41	75
DBO5	mg/l	76					32			20					38			48	35	39	4	41
NTK	mg/l	14	12,30	12,30	8,42	14,20	7,30	12,80	8,40	12,60	9,11	12,54	9,03	-	-	-	-	12,57	9,10	0,90	1,70	10,83
NO_3^-	mg/l	0,418	0,398	0,320	0,607	0,366	0,312	0,077	0,183	0,283	0,370	0,291	0,278	0,320	0,410	0,260	0,373	0,29	0,37	0,10	0,13	0,33
CF x10⁻⁴	N/100ml	56	42	54	54	92	26	56	45	34	43	58	42	60	48	56	35	58	42	16	8	50
débit	m³/h																					

Critères d'appréciation globale de la qualité de l'eau des rivières.
(Grille utilisée par l'Agence de Bassin ADOUR-GARONNE).

		1A	1B	2	3
	Conductivité µS/cm à 20 °C	≤400	400 à 750	750 à 1500	1500 à 3000
	Température	≤20	20 à 22	22 à 25	25 à 30
	pH	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5	6 à 9	5,5 à 9,5
	MES ($mg.l^{-1}$)	≤30	≤30	≤30	30 à 70
	O_2 dissous ($mg.l^{-1}$)	>7	5 à 7	3 à 5	milieu aérobie à maintenir en en permanence
	O_2 dissous en % de saturation	>90 %	70 à 90	50 à 70	
	DBO_5 ($mg.l^{-1}$)	≤3	3 à 5	5 à 10	10 à 25
	Oxydabilité ($mg.l^{-1}$)	≤3	3 à 5	5 à 8	
	DCO ($mg.l^{-1}$)	≤20	20 à 25	25 à 40	40 à 80
	NH_4 ($mg.l^{-1}$)	≤0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8
	NO_3 ($mg.l^{-1}$)			<44	44 à 100
	N total (Kjeldahl)	≤1	1 à 2	2 à 3	
	Fe ($mg.l^{-1}$)	≤0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	
	Mn ($mg.l^{-1}$)	≤0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,50	
	F ($mg.l^{-1}$)	≤0,7	0,7 à 1,7	0,7 à 1,7	>1,7
	Cu ($mg.l^{-1}$)	≤0,02	0,02 à 0,05	0,05 à 1	>1
	Zn ($mg.l^{-1}$)	≤0,5	0,5 à 1	1 à 5	>5
	As ($mg.l^{-1}$)	≤0,01	≤0,01	0,01 à 0,05	>0,05
	Cd ($mg.l^{-1}$)	≤0,001	≤0,001	≤0,001	>0,001
	Cr ($mg.l^{-1}$)	≤0,05	≤0,05	≤0,05	>0,05
	CN ($mg.l^{-1}$)	≤0,05	≤0,05	≤0,05	>0,05
	Pb ($mg.l^{-1}$)	≤0,05	≤0,05	≤0,05	>0,05
	Se ($mg.l^{-1}$)	≤0,01	≤0,01	≤0,01	>0,01
	Hg ($mg.l^{-1}$)	≤0,0005	≤0,0005	≤0,0005	>0,0005
	Phénols ($mg.l^{-1}$)		≤0,001	0,001 à 0,05	0,05 à 0,5
	Détergents ($mg.l^{-1}$)	≤0,2	≤0,2	0,2 à 0,5	>0,5
	S.E.C.* ($mg.l^{-1}$)	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	>1
	Coliformes (Num. 100 ml)	≤50	50 à 5000	5000 à 50000	
	Esch. Coli (Num. 100 ml)	≤20	20 à 2000	2000 à 20000	
	Strep. féc. (Num. 100 ml)	<20	20 à 1000	1000 à 10000	
	Ecart de l'indice biotique** par rapport à l'indice normal	1	2 ou 3	4 ou 5	6 ou 7

Pour les différents niveaux définis plus haut, on admet habituellement les usages suivants :

Niveau 1 A : eau non polluée apte à tous usages.

Niveau 1 B : eau très peu polluée, également apte à tous usages.

Niveau 2 : eau de qualité passable. Cette eau peut être utilisée pour l'irrigation, les usages industriels et moyennant un traitement poussé, la production d'eau potable. Le poisson y vit mais sa reproduction n'est pas assurée. La baignade n'y est pas possible.

Niveau 3 : eau de qualité médiocre, ne convenant qu'à l'irrigation, au refroidissement et à la navigation. La survie du poisson y est aléatoire surtout lors de fortes températures d'été.

Tableau 71. Conditions de rejet des effluents industriels (suivant circulaire du 6 juin 1953).

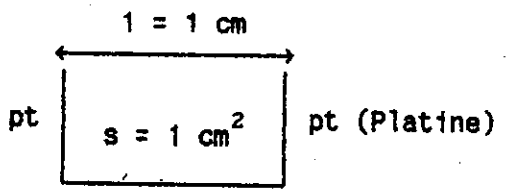
	Rejet dans le milieu naturel			Rejet dans un réseau d'assainissement pourvu d'une station d'épuration		
	Rejet éloigné de prises d'eau pour les villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à salmonidés			Rejet à proximité de prises d'eau pour les villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à salmonidés		
	Charge de pollution industrielle			Charge de pollution industrielle		
	faible	importante mais non prépondérante	prépondérante	faible	importante mais non prépondérante	prépondérante
Dilution d (rapport entre le débit du cours d'eau et le débit de l'effluent) suivant la durée du déversement industriel — déversement en 24 h	d > 300	150 < d < 300	d < 150	d > 2,5	2,5 < d < 25	d < 2,5
Dilution d (rapport entre le débit du cours d'eau et le débit de l'effluent) suivant la durée du déversement industriel — déversement en 10 h	d > 720	360 < d < 720	d < 360	d > 60	6 < d < 60	d < 6
pH – cas général	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5
pH dans le cas de neutralisation à la chaux	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5
Composés cycliques hydroxylés et leurs dérivés halogénés	interdits	interdits	interdits	interdits	interdits	interdits
Substances de nature à favoriser la manifestation d'odeurs, de saveurs, de colorations anormales, dans les eaux naturelles utilisées en vue de l'alimentation humaine	interdites	interdites	interdites	interdites		
Matières en suspension totales	100 mg.l^{-1}	50 mg.l^{-1}	30 mg.l^{-1}	30 mg.l^{-1}		< 1 000 mg.l^{-1}	< 500 mg.l^{-1}
DBO_5	200 mg.l^{-1}	100 mg.l^{-1}	40 mg.l^{-1}	40 mg.l^{-1}		< 500 mg.l^{-1}	< 500 mg.l^{-1}
Azote Kjeldahl	60 mg.l^{-1} en N 80 mg.l^{-1} en NH_4	30 mg.l^{-1} en N 60 mg.l^{-1} en NH_4	10 mg.l^{-1} en N 15 mg.l^{-1} en NH_4	10 mg.l^{-1} en N 15 mg.l^{-1} en NH_4		< 150 mg.l^{-1} en N < 200 mg.l^{-1} en NH_4	< 150 mg.l^{-1} en N < 200 mg.l^{-1} en NH_4
Substances capables d'entraîner la destruction du poisson en aval du déversement	interdites	interdites	interdites	interdites			
Température maximale	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C
Matières flottantes et susceptibles de dégrader les ouvrages, produits dégageant des gaz toxiques et inflammables					interdits	interdits	interdits

MESURE DE LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE D'UNE EAU AU LABORATOIRE

A - GENERALITES

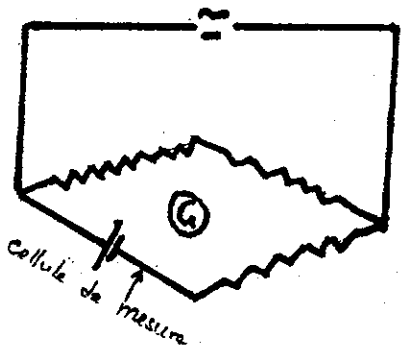
1. DEFINITION

La conductivité électrique d'une eau est son aptitude à laisser passer le courant (inverse de la résistivité). C'est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1 cm^2 de surface et séparées l'une de l'autre de 1 cm.



2. PRINCIPE

La mesure est basée sur le principe du pont de Wheatstone, et utilise comme appareil un galvanomètre.



L'appareil de mesure est le conductimètre.

La conductivité variant avec la température, il sera nécessaire de mesurer celle-ci au cours de l'essai.

La température de référence est 20°C.

