

11/91
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

2 Ex
وزارة الجامعات
MINISTERE AUX UNIVERSITES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET
ETUDE SUR LA VALORISATION
AGRICOLE DES BOUES
DE LA STATION
D'EPURATION DE BARAKI

Proposé par :

Mr. T. BAOUNI

Etudié par :

Mlle RABEHI Fatiha

Dirigé par :

Mr. M. NAKIB
Mr. T. BAOUNI

SOUTENUE DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN :

Mr. N. MAMERI : Président
Mr. M. NAKIB : Promoteur
Mr. T. BAOUNI : Copromoteur

Melle. L. OMARI : Examinatrice
Mr. A. NAAMAN : Examinateur.

PROMOTION : SEPTEMBRE 1991

TRAVAUX DE RECHERCHES REALISES DANS LES LABORATOIRES
DU HAUT COMMISSARIAT A LA RECHERCHE : MARS - JUILLET 1991

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الجامعات
MINISTERE AUX UNIVERSITES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

PROJET DE FIN D'ETUDES

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

SUJET

**ETUDE SUR LA VALORISATION
AGRICOLE DES BOUES
DE LA STATION
D'EPURATION DE BARAKI**

Proposé par :

Mr. T. BAOUNI

Etudié par :

Mlle RABEHI Fatiha

Dirigé par :

Mr. M. NAKIB
Mr. T. BAOUNI

SOUTENUE DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN :

_____ : Président
Mr. M. NAKIB : Promoteur
Mr. T. BAOUNI : Copromoteur

Melle. L. OMARI : Examinatrice

PROMOTION : SEPTEMBRE 1991

TRAVAUX DE RECHERCHES REALISES DANS LES LABORATOIRES
DU HAUT COMMISSARIAT A LA RECHERCHE : MARS - JUILLET 1991

- 1 -

Je dédie ce travail

- A toi mon cher papa, je n'oublierai jamais ce que je te dois,
je t'offre ce travail en témoignage de ma reconnaissance et
mon amour filial.

- A ma mère avec toute mon affection

- A mes soeurs et frères adorés

- A tous mes amis (es)

A tous ceux qui me sont chers.

REMERCIEMENTS

=====

A l'issue de mon travail, je tiens à exprimer mes remerciements les plus sincères :

- A Monsieur NAKIB chargé de cours à l'ENP pour avoir accepté de m'encadrer et me diriger tout au long de mon travail.
- A monsieur BADUNI chargé de cours à l'EPAU qui m'a inspiré le sujet et m'avoir guidé dans sa réalisation.
- Ce travail n'en serait rien sans l'aide et le soutien moral de papa .Cette thèse qui est aussi la tienne est aujourd'hui l'occasion de le remercier pour sa bonté, gentillesse et ses précieux conseils .
- Je demeurerai éternellement reconnaissante envers :
- * Mon frère Zahir pour m'avoir faciliter tous les déplacements, je n'oublierai jamais ses services.
- * Mon frère Hachmi, Larbi, Hassen ainsi que toute ma famille, ma véritable lueur d'espoir.

A tous ceux qui m'ont humblement aidé dans la réalisation Technique de ce travail, et que je remercie particulièrement :

- Mr BOUSSAHA: Directeur du CDTN (centre de développement des techniques nucléaires)
- Mr TOBECHE : Chargé de recherche en génie-nucléaire, chef des laboratoires du CDTN
- Mr MOSTEFAI: Chargé de recherche en génie-nucléaire, chef des laboratoires du CDTN.
- Mr KADARI : Directeur de l'unité de recherche en génie nucléaire au réacteur NUR à DRARIA
- Mr SIAD : Assistant chercheur, chef de la division A.A.N (analyse par activation neutronique)
- Mr IDIRI : Assistant chercheur en génie nucléaire

Qui ont eu la gentillesse de m'acueillir avec beaucoup de bienveillance dans leurs services . Que ces messieurs veuillent trouver ici, l'expression de mes plus vifs remerciements.

Melle OMARI : Ingénieur en Génie chimique pour son aide précieuse. Qu'elle veuille trouver ici l'expression de mes sincères remerciements et gratitude.

Mr ZERROUKI : Ingénieur Industriel en génie nucléaire, dont le précieux concours m'a permis de mener à terme mon projet. Qu'il me soit permis de lui témoigner toute ma reconnaissance et gratitude.

Je suis également très reconnaissante à :

A Melle LAKHDAR CHAOUCH Chafika : Ingénieur en chimie industrielle

A Mr SEGHIR : Technicien Supérieur en Génie nucléaire

A Mr BEDEK : Chargé de la maintenance du générateur

A Mr BOUGANDOURA : chargé de la maintenance du générateur

Mr TOUMERTE : Technicien supérieur en génie nucléaire : XRF

Mr BENAMAR : Assistant chercheur en génie - nucléaire : PIXE

Pour leur aide si précieuse qu'ils m'ont témoigné au cours de mon projet. Qu'ils en soient sincèrement remerciés.

- 4 -

Mes remerciements s'adressent également.

- A Mme LOUHAB : Chef du laboratoire de la station d'épuration de BARAKI pour sa disponibilité et compréhension.

- Il m'est agréable d'exprimer mes sincères remerciements à la personne qui nous fera l'honneur de présider cette thèse, et tous ceux qui siégeront au jury.

A toutes ces personnes qui ont participé ou aidé de près ou de loin à l'élaboration de cette thèse trouvent ici l'expression de ma vive reconnaissance et gratitude éternelle .

A toi Mon cher PAPA

(//-) B R E V I A T I O N S

=====

- P Hpotentiel d'hydrogène
- M Smatière sèche
- M E Smatière en suspension
- M Vmatière volatile
- D C DDemande chimique en oxygène
- C O Tcarbone organique total
- T A Ctitre alcalimétrique complet
- N KAzote de KJELDHAL
- N-NH₃⁺Azote ammoniacal
- N-NO₂⁻.....Azote nitreux
- N-NO₃⁻.....Azote nitrique
- PO₄⁻.....Phosphore total
- CaCalcium
- MgMagnésium
- ClChlore
- KPotassium
- NaSodium
- AlAluminium
- FeFer
- SiSilicium
- TiTitane
- MnManganèse
- CuCuivre
- ZnZinc
- SrStrantium

- PbPlomb
- Ba Baryum
- AuOr
- SbL'antimoine
- GaGallium
- BrBrome
- ScScandium
- CoCobalt
- EuEuropium
- LaLanthane
- BL1Boues liquides prélevement 1
- BS1Boues solides prélevement 1
- AANAnalyses par activation neutronique
- XRFAnalyses par fluorescence des rayons x
- PIXEParticules induced X-ray Emission

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

- 7 -

///
//
// O M M A I R E
=====00000000=====

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

=====

Introduction

I.1/ Les boues résiduelles produites dans les stations d'épuration.....	16
I.1.1/ Origine	16
I.1.2/ Quantité des boues produites	16
I.2/ Les différents modes d'élimination des boues.....	17
I.2.1/ L'argente en mer	17
I.2.2/ Mise en décharge	17
I.2.3/ Incinération	17
I.2.4/ La valorisation agricole	17
I.2.5./ Traitement des boues d'épuration	17
I.2.5.1/ Epaississement	19
I.2.5.2/ Epaississement par décantation	19
I.2.5.3/ Epaississement par élutriation	19
I.2.5.4/ Epaississement par flottation	20
I.2.6/ Stabilisation	20
I.2.6.1/ Stabilisation par voie aérobie : digestion aérobie	20
I.2.6.2/ Stabilisation anaérobie des boues	23
I.2.7/ Autres procédés de stabilisation : stabilisation non biologique	27
I.2.7.1/ Pasteurisation	27
I.2.7.2/ Traitement à la chaux	27
I.2.7.3/ Traitement chimique des boues	27
I.2.7.4/ L'irradiation des boues	28
I.2.7.5/ Le compostage	28

I.2.7.5.1/ Conditionnement pour un bon déroulement d'un compostage	28
I.2.8/ Conditionnement des boues	29
I.2.8.1/ Conditionnement chimique	29
I.2.8.2/ Conditionnement thermique	29
a) conditionnement à haute température	29
b) conditionnement à basse température	30
I.2.9/ Deshydratation	30
I.2.9.1/ Filtration sous pression	30
I.2.9.2/ Filtration sous vide	31
I.2.9.3/ Centrifugation	31
I.2.10/ Séchage des boues	31
I.2.11/ Valorisation agricole des boues	32
I.2.11.1/ Caractéristiques générales des boues utilisées en agriculture	32
a) Azote et phosphore	32
b) Magnésium	32
c) Calcium	32
d) Matière organique	32
e) Influences des boues sur le sol et le végétal	33
1°) influence sur le sol	33
2°) influence sur le végétal	33
I.2.11.2/ Traitement des boues et leur valorisation ultérieure.....	33
I.2.12/ Les métaux lourds dans les boues	33
I.2.13/ Etat hygiénique des boues.....	37
- Conclusion	40

2EME PARTIE : STATION D'EPURATION DE BARAKI

=====

II. INTRODUCTION

=====

II. 1/ Principe de traitement des eaux à la station	43
II. 2/ Mode de fonctionnement de la station d'épuration	46
II.2.1/ Prétraitement	46
II.2.1.1/ Ouvrage de réception	46
II.2.1.2/ Relevement des eaux par vis d'Archimèdes	46
II.2.1.3/ Dégrillage	46
II.2.1.4/Dessablage deshuilage	46
II.2.2/ Traitement physique	48
II.2.2.1/ Décantation	48
II.2.2.2/ Bassin d'aération	48
II.2.2.3/ Clarification	48
II.2.3/ Traitement des boues	48
II.2.3.1/ Caractéristiques des installations	48
II.2.4/ Filière de conditionnement de boues	51
II.2.5/ Déshydratation	51
II.2.6/ Séchage thermique des boues déshydratées.....	51
II.2.7/ Chaine de transport,de stockage et d'évacuation des boues	51



3 EME PARTIE : ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I - MATERIELS ET METHODES

III - 1) Matériels et échantillonnage	56
III - 2) Méthodes d'analyses	56
1°) Analyses physico-chimiques	58
1.1°) Analyses physiques	58
1.1.1°) Matières sèches	58
1.1.2°) Matières en suspension	58
1.1.3°) Résidu calciné à 550°C : matières volatiles	58
1.1.4°) Mesures du PH	58
1.2°) ANALYSES CHIMIQUES	59
1.2.1°/ Traitements des échantillons	59
1.2.2°/ Détermination du titre alcalimétrique complet	59
1.2.3°/ Détermination de la demande chimique en oxygène	59
1.2.4°/ Détermination du carbone organique total	59
1.3°/ ANALYSES DES ÉLÉMENTS MAJEURS	60
1.3.1°/ Éléments fertilisants.....	60
1.3.1.1°/ Détermination des substances azotées	60
1.3.1.1.1°/ Dosage de l'azote KJELDHAL (NTK)	60
1.3.1.1.2°/ Dosage de l'azote ammoniacal (NH ₃ ⁺).....	60
1.3.1.1.3°/ Dosage de l'azote nitreux (NO ₂ ⁻).....	61
1.3.1.1.4°/ Dosage de l'azote nitrique (NO ₃ ⁻).....	61
1.3.1.2°/ Dosage du phosphore total	61
1.3.2°/ Dosage des éléments en traces	61

CHAPITRE II - RESULTATS ET DISCUSSION

=====

III - 1/ Charge polluante	63
III - 2/ Paramètres de fertilisation	64
III - 3/ Caractéristiques des boues susceptibles de limiter leur utilisation en agriculture	69
- CONCLUSION GENERALE	72
- ANNEXES.....	74
- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	105

- I N T R O D U C T I O N -
ooooooooooooo

L'ensemble des opérations de traitement des eaux usées qui est effectué dans la station d'épuration s'accompagne d'une production très importante de boues résiduaires.

Le traitement de ces boues demeure encore une partie délicate du processus d'épuration. Les quantités produites qui sont déjà évaluées à plusieurs millions de m³ et qui ne cessent d'augmenter posent avec acuité le problème de leur élimination.

Les solutions adoptées actuellement: mise en décharge, rejet en mer, ou incinération restent peu satisfaisantes, soit parce qu'elles présentent des risques pour l'environnement, soit parce que leurs coûts sont élevés.

L'utilisation comme amendement à des fins agricoles peut constituer un moyen approprié d'élimination et de valorisation de ce type particulier de déchet.

En effet, les boues renferment des matières organiques, des éléments minéraux (azote, phosphore) et des oligo-éléments qui sont susceptibles de constituer un apport intéressant pour les sols de culture.

Cependant elles peuvent contenir des composés toxiques en particulier des métaux lourds dont la présence constitue un des plus grands obstacles qui s'opposent à leur utilisation en agriculture.

- Nous nous sommes proposés à travers ces travaux d'effectuer différents types d'analyses physico-chimiques, nucléaires, en vue de répondre au mieux à l'étude de valorisation agricole.

//
//
// YNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE
=====oooooooooooooooo=====

I.1.LES BOUES RESIDUAIRES PRODUITES DANS LES STATIONS D'EPURATION

I.1.1 / ORIGINE

L'épuration des eaux usées par voie biologique, ou physico chimique se traduit par la formation des quantités importantes de boues résiduelles.

Après quelques opérations de prétraitement ayant pour objet l'élimination des matières solides volumineuses, des sables et des huiles, les eaux usées subissent ensuite au sein d'une station d'épuration biologique conventionnelle, un traitement primaire de décantation. Les boues qui s'accumulent au fond du décanteur primaire constituent " les boues de décantation primaires".

L'effluent subit alors le processus biologique d'épuration dans un deuxième ouvrage. Les matières organiques polluantes contenues dans l'eau sont dégradées en présence d'oxygène par des micro-organismes qui se trouvent en suspension dans l'eau sous forme de "boues activées" ou fixées sur un support solide (Lit Bactérien).

Par décantation ,il se forme de nouvelles boues de "décantation secondaires". Une partie de ces boues est recyclée en tête de l'ouvrage de traitement biologique, le surplus constituant "les boues biologiques en excès" est essentiellement formé de bactéries épuratrices.

Les boues de décantation primaires et les boues secondaires en excès sont mélangées dans l'installation d'épuration pour donner la boue mixte fraîche qui sera traitée ultérieurement (1).

Dans certaines stations de petite capacité, les effluents sont traités directement sans subir de décantation primaire.

Dans le cas d'une station d'épuration physico-chimique, les particules polluantes solides en suspension sont flocculées par addition des réactifs chimiques, puis décantées. On obtient ainsi des " boues de coagulation".

I.1.2/ QUANTITE DES BOUES PRODUITES

La quantité de boues produites dans les stations d'épuration est considérable.

L'épuration des eaux usées produit par jour et par habitant un volume de boue de 2,5 litres contenant de 50 à 80 grammes de matières sèches. A titre d'exemple en France où il existe des statistiques valables , les installations d'épurations produisent un volume de 1.800.000M³ à 2.500.000M³ de boue par an, correspondant à une quantité de matières sèches de l'ordre 700.000 tonnes (2,3).

TRAITEMENT DES EAUX

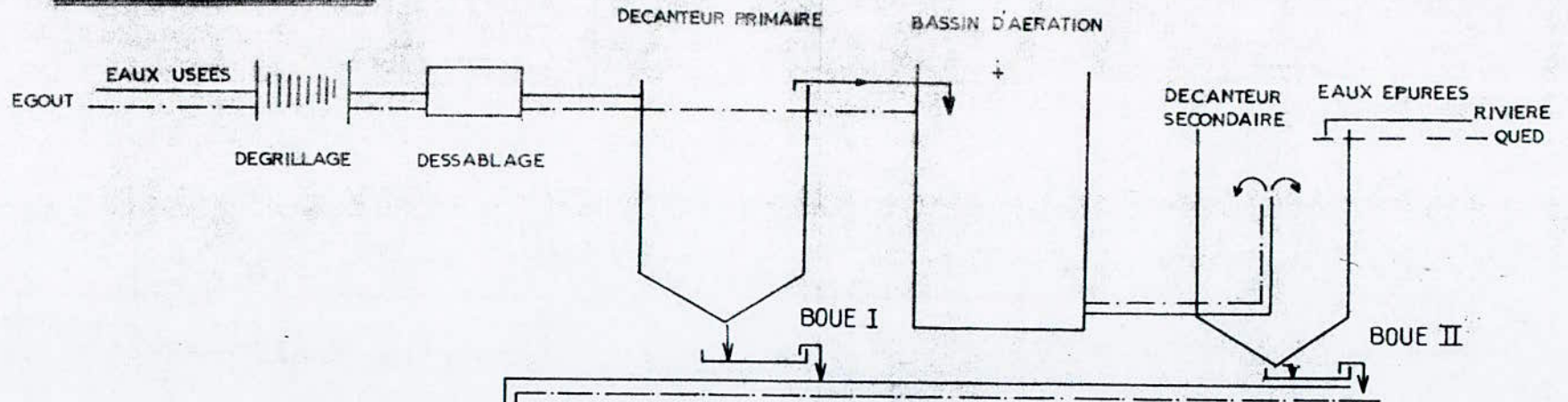
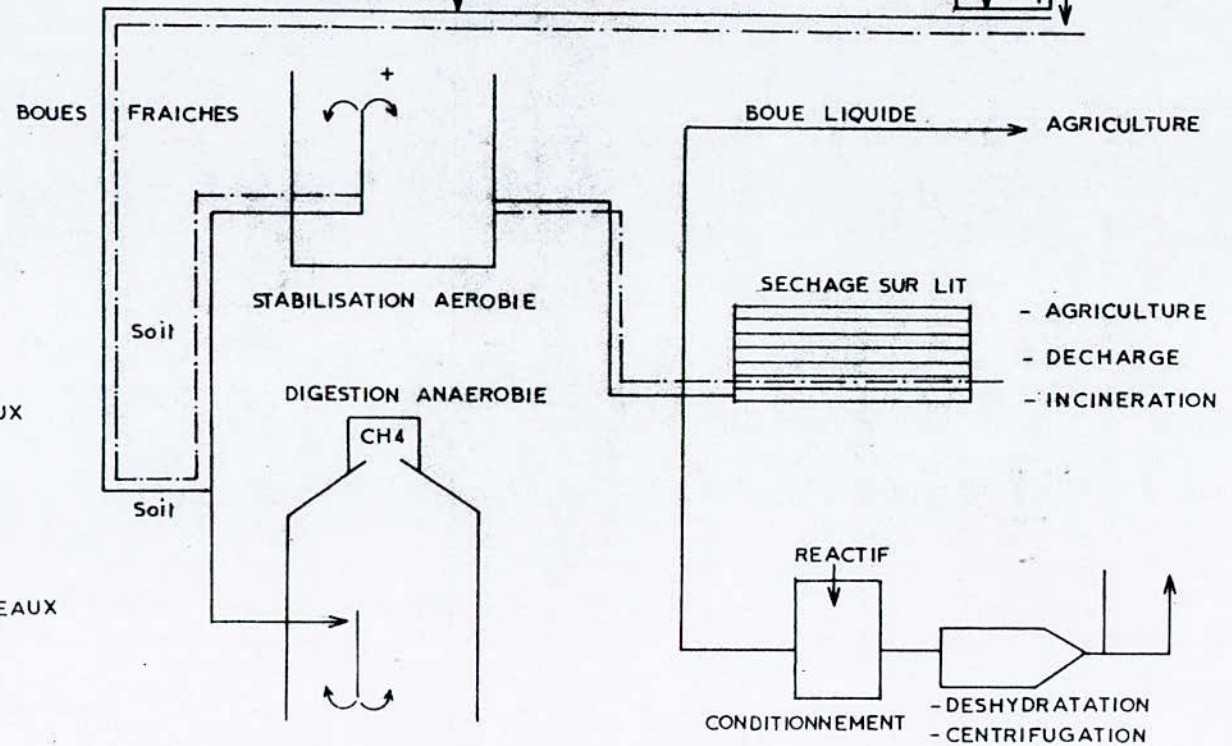


FIGURE 1

TRAITEMENT DES BOUES

⊙ FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES ET DES BOUES . CAS GENERAL TRAITES PLEINS

⊙ FILIERE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES ET DES BOUES-



I.2/ LES DIFFERENTS MODES D'ELIMINATIONS DES BOUES

I.2/ LARGAGE EN MER

Le déversement au large de résidus nécessite une connaissance du milieu, de ses caractéristiques et du produit rejeté lui-même. La destruction des germes pathogènes et la dégradation des matières organiques en milieu marin est lente (4).

