



Sont présentés dans ce chapitre les principaux moyens d'action actuellement utilisés et qui ont démontré leur efficacité pour résoudre les problèmes de foisonnement.

## 4.1. Conception et Aménagement des ouvrages

### 4.1.1. Techniques à gradient de charge

On distingue deux types de configurations possibles (fig.16). Elles consistent à créer une zone à forte charge en tête (1) de station ou un gradient de charge dans le bassin d'aération (2) pour stimuler la croissance des germes non filamenteux.

#### 4.1.1.1. La technique de la zone de contact

Cette technique consiste à réaliser un mélange déterminé de boue (recirculée en général) et d'effluent à traiter dans une zone de faible volume située à l'amont immédiat du bassin d'aération. Ainsi, on accroît artificiellement la teneur en substrat disponible pour les microorganismes et la croissance des germes non filamenteux est favorisée.

Cette technique a été expérimentée à plusieurs reprises sur le territoire français ainsi qu'à l'étranger. Elle offre une grande souplesse de mise en œuvre. Elle a donné des résultats satisfaisants pour traiter les cas de foisonnement suivants :

- station d'épuration à faible charge massique,
- filaments dominants associés à une carence nutritionnelle au voisinage du floc,

Les paramètres de fonctionnement de la zone de contact dépendent des résultats des essais de biosorption : mesure de la capture du substrat par les microorganismes.

Cette technique simple est détaillée dans la fiche technique n° 1.

#### 4.1.1.2. Les systèmes compartimentés

Dans ces installations, les conditions hydrauliques tendent vers un mode d'écoulement piston, créant ainsi un gradient de concentration en substrat de l'entrée à la sortie du bassin d'aération. Leur domaine d'application concerne notamment les stations d'épuration de forte capacité.

Les conditions de mise en œuvre sont différentes selon que l'on opte pour :

- un bassin compartimenté : le nombre de compartiments est à déterminer sur la base

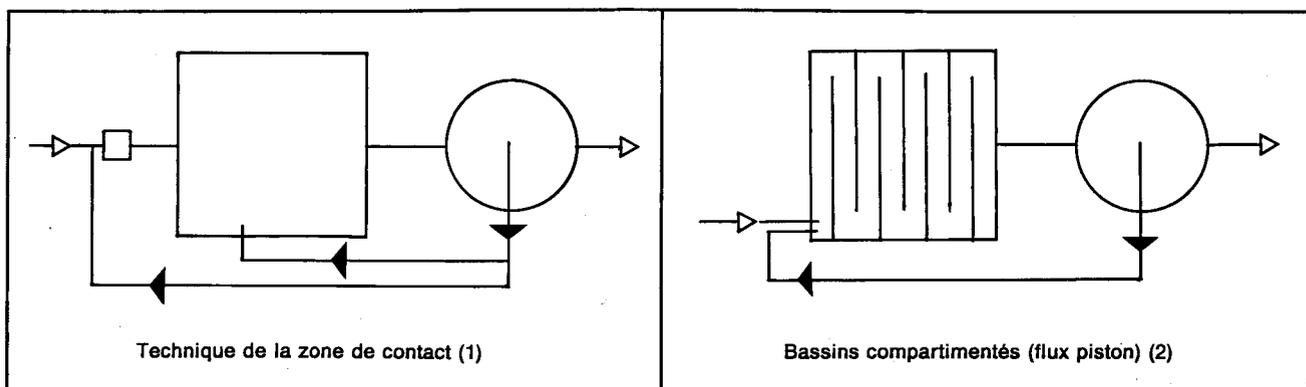


Figure 16 : Schéma de principe des techniques à gradient de concentration.

des résultats obtenus à partir de modèles réduits ;

— une configuration favorisant l'écoulement piston : dans ce cas, le rapport longueur/largeur du bassin d'aération est d'environ 20/1.