Si T°C la température de l'eau est différente, on fait la correction sur la conductivité pour donner la valeur à 20°C.

$$X_t = X_{20} \left[1 + 0{,}025\ (T - 20) \right]$$

3. EXPRESSION DE LA CONDUCTIVITE

C = conductance dans la colonne d'eau entre les 2 électrodes distantes de
l = 1 cm et de
s = 1 cm^2

La conductivité X est proportionnelle à C.

$$X = C \cdot \frac{l}{s} \ ; \ \frac{l}{s} = k' \Longleftrightarrow$$

$X = K.C$ K = constante de la cellule en cm^{-1}

X est mesurée à la température t, il convient de l'exprimer à 20°C en affectant sa valeur d'un coefficient correcteur ft.

$$X_{20°C} = C \times ft \times K$$

- X en siemens/cm (sem^{-1}) ou en μsem^{-1}
- C en s ou µs
- K en cm^{-1}

3.1. Intérêt de la mesure de la conductivité électrique

Elle permet d'apprécier la minéralisation globale de l'eau c'est à dire sa teneur en sels minéraux dissous. La minéralisation globale peut être calculée rapidement par la formule suivante : (valeur approximative).

Minéralisation (mg/l) = 688.000 x conductivité à 20°C en S/Cm

B. TRAVAUX PRATIQUES

- Les appareils de mesure actuels sont pour la plupart des conductimètres de terrain dont le mode opératoire est fourni par le fabricant.

- Suivre les instructions du fournisseur.

Dans tous les cas le principe est le même.

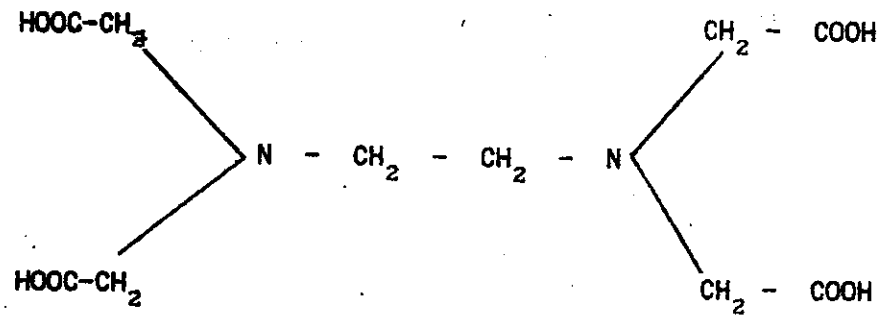
DETERMINATION DE LA DURETE D'UNE EAU
DURETE TOTALE
DURETE CALCIQUE ET MAGNESIENNE

METHODE PAR COMPLEXOMETRIE A L'EDTA

A. GENERALITES

1. AGENT SEQUESTRANT OU COMPLEXANT :

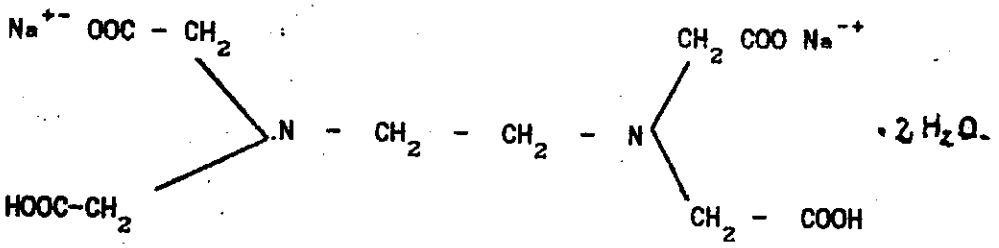
L'acide éthylène diamine tétra-acétique (EDTA), est un solide blanc peu soluble dans l'eau présentant une quadruple fonction acide. Sa formule semi-développée est :



on peut

le symboliser par $\boxed{H_4\ Y}$

Les 2 premières acidités sont fortes (pK_4 = 2,0 ; pK_3 = 2,7) et permetttent d'obtenir Na_2H_2Y. 2 H_2O (son sel disodique) soluble, qui sera utilisé comme solution titrante.



$$Na_2\ H_2Y \longrightarrow 2\ Na^+ + H_2y^{2-}$$

2. CHIMIE DE LA REACTION DE COMPLEXATION

L'EDTA (ou son sel disodique) complexe quantitativement de nombreux ions, en particulier le Ca^{++} et le Mg^{++}. Une liaison de cordinance s'établit entre le métal et chaque atome d'azote et il se forme un complexe cyclique ou chélate (voir exemple du calcium).

La réaction de complexation de H_2Y^{2-} sur les ions métalliques s'écrit :

$$\boxed{M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons MY^{(4-n)^-} + 2H^+ \quad (1)}$$

On sait que deux facteurs influencent l'équilibre :

- la stabilité du complexe $MY^{(4-n)^-}$
- la valeur du pH.

En fait, l'équilibre (1) résulte de la superposition des équilibres suivants :

Soit le complexe $MY^{(4-n)^-}$ on a :

$$MY^{(4-n)^-} \rightleftharpoons M^{n+} + Y^{4-} \quad ** \quad K_D = \frac{[M]^{n+}\,[Y]^{4-}}{[MY]^{(4-n)-}}$$

Y^{4-} est une base qui peut participer aux équilibres suivantes :

$$\left.\begin{array}{lll} Y^{4-} + H^+ \rightleftharpoons HY^{3-} & & pK_1 = 10.3 \\ HY^{3-} + H^+ \rightleftharpoons H_2Y^{2-} & & pK_2 = 6.2 \\ H_3Y^- + H^+ \rightleftharpoons H_4Y & & pK_3 = 2.7 \\ H_3Y^- + H^+ \rightleftharpoons H_4Y & & pK_4 = 2.0 \end{array}\right\}$$

---

* Pour le Ca^{2+}, n=2 . Ca^{2+} - EDTA $\longrightarrow$ $Ca\,Y^{2-} + 2\,H^+$ - (peut être utilisé dans la suite des réactions).

$$Ca\,Y^{2-} \rightleftharpoons Ca^{2+} + Y^{4-} \quad \text{avec} \quad \frac{|Ca^{2+}|\,|Y^{4-}|}{|Ca\,Y^{2-}|} = 10^{-10,7}$$

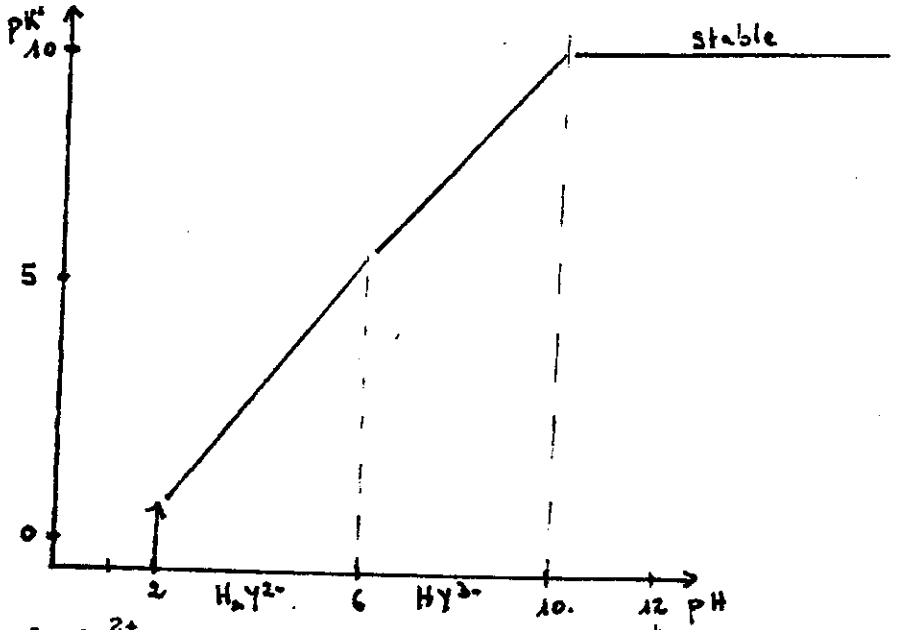
Remarque : Lorsque l'on va vers les milieux acides, $|Y^{4-}|$

diminue et le rapport $\frac{M^{n+}}{M\,Y^{(4-n)}}$ = augmente ;

Le complexe se dissocie.

La complexion s'effectuera avec les ions métalliques de $pK_D > 10,3$

Le graphique suivant montre la stabilité du complexe en fonction du pH. (cas du calcium).



Pour le Ca^{2+} $pK_D = 10.8$

Pour le Mg^{2+} $pK_D = 8.7$

Donc pour complexer le Ca il faudra au moins opérer en milieu neutre et pour le Mg il faudra se placer en milieu basique.

B. PRINCIPE DE LA REACTION DE COMPLEXATION

1. DETERMINATION DU TITRE HYDROTIMETRIQUE OU DURETE TOTALE

Rappel : La dureté totale (TH) correspond à la teneur globale en éléments dont les ions forment un complexe avec l'EDTA. (à pH 9,5-10). En pratique :

$$TH = [Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$$

Principe du dosage

On ajoute d'abord à la prise d'essai (quantité d'eau en ml) un indicateur coloré susceptible de former avec les ions métalliques à doser, un complexe moins stable que celui formé avec l'EDTA ; le noir ériochrome T (1) (N E T).

$$M^n + I_n \rightleftharpoons MI_n \quad \text{(coloration rouge-violet)}$$

- Tant qu'il reste dans la solution des ions M^{n+} libres, on a la formation du complexe MI_n et la solution prend la couleur de celui-ci.