I.2.2/ MISE EN DECHARGE

La mise en décharge des boues est un procédé simple mais peu satisfaisant

En concentrant dans une carrière ou marecage, un matériau riche en azote en phosphore, et éventuellement en métaux lourds, il y a risque de pollution par entraînement de ces éléments vers les nappes phréatiques ou les cours d'eau (4).

I .2.3/ INCINERATION

L'Incinération des boues est un procédé extrême. Il intervient après un séchage complet. Il ne se justifie que lorsque les boues sont impropres à toutes autres utilisations et que l'on dispose d'incinérateurs avec récupération de la chaleur produite.

Ce procédé coûteux engendre des cendres dont il faudra bien se débarrasser (14).

I.2.4/ LA VALORISATION AGRICOLE

Choisir la valorisation agricole des boues implique que les stations d'épuration sont en mesure de fournir un produit adéquat aux besoins des agriculteurs; la filière doit donc être conçue en relation avec l'usage.

I.2.5/ TRAITEMENT DES BOUES D'EPURATION

Les boues issues de l'épuration des eaux usées subissent un traitement important avant leur rejet en milieu récepteur ou leur valorisation (fg.1).

Le traitement qui comporte des opérations à la fois biologiques chimiques, mécaniques, vise à diminuer au maximum la teneur en eau, obtenir une stabilisation biologique raisonnable du fait de son pouvoir fermentescible, générateur de gaz délétères et d'odeurs nauséabondes.

Nous citons à titre d'exemple, le cas de stabilisation des boues urbaines qui poursuit un triple but.

- * Diminution du volume
- * Stabilisation par la minéralisation de la matière organique
- * L'élimination des germes pathogènes.

Les procédés illustrés ci-après sont utilisés en fonction des capacités de la station de traitement pour un ou plusieurs de ces objectifs (4).

I.2.5.1/ EPAISSISSEMENT

L'épaississement des boues a acquis une grande importance, aussi bien en tant que préépaississement avant la stabilisation qu'en tant que post épaississement après stabilisation.

C'est précisément l'épaississement qui conduit :

- * Pour une capacité équivalente, à l'augmentation du temps de séjour dans les digesteurs aérobies et anaérobies ;
- * Amélioration de la sécurité d'exploitation : Limitation des moyens de contrôle et de prévention de l'ouvrage stabilisateur ;
- * Réduction du volume des ouvrages de conditionnement (particulièrement cas de condition thermique).

Cependant, ce traitement n'est pas à l'abri de quelques inconvénients parmi lesquels nous noterons outre l'investissement supplémentaire qu'il entraîne, il est souvent source de nuisances, soit par les odeurs qui s'y dégagent ou son aspect déplaisant.

I .2.5.2/ EPAISSISSEMENT PAR DECANTATION

La suspension boueuse est introduite dans l'épaississeur où le temps de séjour est élevé de façon à provoquer le tassement sur elle-même des boues dont l'évacuation se fait par le fond, tandis que le liquide interstitiel est évacué par le haut.

La teneur en eau peut être ainsi réduite à 90% (4).

I.2.5.3 /EPAISSISSEMENT PAR ELUTRIATION

L'élutriation consiste en un lavage de la boue par de l'eau claire, de façon à améliorer les caractéristiques physiques ou chimiques de la suspension boueuse.

- * Elimination de la matière sèche colloïdale fine, ayant pour effet l'accélération de l'épaississement de la boue et l'accroissement de la production des systèmes d'essorage mécanique (filtre sous vide, filtre presse, centrifugeuse).
- * Réduction de l'alcalinité permettant l'atténuation des consommateurs de réactifs de conditionnement de la boue tels que : le Chlorure ferrique et la chaux, particulièrement en cas de filtration sous vide et filtration sous pression (4).

I.2.5.4/ EPAISSISSEMENT PAR FLOTTATION

La flottation fait appel à la différence entre la masse volumique de solide ou de globules liquides, et celle du liquide dans lequel ils sont en suspension.

Par opposition à la décantation, ce procédé de séparation liquide/Liquide, solide/liquide ne s'applique qu'à des particules dont la masse volumique réelle (flottation naturelle) ou apparente (flottation provoquée) est inférieure à celle du liquide qui les renferme.

Cette technique ainsi décrite a deux avantages principaux :

- * Réduction de la surface et des volumes des ouvrages d'épaississement ;
- * Obtention sur les boues colloïdales, cas des boues activées de concentration supérieure à celle obtenue par épaississement statique.

Tout comme l'épaississement par décantation, l'épaississement par flottation est une technique gravitationnelle assurant une production spécifique plus élevée que la première, mais requiert une consommation d'énergie supérieure (4).

I.2.6/ STABILISATION

La stabilisation a pour but de décomposer les matières les plus fermentiscibles, pour réduire l'évolution des boues et éviter les nuisances.

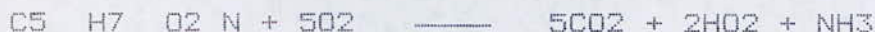
Cette dégradation microbienne peut être conduite soit en aérobiose, soit en anaérobiose (6).

I.2.6.1/ STABILISATION PAR VOIE AEROBIE : "DIGESTION AEROBIE"

Elle consiste, par une aération prolongée des boues, à provoquer (dans le cas des boues primaires) ou à poursuivre (boues activées) le développement des micro-organismes aérobies, jusqu'à dépasser la période de synthèse des cellules et réaliser leur propre auto-oxydation.

Ce procédé de traitement appelé aussi procédé d'aération extensive ou prolongée se caractérise par une faible charge massique 0,05 à 1 Kg de DBO5/Kg de matière sèche (6), maintenant ainsi les boues dans une phase de respiration endogène, dont nous schématisons le processus biochimique comme suit :

* Elimination de matières cellulaires.



* Production ultérieure des nitrates par l'oxydation biologique de l'ammoniac (NH₃).



Comme le schématise la figure 2, l'absence compliquée de traitement recommande la suppression du décanteur primaire. Pour les stations de petite ou moyenne dimensions, l'exploitation est facile. Le seul inconvénient réside dans le fait que si le temps de séjour dans le clarificateur des boues est trop important, risque de passer par les stades de dénitrification :



A ce stade, les boues remontent et passent en anaérobiose. La recirculation des boues du clarificateur vers le bassin d'aération doit être intense (4, 6).

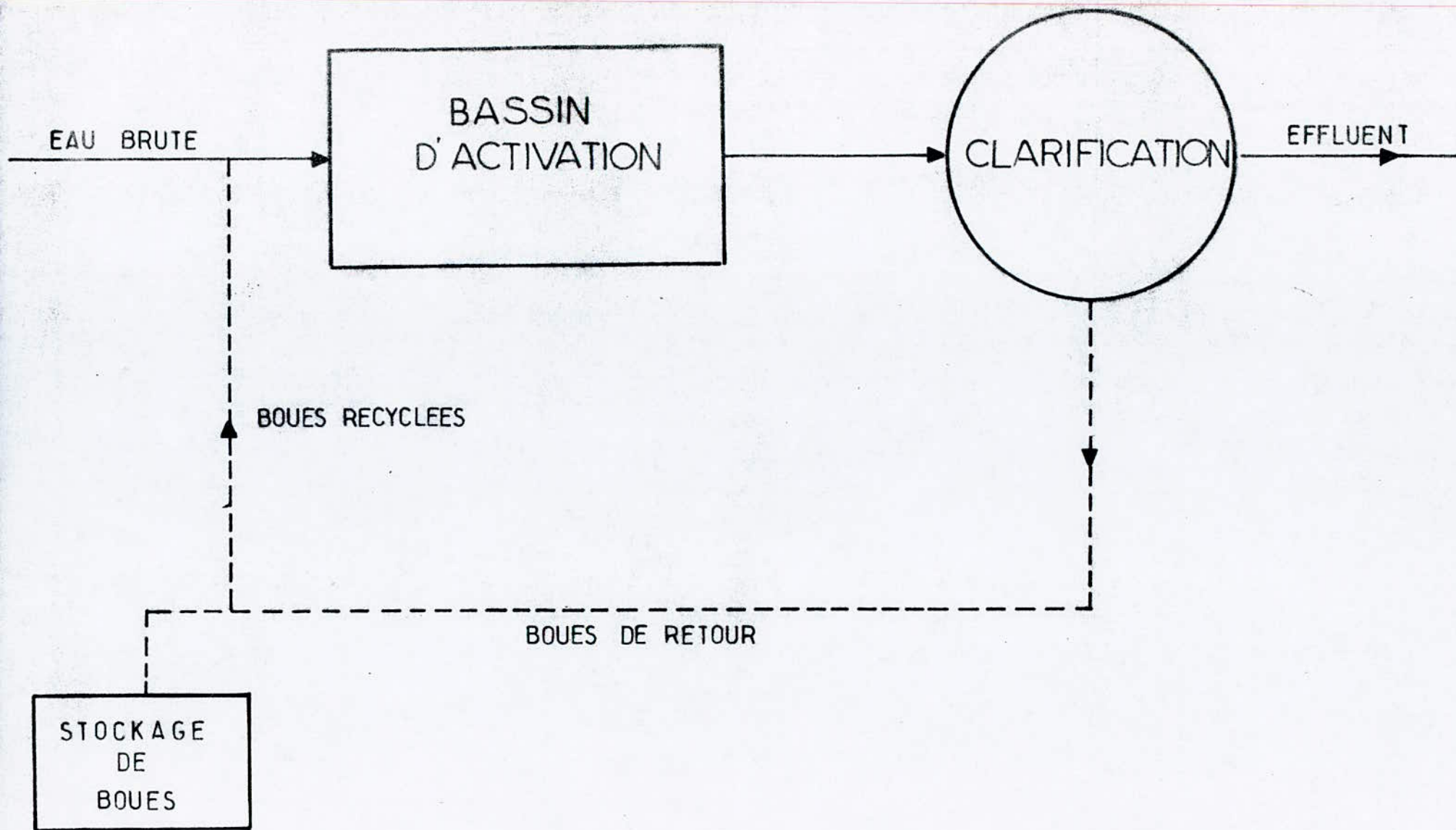


FIGURE 2 - SCHEMA D'INSTALLATION EN AERATION EXTENSIVE

I.2.6.2/ STABILISATION ANAEROBIE DES BOUES

Ce procédé de stabilisation des boues en absence d'oxygène fournit une boue peu susceptible d'une évolution biologique ultérieure, donc sans nuisance lors d'un dépôt, et qui peut être déshydratée et séchée (7).

Le principe du procédé est comme suit :

Lorsqu'on laisse fermenter sous l'eau des matières brutes à l'état frais, dès le premier jour le PH neutre devient acide 7 -----> 6 et même -----> 5.

Cette fermentation acide est particulièrement gênante, lente, réduit peu la quantité de boue qui sont malodorantes et difficiles à sécher.

La fermentation se produit donc avec un premier groupe de bactéries. Les bactéries productrices d'acides : C'est la phase de liquéfaction. La fermentation se poursuit avec dégagement de CH₄ (Principalement) CO₂, N₂ c'est la phase de gazeification. Le PH est basique (7). Il n'y a pas d'odeur. Les matières organiques complexes renfermées dans les boues sont résolues en matières organiques plus simples, source de nourriture pour le second groupe de bactéries. Les bactéries méthaniques.

Le principe est illustré sur la (fg 3) ci-après.

Le deuxième groupe de bactéries ne peut produire de méthane que si le 1er groupe donne la nourriture voulue.

Dans un digesteur anaérobie on effectuera la deuxième phase de paire avec la première en maintenant le PH alcalin et en faisant arriver la boue à traiter dans la boue déjà minéralisée.

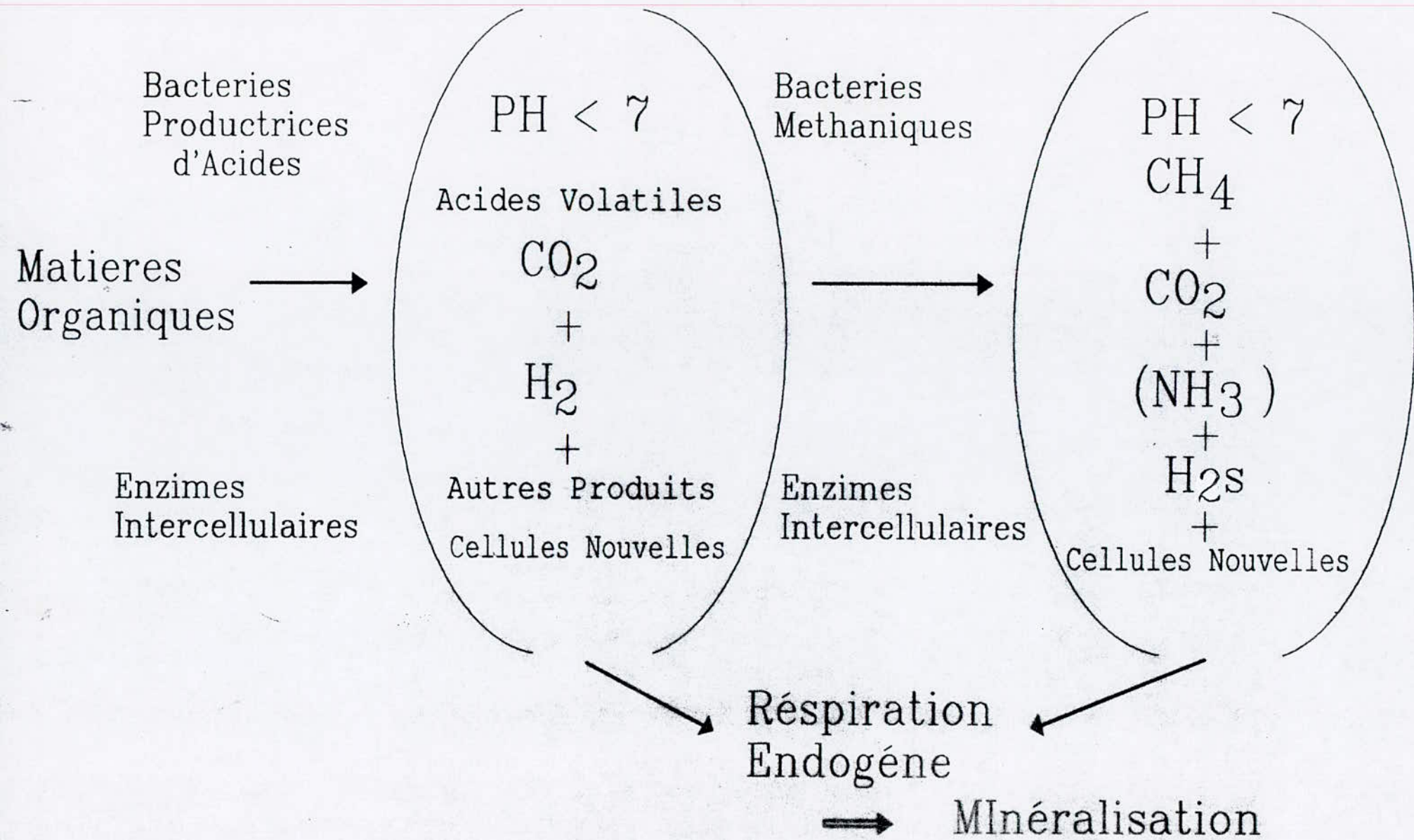


Figure 3 : Principe de la Stabilisation Anaerobie

* L'Importance de bactéries méthaniques dans le processus anaérobie

Nous avons jugé important de résumer succinctement quelques propriétés de ces corps microbiens dans notre étude bibliographique.

a)- Les Bactéries méthaniques

Organismes fondamentaux de la digestion anaérobie :

- * Elles sont anaérobies strictes ;
- * Elles se reproduisent très lentement, étant de nombreuses espèces, certaines donnent naissance à deux bactéries en 3 - 4 jours, d'autres en 10 jours ;
- * Elles sont sensibles au PH et tolèrent des valeurs entre 7 - 6 avec un optimum de 7.

Comme toutes les réactions cinétiques, une digestion anaérobie dépend de la température du milieu (FAIRE et MOORE 1936) Tableau 1.

TABLEAU 1 / VARIATION DU TEMPS DE LA DIGESTION EN FONCTION DES

TEMPÉRATURES (D'APRÈS (7)).

TEMPERATURE C°	15	20	25	30	35	40
Temps de digestion en jours.	67,8	46,6	37,5	33,3	23,7	22,7

* Pour une température de 35 - 37°C, il faut trois semaines environ pour obtenir la limite de digestion, mais en 1 à 2 semaines le rendement est déjà bon. Opérer à de telle température présente les avantages suivants : Temps de séjour réduit et bonne liquéfaction des matières organiques.

* Parallèlement aux résultats publiés par FAIRE et MOORE (1936) d'autres notes on fait l'objet d'une publication, indiquant les limites de gaz dégagées en litres par Kg de matières organiques aux diverses températures comme le montre le tableau 2.

TABLEAU 2 / QUANTITÉS DE GAZ PRODUITES EN FONCTION DE

TEMPERATURE (8)

TEMPERATURE C°	10	15	20	25	30
L / Kg	450	530	610	710	760

Ce tableau montre l'intérêt de chauffer un digesteur pour les températures allant de 10° C à 60° C, les bactéries ordinaires qui travaillent sont mésophiles. L'optimum d'activité à lieu à 37°C (7).

COMPOSITION DU GAZ

Il est composé essentiellement des gaz indiqués dans le tableau 3.

TABLEAU 3 / COMPOSITION DU GAZ DE LA DIGESTION ANAÉROBIE (8).

NATURE DE GAZ.	CH4	CO2	N2	H2, H2S, O2
Quantité %	60 - 75	20 - 32	1 - 5	TRACES

Le méthane est bien le gaz le plus important, si le taux du CO2 venait à dépasser ce pourcentage, la digestion serait dans un mauvais fonctionnement (Le pourcentage du CO2 ne doit pas excéder 35%) (7).

1.2.7/ AUTRES PROCÉDES DE STABILISATION : "Stabilisation non biologique"

Outre les procédés de traitement physico-chimique, thermiques, il existe d'autres procédés classiques de désinfection de boues qui limitent l'évolution de leur fermentation.

1.2.7.1/ PASTEURISATION

Il s'agit d'un procédé de stérilisation thermique, qui consiste à maintenir les boues par injection de vapeur à une température de l'ordre du 80° C durant une demi-heure environ, les boues sont ainsi désinfectées mais non stérilisées, cela n'empêche pas leur utilisation agricole (4).

1.2.7.2/ TRAITEMENT À LA CHAUX

En plus de propriétés flocculantes pour les boues, la chaux permet une désinfection de celles-ci pour un PH = 11 environ. L'intérêt de cette stabilisation réside dans le fait que l'on apporte au moment de l'épandage un apport en calcium qui peut être bénéfique pour la culture(4).

1.2.7.3/ LE TRAITEMENT CHIMIQUE DES BOUES

Les boues et même le lisier peuvent être traités par des produits chimiques qui ont une action désinfectante ou qui bloquent le processus de fermentation.

On utilise le chlore ou l'ozone, mais le premier ne convient pas pour l'épandage des boues et le second est très onéreux(4).

1.2.7.4/L'IRRADIATION DES BOUES

Les déchets radioactifs dont l'action ionisante a été atténuée, peut servir à la désinfection des boues, ce traitement peut être aussi réalisé avec des déchets purs comme le ^{60}Co (8).

1.2.7.5/LE COMPOSTAGE

Le compostage est le terme habituellement retenu pour la décomposition par voie biologique aérobie de matière organiques biodégradables solides.

Cette dégradation qui résulte de l'activité de Micro-organismes très divers, en particulier de bactéries, champignons et actinomycètes, s'accompagne d'une élévation de température pouvant atteindre 80°C et se traduit en pratique (5):

- Par une réduction de l'humidité consécutive à l'échauffement et à l'insufflation d'air;
- Par une hygiénisation ou destruction des germes pathogènes;
- Obtention d'un résidu riche en matières humidifiables.