#### 4.1.2. Le procédé contact stabilisation

Le principe du procédé consiste à individualiser dans deux bassins la phases de fixation de la pollution (contact) et celle de la dégradation proprement dite du substrat (stabilisation). Un clarificateur intermédiaire opère la décantation des boues et l'évacuation des eaux traitées (fig. 17).

Cette séparation des phases permet la régénération de la capacité d'accumulation des microorganismes floculants dans la mesure où le temps passé en stabilisation est suffisamment long. Celui-ci varie avec la charge massique appliquée : CHUDOBA et coll. (1982) mentionnent que ce temps doit être supérieur à 5 heures pour une station à faible charge massique.

Si le temps de régénération des boues est insuffisant, les microorganismes du floc deviennent moins compétitifs et les risques de foisonnement augmentent.

— Ce procédé s'adresse habituellement aux stations d'épuration traitant des eaux résiduaires d'industries agro-alimentaires à forte charge glucidique. Les conditions de mise en œuvre ont été décrites par OLIVET et coll. (1981).

— Il est à noter que l'exploitation du procédé est contraignante et qu'en particulier, les réglages d'aération et de recirculation des boues sont essentiels pour sa bonne marche.

#### 4.1.3. Les filières de traitement à double étage

Dans les cas de traitement d'effluents concentrés (notamment en industries agro-alimentaires), la technique des boues activées (faible charge massique) peut être précédée par un lit bactérien (garnissage plastique - forte charge).

Le lit bactérien contribue à éliminer environ 60% de la pollution à traiter, ce qui a des conséquences majeures sur le dimensionnement de l'étage boues activées.

Ce type de filières permet en général de s'affranchir des problèmes de foisonnement dans la mesure où les carences nutritionnelles ne sont pas trop marquées au niveau des boues activées et s'il n'y a pas de décanteur intermédiaire.

### 4.2. Conditions d'exploitation

#### 4.2.1. Optimisation de l'aération

Il convient d'assurer une oxygénation suffisante pour éviter le développement de germes filamenteux résistant aux carences en oxygène dissous (augmentation des durées d'aération ou parfois mise en service d'équipements d'aération complémentaires).

Pour ce faire, il y a lieu de tenir compte de la charge de pollution reçue (PALM et JENKINS, 1980) mais aussi de la quantité de boue maintenue en aération. Ainsi, une gestion rationnelle de la production de boue est souvent le gage d'une optimisation des conditions d'aération et indirectement de certains foisonnements.

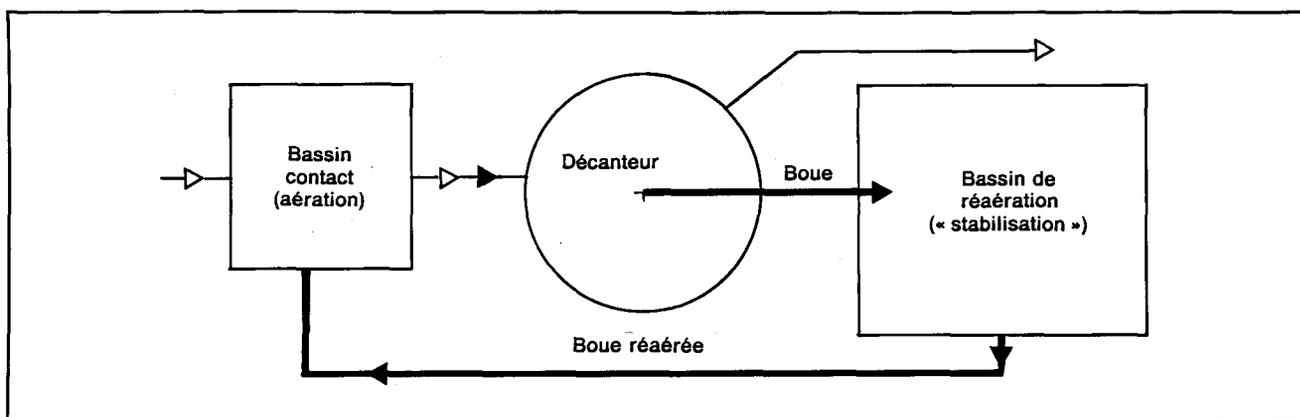


Figure 17 : Schéma de principe : Procédé contact stabilisation.