- L'E.D.T.A. forme un complexe plus stable avec les ions métalliques que l'indicateur ; alors dès qu'une trace est libre dans la solution il y a destruction totale du complexe MI_n et la couleur prise par la solution est celle de l'indicateur (bleu franc)

$$M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons MY^{(4-n)-} + 2\,H^+$$

---

(1) . Le noir ériochrome T est un indicateur de pH.

. Sa formule brute est : $C_{20}H_{12}N_3N_aO_7S$)

$\int I_n^{3-}$ 11,5 ; $\int HI_n^{2-}$ 6,4 ; $\int H_2I_n^-$ 3,9 ; $\int H_3I_n$

orangé bleu rouge rouge

Stade d'évolution de l'indicateur.

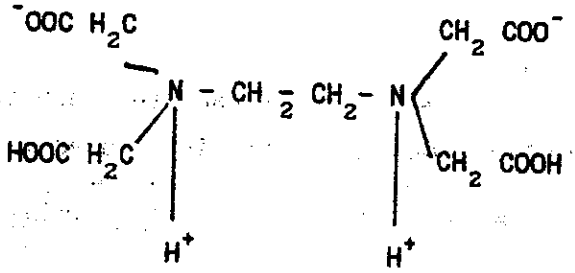
C'est aussi un indicateur de concetration en Mg^{2+} : 7,0 (orange) MgI^- (rouge). Si le pH est fixé à 10, I_n vire du rouge ⟶ bleu non complexé I_n.

$$M^{n+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons MY^{(4-n)-} + I_n + 2\,H^+ \quad \text{(bleue)}$$

Le virage de l'indicateur coloré, indique que tous les ions métalliques présents ont été complexés et que l'EDTA reste en excès dans la solution.

En résumé, la neutralisation de l'EDTA se fait comme suit :

En solution on a :

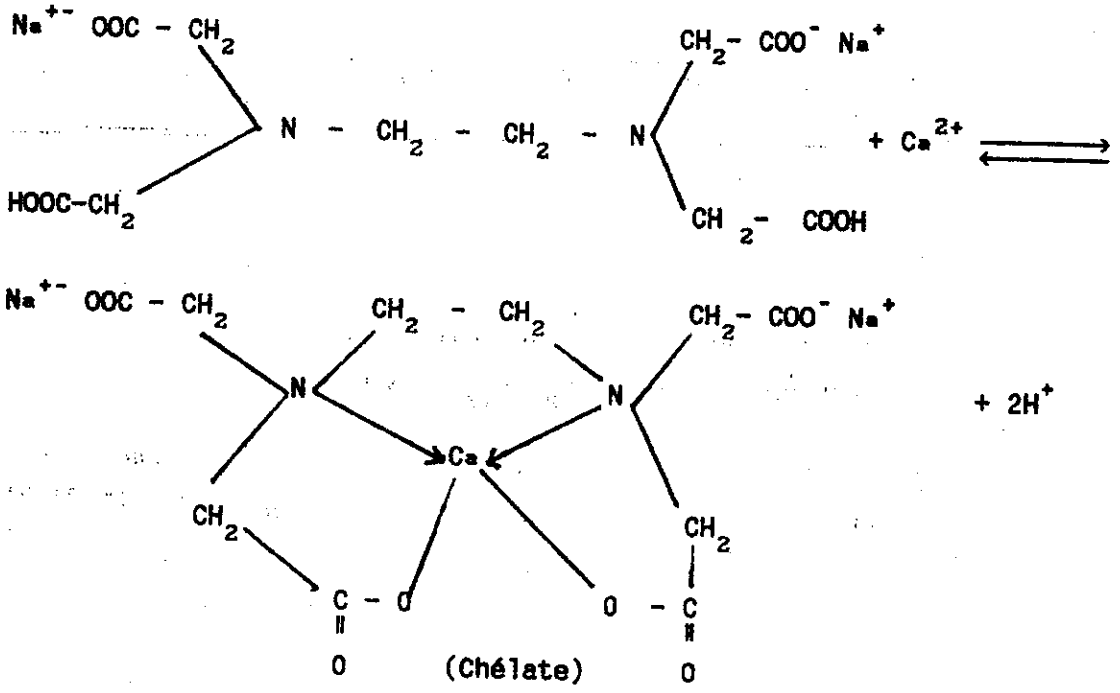


Un seul titrage est possible, celui de l'ensemble des 3 acidités.

2. DETERMINATION DE LA DURETE TOTALE CALCIQUE

V.1. Principe

L'ion Ca^{++} forme aussi un complexe avec l'EDTA, comme le Mg^{++} selon le schéma :



Ce schéma se résume par l'équation :

$$\boxed{Ca^{2+} + H_2Y^{2-} \rightleftharpoons CaY^{2-} + 2H^+}$$

La position de cet équilibre étant fonction du pH, celui-ci doit être fixé par addition d'une solution tampon.

Au cours du dosage, on précite d'abord le Mg sous forme de $Mg(OH)_2$ vers pH 12 par addition de soude et, il n'interfère pas.

Les ions Ca^{2+} réagissent avec l'EDTA ; tout d'abord, les ions libres, puis ceux qui se combinent avec l'indicateur sensible aux seuls ions Ca^{2+} : le murexide** qui vire du rose au violet ; on peut utiliser aussi l'ériochrome BBR (la couleur passe alors du rouge au bleu franc lors du virage).

C. TRAVAUX PRATIQUES

C.1. VERIFICATION DU TITRE DE L'EDTA

. Dans une fiole de 100 ml, introduire 40 ml de solution de référence de $CaCO_3$ (étalon primaire) et compléter au trait de jauge. Transvaser dans un erlen de 250 ml.
Le volume est V_o.

. Ajouter 4 ml de solution tampon et 0,1 g d'indicateur (NET). La couleur de la solution doit devenir rouge foncé ou violet, et son pH doit être de 10 ± 0,1 sinon l'ajuster.

. Doser immédiatement à l'aide de la solution d'E D T A 0,02 N (0,01 M) en versant progressivement jusqu'à virage au blanc franc. La couleur ne doit plus changer par addition d'une goutte supplémentaire d'EDTA.

Noter le volume de la chute de buvette soit, V_1.

C.2. Dosage du titre hydrométrique ou dureté totale

- Dans un erlen de 250 ml, introduire 100 ml d'échantillon à analyser ou une dilution.
- Ajouter 4 ml de tampon et 0,1 g d'indicateur NET.
- Titrer à l'EDTA (Procéder comme en C1). Noter le volume A.

C.3. Dosage de la dureté calcique.

- Verser 100 ml d'échantillon dans un erlen de 250 ml.
- Ajouter 2 ml de Na OH 1 mole/l et une pincée (~ 0,1 g) d'indicateur = murexide. La couleur de l'échantillon doit être rose.
- Titrer immédiatement à l'EDTA et noter le volume C. Au point de virage la solution devient violacée.

N.B. : Faire un essai à blanc en remplaçant l'échantillon par de l'eau distillée.

Si l'eau distillée est de bonne qualité, dès qu'on ajoute l'indicateur, la couleur devient :

- bleue dans le cas de la dureté totale
- violacée dans le cas de la dureté calcique.

Dans ce cas le titrage est nul et le volume B = 0.
Dans le cas contraire, titrer et noter le volume.

D. RAPPORT

D_1. Déterminer le titre exact de la solution d'EDTA

$$\text{Concentration EDTA} = \frac{\text{Volume } CaCO_3 = (V_o)}{\text{Volume EDTA} = (V_1)} \times 0{,}01$$

mole/l.

Quelle est la normalité de l'E D T A ainsi titré ?

D_2. Déterminer la dureté totale des échantillons analysés.
Exprimer les résultats en méq/l puis en degrés français.

$$(1 \text{ méq} = 5^\circ f \; ; \; \frac{N}{1\,000} = 1 \text{ méq})$$

$$\text{Dureté totale} = \frac{(A - B)}{\text{Volume échantillon}} \times \text{conc. EDTA (normalité)}$$

D_3. Déterminer la dureté calcique des mêmes échantillons

- Exprimer les résultats en méq/l et en °f.
- Calculer la concentralisation en ions Ca^{++} en mg/l, puis en moles/l.
  (1 mole de Ca^{++} = 40 g et 1 méq de Ca^{++} = 20 mg)

$$\text{Dureté calcique} = \frac{(C - B)}{\text{Volume échantillon}} \times \text{conc. EDTA. (normalité).}$$

D_4. Déterminer la dureté magnésienne

[Dureté magnésienne] = [Durecté totale] - [Durecté calcique]

Exprimer les résultats en méq/l et en °f

Calculer la concentration en ions Mg^{2+} en mg/l et en moles/l (1 mole de Mg^{2+} = 24,3 g et 1 méq Mg^{2+} = 12,15 mg).