1.2.7.5.1/ CONDITION POUR UN BON DEROULEMENT D'UN COMPOSTAGE

Pour se dérouler au mieux, le compostage requiert les conditions suivantes :

- Humidité comprise entre 35 et 65 %
- Teneur en oxygène supérieure à 10%
- Teneur du produit à composter suffisante en azote et phosphore, permettant la multiplication des Micro-organismes impliqués dans le compostage;
- Absence de substances toxiques pouvant provoquer un blocage de la fermentation aérobie ou altérer la qualité du produit obtenu.

De cette énumération, on déduit que les boues ne constituent jamais un support convenable pour le compostage ; elles sont trop humides et présentes un excès d'azote, compte tenu de leur teneur en carbone.

Le problème a été résolu, par l'adjonction aux boues des ordures ménagères(5).

Ce mélange est doublement justifié:

- d'une part, éliminer les nuisances que représentent les boues d'épuration par hygiénisation avec les ordures ménagères : suppression des risques de contamination et de mauvaises odeurs;
- d'autre part, enrichir l'amendement humique que constitue le compost d'ordures ménagères dont la production est maintenant largement développée(9).

1.2.8/CONDITIONNEMENT DES BOUES

La déshydratation mécanique des boues par centrifugation ou filtration nécessite généralement un conditionnement préalable.

Comme la digestion, le conditionnement modifie la structure des boues en améliorant l'aptitude à la filtration ou à la centrifugation. Dans ce procédé on se doit de modifier la structure colloïdale de la boue. Il s'agit donc de détruire des colloïdales et de faire diminuer la résistance spécifique de la boue.

Les deux techniques sont les conditionnements chimiques et thermiques (7)

1.2.8.1/CONDITIONNEMENT CHIMIQUES

Le conditionnement chimique par polyélectrolytes ne modifie pas les caractéristiques chimiques de la boue. Sa seule conséquence, outre le fait de rendre les boues plus facilement déshydratables est que le produit ajouté se retrouve pratiquement intégralement dans la phase solide de la boue.

Les produits couramment utilisées sont les sels minéraux et les polyélectrolytes naturels ou de synthèse, sel de métaux (Fer ou aluminium) sous forme de sulfate, chlorure ou chlorosulfate donnent d'assez bons résultats est sont peu coûteux (4,6).

1.2.8.2/CONDITIONNEMENT THERMIQUES

a) Conditionnement à haute température

Cette méthode rarement utilisée (cas de grandes stations), elle consiste à chauffer sous pression les boues liquides à une température de l'ordre de 180 à 220°C pendant 20 à 30 minutes.

Cette opération se traduit par des modifications profondes des caractéristiques de la boue : agglomération de colloïdes, coagulation des protéines, hydrolyse et solubilisation de la fraction des matières organiques la plus hydrophyle, modification de propriétés agronomiques(6).

b) Conditionnement à basse Température

Elle s'effectue sous des températures de l'ordre de -10 et -20°C pendant une durée de 1 à 4h (4).

Cette solidification permet de réduire la quantité d'eau associée à la matière et par là même de regrouper les particules.

Ce regroupement se réalise sous forme de minces lamelles qui demeurent relativement stables après fusion de la glace.

1.2.9/DESHYDRATATION

Le procédé de déshydratation consiste en l'élimination de la majeure partie de l'eau contenue dans la boue et l'obtention d'un déchet solide facilement manutentionnable et de volume réduit.

Cette opération présente 2 conséquences majeures:

- Le degré de séparation des phases solides et liquides détermine la quantité de liquide interstitiel qui demeure dans le déchet solide et par conséquent solide/liquide.
- La structure des boues est également modifiée par la déshydratation en fonction du procédé appliqué (centrifugation, filtration sous vide, filtration sous pression) (6).

1.2.9.1/FILTRATION SOUS PRESSION

Elle est applicable à presque toute espèce de boue résultant de traitement d'eau ou d'eau résiduaire.

Dans le filtre presse, la boue est pompée entre les plateaux munis d'une toile filtrante appropriée. Le filtrat traverse les toiles tandis que les matières solides s'accumulent dans les chambres formées par les plateaux couverts par les toiles.

Au terme de la filtration, quand les chambres ont été remplies et les gateaux ainsi formés, on atteint une siccité suffisante. Les plateaux sont alors séparés pour l'enlèvement des gateaux.

Ces filtres presses opèrent normalement à des pressions pouvant varier de 340 à 1600 KN/m² ≈ 3,4 à 16 bars (10).

1.2.9.2/ FILTRATION SOUS VIDE -----

Une des méthodes les plus courantes de déshydratation des boues d'eau résiduaires. La filtration sous vide déshydrate une suspension par application du vide à travers un milieu poreux qui retient les matières solides mais permet au liquide de le traverser (10).

1.2.9.3/CENTRIFUGATION -----

Appliquée même en épaissement, la centrifugation est une accélération de la sédimentation des particules sous l'incidence de forces centrifuges (10).

1.2.10/ SECHAGE DES BOUES -----

Ce procédé de déshydratation consiste en l'élimination de l'eau intersticielle. Cette technique appliquée aux boues de stations d'épuration apporte un certains nombres d'avantages:

- a)- Elle permet de faire face aux difficultés de plus en plus grandes à trouver des décharges aptes et agréées pour recevoir des boues plus ou moins stabilisées;
- b)- Elle apporte sur le produit fini une réduction importante du poids. La siccité moyenne des produits déshydratés thermiquement et plus du double de celle des produits issus des déshydratations mécaniques traditionnelles les plus performantes;
- c)- Elle aboutit à la fabrication d'un produit très facile à stocker aussi bien qu'à transporter;
- d)- Elle concourt à l'élaboration d'un produit valorisable. Cette notion à une répercussion non négligeable financièrement sur l'économie globale des projets. De plus il y a changement de l'image de marque des boues de station d'épuration qui de l'état de déchet, deviennent des produits à part entière (11).

1.2.11/VALORISATION AGRICOLE DES BOUES

1.2.11.1/CARACTERISTIQUES GÉNÉRALES DES BOUES UTILISÉES EN AGRICULTURE

L'azote, le phosphore, le magnésium et la matière organique contenue dans les boues déterminent leur valeur agronomique. Rappelons brièvement les rôles de ces éléments avant d'examiner leur importance en tant qu'amendement organique (14).

a)- L'azote et le Phosphore

Ce sont deux éléments constitutifs indispensables de la matière vivante, et jouent des rôles importants tant au niveau cellulaire qu'au niveau des organes, en assurant la croissance et la reproduction des cellules et organismes vivants.

L'azote: Favorise la croissance végétative et la production de la biomasse. Son effet favorable sera particulièrement sensible dans le cas des prairies pour le démarrage des cultures céréalières et fourragères (14).

Le phosphore: intervient dans le développement des racines et des organes de reproduction des végétaux. La fumure phosphatée conviendra aux cultures des plantes racines, aux céréales, aux productions fruitières (14).

b)- Le Magnésium

Il est aussi un des éléments essentiels de la matière vivante. Il entre dans la composition de la chlorophylle, ce pigment vert des plantes concourt comme le calcium à la neutralité de l'acidité (14).

c)- Le Calcium

C'est un élément vital de la matière vivante, mais il est en général présent en quantités suffisantes dans le sol pour assurer l'alimentation des plantes. Cet élément confert également au sol une structure meilleure et plus stable s'opposant à l'acidité du sol (14).

d)- La Matière organique

C'est un facteur indispensable pour assurer et maintenir la fertilité du sol, elle assure la structure, la porosité, la capacité de rétention en eau, le stockage et la libération d'éléments nutritifs et la vie microbienne.

La matière organique présente dans le sol est sujette à une lente dégradation due aux activités microbiennes.

Le stock de matière organique du sol s'épuise s'il n'est pas reconstitué par des apports de matières organiques : fumier, lisier, paille, composte, boues d'épuration(14).

e)- Influence des boues sur le sol et le végétal.

1). Influence sur le sol : Les boues améliorent :

- La stabilité structurale du sol;
- La réserve en eau du sol;
- La capacité d'échange cationique du sol;
- Le niveau du sol en éléments minéraux dits assimilables par les plantes et en matières organiques.

2). Influence sur le végétal : Les boues améliorent :

- La nutrition minérale du végétal;
- les rendements des cultures (12).

1.2.11.2/TRAITEMENT DES BOUES ET LEUR VALORISATION ULTERIEURE

Les boues utilisées en agriculture doivent subir deux traitements de stabilisation et déshydratation.

- Le premier traitement consiste en une amélioration du rapport C/N;
- Quand à la déshydratation, elle nécessite un ajout de flocculants composés de chlorure ferrique ou de chaux.

Dependant dans cette dernière opération, l'épandage abusif des produits obtenus se traduit soit par une phyto-toxicité dans le cas de l'utilisation du chlorure ferrique, soit par une précipitation de la boue ainsi que ses différentes formes d'azote (ammoniacale...) dans celui de la chaux.

1.2.12/LES METAUX LOURDS DANS LES BOUES

Les boues contiennent en général des métaux lourds en quantité plus importante que celle relevées dans les sols et la majorité des végétaux (tableau 4).

S'il est admis que certains de ces métaux sont indispensables aux plantes, d'autres par contre ont des effets phyto-toxiques lorsqu'ils sont absorbés dans les proportions irrationnelles.

TABLEAU 4 / LIMITES DES CONCENTRATIONS EN MÉTAUX LOURDS COMPATIBLES
=====

AVEC UNE COMMERCIALISATION DES BOUES RÉSIDUAIRES À DES
=====

FINS AGRICOLES NORMES AFNOR. 4 - 44 - 041
=====

ELEMENTS	TENEUR LIMITE EN MG/KG DE MATIERE SECHE
Zn	3.000
Cu	1.500
Pb	300
Cr	200
Ni	100
Cd	15
Hg	8
Co	20
Mn	500

- Ces éléments ont des origines diverses (tableau N°5). La concentration des boues en éléments - traces, dépend donc de l'origine des eaux résiduaires (zone urbaine, industrielle, réseau collecteur séparatif ou mixte) (tableau n°6).

TABLEAU 5 : ORIGINE PROBABLES DES ELEMENTS -TRACES EN QUANTITE NORMALE
=====

DANS CERTAINES BOUES [d'après (13) cité par (12)].

=====

CUIVRE	<ul style="list-style-type: none">- Canalisation d'eau.- Fabrication de fils électrique, radiateurs, appareils de cuisson.
PLOMB	<ul style="list-style-type: none">- Canalisation d'eau, fabrication de batteries, peintures additifs, lavage des rues.
ZINC	<ul style="list-style-type: none">- produits pharmaceutique, cosmétiques, conduite d'eau, lavage des toits (eau de pluie)...
BORE	<ul style="list-style-type: none">- Détergents et lessives, industrie de verre, ciments, faïences, porcelaines, émaux, lubrifiants
MERCURE	<ul style="list-style-type: none">- Produits pharmaceutiques, production et utilisation des produits anti-fongiques.- Fabrication d'appareils électriques, production d'électrolyte du CL et NaOH, peinture.- Fabrication de pâte à papier.
CADMIUM	<ul style="list-style-type: none">- Traitement de surface des métaux et de la stabilisation des matières plastiques, fabrication d'accumulateur, radiateur automobile.- Fabrication de caoutchouc.
NICKEL	<ul style="list-style-type: none">- Fabrication d'acier et alliage, hydrogénation des huiles et substances organiques, fabrication de peinture, laques, produits cosmétiques
CHROME	<ul style="list-style-type: none">- Tannerie, fabrication d'alliage spéciaux.- Industrie de traitement de surface.

TABLEAU 6 : TENEURS EN ÉLÉMENTS-TRACES DES BOUES SELON LEUR ORIGINE

	%. DE MS					P. P. M.			
	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Ni	Cr	Cd	Hg
Boue Urbaine	1	2,1	0,38	0,14	0,31	46	75	8	3,7
Boue Mixte	2,2	3,0	0,60	0,38	0,90	100	230	50	16

- Ces résultats montrent l'apport important des boues mixtes en éléments-traces.
L'élément le plus dangereux est le cadmium vu sa mobilité ionique et sa toxicité vis à vis de la chaîne alimentaire (15) cité par (12).

- L'épandage de fortes doses de boues trop riches en éléments-traces pourrait donc entraîner des absorptions exagérées de ces éléments par les plantes (si les conditions du sol, notamment le PH le permettent), ceci provoquerait des accidents de végétation (symptôme de phytotoxicité, chute de rendements) et le passage de ces éléments dans la chaîne trophique avec des risques de maladies graves pour l'homme.

Ces considérations ont amené certains pays à fixer des teneurs limites des boues en éléments-traces pour être utilisées en agriculture tableau 7.

- Mais ces normes sont très imprécises car elles ne tiennent pas compte des conditions d'utilisations des boues (état des éléments-traces dans les boues, leur comportement après incorporation dans les sols selon les différentes situations pédo-climatique et culturelles...).

- Actuellement des études sont menées dans plusieurs pays pour élucider ces aspects et établir une législation qui réponds mieux au souci des utilisations de ces boues (conséquence sur les sols et les cultures), des consommateurs (conséquences sur la qualité des récoltes), des écologistes (conséquences sur l'environnement) (12).

TABLEAU 7 : NORMES DES TENEURS EN MÉTAUX LOURDS DES BOUES DESTINÉES
à L'AGRICULTURE (% DE MATIÈRES SÈCHES).

	Mo	Zn	Cu	Mn	Pb	Cr	Ni	Co	Cd	Hg
FRANCE *	/	3000	1500	500	300	200	100	20	15	8
SUISSE **	20	3000	1000	/	1000	1000	200	100	30	10

* Norme AFNOR U44041

** (17) cité par (12).

- Ces normes fixées ne sont pas accompagnées des conditions d'utilisations des boues, ce qui les rends donc imprécises.

I.2.13/ETAT HYGIÉNIQUE DES BOUES

Les boues issues des traitements des eaux résiduaires contiennent des éléments minéraux essentiels pour les plantes cultivées. Elles constituent un amendement des sols agricoles presque aussi riche que le fumier de ferme comme le montre les résultats du tableau 8; leur état hygiénique constitue une contrainte particulière signalée par plusieurs auteurs, nécessitant des modalités d'emploi strictes. On remarque que ces boues résiduaires contiennent presque toujours des germes pathogènes et des oeufs de parasites (MESS:1971; LE CLERC,1972; ALLART, 1975).

Toutefois la survie des germes pathogènes dans le sol est, à quelques exceptions près assez courte ce qui limite le danger de ces germes tableau 9.

Il s'agira donc d'éviter d'épandre des boues liquides sur des pâturages ou sur des sols portant des légumes destinés à être consommés crus.

TABLEAU 8 : COMPARAISON DE LA COMPOSITION DES BOUES AVEC CELLE DU
FUMIER DE FERME (D'APRÈS 16,17,18).

% DE MATIERE SECHE	FUMIER	BOUE *	BOUE DE SAIDA **	BOUE DE DRA BEN KHEDDA **	BOUE DE BARAKI ***
Humidité	82	39	3,2	-	-
Carbone	43,7	10,7	-	-	33,86
Matière organique	81	16	43	30,6	53,16
N. TOTAL ...	2,04	1,20	-	1,73	3,64
N-NH4	0,31	0,11	-	-	-
N-NO3.....	0,60	0,10	-	-	0,72
P2O5 Total..	1,17	3,70	1,20	1,73	3,25
K2 O	2,62	0,18	0,02	0,19	6,52PPm
MgO	0,52	0,67	0,18	-	13,4PPm
CaO	3,40	13,10	5,40	1,90	26,4PPm

Les résultats présentés dans le tableau 8 montrent que les boues ont des caractéristiques qui les rendent comparables à des amendements organiques tels que le fumier.

- * : (16) cité par (12).
- **: (17) cité par (12).
- ***: (18).

TABLEAU 9 . SURVIE DANS LE SOL DES PRINCIPAUX AGENTS

PATHOGÈNES RENCONTRÉS DANS LES BOUES (12).

	SURVIE DANS LE SOL
Entomoeba nistolytica	08 jours
Oeufs d'ascaris	06 ans
Salmonella	09 mois
Coliforme Fécaux	06 mois
Enterovirus	12 jours

- Nous présentons dans le tableau 9, la durée de vie dans le sol des principaux germes pathogènes et parasites issues des boues d'épuration.
- Ces résultats prouvent que les traitements que subissent les boues provoquent simplement une chute des Micro-Organismes pathogènes, mais très rarement leur disparition complète.

CONCLUSION

=====

Les boues liquides ou solides constituent un sous produit de l'épuration des eaux résiduaires qui encombrant les stations d'épuration et sont de ce fait un polluant potentiel non négligeable. Leur élimination de manière raisonnée étant indispensable.

Le secteur agricole, gros demandeur de matière organique pour le maintien et l'amélioration de la fertilité des sols pourrait constituer un débouché très important.

///
// T A T I O N D ' E P U R A T I O N
=====ooooooooooooo=====

D E B A R A K I
=====oooOooo=====

INTRODUCTION

=====

La station d'épuration des eaux usées de l'agglomération algéroise est située sur la rive droite de l'Oued - EL HARRACH dans la commune de BARAKI.

Cette station de traitement des eaux usées qui s'étend sur une superficie de 30 Hectares, a été réalisée en 1985 avec le concours d'une entreprise étrangère. Dans une première étape, la station est conçue pour traiter un débit de 149.000 m³ par jour ce qui équivaut à 750.000 équivalent habitant sur une estimation de 200 litres par habitant par jour.

D'une manière générale, la station d'épuration traite tous les effluents en provenance du grand Alger, mais également des principaux établissements industriels qui représentent une contribution de 30% du débit total.

Au stade final, la capacité de traitement de la station doit atteindre 3.000.000 équivalent habitant.

De la capacité totale de la station seuls les 25 % des travaux sont réalisés à ce jour.

II - 1 - PRINCIPE DE TRAITEMENT DES EAUX USEES A LA STATION

=====

La station est conçue pour recevoir les effluents en provenance des collecteurs suivants :

- * Collecteur rive gauche de Qued El Harrach;
- * Collecteur rive droite de Qued El Harrach;
- * Collecteur de BABA - Ali;
- * Collecteur Sud Qued Kniss.

Actuellement, la station ne reçoit que les eaux usées transportées par le collecteur de la rive gauche de Qued.

En effet, les eaux brutes avant leur traitement doivent être débarrassées de tous les éléments indésirables qui risqueraient soit de perturber les transferts d'un poste à l'autre, soit de réduire l'efficacité des équipements, soit encore de provoquer une érosion des canalisations ou des mobiles.

Cette opération de prétraitement comporte les étapes suivantes :

- * Un relevage par vis sur 2 niveaux;
- * Un dégrillage grossier et fin;
- * Un déssablage et déshuilage.

Après cette opération succèdent les phases suivantes :

- * L'épuration **physique** qui s'effectue dans un décanteur primaire,
- * L'épuration biologique qui attaque la pollution dissoute ou colloïde,
- * La désinfection au chlore qui vise la réduction des pathogènes.

Les boues produites, sont tout d'abord épaissies, stabilisées par voie anaérobies en deux stades dans les digesteurs chauffés, déshydratées et séchées.

Dans les tableaux 10 et 11, nous présentons les caractéristiques de la station (dimension et qualité de l'effluent traité).

