

GUIDE DE LUTTE CONTRE LES MOUSSES BIOLOGIQUES STABLES

DANS LES STATIONS D'EPURATION
A BOUES ACTIVEES



GUIDE DE LUTTE CONTRE LES MOUSSES BIOLOGIQUES STABLES

**DANS LES STATIONS D'EPURATION
A BOUES ACTIVEES**

G.I.S. MOUSSES :

**CEMAGREF - A.R. - C.I.S.E.
LYONNAISE DES EAUX - DUMEZ
S.A.U.R. - S.D.E.I. - SOGEA**

PRINCIPAUX AUTEURS :

CEMAGREF	:	PH. DUCHENE - R. PUJOL
A.R.	:	M. PAYRAUDEAU
C.I.S.E.	:	N. HYVRARD
LYONNAISE DES EAUX - DUMEZ	:	M.P. HUMBEY
S.A.U.R.	:	M. CAPELLIER - A. LARIGAUDERIE
S.D.E.I.	:	L. BARILLOT - R. TURGIS
SOGEA	:	C. TROUSSELLE

Octobre 1993

SOMMAIRE

RESUME

SUMMARY

INTRODUCTION

I - LES MOUSSES

- I.1 - Typologie des mousses
- I.2 - Caractérisation précise des mousses biologiques
- I.3 - Situation du problème en France
 - I.3.1 - Recensement des cas
 - I.3.2 - Etude d'échantillons de mousses
 - I.3.3 - Comparaison des résultats de notre enquête à ceux de la bibliographie
- I.4 - Origine et mécanismes du phénomène
 - I.4.1 - Approche écophysiologique
 - I.4.2 - Mécanisme du moussage et facteurs favorables

II - LES RESULTATS DE TERRAIN

- II.1 - Synthèse des résultats
- II.2 - Essais : zone de contact
 - II.2.1 - Caractéristiques des stations
 - II.2.2 - Conditions de fonctionnement avant expérimentation
 - II.2.3 - Caractérisation des zones de contact
 - II.2.4 - Résultats obtenus
 - II.2.5 - Commentaires
- II.3 - Essais : additifs chimiques
 - II.3.1 - Caractéristiques des stations
 - II.3.2 - Conditions de fonctionnement avant expérimentation
 - II.3.3 - Caractérisation des traitements chimiques
 - II.3.4 - Efficacité des traitements chimiques
 - II.3.5 - Commentaires
- II.4 - Essais : activateurs biologiques
 - II.4.1 - Les stations
 - II.4.2 - Les traitements
 - II.4.3 - Efficacité des traitements
- II.5 - Essais : chloration
 - II.5.1 - Caractéristiques des stations
 - II.5.2 - Conditions de fonctionnement avant expérimentation
 - II.5.3 - Caractérisation de la chloration
 - II.5.4 - Commentaires

III - LES MOYENS D'ACTION

- III.1 - Les facteurs favorables aux mousses biologiques stables
- III.2 - Les recommandations pour une exploitation antimousses
- III.3 - La démarche à suivre

BIBLIOGRAPHIE CITEE

- ANNEXES :**
- 1 - Fiche pratique zone de contact
 - 2 - Fiche pratique chloration
 - 3 - Fiche pratique âge de boue et Nocardioformes
 - 4 - Procédures utilisées pour les colorations
 - 5 - Planches photos (1,2, 3)

RÉSUMÉ

Devant le développement des problèmes d'exploitation liés à la formation des mousses biologiques sur les stations de boues activées un Groupement d'Intérêt Scientifique le G.I.S. MOUSSES a été créé. Son objectif était d'approfondir les connaissances théoriques sur le phénomène de moussage, d'effectuer des essais sur site pour aboutir à la conception d'un document d'aide à l'exploitation des stations.

Les mousses biologiques stables se définissent comme étant des amas de flottants très stables, bruns visqueux et épais se développant à la surface des bassins et des clarificateurs et dont l'examen microscopique révèle la présence de micro-organismes filamenteux.

L'identification des micro-organismes filamenteux est la première étape dans la caractérisation du phénomène de moussage. Les principaux germes sont :

- *Microthrix parvicella*
- Nocardioformes
- Type 0675
- Type 0092

Une enquête réalisée en France auprès des SATESE montre que les cas de moussage biologique se développent le plus souvent dans les boues activées d'aération prolongée. On a dénombré 1 192 installations sujettes au moussage sur les 6 013 stations recensées lors de l'enquête. Le moussage apparaît de façon cyclique ou survient plusieurs fois dans 50 % des cas; on note aussi un caractère saisonnier du phénomène (hiver - printemps).

Les résultats de l'enquête réalisée en France, comparés avec ceux effectués en Afrique du Sud (37 stations), montrent une concordance pour *Microthrix p.* et *Nocardia sp* qui arrivent respectivement en 1er et 3ème rang. La présence des types 0092 et 0675 semble plus surprenante compte tenu de leur moindre hydrophobicité comparé aux micro-organismes cités précédemment.

L'étude écophysiologique des principaux germes responsables du moussage permet de mettre en évidence les facteurs favorisant le moussage :

- l'âge des boues

La limitation des extractions de boues dans les stations à boues activées augmente l'âge des boues favorisant ainsi le développement des micro-organismes à taux de croissance faible, entre autres, les germes responsables du moussage.

On notera que l'âge de boues des flottants, du fait de leur persistance sur les installations peut être beaucoup plus élevé que l'âge des boues de la liqueur mixte

- la carence en substrat
- l'environnement favorable

Les situations susceptibles d'engendrer une fermentation pouvant libérer des acides gras volatils, substrats préférentiels des filaments des mousses, entraînera leur développement (accumulation de flottants, zone morte dans les bassins d'aération, etc.).

- la nature des eaux à traiter

Tout apport significatif de substrats lipidiques ou septiques, de tensio actifs amènera un développement des filaments responsables du moussage (retour du traitement des boues ...).

Compte tenu de ces éléments, il va de soi que la lutte contre le phénomène de moussage passe en tout premier lieu par une bonne exploitation de la station d'épuration afin de limiter au maximum les facteurs favorables aux germes responsables des mousses biologiques.

Cette optimisation dénommée dans le présent document "exploitation anti-mousse" peut être suffisante dans de nombreux cas. Les cas de moussage ainsi traités ne font pas l'objet de comptes rendus détaillés en raison de leur grande diversité.

Les traitements mis en oeuvre sur les stations dans le cadre du G.I.S. MOUSSES ont été :

- la chloration
- l'ajout de réactifs chimiques
- l'ajout de produits biologiques
- la mise en place de zone de contact.

Les différents essais réalisés (40) ont permis d'aboutir aux conclusions suivantes.

La chloration est le traitement le plus efficace. D'action rapide, elle doit cependant être renouvelée régulièrement tant que la cause biologique du phénomène de moussage n'a pas été éliminée.

L'ajout de réactifs chimiques (anti-mousse, coagulant) est aussi un moyen efficace de lutte contre les mousses, mais ce type de traitement doit être maintenu en permanence.

L'utilisation d'additifs biologiques est d'une faible efficacité.

La mise en place d'une zone de contact permet de modifier le type de fonctionnement biologique. Ce traitement est donc fortement indiqué lorsque le moussage est dû à une charge massique trop faible, mais il faut attendre d'avoir modifié la nature de la biomasse (2 fois l'âge de boues) pour atteindre des résultats notables.

Le coût du traitement est modéré pour la chloration (0,02 à 0,47 F/m³ d'eau traitée), du même ordre pour l'ajout de réactif chimique mais beaucoup plus onéreux pour les additifs biologiques. La mise en place de la zone de contact induit des coûts d'investissement, mais son coût de fonctionnement est faible.

La chloration et les additifs chimiques permettent de faire face à des situations de crise ou peuvent être utilisés en complément d'une "exploitation anti-mousse".

La zone de contact est une solution curative notamment lorsque les facteurs induisant ou favorisant le moussage ne peuvent être complètement éliminés.

SUMMARY

Faced with the increase of managerial problems connected to the development of biological foam in activated sludge plants, a Scientific Interest Group : G.I.S. MOUSSES was created. Its aim was to develop in depth some theoretical knowledge concerning foaming, to carry out some tests on site, so as to produce a leaflet to assist the management of the plant.

Stable biological foam is defined as being stable floating heaps, thick brown and viscous, developing on the surface of the aerated basins and on the clarifier, and revealing under microscope examination, the presence of filamentous micro-organisms.

The identification of the filamentous micro-organisms is the first step in the characterization of foaming.

The main germs are :

Microthrix parvicella

Nocardioformes

Type 0675

Type 0092

An investigation carried out in FRANCE at the local water authorities (SATESE), shows that biological foaming is found most often in extended aeration.

Out of 6013 plants checked during the investigation, we counted 1192 plants prone to foaming.

In 50% of the cases, foaming occurs in a cyclic fashion or appears several times. We notice that the phenomena has a seasonal characteristic. (winter, spring)

The results of the French investigation compared to those carried out in South Africa show a similarity for *Microthrix p.* et *Nocardia sp.* which come respectively in the first and third rank. Taking into account their lower hydrophobicity, the presence of Type 0675 and Type 0092 is more surprising.

The ecophysiological study of the main germs responsible for foaming, brings out the factors which encourage foaming.

- the sludge age

The restricted extraction of sludge in the activated sludge process increases the sludge age thus encouraging the development of micro-organisms with a low growth rate, amongst which we find the germs responsible for foaming.

If we take into account the persistency of floating sludge, we notice that this type of sludge is older than the sludge of the mixed liquor.

- the lack of substrate
- fermenting environment

All causes susceptible to generate fermentation, which is able to free fatty acids (preferential substrat for foam filaments) will provoke the development of these filaments (accumulation of floating sludge, dead zone in the activated basin ...).

- the nature of the water to be treated

All significant contribution by lipidic or septic substrate or tensio-active substances from detergents will cause the development of foaming germs (return from the sludge treatment ...).

If we take into account these elements, it goes without saying that a good management of the treatment plant takes first place in the fight against foaming, so as to reduce the factors which encourage the growth of foaming germs.

This optimization named in the present leafset "anti-foam management" can perhaps be sufficient for most cases. The huge variety of foaming problems which can be eliminated in this way , are not mentioned in detailed report.

The treatment used at the plants followed by G.I.S. MOUSSES were :

- chlorination
- addition of the chemicals
- biological products
- installation of "contact zone"

The different tests carried out (40) have allowed us to draw the following conclusions :

Chlorination is the most efficient treatment. Nevertheless, and although it works quickly, it must be renewed regularly up until the biological cause of foaming is eliminated.

The addition of chemicals (anti-foaming, coagulant) is also an efficient way of fighting against foam, but this treatment must be permanent.

The addition of biological products is not very efficient.

The installation of a "contact zone" modifies the type of biological operation. This treatment is stongly recommended when foaming is due to a very low mass load but in order to achieve notable results, the biomass has to be renewed entirely (2 times the age of the sludge).

The cost of the treatment is not excessive for chlorination, (0.02 à 0.47 F/m³ of treated water) nor for the addition of chemical, but it is much more expensive for biological additives. The installation of a contact zone demands some investment, but the running cost is low.

Chlorination and chemicals allow us to face critical situations and can be used to complement an “anti-foam” management.

The “contact zone” is a curative solution, notably when the factors which encourage and provoke the foaming cannot be completely eliminated.

INTRODUCTION

Parmi les problèmes les plus difficiles à résoudre sur les stations d'épuration à boues activées, les problèmes d'ordre biologique occupent une place prépondérante. Les connaissances permettant la compréhension des phénomènes ont longtemps fait défaut, ce qui a conduit fréquemment à des essais de solutions plus ou moins empiriques et n'a pas permis d'avancées notables.

Les mousses biologiques qui touchent les boues activées impliquent un surcoût d'exploitation (débouchage des canalisations de retour en tête des flottants - nettoyage des débordements - recyclage d'eaux excessif - recyclage de quantités élevées de flottants), constituent un facteur de démotivation des exploitants et conduisent à une dégradation de la qualité de l'effluent épuré.

L'accroissement perceptible du nombre de cas de moussage ces dernières années et l'analogie avec les problèmes de bulking pour lesquels une progression considérable des connaissances a résulté de l'utilisation au niveau mondial de la classification des microorganismes filamenteux établie par EIKELBOOM ont conduit le CEMAGREF à proposer aux grandes sociétés françaises spécialisées en exploitation de stations d'épuration :

- Compagnie Générale des Eaux - C.G.E. (Anjou Recherche),
- Compagnie Internationale de Services et d'Environnement - C.I.S.E.,
- Société Lyonnaise des Eaux - Dumez - L.E. DUMEZ,
- Société d'Aménagement Urbain et Rural - S.A.U.R.,
- Société de Distributions d'Eau Intercommunales - S.D.E.I.
- Société SOGEA - SOGEA,

de s'associer afin de faire progresser la lutte contre les mousses biologiques.

Un Groupement d'Intérêt Scientifique : le G.I.S. MOUSSES rassemblant tous ces partenaires a donc été créé en 1989 avec le double objectif de produire le présent document et de contribuer à la reconnaissance internationale de la technicité française en matière d'exploitation de stations d'épuration.

Des connaissances complémentaires ont donc été accumulées grâce aux travaux du G.I.S. MOUSSES qui a expérimenté des moyens de lutte sur une cinquantaine de stations d'épuration.

Le travail du CEMAGREF, s'appliquant sur le terrain à des stations exploitées en régie directe, a été mené grâce au soutien financier du Fonds National pour le Développement de l'Adduction d'Eau (F.N.D.A.E.) tandis que les sociétés privées travaillaient sur leurs propres ressources.

Ce guide de lutte contre les mousses biologiques stables fait la synthèse des connaissances ainsi acquises. Il devrait permettre de contrôler, voire de prévenir, ce type de problème dans une grande majorité de cas, dès lors que les équipements ou les moyens d'exploitation ne resteraient pas un facteur trop limitant.

CHAPITRE I

LES MOUSSES

I.1. - TYPOLOGIE DES MOUSSES (cf Annexe 5, planche 1)

Les stations d'épuration par boues activées sont sujettes à différents types de moussage qu'il convient de définir pour éviter toute confusion en la matière :

- mousses de démarrage,
- mousses à tensio - actifs,
- mousses de dénitrification,
- mousses biologiques stables.

MOUSSES DE DEMARRAGE :

Elles se développent rapidement dès la mise en service de la station d'épuration, elles sont habituellement blanchâtres et légères. Elles disparaissent lorsque la boue activée arrive à maturité. La dégradation partielle de la matière organique, notamment de composés tensio - actifs, explique ce phénomène transitoire (JENKINS, 1986).

MOUSSES A TENSIO - ACTIFS :

L'utilisation massive de détergents, même biodégradables, les apports importants de matière organique colloïdale (sang, ...) ou d'hydrocarbures sont susceptibles d'engendrer un moussage en surface des bassins assurant le traitement. S'il s'agit d'apports ponctuels, le phénomène peut être limité dans le temps, mais il peut aussi perdurer et provoquer à terme l'apparition de mousses biologiques stables.

MOUSSES DE DENITRIFICATION :

La transformation de l'azote ammoniacal en nitrates est possible dans les stations d'épuration à boues activées fonctionnant dans le domaine des faibles charges massiques. La présence de nitrates dans les boues en phase de décantation est fréquemment à l'origine de l'amorce d'un phénomène de dénitrification. Cela se traduit par la libération de microbulles d'azote qui abaissent la densité apparente des boues et favorisent leur flottation, en particulier dans le décanteur secondaire. Les flottants qui en résultent sont généralement instables, rabattables au jet (ou par la pluie). L'optimisation des paramètres de fonctionnement de la station (aération, recirculation, ...) permet de faire cesser ces phénomènes à condition que le dispositif d'aération puisse être arrêté pendant une durée totale journalière de l'ordre de 8 à 10 h, dans le cas d'effluents domestiques (DUCHENE, 1990)

MOUSSES BIOLOGIQUES STABLES :

Les mousses biologiques forment des amas de flottants très stables en surface des bassins assurant le traitement. Elles sont visqueuses, épaisses, le plus souvent de couleur marron clair à foncé. Le fonctionnement des aérateurs ne les détruit pas, elles sont repoussées sur les côtés du bassin puis elles reforment rapidement un tapis de flottants en absence d'agitation. Dans les bassins de stabilisation aérobie, elles stagnent en surface, voire se concentrent sans que l'on observe de réduction notable de leur volume en fonction du temps.