D_5. Sachant que le sel disodique de l'EDTA a un poids moléculaire de 372,24 g et que c'est un diacide, quelle quantité de sel devriez-vous verser dans 250 ml d'eau distillée pour préparer une solution 0,02 N ?

D_6. Démontrer que si la prise d'essai d'un échantillon est de 50 ml et que la chute de burette est de ΔV, la dureté totale exprimée en °f = 2 ΔV.

D_7. Pourquoi mesure-t-on la dureté d'une eau.
quand dit-on qu'une eau est dure ? douce ?

D_8. Pourquoi doit-on se placer en milieu basique afin de complexer les ions Ca^{++} et Mg^{++}, que se passerait-il en milieu acide ?

ANNEXE

PREPARATION DES REACTIFS

A_1. Solution titrante d'EDTA 0,02 N

On utilise le sel disodique de formule brute ($C_{10}H_{14}N_2O_8Na_2\ 2H_2O$)

Peser 3,725 g et dissoudre dans 1 l d'eau distillée.

Conserver dans un flacon en polyéthylène ou à défaut, dans un flacon en verre borosilicaté. Vérifier régulièrement le titre.

A_2. Solution standard de $CaCO_3$: 0,01 M (0,02 N)

Sécher un échantillon de $CaCO_3$ (carbonate de calcium pur) à 150°C pendant 2 h.

Introduire 1 g dans une fiole de 500 ml et humidifier avec de l'eau distillée. Ajouter goutte à goutte de l'HCl 1/2 jusqu'à dissolution complète. Eviter un excès d'acide.

Ajouter 200 ml d'eau distillée et porter à l'ébullition quelques mn afin d'éliminer le CO_2. Refroidir et ajouter quelques gouttes d'indicateur au rouge de méthyle. Ajouter une solution ammoniacale (NH_4OH) à 3 moles/l jusqu'à ce que la solution devienne orange. Transvaser la solution dans une fiole de 1 000 ml et compléter à l'eau distillée. (1 ml de la solution contient 1 mg de $CaCO_3$ ou 0,4 mg (0,01 M) de Calcium).

A_3. Tampon pH 10 NH_3/NH_4 spécial pour la dureté totale

1/. Dissoudre 67,6 g de chlorure d'ammonium (NH_4Cl) dans 572 ml d'ammoniaque (NH_4OH).

Ajouter 5,0 g de sel disodique de magnésium de l'EDTA ($C_{10}H_{12}N_2O_8Na_2Mg$) et diluer à 1 000 ml avec de l'eau.

En l'absence de ce sel,

2/. Dissoudre 4,716 g de l'EDTA sel disodique et 3,120 g de $MgSO_4.7H_2O$ ou 2,576 g de ($MgCl_2$. 6 H_2O) dans 200 ml d'eau distillée. Ajouter à la solution NH_4 Cl + NH_4OH et compléter à 1 000 ml avec l'eau.

Conserver en flacon plastique ou verre borosilicaté.
Durée de conservation 1 mois.

Diluer 10 ml de la solution à 100 ml d'eau et vérifier que le pH est de 10 ± 0,1.

A_4. Solution de soude caustique 1 mole/l : pour dureté calcique

Dissoudre 40 g de NaOH dans 1 l d'eau distillée laisser refroidir et conserver en flacon.

A_5. Noir ériochrome T = indicateur

Mélanger 1 g de noir ériochrome T et 100 g de NaCl. Bien triturer et sécher à 110°C pendant 1 h. Laisser refroidir au dessicateur et conserver en flacon bien propre.

A_6. Murexide ou BBR.

Mélanger 0,2 g de murexide ou ériochrome BBR et 100 g de NaCl. Bien triturer dans un mortier et sécher à 110°C pendant 1 h.

DETERMINATION DU RESIDU SEC TOTAL APPRECIATION DE LA MATIERE ORGANIQUE ET DES MATIERES MINERALES

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

Principes

l'échantillon de boue subit une évaporation dans un bêcher taré, puis il est séché 180°c pendant deux (2) heures à l'étuve. IL est ensuite calciné au four réglé à (525 +/- 25) °c pendant au moins 30 mn. La perte de poids représente les matières volatiles ou organiques.

Appareillage

- Bêcher en platine, porcelaine ou verre
- Etuve réglable à 180°c
- Dessiccateur contenant un dessiccant comme indicateur d'humidité coloré
- Balance analytique
- Four à calciner, 550°c

Mode Opératoire

Le bêcher est rincé à l'HNO_3 1/10 et à l'eau distillée, puis chauffé au four à 550°c pendant 30 mn. Laisser refroidir rapidement à l'air et le placer au dessiccateur.

- peser et noter la masse, soit M_0 (g).

Mettre dans le bêcher une quantité d'échantillon de poids connu, soit 100g par exemple.

- Faire sécher le bêcher et son contenu dans une étuve réglée à 180°c, pendant deux heures.

- Laisser refroidir complètement au dessiccateur

- peser, et noter la masse obtenue soit M_1 (g) à 0,5 mg près

- Faire calciner ensuite au four réglé à 550°c pendant 1 h 30 mn. Laisser refroidir rapidement et placer au dessiccateur (1/4 heure environ).

- Peser à nouveau et noter la masse, soit M_2.

Détermination des matières sèches :

Egalement appelées Résidu Sec Total, les matières sèches sont déterminées à l'acide de l'expression suivante :

$$MS = \frac{M_1 - Mo}{P} \times 1000$$

où :
MS = matières sèches ou résidu sec Total exprimées en g/kg de boue.

M_1 = masse du bêcher contenant le résidu sec total exprimées en g.

M_o = masse du bêcher vide contenant le résidu sec total exprimées en g.

P = poids de l'échantillon (P = 100g)

Appréciation des Matières Organiques

Il est très difficile de doser véritablement les matières organiques d'origines animale et végétale contenues dans les boues.

Elles peuvent être appréciées par la différence entre les résidus secs et les résidus calcinés, ainsi que par les éléments de base comme le carbone et l'azote ou bien la réduction du KMnO4 en milieu acide ou alcalin (pour les eaux).

Les matières organiques sont données par l'expression

$$MO = \frac{M_1 - M_2}{P} \times 1000$$

où : MO = quantité de matières organiques ou résidu volatile exprimées en g/kg de boue.

M_2 = masse de résidu calciné en g.

Détermination des matières minérales

Elles s'obtiennent à partir de la différence de poids entre les matières sèches et les matières organiques soit :

$$MM = MS - MO$$

exprimée en g/kg de boues.

FRANCE

tél : 67.14.42.60 fax : 67.52.48.61

EXPEDITEUR Mr CAUMETTE. A
L.H.M.

DESTINAIRE GNAGNE Théophile

fax : (226) 31 27 24

Nombre de documents (présent bordereau compris) 3

AZOTE TOTAL

PRINCIPE

Minéralisation de l'azote organique en milieu acide en présence d'un catalyseur.
Entrainement à la vapeur en milieu alcalin de l'azote ammoniacal obtenu.
Dosage volumétrique.

REACTIFS

- Acide sulfurique pur.
- Catalyseur de minéralisation (comprimés Kjeldahl selon Wieninger).
- Solution de soude 10N (dissoudre 400gr de soude en pastilles dans 1000ml d'eau distillée)
- Solution d'acide borique (20g/l).
- Indicateur
  - Dissoudre 0,066g de rouge de méthyle et 0,033g de bleu de méthylène dans 50ml d'alcool éthylique.
- Solutions d'acide sulfurique 0,1N et 0,02N.

MODE OPERATOIRE

I- Minéralisation

- Introduire dans un tube à digestion 50ml d'eau à analyser
- Ajouter :
  - 2 billes de verre
  - Le catalyseur (1 comprimé Kjeldahl).
  - 10ml d'H_2SO_4 pur.
- Mettre en place le tube d'évacuation des vapeurs et le fixer à l'aide des pinces.
- Boucher légèrement l'ouverture d'aération.
- Raccorder le tube d'évacuation des vapeurs à une trompe à eau.
- Placez les tubes ainsi préparés dans le digesteur.
- Fermez les raccords non utilisés du tube d'évacuation avec un bouchon ou une feuille d'alu.
- Mettre en marche le digesteur, le régulateur de puissance sur la position 10 jusqu'à ébullition des échantillons puis réduire la puissance de chauffe en position 8.
- Après apparition des fumées blanches prolonger encore l'ébullition environ 15' après que l'échantillon soit devenu transparent (couleur verte).
- Arrêter le digesteur.
- Laisser refroidir les tubes à digestion.

II- Distillation

(Se reporter au manuel d'utilisation de l'appareil à distiller Bucchi 315).

- Placer un erlenmeyer contenant 50ml d'acide borique et 0,5ml d'indicateur sous l'écoulement de distillation.
- Ajouter 100ml d'eau distillée dans le tube à digestion et le mettre en place sur le distillateur.
- Ajouter 40ml de NaOH 10N.
- Distiller
- Arrêter la distillation après obtention de 150ml de distillat.
- Titrer avec une solution d'H_2SO_4 0,1N ou 0,02N. (Verser de l'H_2SO_4 jusqu'au virage du vert au bleu lavande).