— Pour les foisonnements occasionnés par des germes autotrophes du soufre (*Thiothrix* sp.,...), il est souhaitable d'oxyder les composés réducteurs présents dans l'effluent immédiatement à l'amont du bassin d'aération s'il n'est pas possible de les éliminer à la source (industries notamment).

#### **4.2.2. Complémentation en nutriments (N ou P)**

Cette technique est utilisée dans les cas de carences très marquées, déjà apparentes au vue des caractéristiques analytiques des effluents à traiter (en règle générale d'origine agro-alimentaire et riches en carbone).

L'ajout de nutriments est réalisé en tête de station sous forme d'acide phosphorique ou de phosphates et/ou d'azote ammoniacal ou d'urée. Cette solution peut être complémentaire à tout autre procédé biologique de maîtrise du foisonnement (zone de contact, etc.).

#### **4.2.3. Lestage des boues**

Il a précédemment été évoqué que la présence d'un décanteur primaire peut constituer un facteur aggravant du foisonnement. L'introduction d'une fraction de boues primaires dans les boues activées est susceptible d'améliorer provisoirement la qualité de la boue. Ce « lestage » des boues activées a été utilisé avec succès sur des stations d'épuration à variation de charge confrontées à des problèmes de foisonnement. Cependant, cette solution n'est qu'un palliatif et elle ne doit être utilisée que sur une courte période (à terme risque de surcharge,...).

Le lestage peut également être réalisé par adjonction de produits chimiques dans les boues (voir paragraphe suivant).

#### **4.2.4. Les techniques chimiques**

Leur principe repose sur l'ajout de réactifs dans les boues. Ils entraînent une modification de la structure microscopique de la boue (rupture des filaments, formation d'hydroxydes, ...).

Les conditions de mise en œuvre de ces techniques (doses, points d'injection) varient d'une station à l'autre, aussi est-il difficile d'en tirer des règles générales. De plus, il est hasardeux de prévoir à l'avance l'efficacité de ces solutions. Enfin il faut savoir que les résultats

obtenus ne peuvent être définitifs, dans la mesure où ces techniques n'agissent pas sur les causes du foisonnement et que bien souvent les apports de réactifs ne peuvent être permanents eu égard à leur coût.

Les produits utilisés sont de deux types :

##### **4.2.4.1. Les agents oxydants**

— Le chlore et ses composés ( $\text{Cl}_2$  et dérivés) :

L'ajout de doses contrôlées de chlore permet de limiter la croissance des germes filamenteux mais cette solution nécessite un suivi particulièrement attentif ; le chlore étant toxique pour l'ensemble des microorganismes.

Cette solution toujours efficace lorsqu'elle est bien conduite doit cependant être réservée aux installations de capacité importante compte tenu des contraintes qu'elle implique.

La procédure d'utilisation du chlore est détaillée dans la fiche technique n° 2.

— L'eau oxygénée ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) :

Les conditions de mise en œuvre sont analogues à celles du chlore mais les doses sont plus élevées que pour le chlore et peuvent atteindre 200 mg d' $\text{H}_2\text{O}_2$ /litre au point d'injection. Si la manipulation de l'eau oxygénée est moins contraignante que celle du chlore, le temps de contact doit être plus long (environ 1/4 d'heure) et le prix de l'eau oxygénée est supérieur. Ce moyen d'action est notamment utilisé en Grande-Bretagne.

— L'ozone ( $\text{O}_3$ ) :

L'action de l'ozone est identique et a donné lieu à des essais concluants en laboratoire à des doses de 0,5 à 1 mg/g de MVS (sur les boues de recirculation). Les conditions de mise en œuvre sur le terrain restent à préciser (COLLIGNON, 1988).