Cette première caractérisation visuelle (macroscopique) du phénomène n'est cependant pas suffisante pour entreprendre une action rationnelle quant à l'élimination de ces mousses. Elle doit être complétée par une observation microscopique.

Ce document est exclusivement consacré à ce type de mousses.

I.2. - CARACTERISATION PRÉCISE DES MOUSSES BIOLOGIQUES

On parle de mousses biologiques stables lorsque l'examen microscopique d'un échantillon de mousses révèle la présence en grand nombre de certains microorganismes filamenteux. En règle générale la densité de ces germes est plus élevée dans les échantillons de mousses que dans ceux prélevés directement dans les boues.

Les mousses biologiques peuvent donc se définir par un système à trois composantes :

MOUSSES BIOLOGIQUES

=

microorganismes filamenteux (types particuliers)

+ bulles d'air

+ particules de boues.

Cette "équation" étant posée, on s'aperçoit que la solution du problème passe inéluctablement par la limitation de la croissance filamenteuse. En effet, il paraît difficile de supprimer les boues du bassin d'aération ou d'éviter la formation de bulles dans la mesure où l'apport d'oxygène de l'air est une condition indispensable au bon fonctionnement de la station d'épuration.

L'identification précise des germes filamenteux représente une étape essentielle dans la caractérisation du phénomène.

Dans ce domaine, des progrès certains ont été réalisés au cours des dernières années, notamment par EIKELBOOM (1983) et JENKINS (1986) qui ont mis au point des clés de détermination basées sur l'observation de critères morphologiques.

On dénombre dans les boues activées une vingtaine de types de filaments susceptibles de se développer.

Tous ces filaments ne sont pas responsables de moussage, mais malheureusement la plupart sont en mesure de provoquer des difficultés de décantation (foisonnement des boues) qui limitent les potentialités hydrauliques des stations d'épuration.

En fait, les travaux de reconnaissance effectués notamment au CEMAGREF (PUJOL et al 1991) permettent de préciser les types et les caractéristiques des germes dominants dans les mousses biologiques, à savoir (cf. planche n° 2) :

- ***Microthrix parvicella*** : filament fin (largeur du trichome⁽¹⁾ de 0,5 à 0,8 µm), de grande longueur (> 200 µm), souple, trichome sans adhérence dont la membrane est parfois visible - réaction Neisser positive (voir annexe) et Gram granules positifs. Les filaments sont observables dans un même plan (adhésion à la lamelle).

- **Nocardioformes** : Germes caractérisés par des ramifications nombreuses et courtes - longueur < 100 µm - largeur du trichome (1 à 2 µm). Plusieurs types ont été décrits dans la littérature : *Nocardia spp.* pour les plus connus mais aussi *Rhodococcus spp.*. L'observation des seuls critères morphologiques ne permet pas d'affiner l'identification de ces diverses formes. Les filaments sont le plus souvent visibles dans un plan unique : réaction Neisser plutôt positive, Gram positif.

- **type 0675** : Filament fin (longueur < 200 µm), peu souple, cellules rectangulaires visibles dans le trichome gainé (à un grossissement de 500X en contraste de phase), adhérences fixées au trichome souvent présentes. Réactions Neisser positive et Gram négatif. Les filaments ne sont pas toujours situés dans le même plan.

- **type 0092** : Filament de forme variable (plutôt rigide) assez court (100 à 150 µm) et fin. Les cellules de forme rectangulaire (0,6 x 1,5 µm) sont difficiles à voir - Test Neisser positif : filament coloré en bleu-gris, Gram négatif.

Les deux critères communs à l'ensemble des filaments dominant les mousses sont :

- la réaction positive au test de Neisser (mise en évidence des polyphosphates sous forme de granulations bleues dans les filaments) ;
- l'adhérence des filaments à la lamelle d'observation qui donne une vision nette (le plus souvent) dans un même plan et qui caractérise leur état d'hydrophobie. Ce critère ne s'applique pas souvent pour le type 0092.

(1) Trichome : nom donné à la succession de cellules caractéristiques des microorganismes filamenteux.

Microthrix p. et le type 0675 sont bien sûr fréquemment présents dans les mousses mais se développent aussi dans les boues où ils génèrent parfois de sévères foisonnements.

Quant aux Nocardioformes, leur morphologie n'a guère d'influence sur la décantabilité des boues et ces germes ont habituellement une répartition spatiale très hétérogène dans les boues.

D'autres filaments sont parfois identifiables en association avec les mousses mais on ne peut les considérer comme spécifiques du moussage.

Cette étape de caractérisation du phénomène est un préalable indispensable à toute modalité d'action ultérieure. Comme dans la lutte contre le foisonnement, l'identification précise des germes associée à une connaissance de leur écophysiologie demeure fondamentale dans le choix et l'application de solutions adaptées.

I.3. - SITUATION DU PROBLEME EN FRANCE

I.3.1.- Recensement des cas :

Un recensement des cas de moussage a été réalisé pour apprécier l'ampleur du phénomène en France. A cet effet, un questionnaire détaillé a été adressé aux SATESE⁽²⁾ des différents départements (SCHETRITE, 1989).

Le taux de réponse a atteint 88 % (79 sur 90 lettres envoyées). Le nombre de stations prises en compte dans l'enquête est de 6013, soit 75 % du parc français.

Au total, on dénombre 1192 installations sujettes au moussage, soit près d'une station sur cinq de l'échantillon testé. Ce chiffre est à comparer à celui enregistré lors d'une précédente enquête relative au foisonnement, une station sur quatre était alors concernée (PUJOL, CANLER, 1989). Ces deux problèmes biologiques pouvant avoir des causes similaires, il en résulte que foisonnement et mousses se conjuguent fréquemment sur la même station.

Le dépouillement du questionnaire révèle que les mousses apparaissent de façon préférentielle dans les boues activées en aération prolongée (87 % des cas de moussage). Cette technique est la plus utilisée (environ 90 % du nombre de stations à boues activées en France).

Les proportions de stations pour chaque catégorie de charge ne sont pas connues, il apparaît toutefois qu'en nombre de cas à résoudre, le problème se situe majoritairement sur les installations en aération prolongée.

La capacité de traitement, la situation géographique n'ont pas d'incidence sur les résultats.

Le phénomène paraît cyclique ou répétitif dans 50 % des cas de moussage, le caractère saisonnier étant plutôt marqué en hiver et au printemps.

Les résultats de ce recensement comparés aux observations de WAGNER (1982) en Allemagne, CHAMBERS and TOMLINSON (1982) en Angleterre, JENKINS (1986) aux Etats Unis, BLACKBEARD (1986) en Afrique du Sud, BLACKALL et al (1989) en Australie, confirment que les mousses biologiques sont un problème majeur dans la plupart des pays équipés de stations d'épuration à boues activées.

(2) SATESE : Service d'Assistance Technique aux Exploitants de Stations d'Epuraton

I.3.2.- Etude d'échantillons de mousses :

Dans le cadre du G.I.S. MOUSSES, des échantillons provenant de 58 stations d'épuration ont fait l'objet d'observations microscopiques afin de déterminer les principaux filaments, les résultats sont regroupés ci-après :

Tableau 1 : Filaments dominants dans les mousses

Filament	Nombre de cas	Pourcentage total	Classement par rang
<i>Microthrix parvicella</i>	32	55	1
type 0675	15	26	2
Nocardioformes	8	14	3
type 0092	3	5	4

Les filaments de type *Microthrix p.* et type 0675 occupent les deux premières places dans le classement par rang, les Nocardioformes ne représentant que 14 % des cas, et le type 0092 seulement 5 %.

Tableau 2 : Filaments associés

Filament	Nombre de cas
type 0041	29
type 021 N	3
<i>Thiothrix</i>	3

Pour ce qui concerne les filaments associés, le type 0041 est fréquemment observé. Sa densité est habituellement plus forte dans les boues que dans les mousses. Il induit des foisonnements intenses. En France, c'est le filament le plus fréquent dans les stations d'épuration à boues activées en aération prolongée. Les causes de son développement sont à rapprocher de carences nutritionnelles dans les boues, (C, N, P, O₂ ...) auxquelles il est possible de remédier par mise en place d'une zone de contact (PUJOL, 1987, 1989).

Pour les filaments *Thiothrix* et type 021 N identifiés sur quelques échantillons de mousses, leur présence peut être mise en relation avec un état de fermentation plus ou moins prononcé, ou avec un déséquilibre marqué en nutriments dans ce milieu particulier que constituent les mousses stables séjournant parfois longtemps en surface des bassins.

I.3.3.- Comparaison des résultats de notre enquête à ceux de la bibliographie :

A ce jour, peu d'enquêtes détaillées ont été effectuées sur le phénomène de moussage.

Néanmoins, une comparaison peut être établie avec les résultats d'Afrique du Sud (BLACKBEARD, 1988) : les données portent sur 37 stations d'épuration pour lesquelles les mousses ont fait l'objet d'examen microscopique systématique. Ces résultats ont été croisés avec ceux de l'enquête du G.I.S.

Le tableau ci-après a pu ensuite être dressé en ne retenant des données de BLACKBEARD que les filaments que nous considérons responsables des mousses.

Tableau 3 : Comparaison des données France - Afrique du Sud

Filament dominant dans les mousses	Rang occupé	
	FRANCE	AFRIQUE DU SUD
<i>Microthrix parvicella</i>	1	1
type 0675	2	7
<i>Nocardia sp.</i>	3	3
type 0092	4	1
Nombre de stations	58	37

La première place de *Microthrix parvicella* en fait le principal responsable des cas de moussage. Les résultats sont également très proches pour les actinomycètes (*Nocardia sp.*) classés troisièmes.

La présence des types 0092 ou 0675 (constatée dans les deux enquêtes) est plus surprenante. Ces deux derniers filaments apparaissent moins hydrophobes que les filaments bien typés des mousses stables (*Microthrix p.* et les actinomycètes). Le critère d'adhérence à la lamelle d'observation est moins caractéristique.

Les écarts de rang relatifs aux types 0675 et 0092 montrent peut-être les limites des critères d'observation basés principalement sur la morphologie.

I.4. - ORIGINE ET MECANISMES DU PHENOMENE

Comme le montrent SODDELL et SEVIOUR (1990), le phénomène du moussage est un problème biologique complexe mettant en jeu des bactéries ou des microorganismes qui ont des interactions multiples (et partiellement connues) avec le milieu environnant.

Par ailleurs l'empirisme est souvent la règle dans le choix des moyens d'action et les résultats restent aléatoires face à une connaissance incomplète des mécanismes biologiques. Il importe donc de faire un point détaillé sur les enseignements disponibles à ce jour sur ce problème en insistant notamment sur les aspects écophysiologiques qui déterminent le comportement et la croissance des populations bactériennes.

I.4.1.- Approche écophysiologique :

Sont présentées ci-après les données disponibles et validées se rapportant aux principaux microorganismes filamenteux responsables du moussage, à savoir : les Nocardioformes et *Microthrix parvicella*, qui sont le plus souvent mis en cause.

Nocardioformes

Parmi les actinomycètes responsables du moussage, *Nocardia spp* et *Rhodococcus spp* ont plus particulièrement été étudiés (LECHEVALIER et al, 1977; LEMMER, 1986; LEMMER et KROPPESTEDT, 1984). Il ressort de ces différents travaux que ces microorganismes ont des taux de croissance assez faibles, influencés par le pH du milieu (optimum entre 7 et 8, SAKAI, 1983) et la température. En conséquence leur développement nécessite un âge de culture assez élevé : c'est le cas notamment de boues activées en aération prolongée ou des flottants en surface des bassins.

Ils supportent des carences en N ou P et utilisent plutôt comme source de carbone des acides gras à courte chaîne.

Ces actinomycètes sont considérés comme des germes aérobies stricts, ils ne peuvent donc pas se développer en milieu privé d'oxygène. BLACKALL et al, 1986 précisent même que *Nocardia sp* a un développement inhibé en milieu anoxique (pas d'oxygène, nitrates présents).

Paradoxalement, de courtes périodes en anoxie ou en anaérobiose stimulent la croissance des *Nocardia sp*. Ces périodes sont en effet susceptibles d'induire la libération d'acides gras volatils (amorce d'hydrolyse acide) réutilisés ensuite dans le métabolisme de ces germes (HARTLEY, 1982).

Leurs métabolites de réserve sont principalement constitués de poly β hydroxybutyrate, de polyphosphates (LEMMER et KROPPESTED, 1984). Des substances de type tensio-actif sont aussi synthétisées (LECHEVALIER, 1975).

Microthrix parvicella

Le métabolisme de *Microthrix p.* est particulier (SODDELL et SEVIOUR, 1990) car il puise ses besoins en carbone organique essentiellement dans les acides gras (à courte ou longue chaîne) et leurs esters. L'activité métabolique conduit à la synthèse de lipides en quantité importante qui peuvent représenter jusqu'à 35 % du poids sec de l'organisme (SLIJKHUIS, 1983). Ces substances de réserve bactérienne (esters d'acides gras) sont parfois visibles au microscope sous forme de granulations intracellulaires (SLIJKHUIS ET DEINEMA, 1988). De plus, les composés azotés et soufrés qui entrent dans le métabolisme de *Microthrix p.* et facilitent sa croissance, doivent se présenter sous forme réduite, ce qui est inhabituel pour une bactérie de type aérobie strict (SLIJKHUIS, 1983).

En conséquence, le développement de *Microthrix p.* est favorisé par passage alternatif des boues d'une zone aérée à une zone non aérée. Des conditions permanentes aérobies limitent la croissance de ce germe dans la mesure où il ne trouve plus d'azote ammoniacal et de soufre réduit (SLIJKHUIS et DEINEMA, 1988). Au niveau des stations d'épuration il importe donc de veiller à limiter :

- les apports de graisses et autres lipides,
- les apports d'eaux résiduaires septiques (NH_4^+ , soufre réduit),
- les retours de surnageant de silos et de digesteurs chargés en acides gras (LARIGAUDERIE, 1990),
- les formations de dépôts dans les bassins ou dans le dégraisseur (hydrolyse acide rapide),
- les périodes d'arrêt prolongé des aérateurs (bassin unique),
- les temps de séjour trop élevés dans les zones d'anoxie,
- les temps de séjour trop élevés des boues dans les décanteurs.

Dans le cas des installations conçues pour éliminer l'azote, souvent équipées d'une zone anoxique, les risques de développement de ces germes sont élevés (BLACKBEARD, 1988). Les concentrations en acides gras et NH_4^+ notamment doivent être les plus faibles possibles dans les zones anoxiques si l'on veut réduire les risques.

1.4.2.- Mécanisme du moussage et facteurs favorables :

Mécanisme de la formation des mousses :

Les connaissances sur la physiologie des filaments des mousses apportent des enseignements sur la composition de ces microorganismes.

Les Nocardioformes synthétisent des tensio-actifs (*Nocardia sp*), des substances à forte hydrophobicité (capsule de *Rhodococcus*), les composés lipidiques sont présents en grande quantité dans les *Microthrix p*.

Tous ces éléments hydrophobes ont donc une tendance naturelle à se retrouver en surface des bassins.

La présence de microbulles dans le bassin d'aération et la morphologie des microorganismes filamenteux ont un effet de synergie qui accélère le processus de flottation. L'enchevêtrement de filaments emprisonne une partie du floc plus ou moins grande qui va également flotter. Les floccs ainsi piégés pourraient avoir une double action, à savoir : d'une part renforcement de la cohésion des mousses, et d'autre part source potentielle de substrat pour les filaments.