RESULTATS

- Titrage avec une solution d'H_2SO_4 0,1N

$$\text{N Total en mg/l} = \frac{\text{ml d'}H_2SO_4 \times 1400}{\text{ml de la prise d'essai}}$$

- Titrage avec une solution d'H_2SO_4 0,02N

$$\text{N Total en mg/l} = \frac{\text{ml d'}H_2SO_4 \times 280}{\text{ml de la prise d'essai}}$$

REMARQUE

Azote Total = Azote Organique + Azote Ammoniacal

I. BUT ET INTERET DE LA DETERMINATION DE LA DBO

Le test de la demande biochimique d'oxygène permet d'évaluer en quelque sorte le contenu d'eau en matières organiques biodégradables, et dans une certaine mesure sa qualité ou son dégré de pollution.

(pollution par les micro-organismes divers
pollution par agents chimiques
pollution par les éléments CHON-SP)

Application : Dans le processus de traitement biologique par exemple, un grand nombre de micro-organismes sont capables de métaboliser la matière organique et assurer ainsi l'épuration des eaux usées chargées en matières organiques biologiquement dégradables.

On peut classer les microorganismes en deux catégories :

1. Les micro-organismes aérobies qui exigent de l'oxygène pour assurer leur métabolisme.

2. Les micro-organismes anaérobies qui par contre tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en l'absence d'oxygène.
   Mais d'une façon générale, ce sont les germes aéro-facultatifs qui participent au processus de dégradation.

La métabolisation de la matière organique (Mo), dans un procédé d'épuration biologique aérobie peut être schématisé par l'équation suivante :

1°) $\underset{\text{DBO, DCO, TOC}}{\text{Mo}} + O_2 + \underset{\text{Nutrients}}{N + P} \xrightarrow{\text{Micro-organismes}} CO_2 + H_2O +$ résidus non dégradables

2°) Micro-organismes + $O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O + N + P +$ résidus cellulaires non dégradables

Dans le flacon à DBO, ce sont les mêmes réactions qui se déroulent sous des conditions de températures bien déterminées.

II. DEFINITION DE LA DBO ET DBO_5

La DBO est définie comme étant la quantité d'oxygène consommée par les micro-organismes pour oxyder les Mo biodégradables, dans un échantillon d'eau.

la dégradation complète des Mo peut être relativement longue (plusieurs semaines). D'une part, l'oxydation des dérivés ammoniacaux et des nitrites en nitrates (nitrification) consomme de l'oxygène. D'autre part, dansles eaux naturelles cette nitrification ne débute qu'au bout d'une dizaine de jours. Pour ces deux raisons, on a convenu de mesurer la DBO en 5 jours à 20°C c'est à dire la quantité d'oxygène consommée pendant ce laps de temps pour oxyder partiellement les matières organiques sous l'action des micro-organismes, d'où le terme de DBO_5.

N.B. : On peut empêcher l'oxydation des composés azotés en ajoutant du N-allyl-thiourée.

III. MESURES DE LA DBO_5 AU LABORATOIRE

Deux méthodes essentielles sont utilisées pour apprécier la DBO :

- méthode de dilution par ensemencement
- méthode manométrique (de la compagnie HACH)

Aujourd'hui, on utilise de plus en plus la méthode voltamétrique par mesure de l'oxygène dissous avant et après incubation pendant 5 jours (méthode de WINKLER).

METHODE DE MANOMETRIQUE

La méthode manométrique pour la mesure de la DBO_5, mise au point par la compagnie HACH, est une méthode rapide dont le principe est basé sur le respiromètre de WARBURG. Dans cette méthode, on enregistre directement la respiration de la biomasse dans une enceinte fermée sous atmosphère d'air ou d'oxygène. Le test est conduit à température constante et l'échantillon est constamment agité. On suit en fonction du temps, la consommation d'oxygène, qui se traduit par une diminution de la pression d'air ou du volume de gaz.

III.1 Principe et descriptif de la méthode

1.1. Transfert d'oxygène à l'échantillon

Une quantité mesurée d'échantillon d'eau est placée dans chaque bouteille brune. Les bouteilles sont déposées sur l'appareil reliées par leur capuchon et un tube en vinyl au tube manométrique contenant du mercure. Le vide dans la bouteille contient de l'oxygène de l'air (21 %). Les bactéries présentes dans l'échantillon utilisent en permanence de l'oxygène pour oxyder la matière organique ; donc l'oxygène est consommée. L'air au-dessus de l'échantillon renouvelle l'oxygène et une goutte dans la pression d'air pénètre dans la bouteille d'eau.

1.2. Rôle du manomètre

La dépression d'air occasionne une élevation de la colonne de mercure dans le manomètre et indique la concentration en mg/l de DBO sur l'échelle graduée. Le tube manométrique scelle le système entier pour empêcher les changements de la pression atmosphérique d'affecter la lecture.

1.3. Transfert d'oxygène par agitation

Au cours du test (habituellement 5 jours), l'échantillon est constamment agité à l'aide d'un barreau aimanté entrainé par un système de rotation du moteur de l'appareil. L'agitation assure le transport d'oxygène de l'air à l'échantillon et aide aussi à simuler le phénomène dans les conditions naturelles.

1.4. Piège du CO_2 par un alkali (Hydroxyde de lithium)

Au cours du phénomène d'oxydation, les micro-organismes consomment de l'oxygène et dégagent du CO_2. Le gaz doit être éliminé du système de sorte que la différence de pression dans le système soit uniquement proportionnelle à la quantité d'oxygène utilisé. Le CO_2 est donc piégé par le LIOH placé dans le bouchon de scellage de la bouteille d'échantillon.

N.B. : On peut utiliser aussi le KOH.

III.2 DESCRIPTION DE L'APPAREIL . INSTALLATION ET FONCTIONNEMENT DU SYSTEME . PRECAUTIONS A PRENDRE

3.1. Prélèvement des échantillons

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles exemptes de matières organiques (soit en verre ou en polyéthylène). S'il s'agit d'un effluent d'eau usée, prélever un échantillon homogène et *représentatif en évitant de particules grossières. Cette remarque est valable également pour les eaux de lacs ou rivières. Conserver les échantillons dans des glacières à une température de +4 à +8°C et acheminer aussitôt au laboratoire. Mettre la DBO en route dans les 24 heures qui suivent le prélèvement (au plus grand tard).

3.2. Méthodologie

3.2.1. Prise d'éssai

Le volume de la prise d'essai dépend de la valeur de la DBO escomptée et du type d'effluent considéré. Dans la méthode précalibrée par HACH, le tableau ci-dessous donne la relation entre volume d'échantillon - DBO escomptée (mg/l) et échelle manométrique.

DBO escomptée mg/l	Volume d'échantillon (ml)	Echelle mg/l
0 - 35	420	0 - 35
0 - 70	350	0 - 70
0 - 350	160	0 - 350
0 - 700	95	0 - 700

* Dilution

Lorsque la DBO escomptée excède 700 mg/l, une dilution s'avère nécessaire. Elle se fera avec de l'eau distillée de haute qualité (exempte de matières organiques).

---

* Echantillon prélevé en plusieurs endroits.

III.4. LECTURE DES RESULTATS

- Relever chaque jour la valeur de la DBO sur la fiche jointe pendant 5 jours (jours conventionnels, appelés DBO5) et tracer une courbe passant par les 5 points.

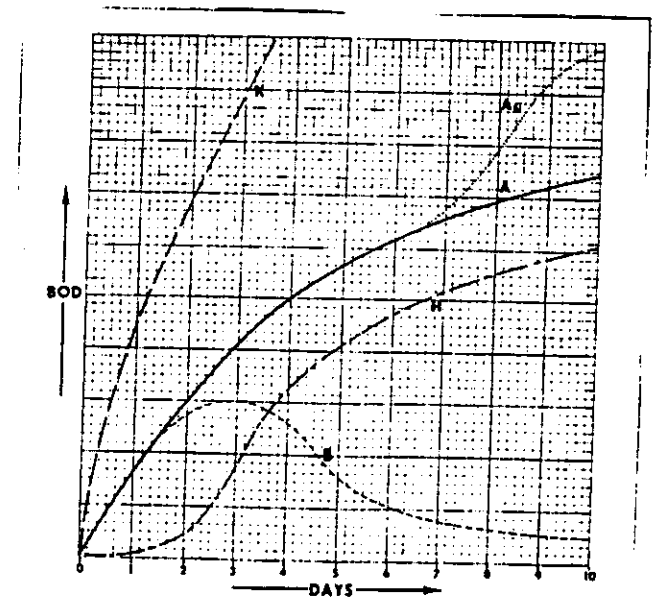
Si l'on désiire prolonger l'essai, pour estimer la DBO u (DBO ultime) continuer le relevé pendant 10 - 15 jours. Tracer également la courbe de DBOu.