TABLEAU 10 / RAPPEL DES DONNÉES DE BASE

DESIGNATION	HABITANTS	MONTANT
A- <u>CAPACITE DE TRAITEMENT</u> - Habitants .	Hab	
- Total habitants.	Hab	750.000
- Equivalent / habitants.	Equ. - Hab.	
B- <u>CHARGE HYDRAULIQUE</u> - Débit moyen 24h (Q - 24).	m ³ / h m ³ / s	6.210 1.725
- Débit moyen nocturne (Qn).	m ³ / h m ³ / s	5.580 1.550
- Débit moyen diurne (Qd).	m ³ / h m ³ / s	7.200 2.000
- Débit max.(Q.max) temps sec.	m ³ / h m ³ / s	7.920 2.200
- Débit max.temps de pluie (2.Q max).	m ³ / h m ³ / s	15.840 4.400
C- <u>CHARGE POLLUANTE</u> - <u>DBO5.</u> - Estimation de la charge journalière.	KG/j	45.000
- Concentration moyenne dans les eaux brutes.	MG/1/24h	Environ 300
- <u>DCO.</u> - Estimation moyenne de la charge journalière.	KG/j	75.000
- Concentration moyenne dans les eaux brutes.	MG/1/24h	Environ 500
- <u>MES</u> - Estimation matière en suspension journalière.	KG/j	67.500
- Concentration moyenne dans les eaux brutes.	MG/1/24h	Environ 450

TABLEAU 11 / QUALITÉ DE L'EFFLUENT TRAITÉ
=====

DESIGNATION	MAXIMUM	MOYENNE PAR 24H
- <u>DBO5</u> A/ Cas débit maximum de temps sec (Q. max).	30 mg/1	20 mg/1
B/ Cas débit maximum de temps de pluie (2Q max).	40 mg/1	30 mg/1
- <u>DCO</u> A/ Cas débit maximum de temps sec (Q. max).	20 mg/1	100 mg/1
B/ Cas débit maximum de temps de pluie (2 Q. max).	150 mg/1	120 mg/1
- <u>MES</u> A/ Cas débit maximum de temps sec (Q. max).	30 mg/1	20 mg/1
B/ Cas débit maximum de temps de pluie (2 Q. max).	40 mg/1	30 mg/1

II - 2 - MODE DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

Le principe de fonctionnement de la station est illustré par la figure 4.

II - 2.1 PRETRAITEMENT

II - 2.1.1 OUVRAGE DE RECEPTION

Constitué d'une fosse à batards permettant de retenir les matières volumineuses véhiculées par les effluents.

II - 2.1.2 RELEVEMENT DES EAUX PAR VIS D'ARCHIMEDE

Les eaux sont relevées par des vis d'archimède dont le fonctionnement automatique est piloté par des sondes de détection de niveau ultra-son.

II - 2.1.3 DEGRILLAGE

Cette opération consiste à éliminer la majeure partie des corps solides pouvant perturber la marche des installations en aval.

Les refus des grilles sont évacués par un dispositif de raclage automatique, puis acheminés par bande transporteurs vers des bennes.

II - 2.1.4 DESSABLAGE DESHUILLAGE

Cet ouvrage combiné permet par insufflation d'air de mettre en flottation des corps gras, et par décantation d'éliminer les sables charriés par les eaux, dans le collecteur du réseau d'égout.

Un pont roulant motorisé muni d'un racleur de surface et d'un racleur de fond déplace les sables sédimentés vers la fosse à sable située à l'entrée du bassin et pousse les mousses et les flottants vers la goulotte à graisse et flottants située en sortie d'ouvrage. La fosse à flottants est vidangée régulièrement par camion. Les sables collectés sont repris par des pompes qui les acheminent vers un hydrocyclone dont les sous-verses sont traités dans un clarificateur.

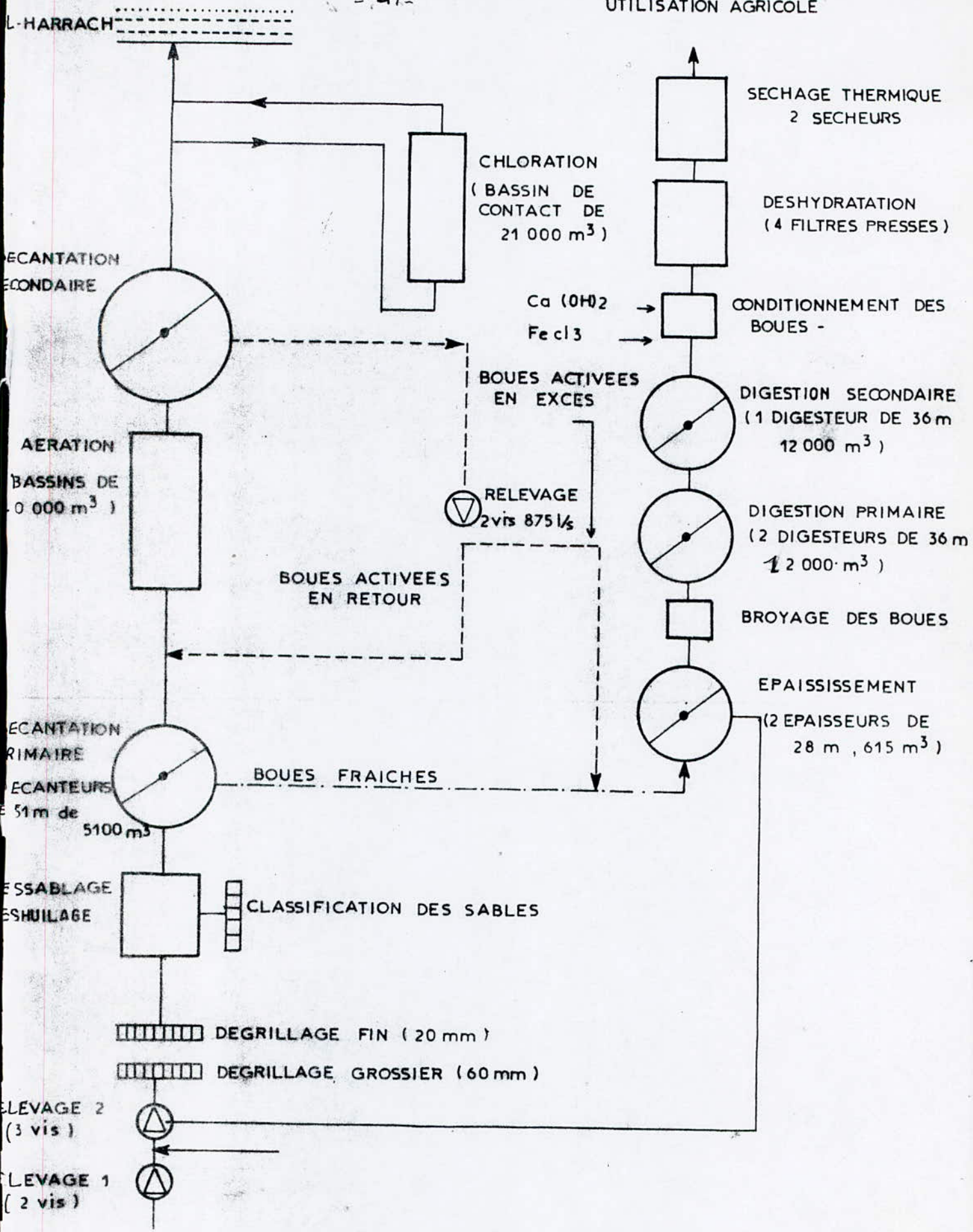


FIGURE 4 - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA STATION D'EPURATION

II - 2 - 2/ TRAITEMENT PHYSIQUE

II - 2 - 2.1/DECANTATION

Une cellule de répartition permet d'alimenter chacun des deux décanteurs primaires en eau prétraitée. Les décanteurs en services sont du type circulaire avec raclage d'écume en surface.

II - 2 - 2.2/BASSIN D'AERATION

Après décantation primaire, les eaux subissent un traitement biologique dans des bassins d'aération (procédé par boues activées). Une boue activée consomme de l'oxygène pour se maintenir en vie (respiration endogène) et pour transformer la pollution en cellules nouvelles.

II - 2 - 2.3/CLARIFICATEUR

Ces ouvrages reçoivent la liqueur mixte (c'est à dire le mélange eau et boues activées) provenant des bassins d'aération. Après décantation, les eaux de surverses sont rejetées dans le milieu récepteur. Les boues de fond (boues de retour) sont extraites de l'ouvrage par un pont suceur.

II - 2 -3/TRAITEMENT DES BOUES

Le traitement des boues à la station d'épuration a pour objectif de :

- * les rendre inertes afin d'éviter toutes nuisances ultérieures sur les sites d'évacuation;
- * limiter les volumes à évacuer afin de réduire les frais de transport.

II - 2 -3.1/ CARACTERISTIQUES DES INSTALLATIONS

Nous allons présenter dans ce qui suit les caractéristiques de tous les ouvrages de traitement.

DIGESTEURS PRIMAIRES

Ces ouvrages ont pour caractéristiques essentielles :

Designation	Unités	Objectifs 1ère étape
* Nombre	-	02
* Diamètre	m	36
* Surface	m ²	1.017
* Hauteur d'eau	m	10.20
* Volume total	m ³	24.000
* Brassage	-	Mécanique

DIGESTEUR SECONDAIRE

Cet ouvrage a pour caractéristique essentielles :

Désignation	Unités	Objectifs 1ère étape
* Diamètre	m	36
* Surface	m ²	1.017
* Hauteur d'eau	m	10.20
* Volume unitaire total	m ³	12.000
* Brassage	-	Mécanique

TURBO MELANGEURS / DIGESTEURS

Désignation	Unités	Objectifs 1ère étape
* Primaires et secondaires		
* Nombre	-	5
* Puissance installée	KW	11 X 5
- puissance absorbée	KW	9,7 x 5

GAZOMETRE

=====

Cet équipement a pour principales caractéristiques :

Désignation	Unité	Objectif 1er étape
- diamètre	m	24,5
- surface	m ²	471
- hauteur d'eau	m	6,50
- capacité de stockage	m ³	3.000

DESHYDRATAION MECANIQUE

=====

Désignation	Unités	Objectif 1ère étape
A/Caracteristiques :		
- Nombre de filtres	-	3 + 1 secours
- surface unitaire	m ²	582
- surface totale	m ²	1746
- volume unitaire	1	8230
- volume total	1	24840
- nombre de galettes par filtre	-	150
- dimensions	m	1,50 x 1,50
B/ Temps de fonctionnement	h/semaine	approx.168
- poids de boues à traiter	Kg/semaine	364.000
- consommation de :		
Ca (-OH) ₂ si produit commercial		
à 50% en CaO :		
(taux de traitement :	Kg/semaine	160.160
22 % en CaO)		
Fe Cl ₃ si produit commercial		
à 41 % en Fe Cl ₃		
(taux de traitement : 6% en	Kg/semaine	53.270
Fe Cl ₃ pur)		

<u>Désignation</u>	<u>Unités</u>	<u>Objectif 1ère étape</u>
- poids total hebdomadaire	Kg/semaine	577.430
- poids hebdomadaire correspondant avec un rendement de filtration estimé à 0,92	Kg/semaine	531.237
- Siccité du gâteau	%	40 ± 2
- poids total du gâteau humide	Kg/semaine	1.328.092
- Densité moyenne du gâteau	Kg/m ³	1.200
- volume moyen du gâteau à évacuer	m ³ /semaine	1.107

STOCKAGE DES REACTIFS

=====

Les caractéristiques de ces postes sont les suivantes :

A - CHAUX

<u>Désignation</u>	<u>Unités</u>	<u>Objectif 1er étape</u>
- capacité de stockage	j	60
- nombre de silos	-	3
- volume d'un silo	m ³	800
- volume total	m ³	2400
- diamètre	m	8
- Hauteur utile	m	16

B - CHLORURE FERRIQUE

=====

<u>Désignation</u>	<u>Unités</u>	<u>Objectif 1er étape</u>
- nombre de conteneurs	-	5
- capacité de stockage	j	60
- volume unitaire	m ³	100
- volume total	m ³	500
- diamètre	m	450
- hauteur	m	6,30

II.2.4/FILIERE DE CONDITIONNEMENT A LA CHAUX

a) La chaux

La chaux est stockée dans trois silos à partir desquels elle est extraite aéroliquement. A la base de la trémie tampon qui reçoit la chaux fluidisée, un distributeur alvéolaire permet une régulation de la quantité de chaux délivrée à la vis d'alimentation par deux bacs de préparation. Le taux de traitement à appliquer est compris entre 20% et 24% du poids de matière sèche.

b) Chlorure Ferrique

Le réactif est acheminé jusqu'au bac de conditionnement par une pompe doseuse. Le taux de conditionnement préconisé est de 6 à 8 % du poids de matière sèche.

II.2.5/DESHYDRATATION :

Une pompe soutire les boues conditionnées et établit une circulation dans la conduite d'alimentation des filtres presses. La pression maximale d'alimentation est de 15 bars. Cette filtration s'arrête dès que le débit d'alimentation devient faible.

II.2.6/SECHAGE THERMIQUE DES BOUES DESHYDRATEES

Après avoir été véhiculées par tapis transporteurs, les boues déshydratées sont introduites par des goulottes d'alimentation dans deux sècheurs thermiques dont le générateur d'air chaud est muni d'un brûleur fonctionnant au gaz de ville.

II.2.7/CHAINE DE TRANSPORT, STOCKAGE ET EVACUATION DES BOUES

Les boues séchées, sont collectées par quatre convoyeurs disposés aux pieds des quatres trémies recevant les gâteaux des filtres presse. Un convoyeur de liaison draine les produits vers une bande peseuse, qui après pesée alimente un convoyeur acheminant les boues au sommet du silo "boues humides".

Depuis ce dernier, les boues humides sont extraites par un extracteur à commande hydraulique et peuvent être :

- soit directement évacuées par bennes grâce à une vis de chargement;
- soit acheminées par un vis de transfert dans un émetteur puis reprises par un convoyeur et réparties entre les deux sécheurs par vis doseuse.

Enfin les boues séchées sont introduites par un convoyeur, sortie sécheur dans le silo à boues séchées duquel elles sont après stockage, extraites par un extracteur à commande hydraulique et chargées par une vis de chargement dans des bennes d'évacuation.

//_ TUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I

MATERIELS ET METHODES

III - 1) MATERIEL ECHANTILLONNAGE

Dans le souci de répondre au mieux à mon étude de valorisation agricole et dans la limite de mes moyens matériels, humains, l'ensemble des analyses qui seront décrites ci-après ont été pratiquées sur deux sortes de boues prélevées manuellement au niveau de la même station.

Le calendrier des prélèvements est indiqué dans le tableau (I)

TABLEAU I : DATES DES PRÉLEVEMENTS DES BOUES

N°DE PRÉLEVEMENT	DATE DES PRÉLEVEMENTS DES BOUES	HEURE DE PRÉLEVEMENT
1	Dimanche 10 Mars 1991	9h du matin
2	Lundi 18 Mars 1991	8h30 du matin
3	Samedi 13 Avril 1991	9h du matin

Dans les différents stades de la chaîne de traitement, j'ai retenu les boues liquides extraites par ouvertures des vannes des épaisseurs, et les boues solides extraites par extracteurs à commandes hydrauliques stockées au niveau du silo des boues humides. L'obtention de ces deux sortes de boues est indiquée dans la figure (5).

Après chaque prélèvement, les échantillons sont transportés à une température de 4°C vers des laboratoires d'analyses.

III -2/ METHODES D'ANALYSES

Les différentes analyses qui ont été pratiquées sur ces boues ont mis à contribution un important matériel, ainsi qu'un concours très précieux des spécialistes des laboratoires (labo de cible, labo d'analyse par activation neutroniques) du C.D.T.N (centre de développement de techniques nucléaires) et rétracteur NUR de DRARIA.

EAUX USEES

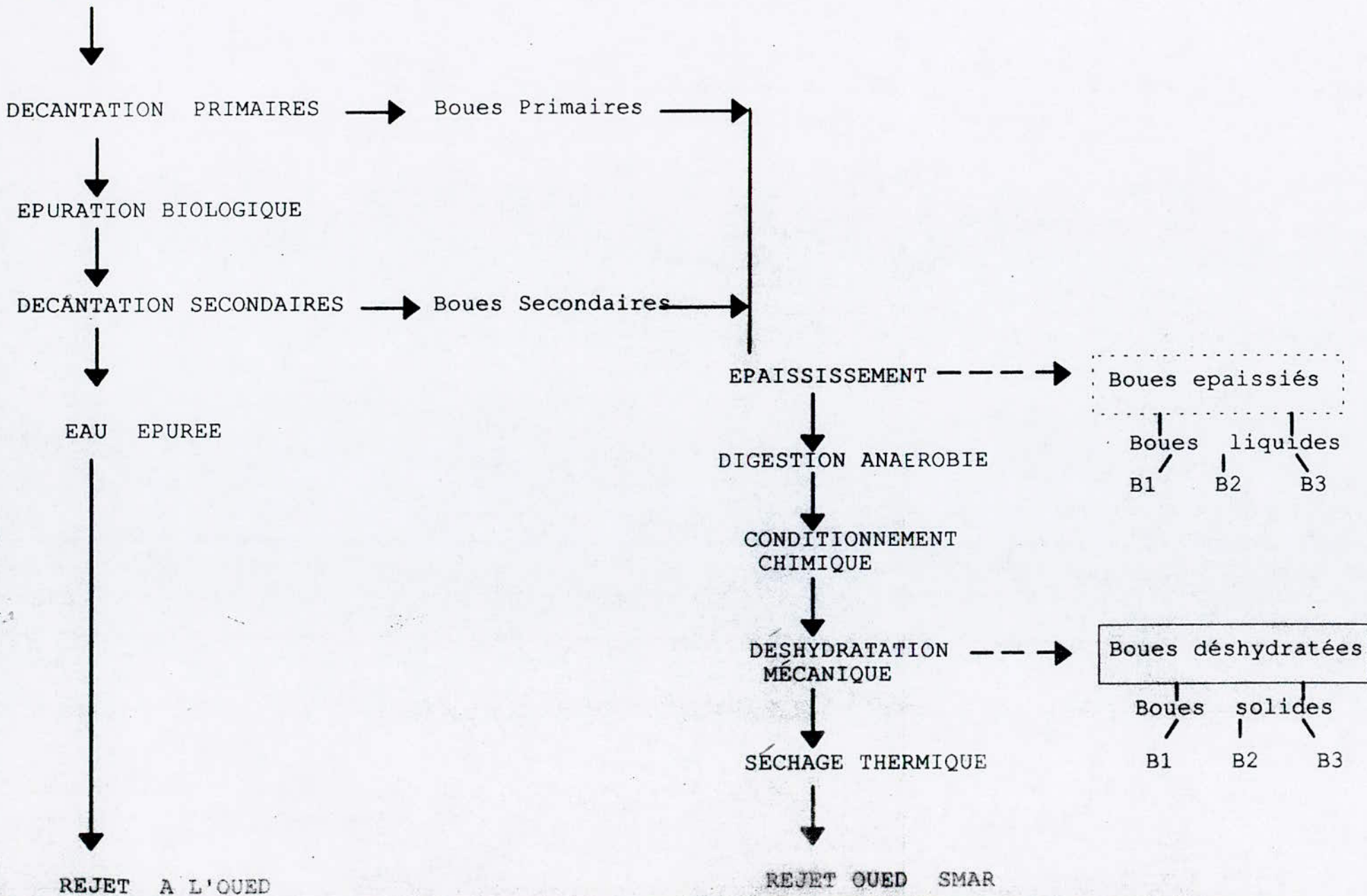


figure 5 : Schéma du mode d'obtention des boues étudiées .

1.2°/ ANALYSES CHIMIQUES

1.2.1°/ TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Pour les différentes analyses chimiques réalisées, les boues sont séchées à l'étuve puis pulvérisées au moyen d'un broyeur à boules.

1.2.2°/ DÉTERMINATION DU TITRE ALCALIMÉTRIQUE COMPLET : TAC

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des bicarbonates et des carbonates .

L'analyse doit être pratiquée dans les 24 heures après le prélèvement (4).

1.2.3°/ DÉTERMINATION DE LA DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGÈNE.DCO

C'est la quantité d'oxygène exprimée en mg/ g nécessaire pour oxyder les substances oxydables dans les conditions de l'essai.

C'est une oxydation par un excès de bichromate de potassium en milieu acide et à ébullition des matières oxydables en présence de sulfate d'argent utilisé comme catalyseur et sulfate de mercure complexant des chlorures.

L'excès de bichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium (19).

1.2.4°/ DÉTERMINATION DU CARBONE ORGANIQUE TOTAL .COT

Le dosage du carbone organique total est réalisé par la méthode "Anne". Le carbone de la matière organique contenu dans l'échantillon pulvérisé est oxydé dans des conditions définies en utilisant une quantité connue d'un mélange oxydant notamment le bichromate de potassium en milieu sulfurique.

On effectue un dosage en retour dont l'excès de bichromate de potassium non utilisé pour l'oxydation est dosé à l'aide d'une solution réductrice : le sel de Mohr (sulfate double de fer et d'ammonium) (20).

1°/ - ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES
=====

1-1°/ANALYSES PHYSIQUES : DÉTERMINATION DES MATIÈRES SOLIDES

1.1.1°) Matière sèche: C'est la masse de substances obtenue après séchage à 105°C rapportée à la masse de la boue ou au volume dans le cas d'une boue liquide (4).