Facteurs favorisant le moussage :

Age de boue

Les résultats des divers recensements effectués en FRANCE ou à l'étranger montrent l'importance du nombre de cas de moussage dans les stations d'épuration à boues activées en aération prolongée. Les conditions usuelles de charge appliquées dans les bassins d'aération conduisent à des concentrations en MES et des âges de boue élevés qui permettent le développement de microorganismes à taux de croissance lent, notamment les germes filamenteux responsables des mousses.

Remarque : L'âge des flottants peut être plus élevé que l'âge calculé des boues.

Carences en substrat nourricier

Les systèmes de traitement en aération prolongée, à écoulement en mélange intégral, créent fréquemment des états de carence nutritionnelle au niveau du micro-environnement bactérien. Dans ces bassins d'aération, les bactéries filamenteuses sont favorisées par rapport aux bactéries du floc (CHUDoba, 1973). Une forte pression sélective s'exerce sur les populations de germes floculés dont la morphologie ne facilite pas les échanges avec le micro-environnement. Les déficits marqués en oxygène dissous au niveau des boues ont un effet similaire à une carence en substrat.

Environnement de surface favorable

Toute situation visant à générer, à faciliter, à rendre permanente l'accumulation des flottants en surface des bassins est susceptible de provoquer ou d'aggraver le phénomène de moussage. En effet, dans ces milieux physiquement favorables au développement des filaments hydrophobes, l'accumulation de flottants induit plus ou moins rapidement (selon l'état du milieu) une amorce de fermentation par hydrolyse acide qui va libérer des acides gras. Ces environnements de surface sont de plus riches en tensio-actifs ou substances lipidiques (non ou mal dégradés). Toutes ces substances sont de nature à favoriser la croissance des filaments des mousses. A titre d'exemple, des phénomènes de dénitrification incontrôlée dans le décanteur secondaire (avec retour des flottants en aération), la présence de jupe de capotage de turbine, de cloisons siphonides, d'ouvrages de dégazage sans possibilité d'évacuation des flottants en sortie de bassin d'aération, sont autant d'environnements à considérer comme favorables au moussage.

En outre, lors de la conception, il importe de prendre toute disposition pour limiter l'effet mécanique lié à la dénivellée entre bassin d'aération et de décantation secondaire (seuil de sortie muni d'un chanfrein ...)

Composition des eaux à l'entrée et importance des retours en tête

Il va de soi que tout apport important de substrats lipidiques⁽³⁾, ou septiques, de tensio-actifs va contribuer à l'accroissement des communautés filamenteuses responsables des mousses.

Par exemple, le séjour prolongé des eaux dans un dégraisseur sous chargé peut favoriser le déclenchement du moussage dans la mesure où cela risque de provoquer une hydrolyse acide de certains composés organiques et libérer des substrats propices au développement de *Microthrix p.*

De plus, il convient d'insister sur l'importance des retours en tête de station dans le phénomène de moussage, en particulier lorsque ces retours ont amorcé un processus de fermentation (hydrolyse acide ...)

Dans ce registre on peut lister :

- les retours de silo de stockage des boues en excès,
- les séjours prolongés de boue en épaisseur (> 2 j) qui génèrent des surnageants septiques,

(3) Les teneurs des effluents urbains présentent normalement un rapport $\frac{[SEC]}{[DCO]} = 0,17$

- les retours de flottants du décanteur secondaire (notamment lorsqu'un phénomène de moussage se déclenche),
- les retours de flottants de bassin de stabilisation aérobie,
- les retours (fermentés) du traitement des boues.

CHAPITRE II

LES RESULTATS DE TERRAIN

II.1.- SYNTHESE DES RESULTATS

La majeure partie du travail expérimental effectué par les entités regroupées au sein du G.I.S peut être ventilée en quatre types de traitement :

1 - **La mise en place de zone de contact** : la création d'une zone à forte charge avant le bassin d'aération limite le développement des bactéries filamenteuses dans les boues et peut par conséquent avoir un effet sur les mousses biologiques.

2 - **L'ajout de réactifs chimiques** dans les boues (sels de fer ou d'aluminium) ou d'agents antimousse. Ces produits ne peuvent empêcher le développement des bactéries filamenteuses mais ils permettent de les maintenir liées au floc.

3 - **L'ajout de produits biologiques** : bactéries spécifiques mutées ou non ; "biofixations", dont l'efficacité est fondée sur la compétition entre souches bactériennes vis-à-vis des substrats spécifiques (graisses, tensio-actifs).

4 - **La chloration des boues (ou des mousses)** dont le principe est de détruire par oxydation les bactéries filamenteuses responsables des mousses. Du fait de leur importante surface d'échange avec le liquide interstitiel, celles-ci sont en effet plus sensibles à l'oxydant que les bactéries floculées.

40 expérimentations ont été menées sur 32 stations dont les caractéristiques peuvent être résumées comme suit :

- capacités 120 à 300 000 EH ;
- effluents à dominante domestique ;
- 24 stations en aération prolongée ou faible charge ;
- 8 stations à moyenne et forte charge ;
- filaments observés, par ordre décroissant, d'importance : les filaments ayant parfois évolué au cours du temps sur une même station, ces chiffres correspondent au nombre d'expérimentations et non de stations.
- *Microthrix* $p = 25$
- Nocardioformes = 6
- *Thiothrix* $sp = 2$

- Type 0675 = 2
- *Sphaerotilus* sp. = 1
- Type 1851 = 1
- Type 0581 = 1
- Type 0092 = 1
- *Nostocoida* I = 1

La synthèse des expérimentations et de leurs résultats est reportée dans le tableau 4.

D'autres essais isolés, de diverses natures, ont été réalisés (système déprimogène développé par l'E.N.S.C.R., abaissement de l'âge des boues, suppression des retours de traitement des boues, enlèvement ou émergence des jupes de turbine, ajouts d'agitateurs en aération, etc.). Leurs résultats ne sont pas rapportés ici mais ont été utilisés pour fonder l'ensemble de nos conclusions.

Tableau 4 : récapitulatif des résultats de traitement

TRAITEMENT	Nombre d'expérimentations	FILAMENTS	RÉSULTATS GLOBAUX			COÛT DE FONCTIONNEMENT
			+	+ -	-	
ZONE DE CONTACT	9	<i>Microthrix p</i> 7 <i>Nostocoida l.</i> 1 <i>Sphaerotilus sp</i> 1	5 0 0	0 1 1	2 0 0	2 à 15 F/hab. : coût d'aménagement
REACTIFS CHIMIQUES						
FeCl₃	5	<i>Nocardioformes</i> 2 <i>Microthrix p.</i> 2 <i>Types 1851 + 0041 + 0675</i> 1	2 1	1	1	0,04 à 0,15 F/m ³
Clairtan	2	<i>Type 0581</i> 1 <i>Microthrix p.</i> 1		1 1		0,03 - 0,07 F/m ³
WAC	1	<i>Nocardioformes</i> 1	1			0,35 F/m ³
Alton	1	<i>Microthrix p.</i> 1	1			0,10 F/m ³
Aqualenc	1	<i>Microthrix p.</i> 1	1			0,10 F/m ³
Antimousse	1	<i>Nocardiorformes</i> 1			1	0,10 F/m ³
Antimousse + Clairan	2	<i>Microthrix p.</i> 1 <i>Type 0092</i> 1	1 1		1	0,06 F/m ³ 0,09 F/m ³
ADDITIFS BIOLOGIQUES						
TBA	3	<i>Thiothrix sp.</i> 1 <i>Type 0675</i> 1 <i>Microthrix p.</i> 1	1		1	4 F/hab. 20 F/hab. 2,2 F/hab.
SYBRON	1	<i>Microthrix p.</i> 1			1	1,39 F/hab. puis 0,29 F/hab./mois
GAMLEM	1	<i>Microthrix p.</i> 1			1	0,72 F/hab.
PROTEX	1	<i>Microthrix p.</i> 1	1			0,52 F/hab. après Cl ₂
CFPI	1	<i>Thiothrix sp.</i> 1			1	7,15 F/hab.
CHLORATION	11	<i>Microthrix p.</i> 7 <i>Thiothrix sp.</i> 1 <i>Types 0675 + 0041</i> 1 <i>Nocardioformes</i> 2	7 1 1			0,02 à 0,47 F/m ³ pour des durées de 3 à 21 jours

CONCLUSION

- La zone de contact déjà utilisée avec succès pour le traitement du foisonnement filamenteux donne des résultats encourageants avec 5 expérimentations positives sur 7 pour *Microthrix p.*, 2 expérimentations sur d'autres filaments ayant donné des résultats moyens. Le principe de ce traitement est différent des autres puisqu'il est le seul à modifier le type de fonctionnement biologique des boues et il sera particulièrement indiqué dans les cas où la présence de bactéries filamenteuses est liée à une charge massique trop faible dans le bassin de boues activées. Ses avantages résident dans un coût de fonctionnement très faible en excluant les frais liés aux investissements. A noter également que cette technique atteint des résultats notables après un délai d'une à deux fois l'âge des boues.

- L'ajout de réactifs chimiques est également un moyen efficace d'éliminer les mousses avec 3 cas sur 3 de réussite pour les sels d'aluminium et environ 3 cas positifs sur 7 pour les sels de fer. L'utilisation d'antimousse associé à un coagulant est également intéressante (2 cas positifs sur 2). L'antimousse utilisé seul ne donne pas de résultats positifs (une expérience). Pour être efficace, ce type de traitement doit être appliqué en continu et nécessite donc une installation fixe. Le coût du produit varie de 0,06 à 0,35 F par m³ d'eau traitée.

- Les additifs biologiques ne constituent pas une solution intéressante, compte tenu de leur faible efficacité et des prix élevés de ces produits, qui nécessitent également un traitement en continu à long terme.

- La chloration est le traitement le plus efficace : 9 expérimentations sur 11 ayant eu un résultat positif et deux expériences effectuées sur des Nocardioformes ayant donné des résultats moins bons. Son action est rapide et son coût modéré mais ce type de traitement nécessite un suivi soutenu de la station pendant les périodes de traitement. Elle reste cependant un traitement ponctuel et doit être renouvelé régulièrement tant que la cause biologique des mousses n'est pas supprimée avec une périodicité qui doit être définie pour chaque station (3 semaines à 6 mois pour les expérimentations effectuées). Le coût du produit varie de 0,02 à 0,47 F par m³ d'eau traitée.

II.2.- ESSAIS : ZONE DE CONTACT

II.2.1.- Caractéristiques des stations

- nombre d'essais suivis : 9
- principe du traitement :
boues activées en aération prolongée : 9 stations
- capacité de traitement :
valeurs extrêmes : 1 000 - 26 000 E.H.
stations < 5 000 E.H. : 4 stations

II.2.2.- Conditions de fonctionnement avant expérimentation

- conditions de charge :
 - * taux de charge hydraulique > 50 % : 9 stations
dont ≈ 100 % : 4 stations
 - * taux de charge organique > 50 % : 9 stations
dont ≈ 100 % : 2 stations
- microorganismes filamenteux (dominant) dans les mousses :
 - * *Microthrix parvicella* : 7
 - * *Nostocoida limicola* : 1
 - * *Sphaerotilus natans* : 1
 - divers cités : *Nocardia amarae* (2 fois),
type 0041 (3 fois),
type 021N (1 fois).
- indice de boue :
 - * IB > 200 ml/g = 8 cas (IB max : 700 ml/g)
- facteurs favorisant le moussage : nombre de mentions
 - * retours épaisseur : 5
 - * gestion des boues difficile : 4
 - * réglage aération : 4
 - * réseau long : 3
 - * zones mortes, dépôts : 2
 - * mise en cause du dégraisseur : 2

II.2.3.- Caractérisation des zones de contact

- réutilisation d'un ouvrage existant : 9 cas (dégraisseur aménagé),
- aération brassage de la zone : 6 cas
- alimentation simultanée (effluent/boue) : 4 cas

Dans les autres cas, l'arrivée des boues n'est pas toujours concomitante avec l'apport des eaux dans la zone de contact.

- valeur de référence pour le calcul de la charge appliquée dans la zone de contact : 100 mg de DCO soluble/g de MES.

II.2.4.- Résultats obtenus

- durée des suivis : plusieurs mois à 2 ans
- résultats sur les mousses :
 - * disparition durable des mousses : 5 stations
 - * amélioration partielle : 2 stations
 - * pas d'amélioration : 2 stations
- résultats sur l'indice de boues :
 - * diminution notable : 8 stations
 - * pas d'amélioration : 1 station

Tableau 5 : Expérimentations zones de contacts - résultats

CODE Stations Z.C.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CAPACITE E.H.	1 500	3 000	26 000	1 000	1 500	15 000	6 000	14 000	12 000
Taux de charge en %. hydraulique organique	100 100	70 70	90 60	100 50	50 50	50 70	75 été 100	60 50	100 60
Eaux usées DCO (mg/l) (moyenne)	510	760	340	450	900	925	480	800	300
Filament dominant (4) (mousses)	M.p. + N	M.p.	M.p.	M.p. + 021N	M.p. + N	M.p.	N.l.	M.p.	S.n.
Zone de contact volume (m ³)	6	6	125	2	10	19	11	30	60
aération	oui	oui	oui	non	oui	oui	non	oui	non
arrivée Eau et Boues									
concomitante	non	non	oui	oui	non	oui	oui	non	non
IB initial (moyen)	400 - 700	250 - 300	400 - 500	250	150	350	300	300	300 - 350
IB final	200	250 - 300	100	170	100	200	200	150	150 - 200
Effet sur les mousses	+	+	+	-	+	-	+ -	+	+ -

(4) M.p. : *Microthrix parvicella* - N.l. : *Nostocoida limicola* - N : Nocarioformes - S.n. : *Sphaerotilus natans*.

II.2.5.- Commentaires

Les stations d'épuration testées appartiennent à la catégorie des boues activées fonctionnant dans le domaine de l'aération prolongée.

La totalité de ces stations a un taux de charge supérieur ou égal à 50 %, le taux de charge hydraulique étant le plus souvent supérieur au taux de charge organique.

Les concentrations des eaux résiduaires sont caractéristiques d'effluents à dominante domestique ; la fraction d'eau résiduaire industrielle reste modeste. Plusieurs réseaux reçoivent des eaux parasites (notamment stations 1, 3, 8 et 9) qui provoquent une diminution des concentrations par effet de dilution. Par ailleurs, la qualité des eaux résiduaires est affectée par leur séjour prolongé dans le réseau (septicité notée pour les stations 6, 8, 9).

Lors du démarrage des zones de contact il avait été convenu d'appliquer cette technique sur des boues dans lesquelles *Microthrix p.* était largement dominant. Il n'est donc pas surprenant de constater que ce filament est dominant dans 7 stations. On peut souligner la stabilité dans le temps des microorganismes filamenteux présents dans la plupart des cas. L'effet sur les nocardioformes n'a pas été testé puisqu'il n'est jamais apparu dominant sur ces sites.

Avant démarrage de l'expérimentation, le phénomène de moussage touche bien évidemment toutes les stations étudiées, et il se conjugue très souvent à un phénomène de foisonnement ($IB > 200 \text{ ml/g}$), seule la station 5 n'entre pas dans cette catégorie pendant la période de suivi.

Les zones de contact ont été le plus souvent mises en oeuvre en aménageant le dégraisseur. Cela a permis de réduire notablement les coûts d'investissement, en contrepartie, il est difficile de donner une indication significative sur ce point. A titre indicatif l'intervalle de variation du coût d'aménagement est de 3 à 15 F/hab., calculé à partir des données disponibles pour les zones de contact étudiées.

L'efficacité de la zone de contact pour juguler les mousses biologiques stables est probante dans les 3/4 des stations testées, avec une élimination quasi totale des mousses dans plus de 50 % des stations. Pour deux stations, la présence de la zone de contact n'a pas permis de diminuer le moussage, mais il n'y a pas eu d'effet négatif sur le fonctionnement général de la station.