- Après chaque série d'essai, bien laver les bouteilles et accessoires à l'eau savonneuse chaude et éliminer toute trace de détergent avec un rinçage à l'eau distillée.

III.5 INTERPRETATION DES RESULTATS

5.1. Résultat normal

Lorsque le test se produit normalement, on note une dépression régulière qui se traduit par une montée régulière du niveau de mercure. On obtient alors une courbe à l'allure de A (voir figure ci-dessous).



EXAMPLE OF BOD CURVES

Dans le cas contraire, les difficultés peuvent provenir des erreurs suivantes :

5.2. Fuite dans le manomètre

Une fuite dans le système manométrique peut se traduire par une courbe du type (B), ou pas de reponse du tout. Dans ce cas, vérifier les bouchons des bouteilles et sous le capuchon contenant l'alkali et éliminer éventuellement les particules.
Rechercher une autre fuite en déposant une buchette allumée d'allumettes dans une bouteille vide et fermer aussitôt. La lumière consommera une partie de l'oxygène et le mercure s'lèvera pour permettre une lecture. Elle restera inchangée s'il n'y a pas de fuite.

5.3. Décalage (retard)

L'essai peut commencer, initialement avec un nombre insuffisant de bactéries pendant la durée d'incubation et fournit une donnée similaire à la courbe (H). La courbe H pourrait traduire un autre type de décalage qui se produit quand la bactérie s'aclimate. (Pour le traitement de l'échantillon) lorsqu'un nombre insuffisant de bactéries ou la période d'acclimation de la bactérie est douteuse).

5.4. Forte demande d'oxygène

Les échantillons de DBO élevée (par exemple > 35 mg/l par 420 ml de prise d'essai) donneront une courbe de type K. Le manipulateur devra estimer approximativement la DBO excomptée, et prélever un volume d'échantillon correspondant.

* Pour cela on utilisera les résultats de la DCO pour savoir le volume d'échantillon à prélever (rapport *DCO, DBO).

** Une autre méthode de choisir l'échelle manométrique (correspondante à la DBO présumée) est de réaliser plusieurs essais sur un même échantillon avec des échelles différentes.

2.4 - Principe et descriptif de la méthode

2.4.1 - Transfert d'oxygène à l'échantillon

Un volume connu d'échantillon d'eau est placée dans chaque bouteille brune. Les bouteilles sont déposées sur l'appareil, reliées par leur capuchon et un tube en vinyl au tube manométrique contenant du mercure. L'air contenu dans la bouteille contient bien sûr de l'oxygène (à 21 %). Les bactéries présentes dans l'échantillon utilisent en permanence cet oxygène pour oxyder la matière organique ; donc l'oxygène est consommé.

L'air au-dessus de l'échantillon renouvelle l'oxygène dissous dans l'eau, par simple diffusion. Cette diffusion est augmentée par l'agitation de l'échantillon par un barreau magnétique.

2.4.2 - Rôle du manomètre

La dépression d'air liée à la diminution de pression partielle d'oxygène dans la phase gazeuse induit une élevation de la colonne de mercure dans le manomètre et indique la concentration consommée en mg/l d'O2 sur l'échelle graduée. Le tube manométrique scelle le système (bouteille, bouchon, tube vinyl) qui doit être étanche pour empêcher les entrées d'air ; celles-ci occasionneraient une augmentation de la pression au manomètre (donc une chute du mercure et une mesure fausse).

2.4.3 - Transfert d'oxygène par agitation

Au cours du test (habituellement 5 jours), l'échantillon est constamment agité à l'aide d'un barreau aimanté entrainé par un système de rotation du moteur de l'appareil. L'agitation assure le transfert d'oxygène de l'air à l'échantillon et aide aussi à simuler le phénomène dans les conditions naturelles (l'oxygène ne doit pas être l'élément limitant).

2.4.4 - Piège du CO_2 par un alkali (hydroxyde de lithium)

Au cours du phénomène d'oxydation, les micro-organismes consomment de l'oxygène et dégagent du CO_2. Ce gaz doit être éliminé du système de sorte que la différence de pression dans le système soit uniquement proportionnelle à la quantité d'oxygène utilisée. Le CO_2 est donc piégé par le LiOH placé dans le bouchon de scellage de la bouteille d'échantillon.

N.B. : On peut utiliser aussi le KOH (potasse).

2.5 - Description de l'appareil - Installation et Fonctionnement du Système - Précautions à prendre

2.5.1 - Le système comprend

- un appareil manométrique à DBO, muni d'échelles précalibrées avec des graduations de 0 - 35 et 0 - 350 mg/l de DBO. 6 échelles manométriques graduées de 0 - 70 et 0 - 700 mg/l de DBO sont en option.

- 6 bouchons de scellage (en cacutchouc noir)
- 6 bouteilles ambrées (devant recevoir l'échantillon)
- 6 tubes contenant du mercure prémesuré pour manomètres

Les accessoires sont :

- 1 tube de lubrifiant (lubriseal)
- 6 barreaux aimantés
- 1 entonnoir en polyéthylène 65 mm
- 1 paquet de papier de résultats
- 1 boite de LiOH en pastilles.

L'appareil doit fonctionner sous tension normale (220 V). Bien lire les instructions à l'arrière de l'appareil, avant toute opération. Le fonctionnement du système est régi par un moteur rotatif aimanté. Lorsqu'une bouteille contenant le barreau aimanté est placée sur le plateau de l'appareil, le mouvement de rotation commence. Dans le cas contraire, il y a une panne (voir paragraphe dépannage).

2.5.2 - Introduction de mercure dans les tubes manométriques

- La vapeur de mercure est toxique (poison)
  Eviter tout contact avec les yeux et la peau
  Eviter aussi de respirer les vapeurs

En cas d'écoulement de mercure, nettoyer aussitôt les lieux

2.5.3 - Manipulation

L'opération décrite ici est telle qu'elle a été entreprise à la mise en service.

3.1 - Dévisser et enlever le bouchon du manomètre

3.2 - A l'aide de l'entonnoir, verser le contenu d'un tube de mercure dans le manomètre (2.25 ml)

3.3 - Serrer fermement le bouchon du manomètre

3.4 - Soulever le DBO mètre et l'incliner doucement vers l'amont jusqu'à ce que le niveau du mercure dans chaque manomètre atteigne le haut de l'échelle. Ne pas admettre du mercure dans le tube en vinyl.

3.5 - Si une bulle d'air apparaît dans le tube en verre transparent, secouer légèrement le tube pour remettre le mercure en place. La bulle d'air dans le verre donne de fausses lectures.

3.6 - Devisser ensuite le bouchon du manomètre pour que la bulle d'air s'échappe et attendre 1 heure pour que le mercure se reconstitue en masse avant de répéter les étapes 3.4 et 3.5.

3.7 - Ajouter environ 10 gouttes (0,5 ml) d'eau distillée dans chaque manomètre pour obtenir une pression de vapeur suffisante dans le manomètre dans l'espace vide au-dessus du mercure durant le test. (Cette opération se fait à chaque début de test).

3.8 - Lubrifier le bout du manomètre pour favoriser un scellage adéquat.

3.9 - Serrer les bouchons des manomètres. L'appareil est maintenant prêt à fonctionner.

3.10 - Entre deux essais, vérifier s'il y a de l'eau dans le manomètre, sinon en ajouter.

2.5.4 - Choix des échelles manométriques

Il y a deux sortes d'échelles graduées :

- l'une de 0 - 35 mg/l et au verso 0 - 350 mg/l
- l'autre de 0 - 70 mg/l et 0 -700 mg/l

Choisir les échelles en fonction de la DBO escomptée (voir méthodologie).

2.5.5 - Prélèvement des échantillons

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles exemptes de matières organiques (soit en verre ou en polyéthylène). S'il s'agit d'un effluent d'eau usée, prélever un échantillon homogène et représentatif en évitant les particules grossières. Cette remarque est valable également pour les eaux de lacs ou de rivières.

Conserver les échantillons dans une glacière à une température de +4 à +8°C et acheminer aussitôt au laboratoire. Mettre la DBO en route dans les 24 heures qui suivent le prélèvement (au plus tard).