1.2.2°) - MATIÈRES EN SUSPENSION

Réalisée uniquement sur les boues liquides. Après filtration réalisée sur papier filtre avec une pompe à vide, le filtre est séché dans l'étuve à 105°C puis pesé jusqu'à poids constant (4).

1.1.3°) - RÉSIDU CALCINÉ à 550° C : MATIÈRES VOLATILES

Le résidu calciné rend compte de la teneur en matières volatiles gazeifiées à 550°C à partir du résidu sec de boue séchée à 105°C (4).

Cette teneur en matière volatile ne doit pas être confondue avec la teneur en matière organique car :

- Une partie des minérales et de sels peuvent se décomposer entre 105 et 550°C;
- Une partie des matières organiques (notamment les complexes organo-calciques et organo-métalliques) peut ne pas se gazeifier à 550°C mais plutôt vers 650 - 700°C.

Néanmoins pour la majorité des boues, la détermination des matières volatiles représente une évaluation grossière de la matière organique.

1.1.4°/ MESURES DU PH

Les mesures sont effectuées par la méthode électrométrique, directement pour les boues liquides, après lixiviation pour les boues solides (19).

1.3°/ ANALYSES DES ÉLÉMENTS MAJEURS

1.3.1/ ÉLÉMENTS FERTILISANTS

Pour pouvoir évaluer la valeur agronomique des boues, la détermination de la teneur des éléments fertilisants est indispensable.

1.3.1.1/ DÉTERMINATION DES SUBSTANCES AZOTÉES

La matière sèche des boues contient de 1,5 à 4% d'azote (14).

Cet azote se présente essentiellement sous deux formes : minérale et organique.

1.3.1.1.1/ DOSAGE DE L'AZOTE KJELDAHL (DIT TOTAL)

Nous avons utilisé la méthode titrimétrique après minéralisation et distillation (24).

Cette méthode permet la détermination de l'azote organique à l'exception des nitrites et des nitrates formes oxydées.

- Après minéralisation de l'azote organique, l'ammoniac déplacé par une solution de soude est entraîné par un courant de vapeur d'eau puis dosé par volumétrie.

1.3.1.1.2/ DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL (NH₃⁺)

Nous avons opté pour la méthode spectrophotométrique au réactif de NESSLER (19).

Ce réactif (iodo - mercurate de potassium alcalin) en présence d'ions ammonium est décomposé avec formation d'iodure de dimercuriammonium qui permet le dosage colorimétrique des ions NH₄⁺.

Le spectrophotomètre utilisé est de marque SPECORD M 40 préalablement étalonné à une longueur d'onde de 425 nm.

1.3.1.1.3/ DOSAGE DE L'AZOTE NITREUX (NO₂⁻)

Suivant l'origine des eaux, la teneur en nitrite est assez variable. La méthode au réactif de Zambelli peut être appliquée pour des teneurs en ions NO₂⁻ supérieures à 50 µg/l (19).

Les lectures seront effectuées sur le même spectrophotomètre préalablement étalonné à une longueur d'onde de 435 nm.

1.3.1.1.4/ DOSAGE DE L'AZOTE NITRIQUE (NO₃⁻)

Le dosage est effectué par la méthode spectrophotométrique au salicylate de sodium (21).

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique.

On effectuera les lectures sur le spectrophotomètre préalablement étalonné à 420 nm.

1.3.1.2/ DOSAGE DE PHOSPHORE TOTAL

Le dosage sera effectué par la méthode colorimétrique qui utilise le complexe phosphovanadomolybdate permettant d'atteindre des précisions de l'ordre de 0,1% (22), (25).

Le composé se colore en jaune et absorbe à une longueur d'onde de 460 nm.

1.3.2*/ DOSAGE DES ELEMENTS EN TRACES

Pour l'analyse de ces éléments qui jusqu'ici étaient effectuées par des méthodes chimiques, nous allons pour la première fois peut être dans l'histoire des boues en Algérie, faire appel à de nouvelles techniques nucléaires grâce aux moyens mis à ma disposition par le CDTN (centre de développement des techniques nucléaires) et le réacteur NOUR de DRARIA.

CHAPITRE II

RESULTATS ET DISCUSSIONS

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

Les boues de la station d'épuration sont d'abord traitées, puis mises en dépôts. Nous avons jugé nécessaire d'évaluer la charge polluante des boues de la station d'épuration de BARAKI .

Les paramètres suivants ont fait l'objet de notre étude.

III - 1°) CHARGE POLLUANTE

TABLEAU 1 : RÉSULTATS RELATIFS À LA MESURE DE LA POLLUTION ORGANIQUE.

Paramètres	BOUES LIQUIDES			BOUES SOLIDES		
	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
DCO (mg/g)	102	195	125	155	95	185
MES (g/l)	128,608	72,754	101,9			

Selon les normes indiquées à la 2^{ème} partie, les boues liquides de la station d'épuration de BARAKI, constitue un véritable potentiel organique (tableau 1).

Leurs rejets à l'état liquide, ou solide contamineraient le milieu récepteur et donc l'être humain de façon indirecte.

Le traitement de ces boues qui devait réduire la charge polluante ne semble pas efficace; En effet une augmentation de la DCO est observée au cours de nos expériences qui confirment que ces boues constituent une menace pour le milieu.

III - 2°) PARAMETRES DE FERTILISATIONS

III - 2-1) P H :

TABLEAU 2 : VALEURS DES P H

Paramètres	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
P H	7,33	7,66	7,05	12,02	12,46	12,44

La gamme des PH se situe entre 7 et 12,5, cette élévation du PH est due à l'ajout de la chaux lors du conditionnement des boues, elles seraient donc similaires à un amendement calcaire (28 cité par 18), et de ce fait leur utilisation serait souhaitable sur les sols acides.

Ces boues sont valorisables car leur basicité rendrait insoluble une grande partie des métaux lourds qui seraient inaccessibles aux plantes après l'épandage (28 cité par 18).

III. 2. 2°) - MATIERES SECHES, HUMIDITE

TABLEAU 3 : TENEUR EN MATIERES SECHES ET HUMIDITE

BOUES RESIDUAIRES	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
teneur en matière sèche %	11,695	7,678	10,522	45,563	44,123	43,421
humidité %	88,221	92,113	90,344	54,437	55,877	56,579

Les différents éléments susceptibles d'être valorisés, sont déterminés relativement à la matière sèche. Le traitement de nos boues réduit la teneur en humidité d'environ 40 %, facilitant ainsi le transport et la manutention aux utilisateurs des boues.

III.2.3°/ CARBONE ORGANIQUE TOTAL (C.O.T)

TABLEAU 4 : TENEUR EN C.O.T ET T.A.C

BOUES RESIDUAIRES	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
COT % de MS	27,771	19,065	34,44	13,960	15,144	18,903
TAC meq/l	/	/	/	326,6	383	368

Sur l'ensemble de la matière organique, le carbone organique total représente la plus grande partie, selon nos résultats, la teneur en carbone se situe entre 14 et 30 % de MS, son origine serait due surtout aux corps microbiens et des produits de leurs métabolismes (18).

Lors du conditionnement chimique, on assistera à la solubilisation de la matière organique du fait de l'élévation du PH, diminuant de ce fait la teneur en carbone organique total de 30% .

Rappelons que le poste de digestion était à l'arrêt, ce qui entraîne donc des possibilités de reprise de fermentation lors du stockage, pouvant augmenter la teneur en carbone.

La quantité de carbone observée dans nos boues n'est pas très élevée mais suffisante pour leur accorder une réelle valeur agricole, rapporté par (15,27, cité par 18)

III - 2. 4°) L'AZOTE

TABLEAU 5 : TENEURS EN AZOTE ORGANIQUES ET MINERAL DES BOUES

BOUES RESIDUAIRES	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
NK(azote total)% de MS	2,274	2,003	2,712	1,329	1,366	1,795
N-NH ₃ ⁺ (PPM)	44	44,25	56	27	25	22,4
N-NO ₂ ⁻ (PPM)	0,17	0,275	0,06	0,055	0,375	0,175
N-NO ₃ ⁻ (PPM)	0,102	0,137	0,135	0,664	1,329	1,107

Les boues issues de la station d'épuration de BARAKI sont assez riches en azote total, leur teneur varie de 1,3 à 2,7% (14).

On remarquera la faible proportion de l'azote minéral par rapport à l'azote organique.

Quel serait l'impact du traitement des boues sur les teneurs en azote ?.

- Le chaulage provoquerait une diminution d'environ 30 % qui serait due à la volatilisation de l'ammoniac selon (29 cité par 18).
- La déshydratation entraîne un départ des composés solubles (NH₃⁺, NO₂⁻ et NO₃⁻) qui sont partiellement éliminés avec l'eau extraite selon (15 cité par 18).

L'apport de ces boues provoquerait un enrichissement durable du sol en azote total, dont une fraction rentre dans la composition des matières organiques à évolution lente qui forment l'humus (30 cité par 18). Ce dernier libérera progressivement les substances minérales directement assimilables par les plantes.

III - 2.5/ VALEURS DU RAPPORT C/N

TABLEAU 6 : EVALUATION DU RAPPORT C/N DES BOUES ETUDIÉES

BOUES RESIDUAIRES	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
COT (% de MS)	27,771	19,065	34,440	13,960	15,144	18,903
NK (% de MS)	2,274	2,003	2,712	1,329	1,366	1,795
C/N	12,185	9,518	12,699	10,504	11,086	10,531

Le rapport C/N est favorable pour une éventuelle utilisation agricole, il détermine approximativement la cinétique de minéralisation de la boue dans le sol.

Le traitement des boues de BARAKI, aboutit à un rapport C/N de 9,5 à 12,6, qui une fois incorporé au sol ne libèrent qu'en faible quantité ou lentement l'azote minéral, témoignage d'une certaine stabilisation (20).

III-2.6/ LE PHOSPHORE

TABLEAU 7 : TENEUR DU PHOSPHORE DANS LES BOUES ETUDIÉES

BOUES RESIDUAIRES	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
PO4- (% de MS)	3,679	3,832	1,28	2,7594	3,03	2,345

Il constitue selon les auteurs, l'élément majeur pour une valorisation agricole, son origine est due à celle des détergents synthétiques .

Les résultats montrent que la teneur en phosphore est satisfaisante, cependant sa valeur est affectée de 30 % selon (31 cité par 18), par la solubilisation des matières organiques, entraînant avec elles le phosphore qui leur est lié.

III .2.7°/ - LES AUTRES ÉLÉMENTS FERTILISANTS

TABLEAU 8 : TENEURS DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS ÉVALUÉS PAR
A.A.N - X.R.F

ÉLÉMENTS	UNITÉS	BS1	BS2	BS3	BL1	BL2	BL3
Na	P P M	41,64	47,19	21,58	34,75	39,92	38,56
K	P P M	1017±40	1601,50 ± 30	2427,8 ± 40	558,31 ± 30	1747,5 ± 40	2497,65 ± 40
Ca	%	24,20 ± 7,63	22,02 ± 1,71	24,44 ± 1,94	22,36 ± 1,38	21,92 ± 2,04	14,76 ± 1,54
Mg	%	0,56 ± 0,10	2,90 ± 0,13	2,70 ± 0,12	2,27 ± 0,08	2,98 ± 0,15	2,80 ± 0,14

III.2.7.1°/ SODIUM

Les boues de la station d'épuration de BARAKI sont déficientes de cet élément. Ce cation demeure dans les eaux épurées.

Le sodium est un élément toxique, au delà d'une certaine concentration il devient néfaste pour la structure du sol et toute la production végétale, et sa mobilité peut entraîner la pollution des eaux superficielles et souterraines.

III.2.7.2°/ POTASSIUM

La richesse des boues en potassium est négligeable.

Cet élément demeure dans les eaux épurées .

Les valeurs rencontrées sont relativement faibles comparées aux concentrations de cet élément dans le compost urbain et le fumier de ferme. L'épandage de fortes doses de boues ne dispense donc pas l'agriculteur d'apporter un engrais minéral potassique.

III.2.7.3°/ LE CALCIUM

Nos résultats montre les teneurs en calcium de (24%).

Ces dernières sont supérieures à celle du sodium (47 PPM),**ce**

qui est favorable à une évolution de la matière organique dans le sol.

Le calcium intervient dans la formation du complexe argilo-humique, alors que le sodium est défloculant, mais la forte charge en calcium ne permet pas de les classer comme des amendements calcaires susceptibles d'élever le PH des sols.

Il est également à remarquer que la forte teneur en calcium risque de poser des problèmes de chlorose en sols neutres ou calcaires très répandus en Algérie.

III.2.7.4/ LE MAGNESIUM

La teneur en magnésium est assez élevée. De telles boues appliquées sur des sols souffrant d'une carence en magnésium constitue un engrais magnésien efficace (13), surtout pour les cultures de maïs et betteraves.

III-3/ CARACTERISTIQUES DES BOUES SUSCEPTIBLES DE LIMITER LEUR UTILISATION EN AGRICULTURE

Après avoir étudié la valeur agronomique des boues, nous avons jugé indispensable de nous pencher sur l'aspect "toxicité" de ces dernières. Ce danger est causé par la présence des métaux lourds.

III.3.1/LES MÉTAUX LOURDS

Les concentrations de métaux dans les boues constituent actuellement la plus grande contrainte s'opposant à leur utilisation en agriculture.

Les métaux habituellement dosés sont : le cuivre, le zinc, manganèse, plomb, nickel, chrome, cadmium.

TABLEAU 9 : TENEURS EN METAUX LOURDS ÉVALUÉES PAR AAN - XRF
 =====
 DANS LES DEUX TYPES DE BOUES ETUDIÉES

ÉLÉMENTS	UNI TÉS	NORME AFNOR	BS1	BS2	BS3	BL1	BL2	BL3
Al	%	/	2,63 ± 0,12	2,61 ± 0,13	2,76 ± 0,13	2,70 ± 0,12	2,85 ± 0,18	2,80 ± 0,17
Fe	%	/	2,71 ± 0,20	3,04 ± 0,14	2,72 ± 0,13	1,91 ± 0,08	2,64 ± 0,15	2,35 ± 0,11
Si	%	/	7,03 ± 0,30	8,61 ± 0,60	7,36 ± 0,37	7,6 ± 0,47	7,56 ± 0,43	7,81 ± 0,40
Ti	%	/	/	0,093 ± 0,13	2,70 ± 0,018	0,1115 ± 0,012	/	0,1435 ± 0,02
Mn	PPM	500	/	214 ± 16	160 ± 12	/	/	217 ± 16
Cu	PPM	1500	/	143 ± 17	106 ± 15	/	/	97 ± 11
Zn	PPM	3000	/	241 ± 21	153 ± 17	/	/	344 ± 27
Sr	PPM	/	/	294 ± 21	308 ± 22	/	/	418 ± 26
Pb	PPM	300	/	175 ± 16	186 ± 18	/	/	224 ± 21
Ba	PPM	/	75,631	107,268	85,542	90,653	63,636	5,134
Au	PPM	/	6,575 x 10 ⁻⁴	1,1189 x 10 ⁻⁴	3,79 x 10 ⁻⁴	13,969 x 10 ⁻⁴	0,744 x 10 ⁻⁴	/
Sb	PPM	/	2,712	2,866	2,712	3,041	2,530	0,204
Ga	PPM	/	1,374	1,350	0,744	1,135	/	0,157
Br	PPM	/	8,193 x 10 ⁻⁴	/	5,758 x 10 ⁻⁴	1,362 x 10 ⁻⁴	7,947 x 10 ⁻²	2,329 x 10 ⁻⁶
Sc	PPM	/	1,560	2,108	1,878	2,514	1,930	0,136
Co	PPM	20	5,237	5,363	5,315	7,035	5,661	0,391
Eu	PPM	/	0,557	0,480	0,478	0,729	0,525	0,034
La	PPM	/	12,7 x 10 ⁻⁵	2,53 x 10 ⁻²	8,75 x 10 ⁻⁵	12,206 x 10 ⁻⁶	/	/

Seuls le plomb, manganèse, zinc et cuivre ont pu être décelés pour des concentrations bien inférieures aux seuils admis par les normes AFNOR (tableau 9).

La comparaison des deux types de boues montre que la floculation à la chaux a un effet sur la teneur en métaux lourds, diminuant leurs concentrations par solubilisations partielles des complexes auxquels sont liés ces éléments .

III.3.2/ CONTRIBUTION DES ANALYSES NUCLEAIRES DANS LE DOSAGE DES ----- ÉLÉMENTS FERTILISANTS ET LOURDS -----

Les éléments fertilisants et les métaux lourds qui jusqu'à l'heure actuelle ont été analysés chimiquement, sont évalués physiquement grâce à des méthodes nouvelles, sensibles et qui ont acquis un grand progrès dans la recherche scientifique; il s'agit de techniques nucléaires (voir l'annexe II).

Sur l'ensemble des éléments qui ont été analysés, certains n'ont pas été détectés, parmi lesquels, le nickel, le mercure, le chrome et le cadmium.

On peut envisager deux éventualités à ce constat :

- 1°) - absence totale de ces éléments qui ne peut être que bénéfique pour l'environnement.
- 2°) - Présence en quantités inférieures au seuil de détection limite des méthodes, elles-même inférieures à celles fixées par les normes AFNOR.

L'analyse par activation neutronique, par le générateur et réacteur NUR, XRF, PIXE ont permis de révéler d'autres métaux lourds (tableau 9), à des quantités bien plus faibles pour qu'elles puissent constituer un quelconque danger, d'autant plus qu'aucune cote limite n'a été fixée quant à leur présence.

Il ne suffit pas à notre pays de disposer d'importantes installations pour l'épuration des eaux usées, mais il faut avoir les capacités de maîtriser les techniques pour apporter des solutions aux problèmes des boues.

La question de recyclage de ce déchet qui constitue un objectif de toutes les études ne saurait être envisagée que si la valeur fertilisante est correctement évaluée, et économiquement rentable.

Les résultats obtenus à l'issue de notre étude montrent que les boues de la station d'épuration de BARAKI ont des caractéristiques favorables à leur valorisation en agriculture.

Nous avons utilisé des techniques tout à fait inédites grâce auxquelles l'aboutissement du projet a été possible d'une part, et les résultats comparés à ceux obtenus jusqu'alors par les moyens devenus traditionnels avec toutes les imperfections qu'ils ont comporté d'autre part. En effet les éléments fertilisants : Azote, phosphore.... qui ont été traités par AAN, XRF (pour plus de détails voir l'Annexe II) ont prouvé l'efficacité des boues résiduaires dans l'agriculture.

Les techniques d'analyses physiques, en plus d'apporter des preuves sur la valeur agronomique des boues, ont permis par leur grande sensibilité d'action de déceler énormément de métaux lourds en quantités inférieures à celles fixées par les normes AFNOR, avec l'absence de certains d'entre eux (Ni, Cd, Hg, Cr) classés parmi les plus dangereux.

Il faut également souligner l'importance du procédé de traitement utilisé par la station de BARAKI pour le chaulage lequel par l'élévation du FH, apporte aux boues résiduaires une nette amélioration structurelle notamment :

- De leur qualité obtenue par la diminution des teneurs en éléments indésirables (métaux lourds);
- De leur tenue en tas;
- De leur aptitude à la manutention.

S'il est vrai que nous avons essayé de répondre au problème de la mise en valeur des boues, il n'en demeure pas moins qu'il y a beaucoup à faire dans le domaine du "milieu récepteur".

Le délai de 05 mois qui a été consacré à cette étude au centre de recherche et de développement des techniques nucléaires est bien insuffisant devant l'ampleur des possibilités offertes par les équipements matériels de haute technologie dont s'est dotée cette importante institution sur laquelle repose tout l'espoir du développement national.

ANNEXE I
=====

MODES OPERATOIRES DES ANALYSES
=====

PHYSICO - CHIMIQUES
=====

NUCLEAIRES
=====

1°) RESIDU SEC A 105 ° C : ms
=====

- Un échantillon de boue de 50 ml est pesé dans une capsule tarée qui est portée à l'étuve à 105° C jusqu'à évaporation totale.
- Après refroidissement au dessiccateur, on pèse puis, on reporte la capsule à l'étuve et enfin, dans le dessiccateur jusqu'à poids constant.