Au plan de l'aptitude à la décantation, les boues ont vu leur indice diminuer de façon notable ce qui témoigne d'une amélioration certaine (exception de la station N° 2). Le pourcentage des stations caractérisé à l'origine par un état de foisonnement (près de 90 %) a été réduit de moitié après mise en place de la zone de contact.

Les résultats auraient probablement pu être encore plus satisfaisants avec :

- une gestion des boues adaptée (pas toujours facile malheureusement),
- des conditions d'aération optimisées (notamment pendant les heures de pointe en hiver),
- une meilleure conception des zones de contact (souvent aménagement sommaire du dégraisseur) permettant une arrivée simultanée des boues et des eaux résiduelles, un brassage permanent,
- un suivi plus fin des conditions de charge dans la zone en fonction des conditions d'alimentation.

CONCLUSION :

Ces expérimentations montrent que la zone de contact est une solution technique économique, simple, efficace pour maîtriser le développement de *Microthrix p.* responsable d'un grand nombre de cas de moussage.

Il convient cependant de veiller au respect des consignes assurant le fonctionnement normal de la station (gestion des boues et des retours en tête, aération), de concevoir la zone conformément aux dispositions prévues (R. PUJOL et J.P. CANLER, 1990), et de contrôler périodiquement ses paramètres de fonctionnement.

II.3.- ESSAIS : ADDITIFS CHIMIQUES

II.3.1.- Caractéristiques des stations

Nombre d'expérimentations suivies :

13 sur 7 stations d'épuration (4 stations ont fait l'objet de plusieurs essais)

Principe du traitement :

- boues activées en aération prolongée : 4 stations
- boues activées en faible charge : 1 station
- boues activées en moyenne charge : 1 station
- boues activées en forte charge : 1 station

Capacité de traitement :

- valeurs extrêmes : 750 à 300.000 E.H.
- inférieure à 7.000 E.H. : 3
- de 7.000 à 70.000 E.H. : 0
- supérieure à 70.000 E.H. : 4

II.3.2.- Conditions de fonctionnement avant expérimentation

Conditions de charge :

- | | | | |
|------------------------------|---------------------|------------|-----------|
| - taux de charge hydraulique | > 50% | 6 stations | |
| | dont $\approx$ 100% | 3 stations | |
| - taux de charge organique | < 50% | 1 station | |
| | $\geq$ 50% | 5 stations | |
| | dont > 100% | | 1 station |

(les informations concernant la station d'épuration n° 7 sont incomplètes)

Types d'effluents :

- domestiques : 3 stations
- domestiques + industriels : 3 stations
- industriels : 1 station

Facteurs favorisant le moussage :

- retours en tête	4 fois
- conception du dégraisseur	4 fois
- longueur du réseau	2 fois
- difficultés de gestion des boues	1 fois
- réglage de l'aération	1 fois
- zones mortes, dépôts	1 fois

Micro-organismes filamenteux dominants dans les mousses :

- Nocardioformes	3 essais
- <i>Microthrix</i> p.	3 essais
- type 0581	1 essai
- types 0092 + 021N	1 essai
- types 1851 + 0675 + 0041	1 essai

à ces filaments sont associés :

- type 0675	4 essais
- type 0041	3 essais
- type 0581	2 essais

Indice de boues : deux stations présentent un foisonnement des boues.

II.3.3. Caractérisation des traitements chimiques

Traitement par coagulants

Dix essais ont été réalisés avec les 5 produits suivants :

- 2 à base de fer	FeCl ₃ (ATOCHEM), chlorure ferrique à 13,8% Fe (d=1,45) Clairtan (RHONE POULENC), chlorosulfate de fer à 13% Fe (d=1,54)
- 3 à base d'aluminium	WAC (ATOCHEM), polychlorosulfate d'alumine à 5,2 % Al (d=1,16) Alton (NALCO), aluminat de sodium à 7 % Al (d=1,35) Aqualenc (RHONE POULENC), chlorosulfate d'alumine à 4,4 % Al (d=1,2)

<i>Injection du réactif :</i>	en général, au niveau de la recirculation des boues
<i>Dose injectée :</i>	- 1 essai associe une dose "choc" de 60 g de fer par m ³ d'eau traitée à une dose d'entretien de 6 g de fer par m ³ - les 9 autres essais sont réalisés avec une dose constante de 4 à 20 g de fer ou d'aluminium par m ³ d'eau traitée
<i>Durée du traitement :</i>	de quelques semaines à 5 mois
<i>Coût :</i>	0,03 à 0,35 F/ m ³ traité (moyenne 0,10 F / m ³) (coût calculé sur toute la durée de l'essai)

Traitement par antimousses

Trois réactifs ont été testés :

- 1 produit BIOSOPH, *ester de polyalkylène glycol*
- 1 produit RHONE POULENC, *émulsion aqueuse d'huile polydiméthylsiloxamique*
- 1 produit DÉGREMONT

Injection du réactif :

l'antimousse, à la dose de 0,8 à 6 g par m³ d'eau traitée, est injecté manuellement ou en continu, dans la recirculation ou au niveau d'une turbine, accompagné ou non d'un apport de coagulant (Clairtan) de 5 à 8 g de fer par m³ d'eau traitée

Durée de l'essai : de quelques heures à 2 jours

Coût :
de 0,06 à 0,10 F par m³ d'eau traitée, dont la moitié pour l'antimousse (coût calculé sur toute la durée de l'essai)

II.3.4.- Efficacité des traitements chimiques

Traitement par coagulants

Effets sur les mousses

- disparition des mousses : 5 essais
- amélioration partielle : 3 essais
- pas d'amélioration : 1 essai

Effet sur l'indice de boues :

Sur les 10 essais, 5 présentaient de réels problèmes de décantation (I.B. ≥ 200 ml/g)

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| - diminution notable : | 2 essais (sur la même station) |
| - pas d'amélioration notable : | 2 essais |
| - aggravation : | 1 essai |

Traitement par antimousses

- *Effet sur l'indice de boues :* Les 3 stations testées ne présentaient pas de problèmes de décantation : la décantabilité est restée stable.

- *Effets sur les mousses :*

- disparition des mousses : 2 essais (avec ajout de Clairtan)
- recrudescence des mousses : 1 essai (sans ajout de coagulant)

II.3.5.- Commentaires

- Les 7 stations testées sont assez différentes par :
- leur capacité (750 E.H. à 300.000 E.H.),
- leur principe de traitement : la moitié seulement sont des stations à boues activées en aération prolongée,
- la nature des effluents qu'elles traitent : la moitié sont uniquement d'origine domestique.

Une seule station dépasse sa charge organique nominale, tandis que trois stations sont saturées hydrauliquement.

En raison de la présence d'eaux parasites, les stations **3**, **4** et **5** reçoivent des effluents peu concentrés.

Sur la station **4**, les bactéries filamenteuses dominantes varient dans le temps.

13 essais d'élimination de mousses ont été réalisés : 10 à l'aide de coagulants et 3 à l'aide d'antimousses

Sur les 13 essais, 5 ont été conduits sur des stations d'épuration présentant également un phénomène de foisonnement.

La mise en oeuvre d'un traitement chimique est relativement simple : en général, l'injection du produit est réalisée dans la recirculation ou à proximité d'une turbine afin d'assurer une bonne diffusion. Il faut cependant tenir compte de leur caractère dangereux lors de leur mise en oeuvre (respect des consignes de sécurité).

Essais de coagulants

Les sels de fer sont les réactifs les plus utilisés du fait de leur moindre coût.

Les doses injectées sont assez variables d'un essai à l'autre : en général, le réactif a été introduit à dose constante entre 4 et 10 g de fer ou d'aluminium par m³ d'eau traitée. Seuls 2 essais ont mis en oeuvre des doses ponctuelles très élevées : 20 et 60 g de fer ou d'aluminium par m³ d'eau traitée.

Sur les stations 4 et 5, le traitement a été mis en place dans le cadre d'une déphosphatation chimique.

L'élimination des mousses est quasi totale dans 7 cas sur 10, 24 heures après un traitement choc ou bien après 1, 2 ou 3 semaines de traitement normal.

Dans pratiquement tous les cas, les mousses réapparaissent quelques jours, voire quelques semaines après l'arrêt du traitement.

Dans 4 essais présentant un phénomène de foisonnement, la décantabilité des boues s'est trouvée améliorée (I.B. < 200 ml / g).

Par contre, on remarque un essai où il y a eu aggravation de l'indice de boues et dégradation de la turbidité de l'eau traitée.

Pour la station 4, la surproduction de boues due au traitement physico-chimique a été évaluée à 40 % dans le cas d'un sel de fer et 20 % dans le cas d'un sel d'aluminium.

Essais d'antimousses

L'injection d'antimousse est accompagnée ou non d'un traitement à l'aide d'un coagulant. Dans les essais positifs, les doses de traitement sont de 0,8 à 6 g par m³ d'eau traitée pour l'antimousse et de 5 à 8 g de fer par m³ pour le Clairtan.

L'effet du traitement est instantané, mais la remise en suspension des filaments provoque parfois leur remontée en surface du clarificateur. Dans un cas sur deux, la situation a été rétablie par l'ajout de coagulant.

Très logiquement, les mousses se reforment rapidement (quelques heures) après l'arrêt du traitement.

Grâce à la rapidité de leur effet, les antimousses, de préférence associés à un coagulant, permettent de contrôler des cas de moussage critiques.

TABLEAU 6

Traitements chimiques par coagulants

Code Ch	Capacité	Charge, en %		Eaux usées		Filaments dominants des mousses	Traitement par coagulant				Indice de Boues		Effet sur les mousses
		orga.	hydrau.	% ERU	DCO (mg/l)		Produit	Dose **	Durée	Coût ***	initial	final	
1	750 EH	120-160	60-70	100 %	1 300	Nocardioformes (+ type 0581)	FeCl3	20	?	0,15	< 100	< 100	+
							WAC	8,9	?	0,35	< 100	< 100	+
2	2 000 EH	50-80	100	100%	600	Nocardioformes (+ type 0581)	FeCl3	10	?	0,07	?	100	+
3	6 800 EH	45	74	100%	420	Microthrix parvicella (+ type 0675)	FeCl3	59 puis 6,1	1 j, puis 5 mois	0,06	200 - 250	200	+
							Aqualenc	3,4 puis 1	15 j puis 20j	0,10	200 - 250	200	+
4	70 000 EH	50	100	65%	400	Microthrix parvicella (+ types 0041, 0675 et 021N) Type 0581 (+ types 0041 et 0675) Types 1851, 0041 et 0675	Alton	3,9	2 mois	0,10	700	120	+
							Clairtan	11	2 mois	0,07	340	150	+ / -
							FeCl3	8,2	2 mois	0,06	200	400	-
5	160 000 EH	54	95	50%	380	Microthrix parvicella (+ types 0041 et 0675)	Clairtan	5,2	Continu	0,03	100 - 150	100 - 150	+ / -
							FeCl3	5,5	Continu	0,04	100 - 150	100 - 150	+ / -

+ disparition durable des mousses

** Dose de fer ou d'aluminium, exprimée en g/m3 d'eau traitée

+ / - amélioration partielle

*** Coût estimé sur toute la durée des essais, en F/m3 d'eau traitée

- pas d'amélioration

TABLEAU 7

Traitements chimiques par antimousses

Code	Capacité	Charge, en %		Eaux usées		Filaments dominants des mousses	Produit	Traitement par Antimousse			Coût ***	Indice de Boues		Effets sur les mousses
		orga.	hydr.	ERU en %	DCO (mg/l)			Dose **	Durée	Mode opératoire		initial	final	
5	160 000 EH	54	95	50%	380	Microthrix parvicella (+ types 0041 et 0675)	Kémazur 4792 (Degrémont) + Clairtan	0,8	continue	5 injections ponctuelles par jour sur les 2 chaînes injection continue 24h sur 24	0,03	100 - 150	100 - 150	+
								5,2	continue		+ 0,03			
											----- 0,06			
6	300 000 EH	62	65	?	490	Nocardioformes	Rhodorsil 426R (Rhône Poulenc)	1,9	1 jour	par bachées de 10 à 20 kg, puis injection continue pendant 8h	0,02	150	150	-
								5,8	2 jours		+ 0,07			
											----- 0,10			
7	?	?	?	100%	3 260	Types 0092 et 021N	Biospumex 36 (Biosoph) + Clairtan	0 - 3,1	continue	?	0 - 0,05	?	?	+
								8,1	continue		0,04			
											0,09			

+ disparition durable des mousses

** Dose d'antimousse ou de fer, exprimée en g/m3 d'eau traitée

+ / - amélioration partielle

*** Coût estimé sur toute la durée des essais, en F/m3 d'eau traitée

- pas d'amélioration

II.4.- ESSAIS : ACTIVATEURS BIOLOGIQUES

II.4.1.- Les stations (tableau 8)

Sur 7 stations expérimentales, on trouve :

- 6 aérations prolongées, dont 1 chenal : capacités de 120 à 7500 E.H.
- 1 moyenne charge avec stabilisation aérobie : capacité 20 000 E.H.

Toutes les stations sont sous-chargées : 10 à 64 % des capacités nominales organiques, 25 à 100 % des charges hydrauliques. Les effluents domestiques sont largement dominants.

Facteurs favorisant les mousses

L'absence ou l'inefficacité des dégraisseurs et la gestion défectueuse des boues, notamment les retours de surverses de silo sont soulignées pour 5 stations sur 7.

2 stations montrent une dénivellation importante entre bassin d'aération et clarificateur.

La recirculation des flottants est également incriminée sur 3 stations.

On observe des dépôts dans les bassins et une aération insuffisante sur deux stations.

Tableau 8 : traitement par activateurs biologiques : les stations

CODE STATION A.B.	1	2	3	4	5	6	7
Capacités nominales E.H.	2 500	1 000	1 500	2 500	120	7 500	20 000
Type de traitement *	A.P.	A.P.	A.P.	A.P.	A.P.	A.P.	M.C.
Charge hydraulique %	50	25	60	70 à 120	100	37	60
Charge organique	40	20	50	60	50	10	64
IB ml/g	225 - 400	250 - 400	190	350	> 250	224	120
Filament dominant **	M.p	T	M.p	M.p	type 0675	M.p	M.p
Traitement société ***	GAMLEM	CFPI	EURO SYMBIOSE (TBA)	PROTEX	J.PAC (TBA)	SYBRON	EURO SYMBIOSE (TBA)
Résultats **** Sur IB	→	↘	↘	→	↘	→	→
Sur les mousses	-	-	-	+	+	-	-
Coût traitement F/hab	0,72	7,15	4,0	1,63	20	1,39	2,2
Entretien F/hab/mois				0,52	0,40	0,29	

* A.P. = Aération prolongée

M.C. = Moyenne charge

** M.p = *Microthrix parvicella*T = *Triothrix* Sp

*** le détail des traitements est donné dans le tableau 2

**** → = IB reste stable

↘ = IB diminue

- = pas d'amélioration

+ = disparition durable des mousses

Fonctionnement moyen des stations avant les essais

Boues du bassin d'aération

Pour toutes les stations, on note la présence de filaments dans les boues. Les filaments dominants sont :

Microthrix p. = 4 stations

Thiothrix sp. = 2 stations

Type 0675 = 1 station

5 stations sur 7 sont affectées par des problèmes de décantation des boues (IB 225 à 400 ml/g).

Mousses

Les mousses sont toujours visibles sur le bassin d'aération (5 à 20 cm) et en surface du clarificateur (5 à 20 cm).

Dans 6 cas sur 7, le filament dominant dans les mousses est le même que celui des boues. Un seul cas présente *Thiothrix sp.* dans les boues et *Microthrix p.* dans les mousses, ce qui donne la répartition suivante :

Microthrix p. : 5 stations

Thiothrix sp. : 1 station

Type 0675 : 1 station

Les surcoûts d'exploitation annoncés liés à l'évacuation des mousses s'échelonnent de 0 (lorsque toutes les mousses sont évacuées avec l'effluent) à 800 F par mois (nettoyage par camion hydrocureur).