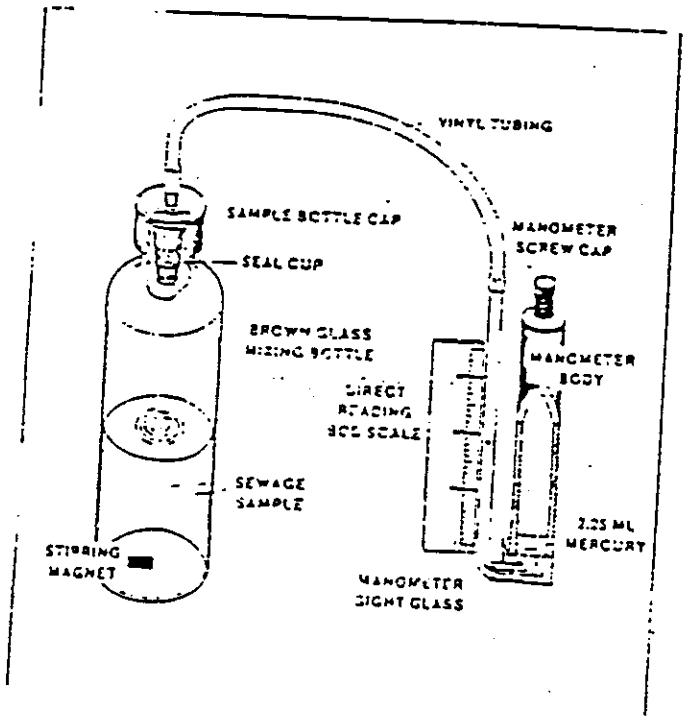


Fig. 8 : Système de mesure de la DBO par manométrie

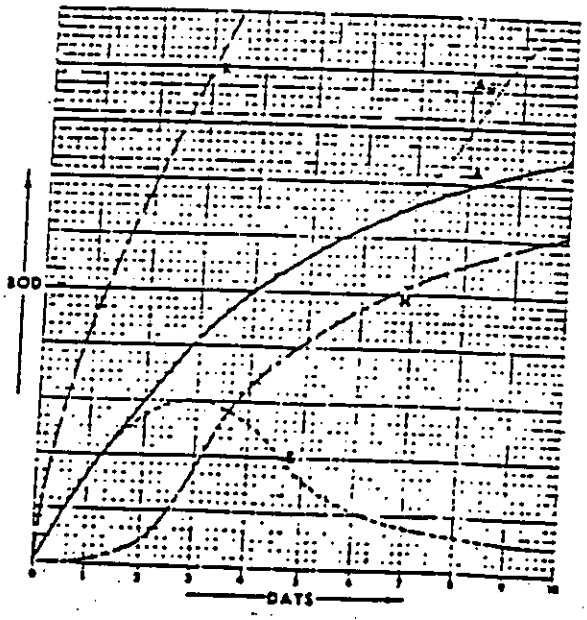


Fig. 9 : Différents types de courbes de DBO

2.6 - Méthodologie

2.6.1 - Prise d'essai

Le volume de la prise d'essai dépend de la valeur de la DBO escomptée et du type d'effluent considéré. Dans la méthode précalibrée par HACH, le tableau ci-dessous donne la relation entre volume d'échantillon - DBO escomptée (mg/l) et échelle manométrique.

DBO escomptée	Volume d'échantillon (ml)	Echelle mg/l
0 - 35	420	0 - 35
0 - 70	350	0 - 70
0 - 350	160	0 - 350
0 - 700	95	0 - 700

Plus la DBO est importante (eaux usées chargées), plus le volume d'échantillon doit être faible car la consommation en oxygène est importante.

Note Importante : Lorsque la DBO escomptée excède 700 mg/l, une dilution s'avère nécessaire. Elle se fera avec de l'eau distillée de haute qualité (exempte de matières organiques).

2.6.2 - Mise en route du test (Fig.8)

- Avant toute manipulation, s'assurer que les bouteilles sont propres (lavées à l'eau savonneuse chaude et rincées à l'eau distillée).
- Mesurer le volume d'échantillon correspondant à la DBO escomptée et verser dans les bouteilles contenant chacune un barreau aimanté.
- Fermer avec le capuchon de scellage
- Verser le contenu d'une pastille de LiOH dans le creux du bouchon ou à défaut du KOH. (Eviter toute contamination de l'échantillon avec l'alcali, sinon recommencer l'essai).
- Placer les bouteilles sur le chassis de l'appareil.
- Lubrifier le bouchon relié au tube en vinyl et les bords de la bouteille

- Mettre le système en marche et vérifier que la rotation des barreaux s'effectue normalement.

- Le bouchon du manomètre étant ouvert, fermer légèrement la bouteille ; ne pas serrer à fond.

- Placer l'instrument dans l'incubateur à DBO, préalablement réglé à *20°C ± 1°C.

- Attendre environ 30 mn (temps requis pour que l'échantillon atteigne l'équilibre thermique).

- Dévisser les bouchons des bouteilles et serrer ceux des manomètres ; serrer ensuite définitivement les bouchons des bouteilles.

N.B : Avant les 30 mn, si le mercure monte, ouvrir complètement la bouteille, bien ajuster le niveau d'échelle à 0 et refermer.

Noter la date, l'heure, et le nom de l'échantillon sur la bouteille et sur la fiche d'enregistrement.

2.6.3 - Lecture des résultats

- Relever chaque jour la valeur de la DBO sur la fiche jointe pendant 5 jours et tracer une courbe passant par les 5 points.

Si l'on désire prolonger l'essai, pour estimer la DBO (DBO ultime à une vingtaine de jours environ) continuer le relevé pendant 10 - 15 jours. Tracer également la courbe de DBO.

- Après chaque série d'essai, bien laver les bouteilles et accessoires à l'eau savonneuse chaude et éliminer toute trace de détergent avec un rinçage à l'eau distillée.

2.7 - Interprétation des résultats

2.7.1 - Résultat normal

Lorsque le test se produit normalement, on note une dépression régulière qui se traduit par une montée régulière du niveau de mercure. On obtient alors une courbe à l'allure de A (voir figure 9).

Dans le cas contraire, les difficultés peuvent provenir des erreurs suivantes :

---

* Température conventionnelle

DETERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE

MICROMETHODE PAR TITRIMETRIE
Au Ferrosulfate d'ammonium

Gamme | de 20 à 300 mg/l

A. I. Appareillage et matériel

- Réacteur à DCO réglable à 150 ± 2°C ou un bloc thermostaté.
- Tubes en verre pyrex de 16 x 100 mm, 20 x 150mm ou 25 x 100mm avec des bouchons en teflon.

II. Réactifs

a- Solution de digestion = dichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) à 0,1 N.

b- Solution sulfurique

c- Indicateur à la ferroïne.

d- Solution titrante de ferrosulfate d'ammonium à 0,1 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 . 6H_2O$.

e- Acide sulfurique

f- Potassium hydrogène phtalate : solution standard à 1000 ppm(mg/l).

B. MODE OPERATOIRE

Le tableau ci-dessous donne les quantités d'échantillons, de réactifs à prendre en fonction de la capacité du tube utilisé. Suivre l'ordre établi.

Tubes de digestion (capacité)	Volume échantillon (ml)	$K_2Cr_2O_7$ ml	Solution d'acide H_2SO_4 (ml)	Volume final ml
16 x 100 mm	2,5	1,5	3,5	7,5
20 x 150 mm	5	3	7	15
25 x 150 mm	10	6	14	30

Tableau 1

1- Disposer les tubes bien lavés et séchés sur un portoir

2- Débarrasser des échantillons, des particules grossières (travailler sur des échantillons très homogènes)

3- Suivre l'ordre d'introduction des réactifs suivant le tableau ci-dessus et bien mélanger (Δ H_2SO_4 dégage de la chaleur) après avoir bien fermé les tubes (s'assurer que le capuchon du tube est muni du joint en liège à l'intérieur, sinon, ne pas l'utiliser = risque d'explosion de l'acide).

4- Placer les tubes dans le réacteur préchauffé à 150°C et chronométrer pour 2 heures.

5- Laisser refroidir à la température du laboratoire

6- Ajouter 1 à 2 gouttes d'indicateur de ferroïne et agiter rapidement ; titrer ensuite avec le ferrosulfate d'ammonium en agitant toujours.

7- Point de virage : la solution passe du bleu-vert au rouge violacé (à la première goutte qui provoque le virage de la solution, arrêter immédiatement le dosage. Noter le volume de titrant versé).

8- La solution titrante de $Fe(NH_4)(SO_4).6H_2O$, (FSA) est très instable. Il faut donc vérifier avant chaque dosage son titre exact. Pour cela, procéder comme suit :

- Mettre dans un tube les quantités de réactifs selon le tableau ; ici le volume d'échantillon sera substitué à l'eau distillée. Laisser refroidir et ajouter 1 à 2 gouttes de ferroïne.
- Titrer avec le F.S.A

$$\text{Titre exact du FSA} = \frac{\text{Volume } K_2Cr_2O_7 \text{ 0,1N (ml)}}{\text{Volume FSA 0,1 N (ml)}} \times 0.1$$

N B : . Faire un témoin avec de l'eau distillée à chaque dosage.

. Controler souvent la qualité des réactifs en utilisant des standards de concentration connue (opérer dans les mêmes conditions que l'essai).