Les résultats s'exprime comme suit :

* pour les boues liquides : en (g/l)

$$ms = (m2 - m0) \cdot 1000 / V$$

* pour les boues solides : en %

$$ms = (m2 - m0) \cdot 1000 / (m1 - m0)$$

avec : m0 = poids de la capsule vide (en g)

m1 = poids de la capsule contenant l'échantillon brut (en g)

m2 = poids de la capsule contenant l'échantillon sec (en g)

v = volume de l'échantillon (en ml)

2°) RESIDU CALCINE A 550°C : M0 en (%)
=====

Le résidu à 105°C est porté pendant 2 heures à 550°C dans un four à moufle préalablement chauffé et thermostaté.

$$MV = (\text{poids du résidu sec} - \text{poids du résidu calciné}) / \text{Poids du résidu sec.}$$

3°) DETERMINATION DU TAC : (titre alcalimétrique complet)
=====

* Préparation de l'échantillon:

A 100g de boue, on ajoute exactement 1 litre d'eau distillée; on place le tout sous agitation, sur plaque chauffante pendant 1 heure

* Mesure du TAC :

Mesurer le plus exactement possible 25 ml de boues lixiviées.
Centrifuger une première fois à 5000 t/mn pendant 10mn.

Recueillir le liquide surnageant dans un bécher de 400 ml.

Reprendre le culot avec 50 ml d'eau distillée en ayant soin de ne rien perdre de la partie solide.

Centrifuger à nouveau à 5000t/mn pendant 10 mn et recueillir dans le bécher la partie surnageante.

Le liquide récupéré dans le bécher est mis sous agitation magnétique. On plonge les électrodes d'un PH-mètre dans le liquide et on note le PH initial.

A l'aide d'une burette, verser H₂ SO₄ 0,1N jusqu'à PH = 4 soit V mL.

$$\text{TAC} = V \times 0,1 \times 1000/25 \quad \text{en (meq/l)}$$

4°) MES : MATIERES EN SUSPENSION
=====

Sur papier filtre préalablement taré, on verse l'échantillon (50 mL). Le filtre est ensuite séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

Après refroidissement au dessiccateur, le filtre est pesé et ensuite remis à l'étuve puis repesé jusqu'à poids constant.

$$\text{MES} = (M-F) \times 1000/V \quad \text{en (g/l)}$$

avec : M = masse sèche du filtre et du gâteau

F = masse du filtre seul

V = volume de boue filtrée.

5°) D.C.O : DEMANDE CHIMIQUE EN OXYGENE
=====

Dans un flacon de DCO, nous introduisons 20 mg de matériaux pulvérisés (au moyen d'un broyeur à boules), préalablement séché à l'étuve pendant 24 heures à 105°C. On ajoute 20ml d'eau distillée, 1g de sulfate de mercure, puis 5 ml d'acide sulfurique dans lequel est dissous le sulfate d'argent (6,6 g/l).

Après dissolution du mélange, on ajoute 25 ml de solution de bichromate de potassium (0,25N), puis 70 ml du mélange sulfurique, sulfate d'argent (AgSO_4).

Après ébullition sous réfrigérant à reflux pendant 2 heures, le mélange est complété à 350 ml avec de l'eau distillée et est titré par une solution de sulfate de fer II et d'ammonium (0,25N) en présence de quelques gouttes de ferroéine. Le titrage est arrêté quand la couleur du mélange passe du vert au rouge violacé.

$$\text{DCO (mg/g)} = 8(a-b)n/c$$

avec :

a = volume en ml de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour le blanc.

b = volume en ml de sulfate de fer et d'ammonium utilisé pour l'échantillon.

n = normalité de la solution de sulfate de fer et d'ammonium

c = poids de la prise d'essai en g.

5.1/ VÉRIFICATION DU TITRE DU SULFATE DE FER ET D'AMMONIUM :

Dans un bécher, mettre 25 ml exactement mesurés de solution de bichromate de potassium 0,25 N et compléter à 250 ml avec de l'eau distillée. Ajouter 75 ml d'acide sulfurique ($d = 1,84$). Laisser refroidir, ajouter quelques gouttes de solution de ferroéine et déterminer la quantité nécessaire de solution de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé.

$$T = V_{\text{ml de K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7} \times 0,25 / V_{\text{ml de Fe(NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2}$$

5.2/ RÉALISATION DU BLANC

Procéder aux mêmes opérations avec 50 ml d'eau distillée.

6°) C.O.T: CARBONE ORGANIQUE TOTAL

=====

La prise d'essai ne doit pas contenir plus de 30 mg de carbone. 50mg d'échantillon pulvérisé sont introduits dans un ballon de 100 à 150 ml, ajouter 10 ml de solution aqueuse de bichromate de potassium et 15 ml d'acide sulfurique, laisser 5 mn à ébullition lente à reflux, refroidir, transvaser dans une fiole jaugée et amener à 100 ml avec les eaux de rincage du ballon.

20 ml de cette solution sont introduites dans un bécher, ajouter une pincée de fluorure de sodium et 8 gouttes de diphénylamine. (le fluorure de sodium rend le virage plus visible).

Titrer par le sel de Mohr 0,2N, le virage se fait lentement du marron au bleu violacé.

$$c(\text{mg/g}) = 3,075N (V - V')5/P$$

V = volume de sel de Mohr versé pour doser le témoin (ml)

V' = volume de sel de Mohr versé pour doser l'échantillon (ml)

avec :

N = titre de solution de sel de Mohr

p = poids de prise d'essai en g.

7°) DOSAGE DE L'AZOTE KJELDHAL

=====

Les échantillons sont pris sous leurs formes brutes, on tiendra compte de l'humidité et des dilutions dans les calculs.

Les résultats seront exprimés en pourcentage de matières sèches.

* Minéralisation

A 1g d'échantillon, on ajoute 10 ml de H₂SO₄ concentrée, 1,5 ml de H₂O₂, une pincée de catalyseur (CuSO₄) + K₂SO₄). mettre le digesteur en marche pour une durée de deux (02) heures (obtention d'une solution claire), laisser refroidir pendant 10 mn puis diluer le contenu dans une fiole de 50 ml, après filtration s'il y a lieu.

* Distillation :

Verser le contenu de la fiole, ou un volume connu (10 ml) dans le tube de distillation. Ajouter à peu près 10 ml d'eau distillée et environ 15 ml de NaOH à 40%.

distiller, recueillir le distillat dans un erlen contenant 25 ml d'acide borique à 2 %, et quelques gouttes d'indicateur coloré (bleu de méthylène (2/3), rouge de méthyle (1/3): à dissoudre dans 100 ml d'alcool).

* titration

Titrer avec l'acide sulfurique N/50 jusqu'au virage

$$N = \frac{VH_2SO_4 \times 0,28 \times 100}{Pe \times 1000} \text{ . en \% de matières sèches}$$
avec :

Pe = poids de l'échantillon en g

8°) DOSAGE DE L'AZOTE AMMONIACAL N-NH₃

L'échantillon à analyser étant chargé, des dilutions préalablement choisies sont alors effectuées.

Prélever 20 ml de boue lixiviée, procéder à la distillation comme pour le dosage de l'azote total, sans toutefois ajouter l'indicateur coloré.

Ajuster le volume du distillat à 250 ml et introduire 50 ml de distillat dans une fiole jaugée. Ajouter 2 ml de réactif de Nessler et mélanger. Préparer un témoin à partir d'eau distillée contenant la même quantité d'acide borique que le distillat . Laisser au repos 10 mn, effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 425 nm en tenant compte des dilutions effectuées.

Dans le cas où l'eau est très trouble, il faut procéder à une clarification par le sulfate de Zinc en milieu alcalin. (la courbe d'étalonnage est donnée à la figure 6).

9°) DOSAGE DE NITRITES (NO₂⁻)

=====

Prélever 50ml de boue lixiviée, ajouter 2 ml de réactif de Zambelli. Agiter et laisser au repos 10 minutes. Ajouter ensuite 2 ml d'ammoniaque pur, effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.

On donnera la courbe d'étalonnage du dosage de NO₂⁻ à la figure 7.

10°) DOSAGE DES NITRATES : NO₃⁻

=====

Introduire 10 ml des différentes solutions des boues lixiviées dans les erlens (pour des teneurs en azote nitrique supérieures à 10 ml, opérer une dilution). Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium

Ajouter 1 ml de solution de salicylate de sodium, évaporer à sec sur bain de sable.

Laisser refroidir. Reprendre le résidu avec 2ml d'acide sulfurique concentrée en ayant soin de l'humecter complètement.

Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et potassium qui développe la couleur jaune.

Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 415nm. Se reporter à la courbe d'étalonnage (figure 8).

EXPRESSION DES RESULTATS

=====

Pour une prise d'essai de 10ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau.

Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃⁻), multiplier ce résultat par 4,43.

11°) DOSAGE DES ORTHOPHOSPHATES PO₄⁻

=====

Une série d'étalons est effectuée à partir d'une solution mère l'hydrogéo-phosphate de potassium, la concentration ne doit pas dépasser 20 ppm.

Pour le dosage, une prise d'essai de 10ml est introduite dans une fiole de 100ml, on procède à la neutralisation par une base à l'aide d'un PH mètre pour un PH voisin de 7.

On ajoute ensuite 10 ml d'acide nitrique 6N (½), puis 10 ml de vanadat et 10 ml de malybdate.

Le mélange est amené à 100ml, on attendra trente minutes avant d'effectuer la colorimétrie à 460 nm.

Pour une meilleur précision, on doit procéder au séchage de l'hydrogène - phosphate de potassium à 100°C pendant 2 heures avant de tracer la courbe d'étalonnage (figure 9).

12°) MINERALISATION A L'EAU RÉGALE

=====

Cette opération de minéralisation, prépare l'échantillon pour le dosage des orthophosphates.

1g de boue séchée à 105°C est mis dans un ballon avec 25ml d'eau régale (2/5 d'acide nitrique concentré + 3/5 d'acide chloridrique concentré pur).

Après ébullition sous réfrigérant à reflux pendant 2 heures, on ajoute 25ml d'eau bipermutée par le haut du réfrigérant, et on laisse refroidir. On filtre sur papier sans cendres et on complète à 100ml à l'aide d'eau distillée.

13°) PRINCIPE DE L'ANALYSE PAR ACTIVATION NEUTRONIQUE

=====

L'analyse par activation neutronique est une technique de plus en plus utilisée pour le dosage d'éléments en traces dans différents échantillons.

Elle consiste à irradier l'échantillon à analyser par un flux de neutrons et à mesurer ensuite l'activité des radioéléments formés. Cette activité est proportionnelle à la concentration de l'élément à doser dans l'échantillon (23).

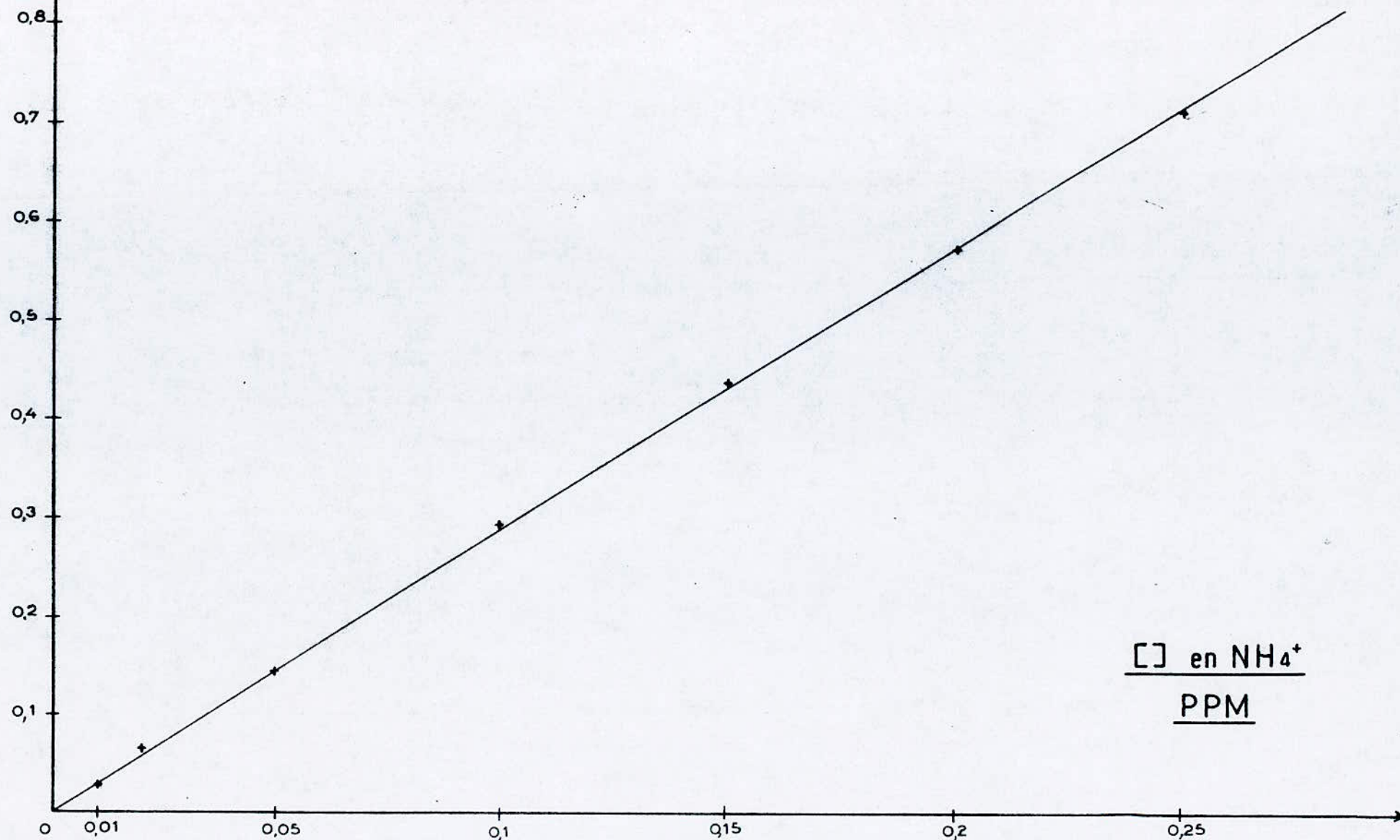
Pour plus de détails se référer à l'annexe II.

DO

Courbe d'étalonnage

Dosage des NH_4^+

$\lambda = 420 \text{ nm}$



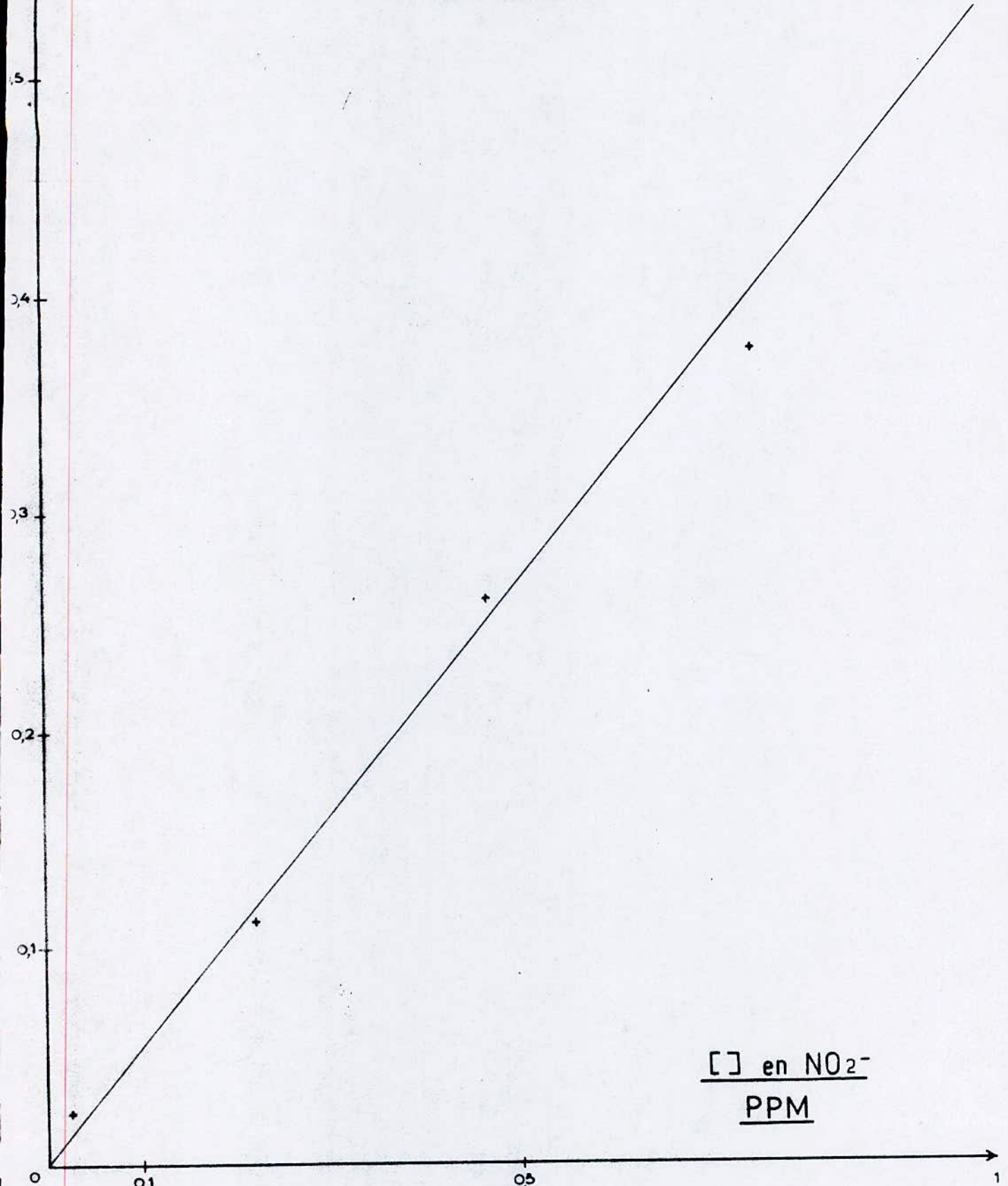
- FIGURE 6 -

DO

Courbe d'étalonnage

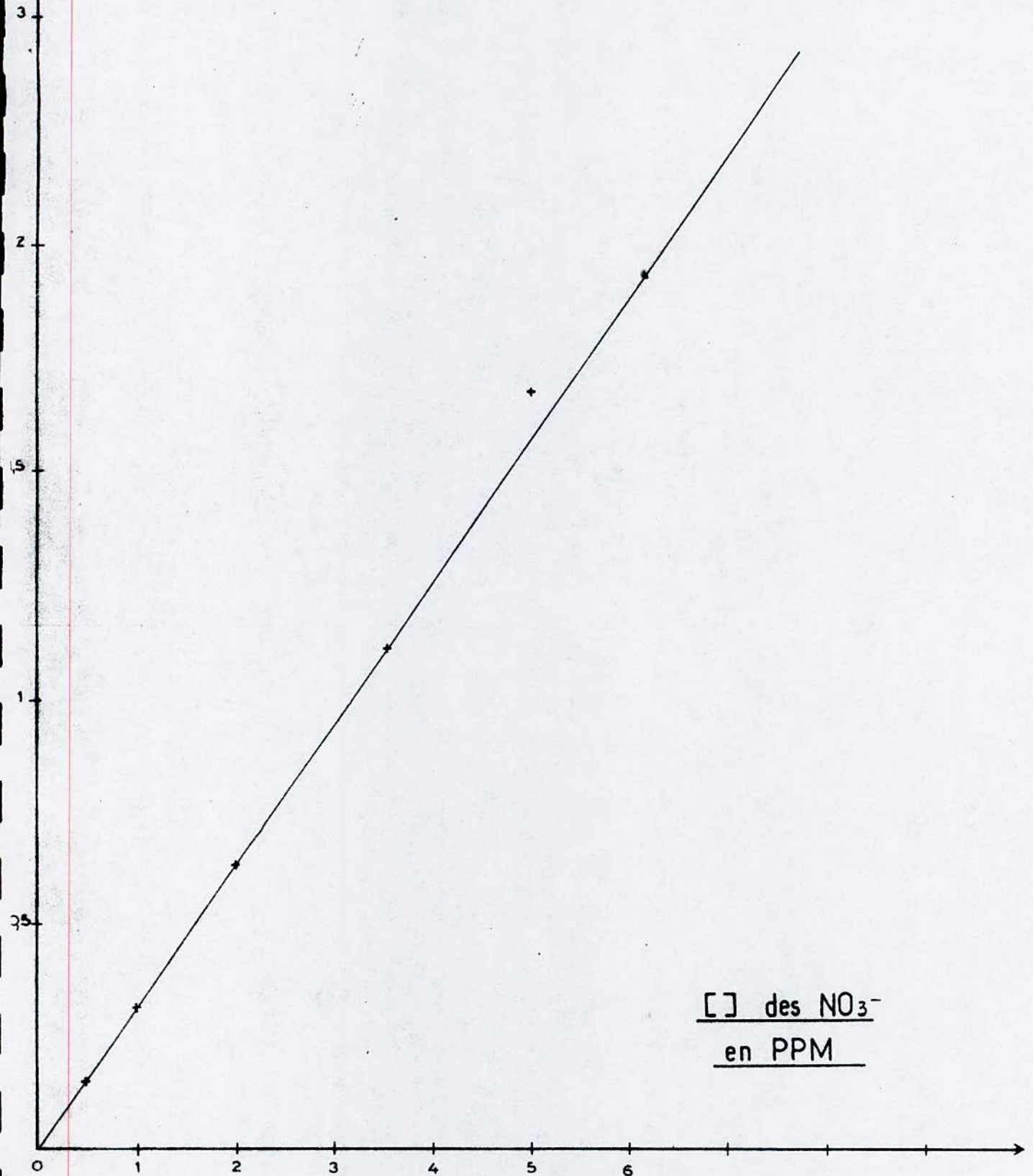
Dosage des nitrites (NO_2^-)