II.4.2.- Les traitements (tableau 9)

- Des produits TBA ont été utilisés sur 3 stations (3, 5 et 7)
- Des produits SYBRON ont été utilisés sur 1 station (6)
- Des produits GAMLEN ont été utilisés sur 1 station (1)
- Des produits PROTEX ont été utilisés sur 1 station (4)
- Des produits CFPI International Biochemical ont été utilisés sur 1 station (2)

Tableau 9 : traitement par activateurs biologiques : les traitements

Code	SOCIETE	PRODUITS	Prix F/kg	TRAITEMENT			ENTRETIEN	
				Quantité kg	Durée	Coût	Quantité	Coût
AB1	GAMLEM	M 112 40 % IS 80 40 % IT 40 20 %	430 430 430	4,2	60 jours	1 800 F 0,72 F/hab.		
AB2	CFPI International Biochemical	ECOLYTE MX 10	394	14	93 jours	7 150 F 7,15 F/hab.		
AB3	EUROSYMBIOSE (T.B.A.)	ACTIFLUID SYMBIO BENZOIL SYMBIO TRIGLYN	30 900 900	30 3 3	50 jours	6 000 F 4,0 F/hab.		
AB4	PROTEX	<u>Après chloration</u> AQUAPROX LACVAL	390 80	10	56 jours	4 085 F 1,63 F/hab.	0,1 kg/jour	1 290 F/mois 0,52 F/hab./mois
AB5	J. PAC (T.B.A.)	BIOFLOC BIO INDUS HS	75 960	15 1,35	35 jours	2 420 F 20 F/hab.	2,5 kg/sem. 0,1 kg/sem.	1 130 F/mois 0,40 F/hab./mois
AB6	SYBRON	<u>Chloration préalable</u> BICHEM 2002	240	40	60 jours	10 440 F 1,39 F/hab.	0,3 kg/j	2 160 F/mois 0,29 F/hab./mois
AB7	EUROSYMBIOSE (T.B.A.)	SYMBIO S.G. (réseau) SYMBIO TRIGLYN (B.A.) SYMBIO STATIQUE (B.A.) SYMBIO NIT (B.A.) ACTIFLUID (B.A. + stab.)	995 995 995 30 30	8 6 8 180 570	105 jours	44 390 F 2,2 F/hab.		

Le coût du traitement varie de 1 800 à 44 390 F. Par rapport à la capacité des stations, cela équivaut à 0,72 à 20 F par habitant. Les quantités de produit vont de 1,68 à 136 grammes par jour sur des durées de 35 à 105 jours.

Les doses d'entretien faisant suite aux traitements sont indiquées dans 3 cas et occasionnent des dépenses de 0,29 à 9,40 F par habitant et par mois.

Analyse des produits

Dans l'ensemble, il s'agit de bactéries spécifiques à action sur les graisses, les tensioactifs et les produits soufrés rm éduits. Des biofixations sont également proposées (notamment chez TBA) dont l'activité est plus vague : produits "améliorant le fonctionnement des stations et empêchant les filamenteuses".

Certains produits ont été analysés, les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 10 : Caractéristiques des bioadditifs

PRODUIT	BACTERIES/g de produit	ACTIVITE ENZYMATIQUE
BIOFLOC (TBA)	$6 \cdot 10^9$ (Gelose)	Respiration quasi nulle
BIOINDUS HS (TBA)	$26 \cdot 10^9$ (Gelose)	Respiration quasi nulle
ACTIFLUID (TBA)	$6 \cdot 10^7$ (Gelose)	
SYMBIO BENSOIL (TBA)	$5 \cdot 10^7$ (Gelose)	
SYMBIO TRIGLYN (TBA)	$5 \cdot 10^8$ (Gelose)	
ECOLYTE MX 10 (CFPI)	$6 \cdot 10^9$ (DAPI)	Présence d'enzymes. Activités et respiration 40 fois moindre que celle des boues activées.
Mélange M112 (40 %) + IS 80 (40 %) (GAMLEN) + IT 40 (20 %)	$2,6 \cdot 10^{10}$ (DAPI)	Présence d'enzymes. Respiration et activités 15 à 20 fois moindre que celle des boues activées

Compte tenu des quantités injectées et des activités mesurées, la compétition semble plutôt défavoriser l'action de ces bactéries.

Préparation des produits

Les bactéries spécifiques doivent être réactivées par mélange dans l'eau tiède et aération pendant quelques heures. Les injections se font dans le poste de relevage ou dans le bassin d'aération à une fréquence variant d'une fois par jour à une fois par semaine. Dans un cas, il s'agit d'une injection en continu, asservie à la pompe de relèvement. On note que dans deux cas, le traitement est démarré après une chloration des boues (stations 4 et 6).

II.4.3.- Efficacité des traitements

Sur les boues

Amélioration d'IB dans 5 cas sur 6, mais on note :

- pour 2 cas le traitement est précédé d'une chloration et il s'agit donc simplement d'un maintien de IB a une valeur correcte, puis on a dégradation de IB dans l'un des deux cas
- pour 2 cas, une amélioration parallèle de la gestion de la station peut être à l'origine de la diminution de IB (aération - taux de boues dans le bassin)

Il reste donc 1 cas où l'amélioration de IB peut être attribuée sans conteste aux produits. Il s'agit des produits commercialisés par la J.PAC sur le type 0675, coût du traitement = 20 F/habitant.

Sur les mousses

4 cas sur 7 : aucun changement, il s'agit des produits distribués par les sociétés :

GAMLEN sur *Microthrix p.* (station 1)

CFPI sur *Thiothrix sp.* (station 2)

TBA sur *Microthrix p.* (station 3)

TBA sur *Microthrix p.* (station 7)

Faisant suite à une chloration et en utilisant le produit SYBRON, on note : réapparition après 1 mois de traitement avec changement de filament *Microthrix p.* —> Nocardioformes.

2 cas de disparition totale des mousses sont notés :

Station 4 : après chloration et jusqu'à 2 mois après arrêt du traitement, il s'agit des produits PROTEX sur *Microthrix p.*, coût = 1,63 F/habitant.

Station 5 : après 2 mois de traitement, mousses non réapparues pendant les 4 mois à dose d'entretien, il s'agit des produits de TBA sur type 0675, au coût de 20 F/habitant et 9,4 F/habitant et par mois en dose d'entretien. Les mousses sont réapparues 6 mois après l'arrêt du traitement d'entretien.

Tableau 11 : Comparaison des surcoûts d'exploitation avec et sans traitement pour les cas positifs.

STATION	Coût d'évaluation des mousses sans traitement	Coût du traitement (dose d'entretien)	Sociétés
5	700 F / mois	1130 F / mois	J.PAC (TBA)
4	< 800 F / mois	1290 F / mois ou 0,096 F / m3 traité	PROTEX

CONCLUSION

Sur 7 stations testées, on note la disparition des mousses biologiques dans deux cas mais ces derniers résultats sont peu significatifs. L'une des stations ne paraît pas représentative du parc de stations françaises compte tenu de la taille (120 EH). Quant à la deuxième station, on doit noter que le traitement par bio-additif a fait suite à un traitement par chloration.

De plus, dans les 2 cas, le coût du traitement est important voire prohibitif pour des petites stations : 1200 à 1300 F par mois pour les produits avec un coût d'exploitation supplémentaire lié à la mise en oeuvre des produits (préparation des solutions).

II.5.- ESSAIS : CHLORATION

II.5.1 - Caractéristiques des stations

Ces essais concernent 10 stations sur lesquelles 11 expérimentations ont été faites avec :

- 4 aérations prolongées dont la capacité varie de 2 000 à 3 500 EH,
- 6 moyennes et fortes charges dont la capacité varie de 33 600 à 300 000 EH.

Toutes les stations d'épuration ont un taux de charge hydraulique supérieur à 50 %. Pour 3 d'entre elles, le taux est supérieur ou égal à 100 %.

Le taux de charge organique n'est pas connu pour un site. Il est inférieur à 50 % dans 1 station, compris entre 50 et 100 % pour 5 stations et supérieur à 100 % dans 3 cas.

II.5.2.- Conditions de fonctionnement avant expérimentation

Les microorganismes dominants dans les mousses sont :

- *Microthrix p.* : 7 essais
- *Thiothrix sp.* : 1 essai
- type 0675 + type 0041 : 1 essai
- Nocardioformes : 2 essais
- divers cités : type 0092 et type 021N.

Les indices de boues sont supérieurs à 200 ml/g dans 8 expérimentations. Pour 2 essais, il est même supérieur à 1 000 ml/g.

Les facteurs favorisant le moussage sont (nombre de mentions):

- réglage de l'aération (7 fois)
- retours en tête (6 fois)
- dégraisseur (5 fois)

- temps de transit en réseau (3 fois)
- septicité de l'effluent (3 fois)
- gestion des boues (2 fois).

II.5.3.- Caractérisation de la chloration

L'injection de chlore a été utilisée lors de 10 essais, avec :

- durée d'expérimentation : 3 à 21 jours
- point d'injection : recirculation des boues
- doses appliquées : 1 à 12 g Cl₂/kg MS.j
- concentration au point d'injection en mg Cl₂/l de boues recirculées : 2 à 19
- taux de passage moyen : 2,2 fois/j.

L'aspersion de chlore a été utilisée lors d'un essai, avec :

- durée d'expérimentation : 33 jours
- aspersion à la surface du bassin d'aération
- doses appliquées : 10 g Cl₂/m².j
- taux de traitement : 6 g Cl₂/kg MS.j

II.5.4.- Commentaires

Le taux de charge hydraulique des stations étudiées varie de 50% à 180%.

La charge organique est comprise entre 25 % et 250 %.

La qualité des eaux d'entrée est très disparate. Les stations testées reçoivent des effluents à dominante domestique. Pour 7 sites, une partie des eaux est d'origine industrielle (abattoirs, agroalimentaire, industrie textile, laiterie, etc.); elle peut représenter jusqu'à 40 %.

Les observations effectuées sur les échantillons de mousses indiquent la présence de *Microthrix p.*, *Thiothrix sp.*, Nocardioformes et du couple type 675 + type 0041 avec une prédominance en nombre de cas pour *Microthrix p.*

La mise en oeuvre doit tenir compte du caractère dangereux du produit. Les moyens humains sont importants pour le suivi microscopique des boues, de leur décantabilité, et l'adéquation du dosage.

Les prix des produits sont homogènes (moyenne 1,30 F/kg) tandis que les coûts des traitements sont eux très variables avec un facteur 20 entre les extrêmes. Les coûts sont d'autant plus importants que la station est de faible capacité.

La chloration a un effet positif (9 cas sur 11), sauf pour Nocardioformes (2 cas) où il y a persistance des mousses. L'effet est quelque fois de courte durée (3 semaines), tandis que certaines stations restent sans mousse pendant 6 mois. Plus précisément, la chloration semble donc avoir un effet positif quand le germe prédominant est *Microthrix p.*, et l'efficacité du traitement est d'autant meilleure que l'eau d'entrée est purement d'origine domestique.

L'indice de boues est toujours ramené à une valeur inférieure à 200.

CONCLUSION :

L'efficacité et les résultats obtenus par la chloration sont rapides lorsque le dosage est bien adapté, même si dans certains cas, on assiste à un retour des mousses peu de temps après l'arrêt du traitement. La chloration peut être envisagée pour réduire un problème existant afin de pouvoir mettre en place par la suite une nouvelle gestion de la station, condition d'une efficacité durable. Elle ne peut être considérée à elle seule comme un traitement définitif.

Tableau 12 : résultats - essais chloration

code Cl	capacité EII	taux de charge hydraulique	taux de charge organique	DCO mg/l moyenne	filaments dominants (mousses)	nature de la chloration	durée du traitement (jours)	dose appliquée gCl ₂ /kg MS.j	concentration pt d'injection mg Cl ₂ /l	taux de passage	IB initial	IB final	effet sur les mousses
1	2 000	80%	70%	--	<i>Microthrix p.</i>	injection	21	5,1	10	2,57	> 1000	< 200	+
2	2 300	73%	57%	600	<i>Microthrix p.</i>	injection	15	2,9	10,3	1,13	400-500	140	+
3	3 500	80%	--	--	<i>Thiothrix</i>	injection	10	1,5 à 3,0	10,3 à 18,9	1,16	> 1000	200	+
4	3 500	80%	--	--	<i>Microthrix p.</i>	injection	12 discontinu	4,0 à 12,0	6,4 à 16,8	2,8	170	50	+
5	33 600	51%	26%	713	<i>Microthrix p.</i>	injection	2 jours/mois	1,0 à 3,7	--	--	550	< 200	+
6	35 000	100 à 180%	110 à 130%	--	<i>Microthrix p.</i>	injection	18	6,3 à 1,2	21 puis 7,2	2	380	150	+
7	50 000	84%	110%	597	<i>Microthrix p.</i>	injection	15 à 21	--	--	--	130	80	+
8	70 000	100%	50%	400	<i>Microthrix p.</i>	injection	3	7,5	13	3	210	150	+
9	160 000	95%	54%	380	type 0675 + type 0041	injection	11 discontinu	6,0 à 3,5	4,4 à 2,5	2,6	230	< 100	+
10	300 000	65%	62%	486	Nocardioforme	injection	18	4,4	22	13	230	100	-
11	3 150	100 à 140%	170 à 250%	1300 à 2300	Nocardioforme	aspersion	33 discontinu	10 gCl ₂ /m ² .j	--	--	150	150	+ -

+ : disparition durable des mousses
+ - : amélioration partielle
- : pas d'amélioration

CHAPITRE III

LES MOYENS D'ACTION

III.1. - LES FACTEURS FAVORABLES ⁽⁵⁾ AUX MOUSSES BIOLOGIQUES STABLES

L'ensemble de l'expérience acquise lors de cette étude fait ressortir une liste des facteurs favorables au développement des mousses biologiques les plus fréquemment rencontrés. L'énumération ci-dessous valide certains éléments mentionnés dans la partie bibliographique (Chapitre I) et intègre des éléments complémentaires.

Dans un nombre de cas significatifs, le simple fait d'avoir supprimé un ou plusieurs facteurs favorables a permis le retour à une situation normale.

En pratique, on s'attachera à supprimer un maximum de ces facteurs favorisant le moussage.

- AGE DE BOUES ELEVE

- âge des boues
- âge des flottants

- SEPTICITE

- retours en tête de station de surnageants ayant connu une évolution septique (silos, ...)
- insuffisance d'aération
- insuffisance de brassage en aération - concentration de boues trop élevée - dépôts en fond de bassin d'aération
- apports d'effluents bruts septiques
- dépôts non extraits régulièrement dans les prétraitements
- temps de passage trop long en anoxie, en clarification, ...

- NATURE PARTICULIERE DES EAUX BRUTES

- effluents industriels spécifiques (détergents, matières grasses, hydrocarbures, ...)

(5) On entend par facteurs favorables au moussage les éléments de conception ou d'exploitation qui déclenchent, renforcent ou favorisent l'apparition ou le maintien du moussage biologique.

- EXISTENCE DE FLOTTANTS

- boues de dénitrification persistantes sur le décanteur secondaire
- apports de graisses flottantes
- entraînement d'air entre bassin d'aération et clarificateur
- retour de flottants en aération

- FACTEURS "MECANIQUES"

- grande dénivelée entre bassin d'aération et clarificateur
- présence de jupes autour des turbines.

III.2. - LES RECOMMANDATIONS POUR UNE EXPLOITATION ANTIMOUSSES

Une bonne exploitation est de nature à prévenir le phénomène et est l'un des facteurs de rétablissement d'une situation normale.

Des facteurs favorables au développement de mousses biologiques existent potentiellement dans toute station d'épuration aussi bien conçue soit-elle. Le démarrage du phénomène se produit lorsque la compétition entre les microorganismes filamenteux des mousses et les bactéries floculées se trouve déséquilibrée par un facteur favorable supplémentaire.