9- <u>Calcul et expression des résultats</u>

$$DCO = \frac{(B - E) \times N}{V} \times 8000$$

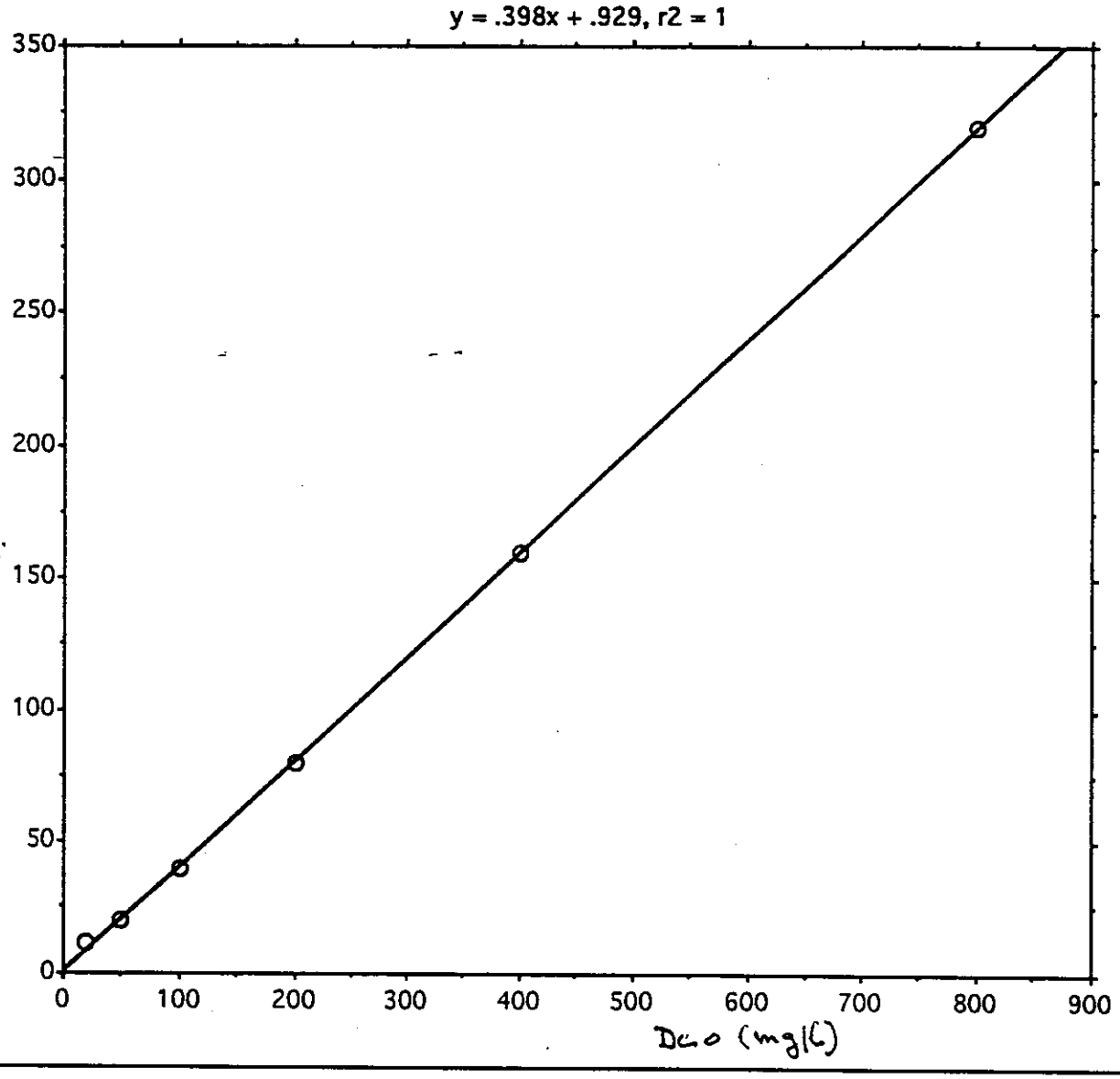
B = Volume FSA utilisé pour l'essai à blanc

E = Volume FSA utilisé pour l'échantillon

N = Normalité du FSA

V = Volume d'échantillon

8000 = 1mEq/l d'O_2.



Courbe d'etallonnage de la Dco

II. MATIERES EN SUSPENSION
(Méthode par filtration)

II.1. Définition : Les matières en suspension sont celles qui sont retenues par un filtre normalisé (et séché jusqu'à poids constant).

II.2. Matières totales en suspension

a). Matériel

- Disques en fibres de verre ou membrane 3µ
- Support de filtre
- Etuve (105 ± 1)°C
- Dessicateur
- Balance analytique (précision 0,1 mg)
- Pinces à creuset.

b). Mode opératoire

* Préparation du disque

- Placer le disque sur le porte-filtre. Laver avec de l'eau distillée, tout en aspirant.
- Retirer le filtre et le sécher à (105 ± 1)°C pendant 2 h. à l'étuve
- Après ce temps le placer dans un dessicateur pour le refroidir. Peser à 0,5 mg près. Noter la masse soit Mo.

NB : Si le filtre doit être calciné, le placer auparavant à 550°C pendant 1 h 30 mn.

* Manipulation de l'échantillon

- Bien agiter le flacon d'eau et prélever au moins 100 ml ou une dilution.

- Placer le filtre sur le porte-filtre. Faire le vide et faire aspirer. Rincer le flacon avec de l'eau distillée et l'y verser sur le filtre (10 ml environ)
- Retirer le filtre et le faire sécher à nouveau à (105 ± 1)°C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir au dessicateur (1/4 heures min).
- Peser et noter la masse soit M_1.

* Calculs et résultats

$$\text{M E S mg/l} = \frac{M_1 - M_o}{V} \times 10^6$$

où M_1 = Masse du filtre et du résidu (g)

M_o = " " vide (g)

V = Volume de l'échantillon (ml)

Expression des résultats

Exprimer les résultats de façon suivante

M E S séchées à 105°C : ..... mg/l

III. MATIERES VOLATILES EN SUSPENSION (MVS) - MATIERES CALCINEES EN SUSPENSION (M.C.S.)

Après calcination au four réglé à (525 ± 25)°C on obtient selon le cas les MVS ou M.C.S.

. Soit M_2 la masse du disque après calcination à 550°C pendant 1 heure 30 mn.

Coliformes fécaux

Mode opératoire

Dénombrement par étalement en surface

Un volume d'échantillon susceptible de se résorber rapidement dans le milieu est réparti avec un étaleur stérile sur la surface d'une gélose en boîte de pétri. Pour une boîte de diamètre 90 à 100 mm, ce volume ne peut guère excéder 0.2 ml. Le seuil de sensibilité sera donc 5 par ml et , pour une précision exigée de plus ou moins 50%, la sensibilité acceptable sera 150 ml.

Cette technique a l'avantage de ne pas donner lieu à des chocs thermiques. Elle est particulièrement favorable pour les germes aérobies strictes. Elle permet une différenciation des colonies orientant leur diagnostic.

Milieux de cultures

Le milieu utilisé pour ces cultures est le Tergitol - 7 - Agar.Peser 15 g de tergitol - 7 agar, mettre dans un bécher et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée. Faire bouillir pendant 15 mn à 121 ^{o} c (autoclave). Verser le bouillon dans les boites à pétri stériles, laisser solidifier; puis conserver au réfrigérateur. Avant d'utiliser, il est conseiller de mettre les boites à sécher à l'étuve (44 ^{o}c).

Principe

La prise d'essai est déposée à la surface d'une boite de gélose, où elle est soigneusement répartie à l'aide d'un étaleur stérile. Cette méthode est pratiquée dans l'analyse des eaux très chargées (eaux usées).

Les boites de gélose doivent être préparées (coulées, solidifiées, refroidies, convenablement séchées) avant le début des manipulations.Agiter très soigneusement l'échantillon à analyser, prélever une prise d'essai de 0.1 ml avec une pipette graduée stérile et la déposer à la surface du milieu. Etaler à l'aide d'un étaleur stérile, répartir uniformément la goutte sur la surface de la boite jusqu'à sécher. Incuber à 44 ^{o} c(pour les coliformes fécaux et à 37 ^{o} c pour les coliformes totaux) pendant 24 heures.

Lecture: Examiner les boites dès que possible après les 24 heures d'incubation, sinon les conserver au réfrigérateur à 4 ^{o} c pendant 24 heures ou 48 heures au maximum. Compter les colonies jaunes visibles à l'oeil nu, de 0.5 mm de diamètre ou plus et entouré d'un halo jaune.

N bactéries / 100 ml = n*D*100/V

N = nbres de germes pr 100 ml

n = nbres de colonies comptés

V = volume de la prise d'essai

D = facteur de dilution

E. I. R. Bibliothèque Ouagadougou

ERRATA

Page 5 ligne 8 lire variable au lieu de variante
Page 5 ligne 20 lire recherchent au lieu de recherche
Page 6 ligne 31 lire à boue au lieu de ou boue
Page 7 ligne 12 lire 100 m au lieu de 100
Page 9 ligne 17 lire responsables de la au lieu de obtenues par
Page 10 ligne 10 lire titimétrie au lieu de centimétre
Page 24 ligne 15 lire se determinent au lieu de se determine
Page 26 ligne 7 lire d'enlèvement au lieu d'embellissement.