$\lambda = 435 \text{ nm}$

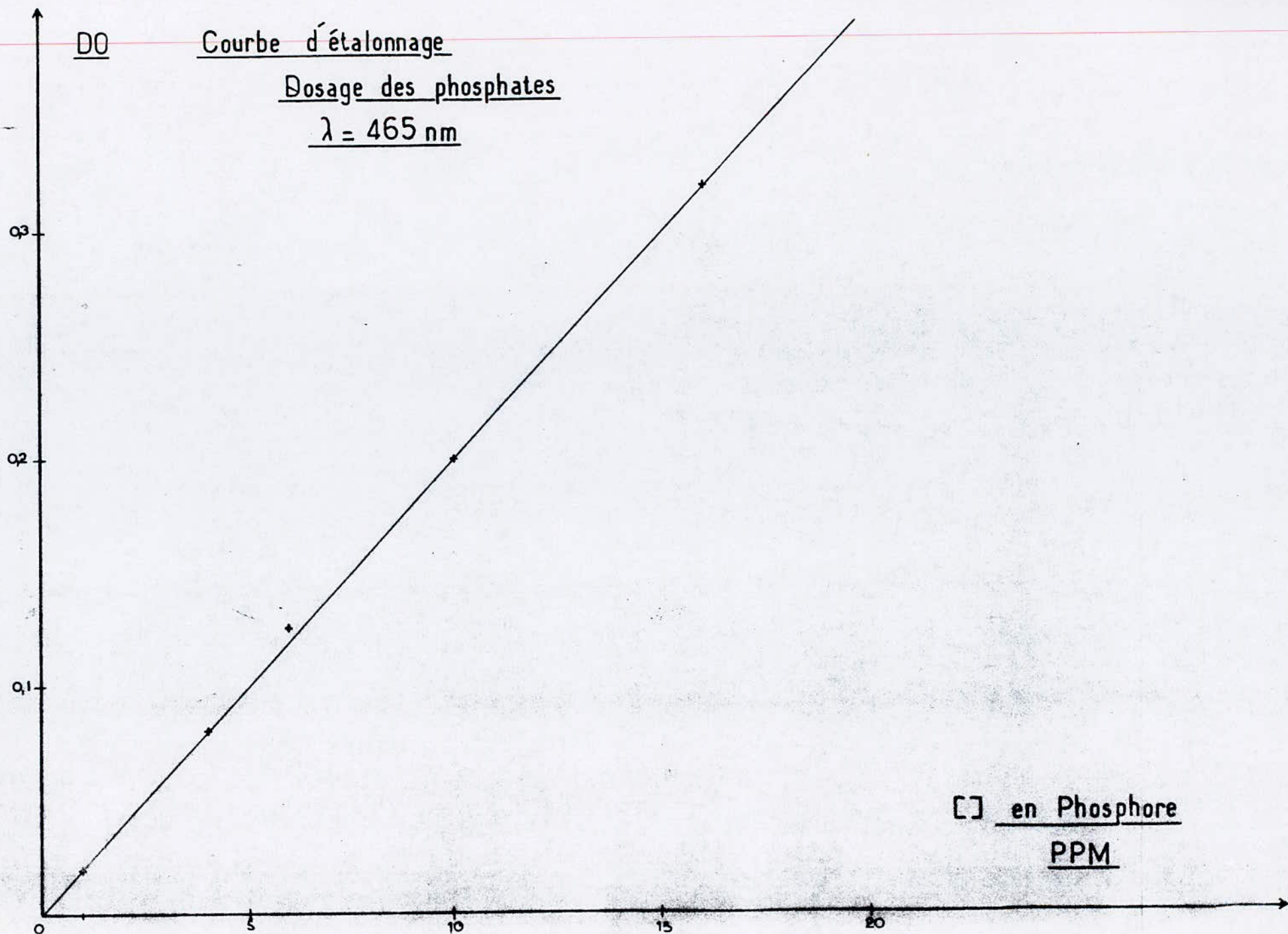


[] en NO_2^-
PPM

- FIGURE 7 -

DOCourbe d'étalonnageDosage des NO₃⁻ $\lambda = 415 \text{ nm}$ [] des NO₃⁻
en PPM

- FIGURE 8 -



- FIGURE 9 -

ANNEXE II
=====

TECHNIQUES D'ANALYSES
=====

NUCLEAIRES
=====

INTRODUCTIONS.

=====

Sur l'ensemble des techniques disponibles au CDTN (centre de développement des techniques nucléaires) pour le dosage d'éléments **entraces** on pourra citer :

La R B S (Rutherford Backscattring Spectrométry);

La P I X E (Particules Induced X-ray Emission);

X R F (X - Ray Fluorescence);

A A N (Analyse par Activation Neutroniques).

Pour notre part, on explicitera brièvement les méthodes utilisées pour nos analyses, XRF, AAN, PIXE.

On rappellera qu'il est délicat de comparer les sensibilités de ces différentes méthodes d'analyses, car celles-ci dépendent énormément de la matrice de l'échantillon à analyser, ces dernières seraient plutôt complémentaires.

I - ANALYSE PAR ACTIVATION NEUTRONIQUE :

=====

L'analyse par activation neutronique, est une technique de plus en plus utilisée pour le dosage d'éléments en traces dans différents domaines: géologie (roches, minerais), industrie (aciers, alliages), environnement (eaux, boues résiduares urbaines), agriculture (aliments fertilisants), Biologie (sang, tissus),.....

A/ GENERATEUR DE NEUTRONS : NEUTRONS RAPIDES *

=====

PRINCIPE

Cette technique consiste à irradier l'échantillon à analyser par un flux de neutrons, introduisant des transformations dans le noyau qui aboutissent à la formation d'un radioisotope.

En se désintégrant, les radioisotopes émettent des gamma caractéristiques dont le nombre est proportionnel à la masse de l'élément irradié.

La méthode d'analyses utilisée, est une méthode comparative, qui consiste à irradier et mesurer, dans les mêmes conditions expérimentales l'échantillon à analyser et un standard, renfermant une masse connue de l'élément à doser.

Au cours de chaque irradiation, on évalue la valeur relative du flux de neutrons grâce à un indicateur de flux (moniteur), qui est un échantillon de SiO₂ de très haute pureté (23).

ECHANTILLONS A ANALYSER

Les échantillons de boues, après l'opération de déshydratation à l'étuve (105°C) sont pulvérisés, puis pastillés au moyen d'une pastilleuse dont la pression maximale est de 20 tonnes, enfin introduites dans les capsules en polyéthylène de 24,4mm de diamètre et 11,2mm de profondeur.

IRRADIATION ET MESURE

Irradiation

Les capsules contenant les échantillons (ou moniteur) sont envoyées à la station d'irradiation à l'aide du transfert pneumatique.

Mesures

Les temps d'irradiations, de décroissance et de comptage des échantillons, sont choisis selon les périodes des éléments à doser.

Les activités gamma sont mesurées avec deux chaînes de détection comme c'est indiqué sur la (figure 10).

La chaîne de la voie moniteur comprend :

- un détecteur qui est un cristal d'iodure de sodium dopé au tellure;
- un préamplificateur ORTEC 113;
- un analyseur multicanal ORTEC 7150.

La chaîne de la voie échantillon (ou standard) comprend :

- un détecteur semi-conducteur de Germanium hyper-pur;
- un amplificateur CANBERRA 2021;
- un analyseur multicanal CANBERRA serie 35, relié à un micro-ordinateur où sont installés des programmes servant au traitement des spectres σ (23)

Des modèles des spectres σ des échantillons sont présentés dans les figures 11,12.

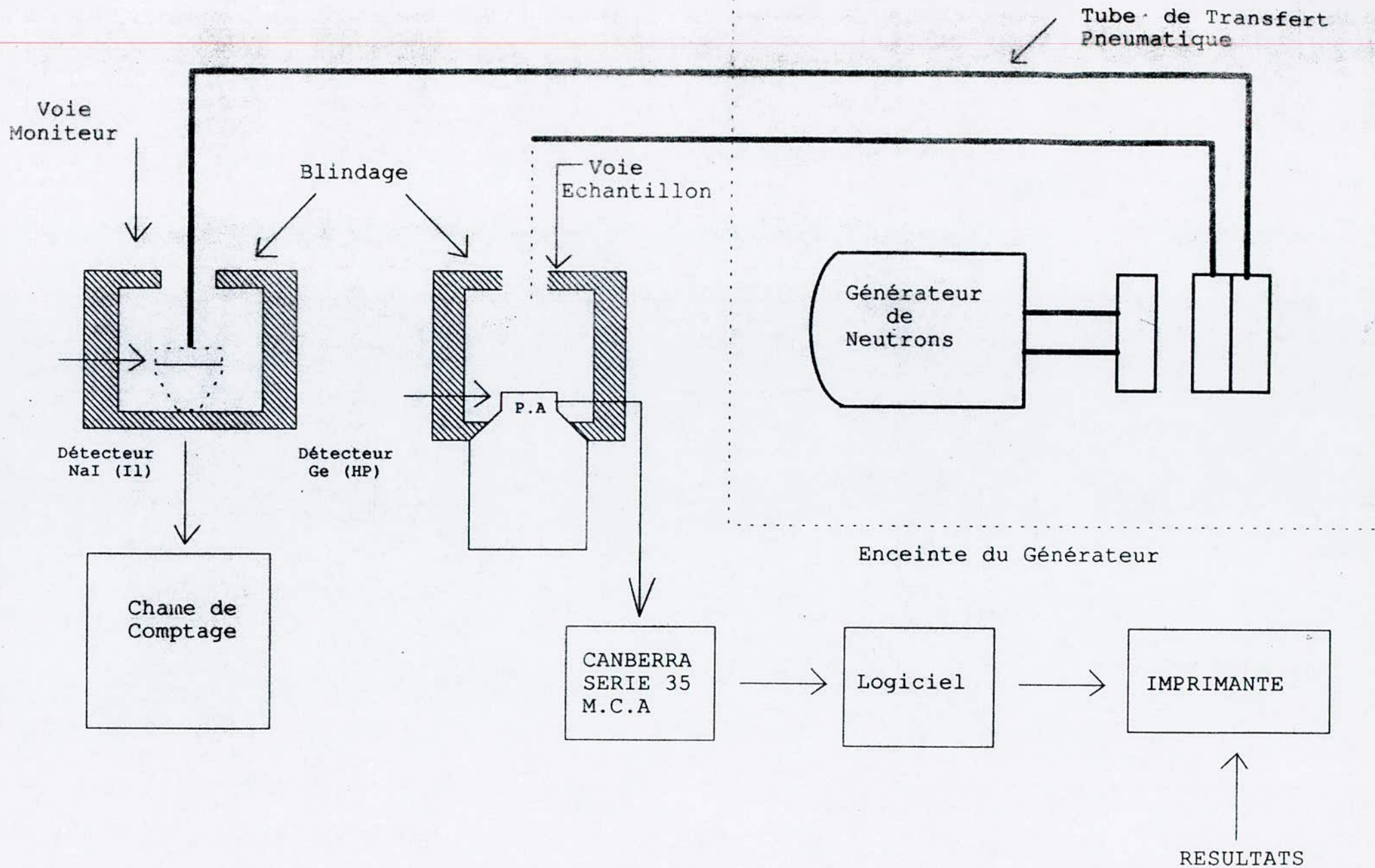


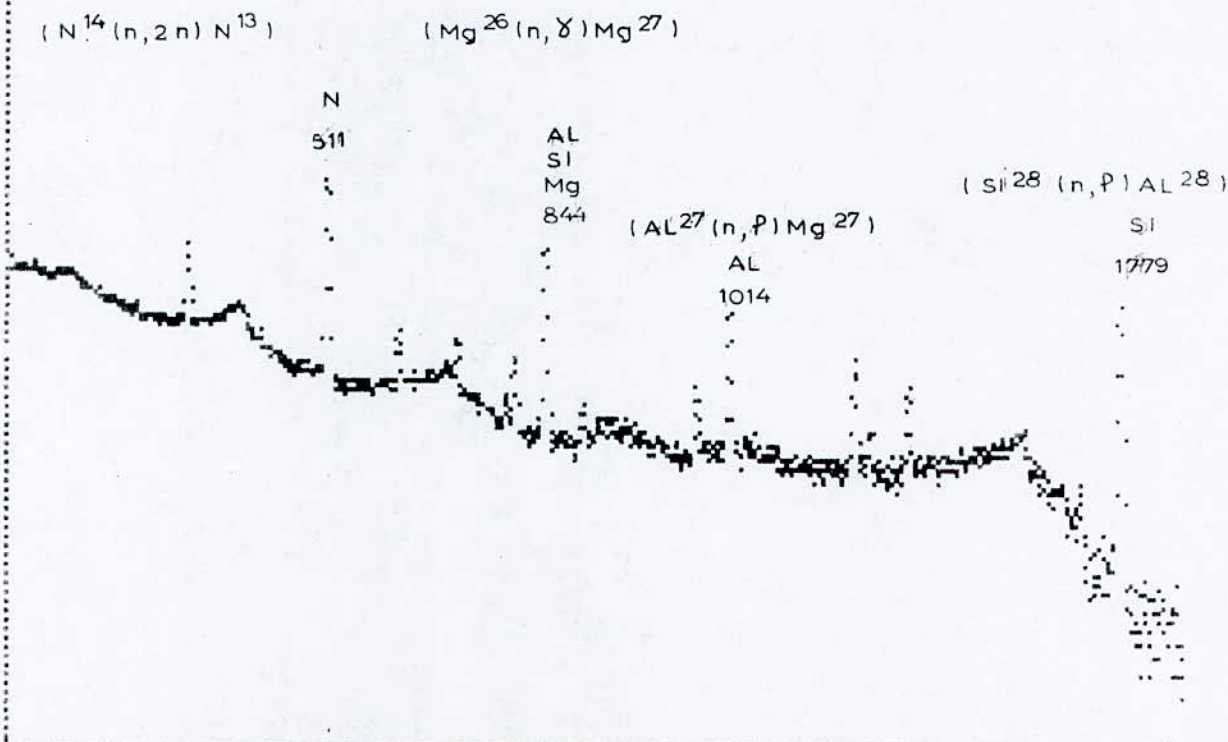
Figure 10 : Dispositif Experimental



DISPLAY ALL VERT=LOG

CURSOR CHANNEL= 0 COUNTS= 0

OMBRE
DE
COUPS



RUN I/O DIGTL PLOT 1
READY

ENERGIE

RT= 0001803.8 LT=0001800.0

COMMENTS: ANALYSE DES BOUES LIQUIDES (BL1)

DATE D'ANALYSE : MARDI 24 AVRIL 1991

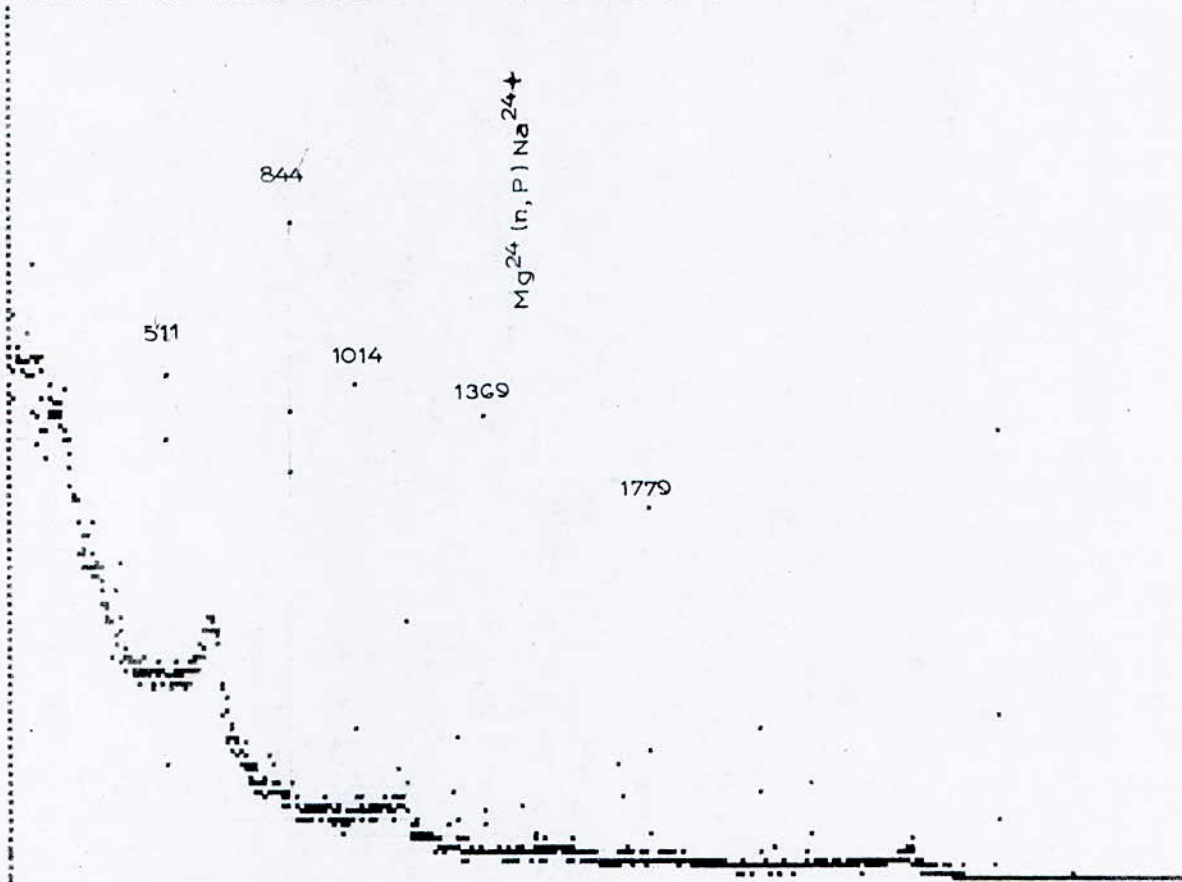
HEURE D'ANALYSE : 16h55

I/O

DISPLAY ALL VERT=2K

CURSOR CHANNEL= 0 COUNTS= 0

NOMBRE
DE
COUPS



RUN I/O DIGTL PLOT 1
READY

ENERGIE

* RT= 0001802.1 LT=0001800.0

* COMMENTS: SPECTRE DE LA BOUE SOLIDE 1

* DATE D'ANALYSE : 16 JUIN 1991

B/ REACTEUR NUCLEAIRE DE DRARIA : NEUTRONS THERMIQUES **
=====

Les réacteurs nucléaires sont actuellement les plus utilisés en analyse par activation neutronique, car on peut disposer de flux très intenses (jusqu'à 10^{15} neutrons /cm²/s).