Par exemple, des eaux brutes septiques et un entraînement d'air vers la jupe de répartition du clarificateur ne feront pas nécessairement apparaître un problème de mousses biologiques. Mais si, par accident, une insuffisance d'aération (panne de 12 à 24 h par exemple) vient s'ajouter, le problème se révèle. Le temps d'apparition des mousses est d'autant plus long (de 1 jour à une semaine) que l'âge des boues est élevé. Par la suite, la présence des mousses elle-même devient un facteur favorable à leur persistance (milieu favorable, réensemencements, ...) et la résolution du problème n'est pas simple.

Les divers points annoncés ci-dessous sont naturellement aussi des éléments d'une exploitation optimisée souhaitable sur toute station. Le contexte local (équipements, débouchés des boues en excès) ne permet malheureusement pas dans tous les cas de s'y conformer en permanence. Néanmoins, il convient de se rapprocher autant que possible des recommandations de bonne exploitation sélectionnées pour leur impact particulier sur le moussage.

CONSEILS pour une exploitation "ANTIMOUSSES"

Ils sont listés ici au fil de l'eau, leur importance relative étant signalée par un nombre croissant d'astérisques (de 1 à 3).

RESEAU **

- Contribuer à diminuer la septicité des eaux à traiter (à titre indicatif des concentrations supérieures à 1 ou 2 mg/l en H_2S dissous ou des potentiels redox ⁽⁶⁾ inférieurs à 50/100 mV peuvent être cités comme références de ce risque) :

(6) Electrode de Pt - rapportés à l'électrode à hydrogène normal.

en minimisant le temps de séjour dans les bâches de relèvement (réglage des contacteurs),

en assurant une aération des refoulements longs (ou tout autre moyen de relever le potentiel redox des eaux à traiter).

PRETRAITEMENTS **

- Extraire régulièrement (1 fois/semaine au moins lorsque ces opérations sont manuelles) les sables et les dépôts de fond du dégraisseur. Ce point s'applique d'autant plus que l'on est en présence d'effluents d'industries agroalimentaires ou mixtes.
- Faire en sorte que les graisses flottant le plus facilement soient effectivement extraites et évacuées au niveau du dégraisseur.

DECANTEUR PRIMAIRE *

- Extraire les boues en ne laissant en permanence que de faibles volumes de boues décantées dans l'ouvrage.

BASSIN D'ANOXIE ***

- Assurer un temps de passage (effluent brut + recirculation + circulation de la liqueur mixte) inférieur à environ 2 heures.
- Eviter l'accumulation de flottants.
- Améliorer le brassage en cas de dépôts significatifs.

BASSIN D'AERATION ***

- Maintenir une concentration de boues adaptée, particulièrement en aération prolongée :

. 4 g/l de MES (et ne jamais dépasser 5 g/l) en pleine charge organique.

. 2,5 à 3 g/l si la station ne reçoit que 50 % de sa charge organique nominale.

- Assurer une oxygénation suffisante des boues. Dans le cas de nitrification, imposer un réglage assurant une dénitrification la plus complète possible avant entrée dans le clarificateur.
- Ne jamais fixer de périodes d'arrêt d'aération supérieures à 2 heures environ.
- Ménager des temps de marche suffisants pour concerner toutes les boues. Le temps minimum dépend de la station mais peut globalement être précisé comme suit (cas les plus fréquents) :
 - . Turbine, 35 W/m³, profondeur de bassin adaptée à la puissance unitaire absorbée : 15 minutes
 - . Brosse unique 25 W/m³ : 30 minutes.
- Démonter ou raccourcir les jupes des turbines.

STABILISATION AEROBIE **

- Assurer une extraction des flottants vers le traitement des boues plutôt qu'un retour en aération, dès que ces flottants prennent de l'importance.
- Maintenir une aération suffisante avec des temps d'arrêt limités et assurer un brassage évitant les dépôts.

DEGAZAGE ** - *C'est à partir d'un tel ouvrage qu'il devrait être le plus aisé d'extraire en continu les flottants. L'un de ses rôles importants est d'éviter les réensemencements.*

- Aménager la sortie du bassin d'aération de manière à minimiser les entraînements de gaz.
- L'installation d'un dégazeur s'impose même lorsqu'il n'existe pas de dénivellée importante. Celui-ci doit être équipé d'un trop-plein large et d'une cuve de collecte des flottants qui devront rejoindre le système d'évacuation des boues en excès. L'ouvrage de dégazage ne permet cependant pas d'extraire toutes les mousses lors d'épisodes de crise.

CLARIFICATEUR **

- S'assurer que la reprise des boues est efficace.
- Eviter que les flottants ne retournent au bassin d'aération.

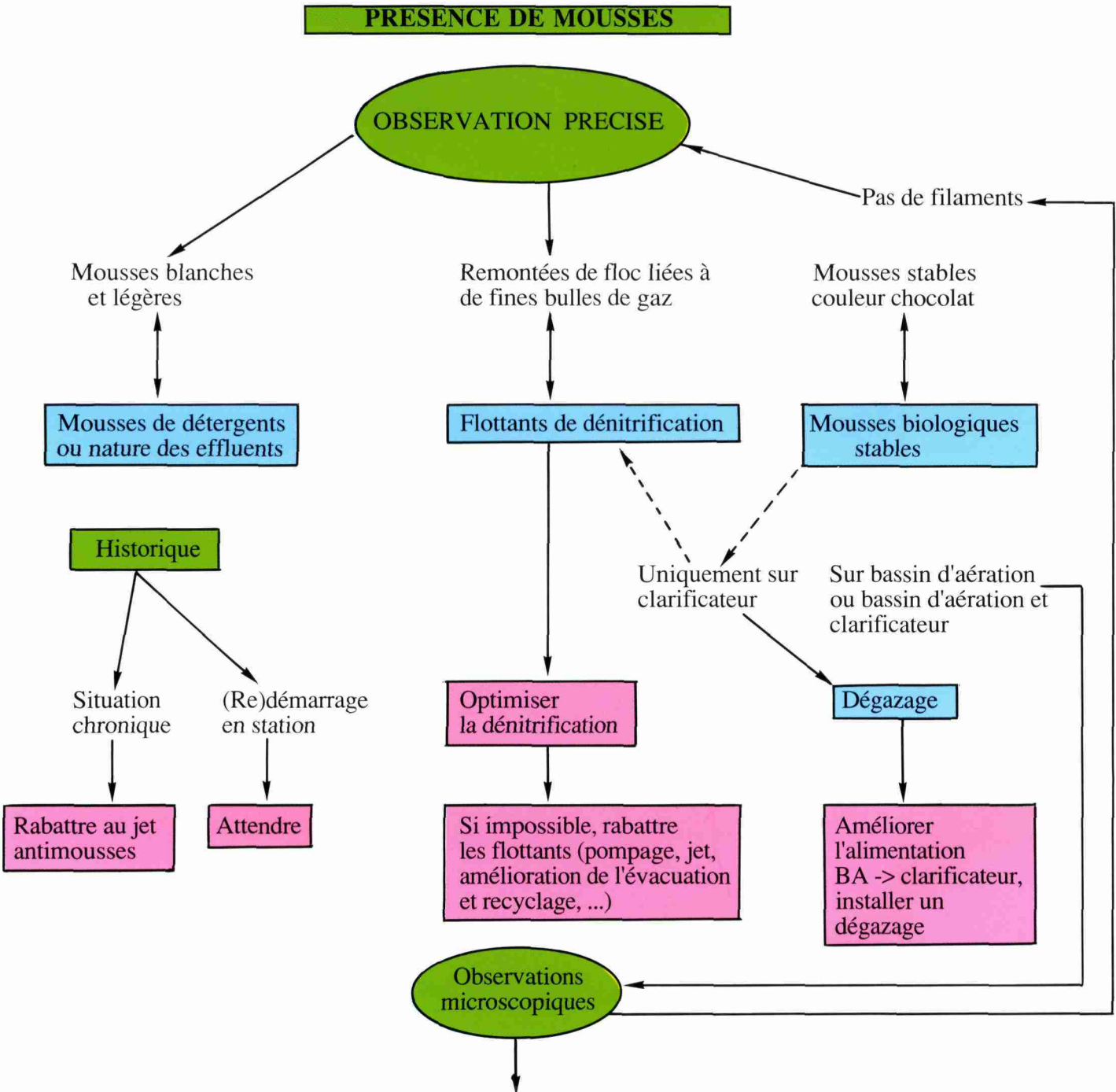
- Assurer un temps de séjour des boues relativement faible dans le clarificateur (en particulier lorsque des problèmes de mousses sont établis). Dans cette optique, la déconcentration des boues est plus efficace qu'une augmentation du taux de recirculation au-delà de 200 % du débit entrant.

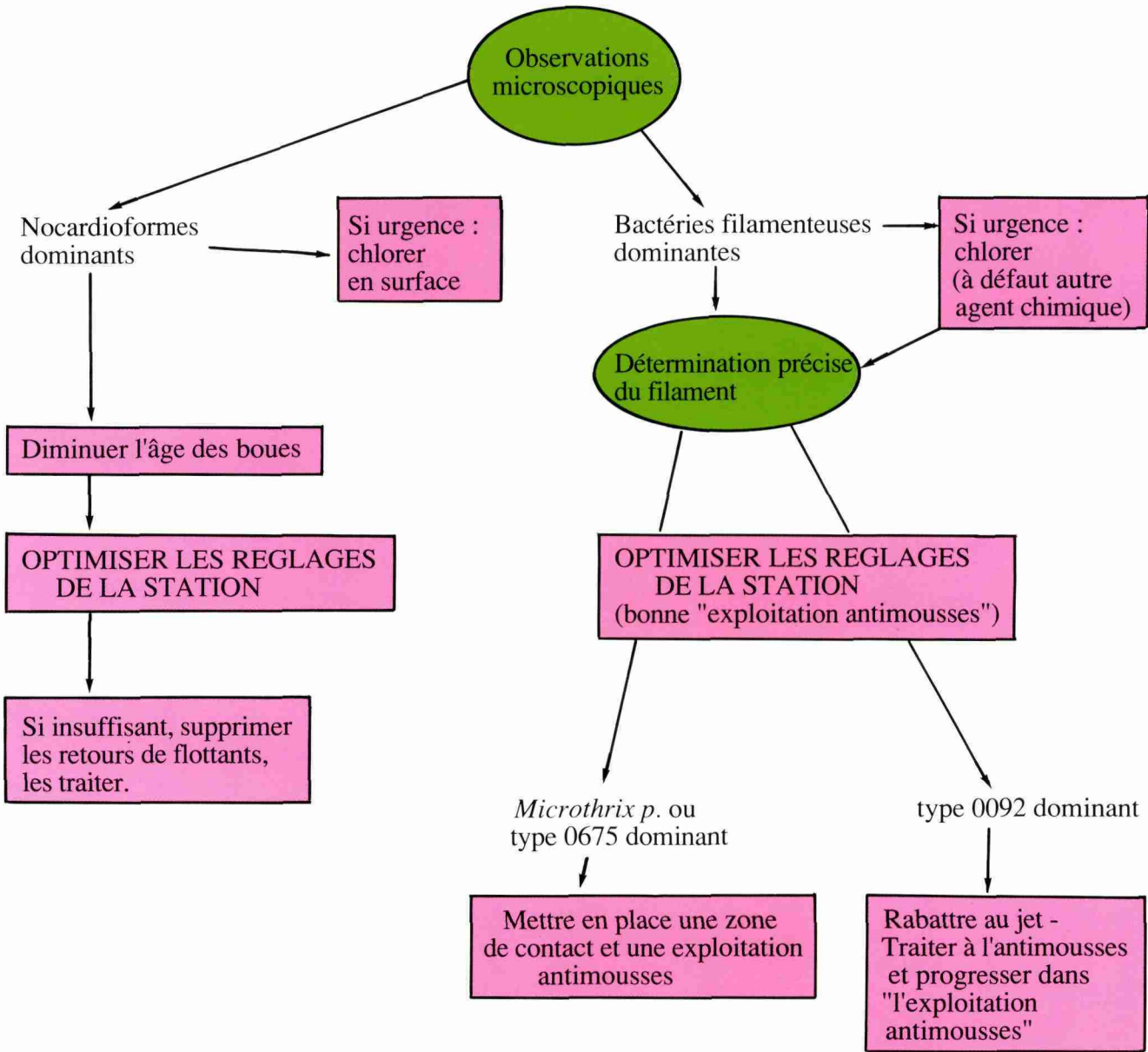
TRAITEMENT DES BOUES ***

- Optimiser le fonctionnement des digesteurs pour limiter les flux d'acides gras volatils et ne pas retourner directement en tête de station des surnageants de digesteur.
- Ne pas extraire de surnageant d'un silo de stockage sans précautions particulières.
- Effectuer l'épaississement dans un ouvrage spécialisé (temps de séjour des boues < 2 jours). Si cet ouvrage n'existe pas, il est possible de chlorer les retours en tête de station. De fortes doses de chlore/kg MES sont nécessaires puisqu'il s'agit à la fois d'éviter les réensemencements et d'oxyder des composés organiques.
- Disposer de capacités de stockage suffisantes.
- Fiabiliser l'évacuation ultime des boues, point crucial au bon fonctionnement de l'installation.

III.3. - LA DEMARCHE A SUIVRE

Le schéma suivant essaie de tracer les lignes d'actions les plus rationnelles pour lutter efficacement contre les divers types de mousses. Comme il a été déjà dit, en tout état de cause, la suppression des facteurs favorisant les mousses doit être entreprise même si toutes les étapes ne peuvent être menées à terme.





DANS TOUS LES CAS, L'EXTRACTION DES FLOTTANTS AMELIORE LA RAPIDITE D'ACTION DES AUTRES MOYENS

Légende :

- : Etapes de l'analyse du problème
- : Constats d'observations
- : Interprétation des observations
- : Actions

BIBLIOGRAPHIE CITEE

BLACKALL L.L., HARBERS A.E., GREENFIELD P.F. and HAYWARD A.C., (1988).

Actinomycete scum problems in Australian activated sludge plants. Wat.Sci.Tech., Vol.20, N°11-12, p. 493-495.

BLACKBEARD J.R., EKAMA G.A. and MARAIS G.R., (1986).

A survey of filamentous bulking and foaming in activated sludge plants in south of Africa. Wat.Poll.Control, n°1, p. 90-100.

BLACKBEARD J.R., GABB D.N.D., EKAMA G.A. and MARAIS G.R., (1988).

Identification of filamentous organisms in nutrient removal activated sludge plants in south of Africa. Water SA., 14 p. 29-33.

CHAMBERS B. and TOMLINSON E.J., (1982).

Bulking of activated sludge : Presentative and remedial methods. Chichester : Ellis Horwood Publishers, 279 p.

CHUDOBA J., GRAU P., and OTTAWA V., (1973).

Control of activated sludge bulking : II - Selection of microorganisms by means of a selector, Wat. Res., Vol.7, p. 1389-1406.

DUCHENE Ph. (1991a).

Les mousses biologiques premiers resultats acquis par le G.I.S. MOUSSES T.S.M. l'eau, 91, 3, p. 139-143.

DUCHENE Ph. (1991b).

The most significant protozoa and metazoa currently found in activated sludge. Proceeding of the Intern. Symp. Biological approach to sewage treatment process. Ed. P. Madoni, Perugia, 1991, pp. 33-37.

DUCHENE Ph. et PUJOL R. (1991).

French research into biological foaming. Proceeding of the Intern. Symp. Biological approach to sewage treatment process. Ed. P. Madoni, Perugia, 1991, pp. 189-194.

EIKELBOOM D.H. and VAN BUIJSEN H.J.J., (1983).

Microscopic sludge investigation manual - Delft. T.N.O., second edition, 81 p.

EIKELBOOM D.H., (1975).

Filamentous organisms observed in activated sludge. Wat.Res., Vol.9, p. 365-388.

EIKELBOOM D.H., (1982).

Biosorption and prevention of bulking sludge by means of high floc loading, in **Bulking of activated sludge : preventive and remedial methods**" (CHAMBERS B., TOMLINSON E.J., eds), Chichester, Ellis Horwood Publishers, p. 90-105.

- HARTLEY K.J., (1982).**
Nocardia in activated sludge plants - Queensland local authority engineers conference proceedings - p 109-132.
- JENKINS D., NEETHLING J.B., BODE H. and RICHARD M.J., (1982).**
The use of chlorination for control of activated sludge bulking - In : Bulking of activated sludge : preventive and remedial methods -
- CHAMBERS B., TOMLINSON E.J.**
eds.Chichester (1982). Ellis Horwood Publishers, p. 187 - 206.
- JENKINS D., RICHARD M.G. and DAIGGER G.J., (1986).**
Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. Ridgelines Press Lafayette CA 94549 U.S.A., 165 p.
- LARIGAUDERIE A., (1988).**
Contribution à l'étude des mousses biologiques - rapport DESS - Univ. LIMOGES - 37 + 31 p.
- LECHEVALIER H., (1975).**
Actinomycetes of sewage treatment plants US Dept. of converce National Technical information services report No PB 245914.
- LECHEVALIER H.A., LECHEVALIER M.P., and WYSZKOWSKI P.E., (1977).**
Actinomycetes of sewage treatment plants US Dept. of converce National Technical information services report No PB 272589.
- LEMMER H. and BAUMAN M., (1988).**
Scum actinomycetes in sewage treatment plants. Part 2 : The effect of hydrophobic substrate. Wat.Res., Vol.22, n°6, p. 761-763.
- LEMMER H. and KROPPESTEDT R.M., (1984).**
Chemotaxonomy and Physiology of some actinomycetes isolated from scumming activated sludge. Syst.Appl.Microbiol., 5, p. 124-135.
- LEMMER H., (1986).**
The ecology of scum causing actinomycetes in sewage treatment plants. Wat.Res., Vol.20, n°4, p. 531-535.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE - CEMAGREF QEPP LYON. (1990).**
Guide technique sur le foisonnement des boues. Documentation technique FNDAE n° 8 - octobre 1990 - 60 p.
- PUJOL R. et BOUTIN P., (1989).**
Control of activated sludge bulking : from the lab to the plant. Wat.Sci.Tech., Vol.21, p.717-726.
- PUJOL R. et CANLER J.P., (1989).**
Le foisonnement des boues activées : Situation du problème en France. T.S.M. l'eau, 89, 1, p.19-24.
- PUJOL R. et CANLER J.P., (1990).**
La technique de la zone de contact. Informations techniques du CEMAGREF mars 1990 No 77

PUJOL R., (1987).

Maîtrise du foisonnement des boues activées : Biosorption et zones de contact. Approche méthodologique. Thèse de Doctorat INSA, Lyon (France), 154 p.

PUJOL R., DUCHENE P., SCHETRITE S., and CANLER J.P., (1991).

Biological foams in activated sludge plants characterization and situation. Wat. Res. - Vol. 25 - No 11 - pp 399-1404.

SAKAI Y., MORI T., HOUDA K., and MATSUMOYO T., (1983).

Activated sludge flotation caused by actinomycetes - Proceedings of sewage research 20 - p 215-217.

SCHETRITE S., (1989).

Mousses biologiques stables : Dépouillement de l'enquête réalisée auprès des SATESE. CEMAGREF brochure No 16 - 18 p.

SLIJKHUIS H., (1983).

Microthrix parvicella a filamentous bacterium isolated from activated sludge : cultivation in a chemically defined medium. Applied and environmental microbiology 46 - p 832-839.

SLIJKHUIS H., and DEINEMA M., (1988).

Effect of environmental conditions on the occurrence of Microthrix parvicella in activated sludge Water Research 22 - p 825-828.

SODELL (J.A.) and SEVIOUR R.J., (1990).

Microbiology of foaming in activated sludge plants. Journ of applied bacteriology - Vol.69 - pp 145-176.

WAGNER F., (1982).

Study of the causes and prevention of sludge bulking in Germany - In : Bulking of activated sludge : preventive and remedial methods - **CHAMBERS B., TOMLINSON E.J.** eds. **CHICHESTER** : Ellis horwood Publishers, (1982), p. 29-41.

WAGNER F., (1984).

Studies on the causes and prevention of bulking sludge in Germany. Wat.Sci.Tech., Vol.16, Vienna, p.1-14.

ANNEXES

ANNEXE 1 - FICHE PRATIQUE ZONE DE CONTACT

La zone de contact, une des techniques de lutte contre le moussage biologique lié à des bactéries filamenteuses, est un ouvrage situé à l'amont du bassin d'aération.

Le principe repose sur la modification de l'activité biologique puisqu'il intervient sur la dynamique des populations en jouant sur leurs vitesses de capture du substrat.

Son dimensionnement dépend des caractéristiques qualitatives et quantitatives des effluents d'entrée.

Cet ouvrage fonctionne à une charge appliquée de l'ordre de 100 mg de DCO/g de MES et un temps de contact du couple effluent-boue de 10 minutes.

L'efficacité de la zone de contact nécessite l'application de certaines recommandations concernant :

LES EQUIPEMENTS

- Les arrivées des effluents et des boues doivent être rassemblées en un même point afin d'optimiser le mélange et le temps de contact.
- L'ouvrage doit impérativement être brassé pour, d'une part, favoriser un contact rapide de l'effluent et de la boue et, d'autre part, éviter l'accumulation de dépôts en fond de bassin. Ces dépôts créeraient des zones anaérobies et pourraient diminuer le volume de l'ouvrage.
- Le brassage peut entraîner une augmentation des flottants dont il faut tenir compte en exploitation. Leur extraction fréquente paraît souhaitable, de même que leur évacuation hors de la station.
- Dans le cas d'une alimentation syncopée (poire de niveau par exemple), les arrivées boues-effluents seront synchronisées.

L'EXPLOITATION

Pour obtenir les résultats escomptés, une exploitation attentive est indispensable et demande une attention toute particulière sur les points suivants :

- le maintien des concentrations en MES dans la zone de contact afin de respecter les paramètres de dimensionnement. La stabilité des concentrations de boues permet de limiter la fréquence des réglages.

LE SUIVI QUANTITATIF

- Le développement du moussage est souvent corrélé à un indice de boues élevé sauf pour les cas à Nocardioformes. Sa mesure et, donc, son évolution témoignent de l'efficacité de la technique.
- L'observation microscopique des bactéries filamenteuses présentes dans les mousses permet de suivre leur densité et leur développement. Dans les boues, une densité de filaments plus faible liée à une population de protozoaires plus abondante et plus diversifiée est toujours un facteur significatif d'un bon degré d'épuration et d'une bonne stabilité du milieu.
- Les grandeurs physiques (débits) et physico-chimiques (MES-MVS-DCO) utilisées lors du dimensionnement de la zone de contact doivent être régulièrement surveillées. Ces analyses permettent de recalibrer les paramètres de fonctionnement de l'ouvrage en cas de modification des caractéristiques des effluents.

Tableau 13 : Les interventions et leurs fréquences

	FREQUENCE DES INTERVENTIONS			
	Journalière	Hebdomadaire	Mensuelle	Semestrielle ou plus
Observations visuelles : - Quantité de flottants - Brassage	X (1)	X (1) X (2)	X (2) X (2)	
Mesures physiques : - Dépôts de l'ouvrage - Indice de boue - Observation microscopique - Paramètres de dimensionnement Débits : - des effluents d'entrée - des boues recirculées		X (1) X X (1)	X (2) X (2) X (1) X (1)	 X (2) X (2)
Mesures physico-chimiques : - MES des boues - MVS des boues - DCO de l'effluent d'entrée		X	X	X

(1) au démarrage

(2) suivi régulier

CONCLUSION

L'utilisation de la zone de contact sur un certain type de moussage est une technique efficace et fiable. Son suivi entraîne quelques contraintes, en particulier sur l'exploitation de la station d'épuration. Les résultats ne sont pas immédiats mais sont obtenus après quelques semaines de fonctionnement et sont généralement durables.

APPLICATION : EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT D'UNE ZONE DE CONTACT**DONNEES DE BASE :**

Débits		Journalier	300
		Moyen journalier	12,5
		Pointe horaire	35
Concentration	Effluent brut	DCO	700 mg/l
		DCO facilement assimilable (heures les plus chargées)	300 mg/l
	Boues	MES - bassin d'aération - recirculation	5 g/l 8 g/l

HYPOTHESES

Charge appliquée dans la zone de contact : C	100 mg de DCO/g de MES
Temps de contact en pointe : T	10 minutes

Ces deux valeurs résultent de l'expérience acquise. Elles peuvent être retenues à chaque fois que l'effluent brut peut être assimilé à un effluent urbain.

Dans le cas d'effluents industriels modifiant notablement les caractéristiques des eaux à traiter, une optimisation de ces paramètres devra être recherchée [PUJOL et CANLER, 1990].

DIMENSIONNEMENT DE LA ZONE DE CONTACT :*** Calcul du débit des boues à recirculer :**

$$Q_B = \frac{DCO.Q_E}{C.C_r} = \frac{300 \times 35}{100 \times 8} = 13 \text{ m}^3/\text{h}$$

avec :

Q_E = débit d'eau résiduaire pendant les heures les plus chargées (en m^3)

DCO = DCO soluble et facilement assimilable.
Cette valeur est obtenue à partir de la mesure de la DCO sur l'effluent brut après centrifugation et filtration moins la DCO de l'eau traitée (en mg/l).

C = Charge appliquée dans la zone : 100 mg DCO/g de MES.

C_r = Concentration moyenne des boues alimentant la zone de contact. Les boues retenues sont les boues de recirculation avec une concentration moyenne de 8 g/l .

*** Calcul du volume de la zone de contact :**

Le volume de la zone de contact (V_{zc}) en théorie est déterminé par la formule suivante :

$$V_{zc} = \frac{T (Q_E + Q_B)}{60} = \frac{10 \cdot (35 + 13)}{60} = 8 \text{ m}^3$$

Q_E = débit eaux résiduaires

Q_B = débit boues recirculées vers la zone de contact

T = 10 minutes

REMARQUES :

Les calculs sont réalisés sur les pointes de pollution. Il est intéressant d'effectuer la même démarche à partir des valeurs moyennes (débit - concentration) afin de connaître les fluctuations des paramètres de fonctionnement de l'ouvrage pendant la journée. Le débit de recirculation vers la zone de contact pourra avantageusement être adapté afin de se rapprocher de la valeur optimum de charge pendant une partie significative de la journée.

Ces valeurs doivent bien entendu être réajustées en fonction de l'évolution des données de base.

ANNEXE 2 - FICHE PRATIQUE CHLORATION

PRINCIPE

L'injection de chlore (gazeux ou en solution) dans les boues, permet d'introduire un toxique pour les micro-organismes. Contrôlée et utilisée à dose maîtrisée, elle constitue un moyen de lutte contre les filaments qui génèrent les mousses biologiques stables.

Les filaments, moins protégés que les bactéries du floc, sont fragilisés sous l'effet du chlore. L'observation montre des espaces vides dans les filaments qui constituent leur zone de future rupture. Simultanément, des bactéries libres et des protozoaires sont atteints.

CONDITIONS DE MISE EN OEUVRE

Le chlore réagit très vite sur les micro-organismes. Au point d'injection, sa mise en oeuvre nécessite :

- un mélange énergique,
- une concentration de boue maximale,
- un flux maximal de boue concerné journallement,
- l'éloignement de l'admission des eaux brutes.

Ces conditions sont remplies de manière optimale à proximité de la pompe de recirculation (à l'aspiration ou par injection dans la canalisation de refoulement).

MODALITES PRATIQUES

Certains paramètres doivent être contrôlés au moins une fois par jour tel l'état de la faune par observation microscopique, la turbidité de l'eau épurée par contrôle visuel, l'indice de boue, le débit de chlore au point d'injection.

Les paramètres de qualités d'eau (MES, matières organiques, formes de l'azote ⁽⁷⁾) sont à contrôler quotidiennement par des tests.

La masse de boue totale à traiter doit être connue; il faut sommer les boues du bassin d'aération et celles du clarificateur.

La chloration est, en général, réalisée au moyen d'eau de javel du commerce (48° chlorométriques soit environ 150 g de Cl₂ par litre).

(7) Les bactéries nitrifiantes sont parmi les premiers microorganismes touchés

Les doses de chlore sont exprimées en g de $\text{Cl}_2/\text{kg MES.j}$. Elles doivent augmenter progressivement jusqu'à l'obtention de résultats positifs. Ensuite la dose d'entretien dépendra de l'évolution des mousses et de l'indice de boue (Les doses de chlore à utiliser seront plus importantes si on est en présence de concentrations élevées en ions NH_4^+).

Les doses généralement utilisées sont de 2 à 6 g de $\text{Cl}_2/\text{kg MES.j}$.

Les doses maximales sont de l'ordre de 15 g de $\text{Cl}_2/\text{kg MES.j}$.

Il faut vérifier que la concentration de chlore au point d'injection ne dépasse pas 35 mg Cl_2/l (rapport de la masse totale de Cl_2 injectée / jour sur le débit total passé au point d'injection). Si cette clause n'est pas remplie, il est conseillé d'augmenter le nombre de points d'injection. En pratique, les concentrations moyennes sont de l'ordre de 4 à 20 mg Cl_2/l .

Le taux de passage d'une même particule de boue au point d'injection devra être supérieur à 2,5 fois par jour. Le taux de passage se calcule par la masse totale de MS passant dans la journée au point d'injection divisée par la masse totale de MS du système.

Les modifications de réglages (effectuées avec un pas de temps égal ou supérieur à deux jours) seront basées impérativement sur l'observation des effets enregistrés afin d'éviter tout surdosage qui aurait pour conséquence une dégradation sensible de l'activité biologique. Le microscope, l'indice de boue, la qualité de l'eau épurée et la quantité de mousse présente sont les meilleurs indicateurs de l'efficacité de la chloration.

Remarque : Les premiers jours la chloration peut s'accompagner d'un accroissement du volume des mousses.
Les consignes de sécurité liées à la manipulation du chlore doivent bien sûr être respectées.

APPLICATION : Exemple de dimensionnement d'une chloration par injection à la recirculation.

1/ données

Volume du bassin d'aération V_{BA}	= 680 m^3
Volume du clarificateur occupé par des boues V_{DB}	= 100 m^3
Teneur en MES en aération C_{BA}	= 3,5 g/l
Teneur en MES en recirculation C_R	= 5 g/l
Débit de recirculation Q_R	= 60 m^3/h
Débit de la pompe à chlore Q_{Cl} à définir en l/h	
Chlore en solution commerciale à 48°Cl soit 152 g de Chlore actif par litre (1° Cl = 3,17 g de Chlore actif/l).	

2/ calculs

Masse de Cl_2 injectée par jour	= 152 x 24 x Q_{Cl} = 3648 g/l
	= 14607 g Cl_2/j

$$\begin{aligned}\text{Masse totale de MES} &= V_{BA} \times C_B + V_{DB} \times \frac{C_R + C_{BA}}{2} \\ &= 680 \times 3,5 + 100 \times 4,25 \\ &= 2800 \text{ kg}\end{aligned}$$

3/ dimensionnement

- Taux de traitement global : g de Cl_2 /kg MES.j

$$\text{TG} = \frac{\text{Masse de } \text{Cl}_2 \text{ injectée par jour}}{\text{Masse totale de MES}}$$

$$\text{TG} = \frac{3648}{2800} = 1,3 \times \text{QCl de } \text{Cl}_2/\text{kg MES.j}$$

Si le taux de traitement choisi est de 4 g/kg MES.j, le débit horaire de chlore QCl est à fixer à $4/1,3 = 3 \text{ l/h}$.