Ce qui procure des sensibilités analytiques très grandes.

Les éléments peuvent être dosés à l'état de traces (de l'ordre du p.p.m ou de p.p.b).

* Neutrons rapides : énergie du neutrons est de 14 Mev.

** Neutrons thermiques : énergie du neutron inférieur à $\frac{1}{2}$ ev.

X R F
=====

- L'analyse par fluorescence des rayons x, est une méthode simple; rapide, appliquée pour l'analyse des éléments de numéro atomique moyen et élevé ($Z \geq 15$).
- La fluorescence x, permet de distinguer les éléments d'un même groupe. Elle est indifférente aux combinaisons chimiques, par contre la réponse varie souvent avec l'état physique de l'échantillon.
- La fluorescence par rayon X, trouve un large domaine d'application tels que l'industrie (contrôle des produits), la géologie (analyse des roches), la biologie, ou échantillons prélevés dans l'environnement l'analyse de traces de métaux lourds
- Cette méthode est relative, nécessite donc l'emploi d'échantillon de référence (26).

PRINCIPE
=====

L'échantillon à analyser est irradié par une source d'excitation : tube à rayon x, sources radioactives, qui excite les atomes des différents constituants provoquant ainsi l'émission de leur spectre de rayon x caractéristique dit spectre de fluorescence lors du retour à l'équilibre.

Chaque éléments possède un spectre caractéristique de rayons X qui permet de l'identifier (analyse qualitative). L'intensité d'une radiation x caractéristique d'un élément donné, est corrélée à la concentration (analyse quantitative).

PREPARATION DES ECHANTILLONS
=====

Les boues sont pulvérisées puis réduites en poudre, en effet on procéd comme suit :

- Séchage
- Mixage, broyage pour en avoir la même granulométrie

PRECISION DE LA XRF

=====

- Rendement de flux
 - la concentration
 - la section efficace
 - l'air + la fenêtre du béryllium (détecteur)
- On donnera le dispositif expérimental de ce procédé (figure 13),
et différents modèles des spectres des rayons x. (figure 14, 15,
16).

Echantillon

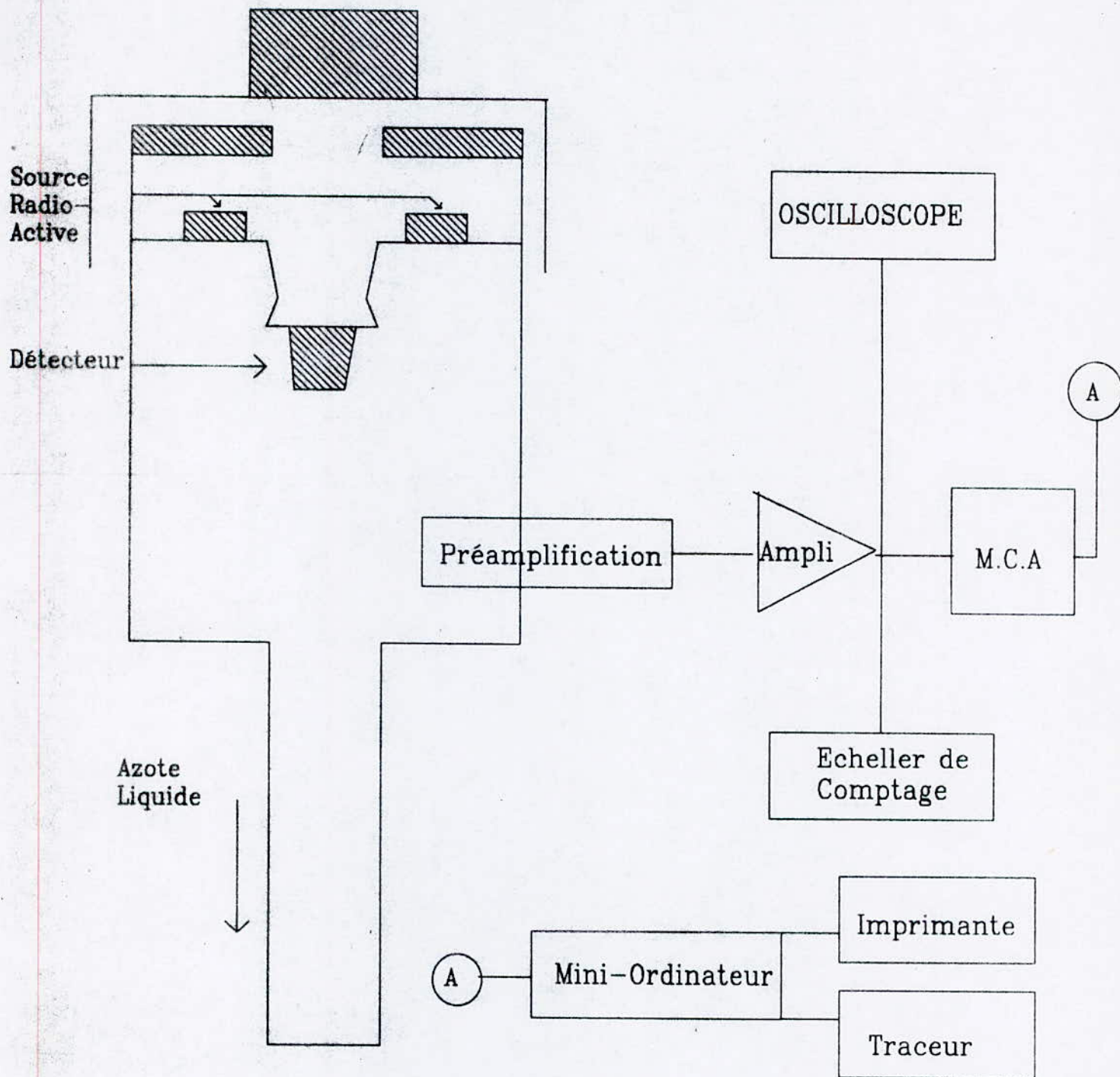


Figure 13 : DISPOSITIF EXPERIMENTAL

P I X E
=====

Une des techniques utilisée pour le dosage d'éléments lourds dans nos échantillons de boues est la PIXE (particules induced.X ray émission), dont le principe est l'émission x induite par particules chargées et qui est une méthode d'analyse élémentaire et de grande sensibilité.

La PIXE est une méthode appliquée dans de nombreux domaines (environnement, biologie, agriculture et métallurgie).

PRINCIPE :
=====

Le traitement analogique du signal qui provient de la détections des rayons X est effectué par une chaîne électronique qui est illustrée par le diagramme suivant (figure 17).

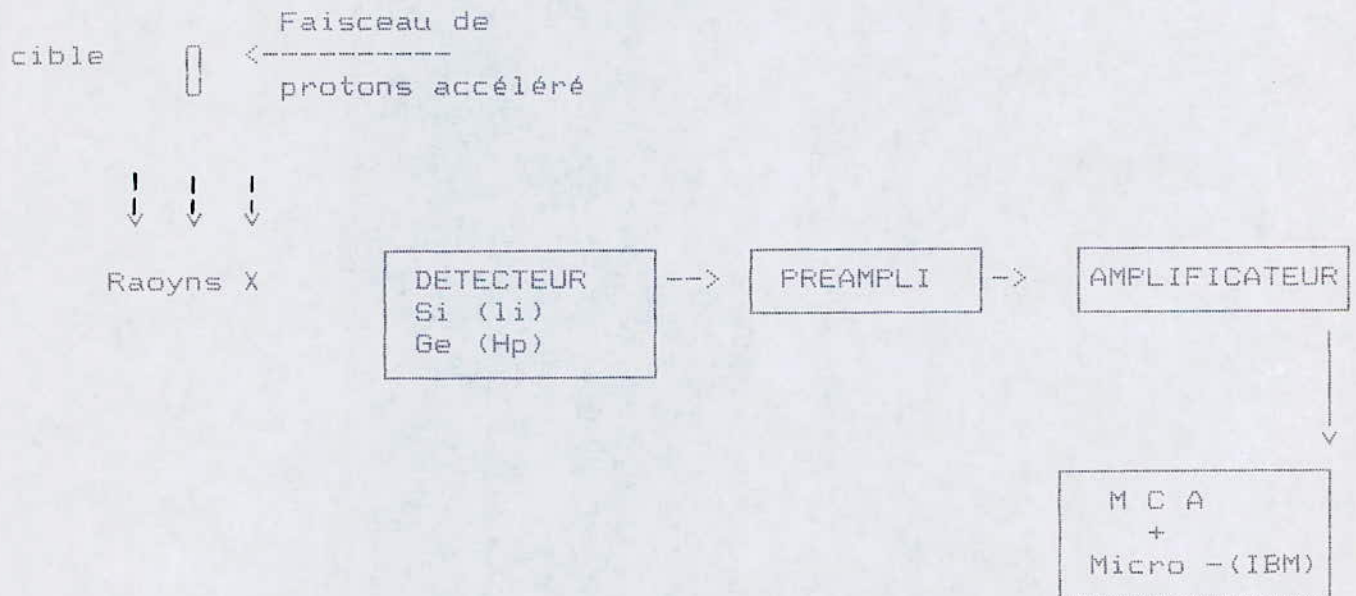


FIGURE 17. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Lors du bombardement d'une cible par un faisceau de protons accélérés, il y a émission de rayons X.

Une fraction de ces rayons interagissent avec le détecteur provoquant des variations de tension et leurs amplitudes sont proportionnelles aux énergies des particules détectées.

Ces impulsions sont amplifiées et accumulées selon leurs amplitudes dans les 1024 canaux d'un analyseur multicanal.

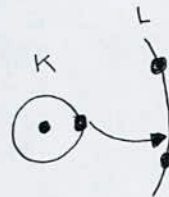
EMISSION DES X

=====

Il s'agit d'une interaction coulombienne proton-électron.



Interaction



passage de l'e- sur la couche L

————— E_f
————— E_i
 $\Delta E = E_f - E_i$

Lors du passage de l'e- excité de la couche K à la couche L, l'excès d'énergie sera émis sous forme de rayon X (énergie = ΔE) les rayons X émis sont caractéristiques pour chaque élément et chaque raie (32).

77- N N E X E I I I
=====

TABLEAU RECAPITULATIF DES ANALYSES
 =====
 PHYSICO - CHIMIQUES (PRELEVEMENTS 1, 2, 3)
 =====

		BOUES LIQUIDES			BOUES SOLIDES		
Paramètres	Unités	BL1	BL2	BL3	BS1	BS2	BS3
Humidité	%	88,221	92,113	90,344	54,437	55,877	56,579
P H	/	7,33	7,66	7,05	12,02	12,46	12,44
M S	%	11,695	7,678	10,522	45,563	44,123	43,421
MES	g/l	128,608	72,754	101,924	/	/	/
DCO	mg/g	102	195	125	155	95	185
COT	% de MS	27,771	19,065	34,440	13,960	15,144	18,903
TAC	meq/l	/	/	/	326,6	383	368
M V	%	30,837	36,201	48,474	37,3	39,6	42
N K	% de MS	2,274	2,003	2,712	1,329	1,366	1,795
NH4+	PPM	44	44,25	56	27	25	22,4
CIN	/	12,185	9,518	12,699	10,504	11,086	10,531
NO2-	PPM	0,17	0,275	0,06	0,055	0,375	0,175
NO3-	PPM	0,102	0,137	0,135	0,664	1,329	1,107
P	% de MS	1,2	1,25	1,28	0,9	0,99	0,765
PO4	% de MS	3,679	3,832	5,023	2,7594	3,0353	2,345

TENEURS DES ELEMENTS FERTILISANTS ANALYSES
=====

PAR A.A.N DANS LES DEUX TYPES DE BOUES ETUDIÉES

=====

ELEMENTS	UNITÉS	BS1	BS2	BS3	BL1	BL2	BL3
Na	PPM	41,64	47,19	21,58	34,75	39,92	38,56
K	PPM	1017 ± 40	1601 ± 30	2427,8 ± 40	558,31 ± 30	1747,5 ± 40	2497,65 ± 40
Ca	%	24,20 ± 7,63	22,02 ± 1,72	24,44 ± 1,94	22,36 ± 1,38	21,92 ± 2,04	14,76 ± 1,54
Mg	%	0,56 ± 0,10	2,90 ± 0,13	2,70 ± 0,12	2,27 ± 0,087	2,98 ± 0,15	2,80 ± 0,14
Cl	%	0,34 ± 0,03	0,290 ± 0,057	0,33 ± 0,05	0,450 ± 0,035	0,31 ± 0,04	1,025 ± 3,45

TENEURS EN MÉTAUX LOURDS ÉVALUÉES PAR AAN - XRF

(PRÉLEVEMENTS 1, 2, 3)

ÉLÉMENTS	UNI TÉS	NORME AFNOR	BS1	BS2	BS3	BL1	BL2	BL3
Al	%	/	2,63 ± 0,12	2,61 ± 0,13	2,76 ± 0,13	2,70 ± 0,12	2,85 ± 0,18	2,80 ± 0,17
Fe	%	/	2,71 ± 0,20	3,04 ± 0,14	2,72 ± 0,13	1,91 ± 0,08	2,64 ± 0,15	2,35 ± 0,11
Si	%	/	7,03 ± 0,30	8,61 ± 0,60	7,36 ± 0,37	7,6 ± 0,47	7,56 ± 0,43	7,81 ± 0,40
Ti	%	/	/	0,093 ± 0,018	0,1115 ± 0,012	/	/	0,1435 ± 0,02
Mn	PPM	500	/	214 ± 16	160 ± 12	/	/	217 ± 16
Cu	PPM	1500	/	143 ± 21	153 ± 17	/	/	97 ± 11
Zn	PPM	3000	/	241 ± 21	153 ± 17	/	/	344 ± 27
Sr	PPM	/	/	294 ± 21	308 ± 22	/	/	418 ± 26
Pb	PPM	300	/	175 ± 16	186 ± 18	/	/	224 ± 21
Ba	PPM	/	75,631	107,268	85,542	90,653	63,636	5,134
Au	PPM	/	6,575 x 10 ⁻⁴	1,1189 x 10 ⁻⁴	3,79 x 10 ⁻⁴	13,969 x 10 ⁻⁴	0,744 x 10 ⁻⁴	/
Sb	PPM	/	2,712	2,866	2,712	3,041	2,530	0,204
Ga	PPM	/	1,374	1,350	0,744	1,135	/	0,157
Br	PPM	/	8,193 x 10 ⁻⁴	/	5,758 x 10 ⁻⁴	1,362 x 10 ⁻⁴	7,947 x 10 ⁻²	2,329 x 10 ⁻⁶
Sc	PPM	/	1,560	2,108	1,878	2,514	1,930	0,136
Co	PPM	20	5,237	5,363	5,315	7,035	5,661	0,391
Eu	PPM	/	0,557	0,480	0,478	0,729	0,525	0,034
La	PPM	/	12,7 x 10 ⁻⁵	2,53 x 10 ⁻²	8,75 x 10 ⁻⁵	12,206 x 10 ⁻⁶	/	/

//
// \ E F E R E N C E S
=====ooo0ooo=====

B I B L I O G R A P H I Q U E S
=====ooo0ooo=====

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

=====

1°) RAMEL (c) - JANVIER 1986

" Valorisation agricole des boues liquides de stations d'épuration "

L'eau - Industrie - nuisance FP.55.59

2°) COLIN (f) 1980

" Connaissance actuelles en matières d'utilisation agricole des boues résiduaires urbaines" IRH NANCY

3°) ALEXANDRE (M)

" Valorisation agricole des boues d'origine urbaine"

Synthèse bibliographique

4°) ANONYME 1978

"Memento technique de l'eau" Degrement

5°) BENOIT PARENT

" La valorisation agricole des boues résiduaires par compostage

BP. 39 . 43

6°) G.MARTIN

" Epuration biologique des boues"

7°) G.MARTIN

Les boues

8°) D.ALEXANDRE (D) ; GEVANDAN (P) ; CHARREL (J), MALLET (M.N)

BLANCARD (A); GEVAUDAN (M.J) DECEMBRE 1975

" La désinfection des boues résiduaires urbaines"

Technique - Science et méthodes FP.547 - 555

9°) PARENT (B) OCTOBRE 1976

"Etude du compostage commun de boues résiduaires fraîches et d'ordures ménagères"

Technique - sciences et méthodes PP. 425 - 433

10°) ECKENFELDER (W.W)

" Gestion des eaux usées urbaines et industrielles3.

11°) ANONYME DECEMBRE 1986

" Les développements récents en traitement des boues "PP 569 - 622

*

**

12°) BENCHALAAL (K) - BENMOUFFOK (A)

"Essai de valorisation en agriculture des boues de stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines"

* Département Agronomie Générale I.N.A.

** Institut de Biologie Centre Universitaire de TIZI-OUZOU

13°) JUSTE (C), SOLDAP, 1977

" effet d'application massives de boues de stations d'épurations urbaines en monoculture de maïs"

BULL APES N°3 PP.147 - 157

14°) ANONYME

" Les boues d'épuration et leurs emplois en agriculture"

Note technique N°1 1983

Faculté des Sciences Agronomiques Gembloux

15°) POMMEL (B); TETART J.M 1976

" Incidence sur la nature des effluents des types des filières de traitement des eaux et des boues sur la valeur agronomique des boues "

16°) FOLLIQUET (J.M) 1978

" Les problèmes d'hygiène et de la santé publique liés à l'épandage
des stations d'épuration urbaine "
Cycle F.F 18 - 20.04.78 ENSAIS NANCY

17°) LAMARI (M) 1979

" Utilisation des boues résiduaires dans l'agriculture "
These D'ing Agro I.N.A d'Alger

18°) SAADI (N) - HAMMOUCHE CS / 1990

"Contribution à l'étude de la valorisation agricole des boues
résiduaires issues de la station d'épuration de BARAKI problèmes
liés à la présence des métaux lourds et des germes pathogènes"

Thèse d'ingénieur en génie biologie - UST HB.

19°) RODIER (J) 1984

" L'analyse de l'eau "

" Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer "

20°) LASSEE (c) 1985

"L'analyse des boues : analyses chimiques (A.F.E.E.)

21°) RODIER (J) 1978

" L'analyse de l'eau "

" Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer "

22°) CHARLOT (G) 1961

" Les méthodes de la chimie analytique : analyse quantitative "

23°) SEGHIR (M) 1988

" L'analyse par activation : dosage de l'azote dans les échantillons biologiques "

Thèse de Technicien Supérieur, CDTN (Centre de développement des techniques nucléaires).

24°) SRIKAR - CANDREAU - 1983

" Détermination of organic nitrogen by KJELDAHL digestion using hydrogen peroxyd "

J - Fd. Technical 18, PP 123 - 129

Cité par : MANSOURI (B) : 1989

" Essais de conservation de la farine de viande, étude biochimique et microbiologique "

Thèse de Technicien supérieur, CDTN (option bio technologie)

25°) BASSET (J) - DENNY (R.C) - JEFFERY (G.H) - MENDHAN (J).

Vogel's " text book of quantitative in organic Analysis "

Fourth edition, PP: 756 - 757

26°) TOUMERT (I) 1985 1986

" La méthode d'analyse par fluorescence X "

Mémoire du stage pratique. CDTN

27°) RAMEL (C) 1986

" La valorisation agricole des boues liquides de stations d'épuration "

L'eau, l'industrie, les nuisances N° 97 - PP 55 - 59

28°) LAKE (D.L) 1978

" Heavy metals in waste water and sludge treatment process : sludge to land " vol III

29°) BRAM ET LEFEVRE (1977)

" Aspects qualitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduaires des stations d'épuration "

Bulletin AFES N°3. PP 125 - 140

30°) POMMEL (B) - 1979

" Comparaison de l'utilisation par le maïs du phosphore des boues résiduaires, du phosphate monocalcique pour différents niveaux de zinc de fer dans le substrat "

Annales agr vol 30. N°5, PP 443 - 453

31°) MOREL (J-L) 1978

" Boues résiduaires et fertilisation phosphatée "

Phosphore et agriculture N° 73, PP 15 - 22

32°) BENAMAR (M.A - 1990

These de MAGISTER en génie nucléaire . FIXE.CDTN .