- Concentration au point d'injection : g de Cl_2/m^3 recirculé

$$C = \frac{\text{Masse de } \text{Cl}_2 \text{ injectée par jour}}{\text{Débit journalier de la recirculation}}$$

$$C = \frac{3648 \times 3}{60 \times 24} = 7,6 \text{ g/m}^3$$

- Taux de traitement au point d'injection : g de Cl_2 /kg MES

$$T = \frac{\text{Masse de } \text{Cl}_2 \text{ injectée par jour}}{\text{Flux massique au point d'injection}}$$

$$T = \frac{3648 \times 3}{60 \times 24 \times 5} = 1,5 \text{ g } \text{Cl}_2/\text{kg MES}$$

- Fréquence du taux de passage d'une même particule au point d'injection

$$F = \frac{\text{Flux massique au point d'injection}}{\text{Masse totale de MES}}$$

Remarque : F est aussi égal à $\frac{\text{TG}}{T}$

$$= \frac{60 \times 24 \times 5}{2800} = \frac{7200}{2800} = \frac{5,2}{2} = 2,6 \text{ j}^{-1}$$

L'optimum est : $2 < F < 3$.

ANNEXE 3 - FICHE PRATIQUE AGE DE BOUES ET NOCARDIOFORMES

I - GENERALITES

Les mousses à Nocardioformes disparaissent ou régressent très fortement (suffisamment pour ne plus gêner le traitement des eaux) en diminuant l'âge des boues à une valeur minimale compatible avec le niveau de traitement requis.

Par contre, l'âge de boues permettant cette amélioration de la situation est fort variable, les résultats s'étageant entre 2 jours et plus de 20 jours ! Il est clair que cette variation n'est, en grande partie, qu'apparente et sous l'influence de retours de flottants. La configuration des stations permet le plus souvent aux flottants d'avoir un âge réel élevé.

C'est le cas en particulier des retours en tête des flottants du traitement des boues :

- bassin de stabilisation aérobie en boues activées moyenne charge
- épaisseurs et silos à boues
- digesteurs anaérobies (les Nocardioformes présentent la particularité de subsister, et même de se développer aussi en conditions anaérobies).

II - LA LUTTE

1/- Prévention

Généralement, en aération prolongée, l'apparition de mousses à Nocardioformes suit une période où les soutirages de boues ont été insuffisants. Le maintien d'une concentration en boues très élevée dans le bassin d'aération doit être absolument évité. Il a pour conséquence d'une part de soumettre le décanteur à des conditions de fonctionnement qui conduisent aux pertes de boues, d'autre part de ne plus permettre aux systèmes d'aération un brassage suffisant et une aération correcte (création de zones carencées en oxygène favorisant le foisonnement ou le moussage).

La prévention du moussage à Nocardioformes passe donc d'abord par une bonne gestion de la concentration des boues ce qui nécessite bien sûr de disposer d'une filière fiable d'évacuation.

2/- Mesures curatives

Lorsque le moussage à Nocardioforme est établi :

Abaissier la concentration de boues dans le système en extrayant des boues jusqu'à une concentration en rapport avec la charge à traiter, par exemple 2,5 à 3 g/l, pour une aération prolongée classique à 50 % de sa charge organique nominale.

Si la station présente un réensemencement par des flottants, limiter le plus possible le retour de ceux-ci au bassin d'aération en procédant au maximum d'extraction possible (au niveau du dégazage, du dégraisseur, ...).

Si cette opération, souvent lourde, est impossible et que l'abaissement de l'âge des boues ne suffit pas à réduire le problème de moussage, une chloration des retours sera envisagée.

Si la situation est critique, procéder à une chloration des mousses en surface du bassin d'aération. La dose de chlore peut être rapportée à la masse estimée de mousses présentes sur le bassin en attaquant directement à des doses fortes de l'ordre de 250 g de chlore/m³ de mousses ⁽⁸⁾.

(8) Sur la base de 8 g Cl/kg MES et de 30 g de MES/litre de mousse.

Tableau 14 : caractéristiques des principaux micro-organismes responsables des mousses

+ = positif
 ± = parfois positif
 0 = indice caractéristique
 - = négatif

	FILAMENTS							CELLULES	
	diamètre	longueur	vraies ramifications	rigide	forme souple	avec boucles	rare adhérences de bactéries	cloisonnement visible	forme rectangulaire
	< 1 µm	> 200 µm							
Microthrix parvicella	+	±	-	-	+	-	-	-	-
Nocardia sp.	±	-	+	+	-	-	-	-	-
Type 0092	+	-	-	±	-	-	-	±	+
Type 0581	+	±	-	-	±	+	-	-	-
Type 0675	+	±	-	+	-	-	±	+	+

	COLORATION		AUTRES OBSERVATIONS CARACTERISTIQUES
	GRAM	NEISSER	
Microthrix parvicella	+	+	- tous les filaments particulièrement nets dans le même plan. - aspect de spaghettis. - non lié au floc.
Nocardia sp.	+	±	Aspect de grillage déchiqueté; de feuille de cyprès Non lié au floc.
type 0092	-	+	Sortant du floc, Neisser caractéristique.
type 0581	-	-	Remarque : Même dans les cas de moussage, il n'est pas évident qu'il en soit responsable.
type 0675	±	+	Présente parfois des points anguleux. Assez lié au floc.

(*) couleur bleu-gris homogène du filament

**ANNEXE 4 - PROCEDURES UTILISEES POUR LES COLORATIONS (cf planche 3)
(d'après le Guide technique sur le foisonnement des boues - documentation
technique FNDAE n° 8 - octobre 1990)**

COLORATION GRAM

1. PREPARATION DES SOLUTIONS

Solution 1

	A
Violet cristal	2 g
Ethanol à 95 %	20 ml

	B
Oxalate d'ammonium	0,8 g
Eau distillée	80 ml

Mélange A - B = solution (1)

Solution 2

Iode	1 g
Iodure de potassium	2 g
Eau distillée	300 ml

Solution 3

Safranine O	
(2,5 % dans éthanol à 95 %)	10 ml
Eau distillée	100 ml

Remarque : Les solutions sont commercia-lisées prêtes à l'emploi (sous forme de kit).

2 - PROCEDURE

- Fixer la préparation sur la lame (laisser sécher sans chauffer).
- Appliquer la solution (1) pendant une minute. Rincer à l'eau.
- Appliquer la solution (2). Rincer à l'eau.
- Incliner la lame et décolorer partiellement par de l'éthanol à 95 % versé goutte à goutte sur la préparation pendant 25 secondes environ.
- Appliquer la solution (3) pendant une minute. Rincer à l'eau et laisser sécher à l'air.
- Observer à un grossissement > 500 X.

3 - RESULTATS

- Les filaments colorés en bleu violet sont considérés comme GRAM positif (+).
- Les filaments colorés en rose sont GRAM négatif (-).

COLORATION NEISSER

1 - PREPARATION DES SOLUTIONS

Solution Bleu acétique :

Bleu de méthylène	1 g
Alcool absolu	20 ml
Acide acétique glacial	50 ml
Eau distillée	950 ml

Solution de Vésuvine :

Vésuvine au Brun de Bismark 2 g
Eau distillée bouillante 1000 ml

Des réactifs sont commercialisés sous forme de solutions prêtes à l'emploi. Leur utilisation nécessite des temps de réaction pas nécessairement identiques à ceux définis ci-dessous.

2. PROCEDURE

- Fixer la préparation sur la lame (laisser sécher).
- Appliquer la solution de bleu acétique pendant 10 minutes.
- Rincer à l'eau.
- Recouvrir pendant 1 minute de vésuvine.
- Rincer à l'eau.
- Observer au microscope en contraste de phase (grossissement > 500 X).

3. RESULTATS

- Les filaments coloré en bleu violet, ou les granules bleu foncé visibles dans le filament, sont considérés comme NEISSER positif (+).
- La coloration jaune-brun est associée à un résultat NEISSER négatif (-).

Mousses démarrage ➡
(détergent)



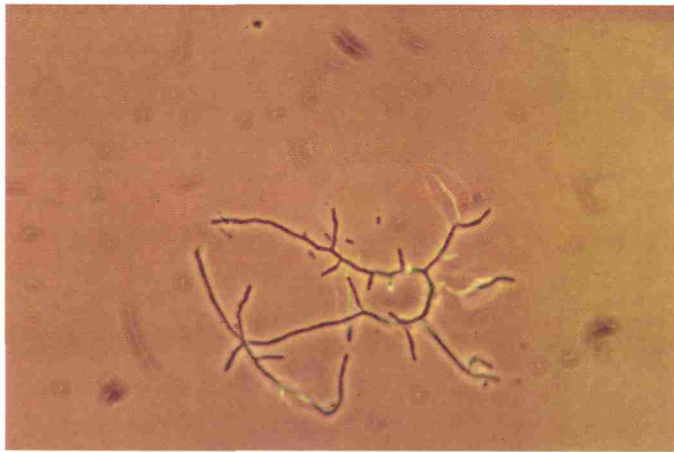
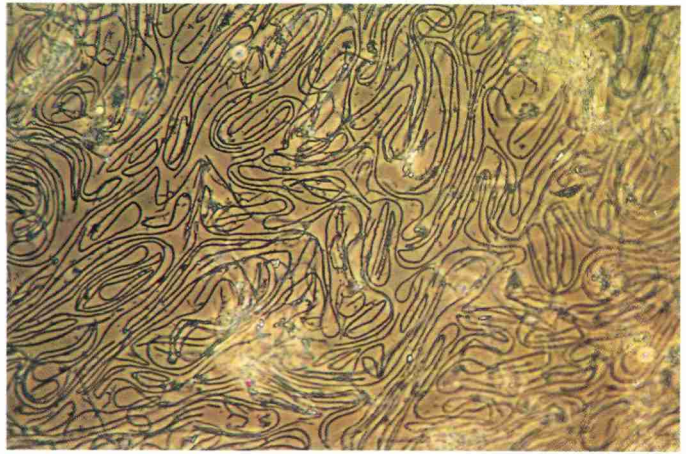
◀ **Mousses à Tensio Actifs**
(détergent)

Dénitrification ➡
clarificateur



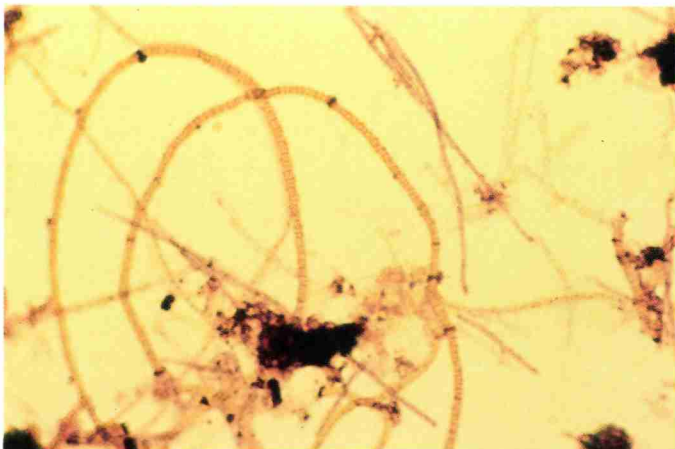
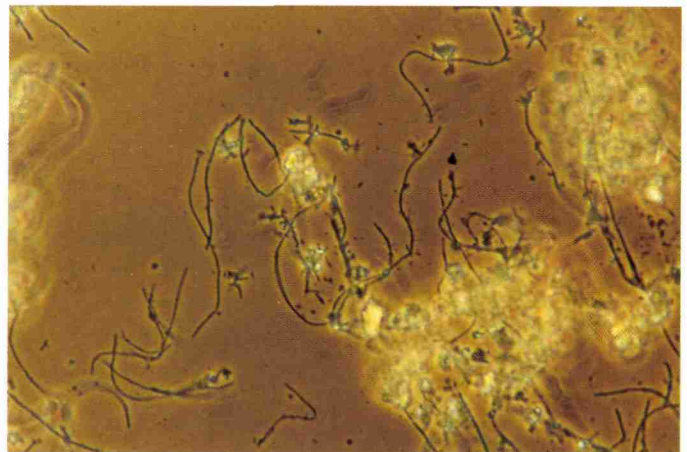
◀ **Mousses biologiques stables**
clarificateur

Microthrix Parvicella ➡



◀ **Nocardioforme**

Type 0675 ➡



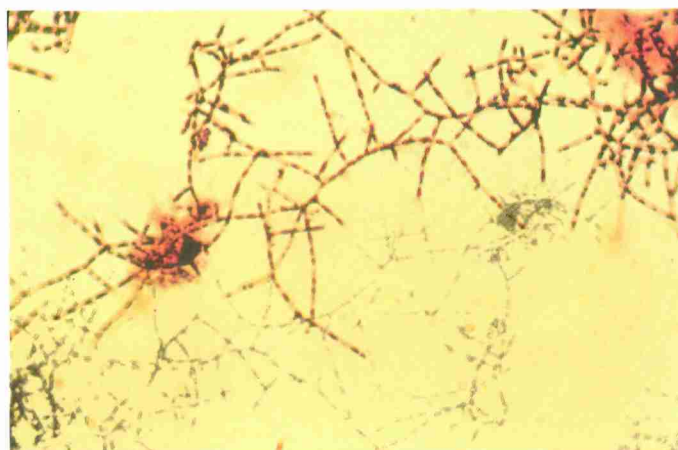
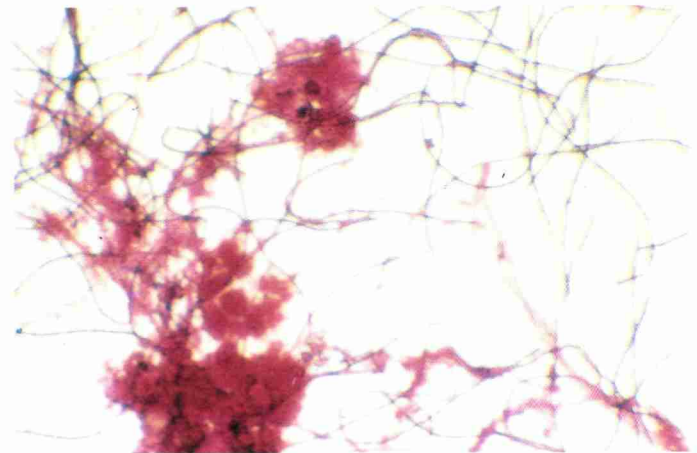
◀ **092 + 021 N**
coloration de NEISSER

Flottants ➡
Silo à boues



◀ Jupe sur bassin à turbine

Coloration de GRAM ➡
(Microthrix Parvicella)



◀ Coloration de NEISSER
(Nocardioforme)



Division Qualité des Eaux Paris
14, avenue de Saint-Mandé
75012 PARIS
Tél. (1).43.43.97.84
Fax (1).43.43.81.09

Ph. DUCHENE
J.P. CANLER



Chemin de la Digue - B.P. 76
78600 MAISONS-LAFFITTE
Tél. (1).39.62.34.56
Fax (1).39.62.60.47

V. BIGOT
M. PAYRAUDEAU



92, rue d'Amsterdam
75009 PARIS
Tél. (1).49.70.80.05
Fax (1).42.81.14.72

P. DROUET



250, route de l'Empereur,
92508 RUEIL-MALMAISON CEDEX
Tél. (1).47.52.50.00
Fax (1).47.52.51.75

N. HYVRARD



38, avenue du Président Wilson,
78230 LE PECQ
Tél. (1).34.80.23.45
Fax (1).34.80.09.01

J.M. AUDIC
F. VIRLOGET



2, rue de la Bresle,
B.P. 126
78312 MAUREPAS CEDEX
Tél. (1).30.50.61.55
Fax (1).30.51.28.79

M. DEGUIN
P. NAULEAU



967, chemin Pierre Drevet,
69300 CALUIRE
Tél. 78.98.79.00
Fax 78.08.85.99

R. TURGIS
L. BARILLOT



3, cours Ferdinand de Lesseps,
92851 RUEIL-MALMAISON CEDEX
Tél. (1).47.16.40.00
Fax (1).47.51.91.01

C. TROUSSELLE