##### **4.2.4.2. Les agents floculants**

Les réactifs utilisés sont le plus souvent des sels de fer qui facilitent l'agglomération des floccs sans être toxiques pour les microorganismes aux doses normalement préconisées.

Ils participent à l'élimination partielle du phosphore présent dans les eaux à traiter. Cependant, l'adjonction permanente de réactifs induit un accroissement substantiel des charges financières d'exploitation (équipements complémentaires, achats de réactifs, traitement des boues,...).

Leur efficacité n'est pas garantie, il est souhaitable de réaliser des essais préalables.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec l'emploi du sulfate ferreux  $\text{FeSO}_4$  (floculant le

moins onéreux) sur certains filaments (types 0041, 1701, 961, *Sphaerotilus natans*) pour des doses variant entre 20 et 50 mg de fer/l d'eau usée.

Quelques résultats positifs ont également été enregistrés en utilisant la chaux (ex. : inhibition du type 021N pour des doses de 11 g/m<sup>3</sup> d'eau usée).

Les autres réactifs (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, clairtan,...) nettement plus onéreux ne sont pas à préconiser pour lutter contre le foisonnement dans la mesure où leur efficacité n'est pas supérieure aux produits déjà évoqués.

Il faut mentionner que les conditionnements se présentant sous forme liquide sont plus faciles à mettre en œuvre.

#### 4.2.5 Techniques mécaniques

##### \* La centrifugation :

La centrifugation d'une fraction des boues recirculées est susceptible de provoquer la rupture des réseaux filamenteux, la décantation des boues peut s'en trouver améliorée.

Des essais pilote sont nécessaires pour déterminer la fraction des boues à centrifuger afin de ne pas dépasser l'effet recherché et provoquer un phénomène de défloculation. Le coût énergétique de ce procédé reste à évaluer au cas par cas (solution expérimentée en RFA).

##### \* Création d'un régime turbulent :

Cette technique, brevetée (Brevet SAPS n° 8816612) consiste à faire passer les boues de recirculation ou d'aération dans une boucle indépendante à travers un émulseur (Venturi avec aspiration d'air). La turbulence provoquée produit la désagrégation des filaments en limitant le foisonnement.

### 4.3. Choix des moyens d'action

Devant la complexité des problèmes relatifs au foisonnement et face à la diversité des options techniques qui peuvent être utilisées, une démarche pragmatique est nécessaire.

Cette démarche doit s'appuyer sur les données techniques recueillies dans le cadre

d'une étude préalable comprenant deux phases principales :

1 - caractérisation précise du problème : (diagnostic du foisonnement, type de filaments,...) ;

2 - étude approfondie de la station afin de mettre en évidence les origines du phénomène et d'éventuels facteurs aggravants (conception, paramètres de l'exploitation,...).

Malgré les délais inévitables qu'ils engendrent, ces examens sont les garants d'un choix technique adapté.

Ce choix doit également tenir compte de l'acuité du phénomène et de son caractère permanent ou occasionnel :

— les problèmes aigus mais temporaires militent plutôt en faveur de solutions curatives à action « réputée rapide » : réactifs chimiques notamment ;

— les problèmes chroniques nécessitent des solutions plus « douces », plus fiables de type préventif : zone de contact par exemple.

En général, on constate que la détérioration de l'indice n'est qu'exceptionnellement brutale, et l'expérience montre que de nombreuses stations souffrent d'un foisonnement latent permanent. Les manifestations aiguës ne constituent en fait qu'une amplification du phénomène lié à la variation brutale d'un des paramètres de fonctionnement de la station (réglages déficients...).

La plupart des cas de foisonnement sont donc à considérer comme chroniques et en conséquence, il est souhaitable de proposer prioritairement des solutions souples, à faible contrainte d'exploitation, adaptables à différentes configurations de station ; même si leur efficacité n'est pas immédiate, il est important qu'elle soit durable.

C'est dans cet esprit qu'est proposé le tableau 4. Il classe les principales options techniques possibles en fonction des origines présumées du problème et des caractéristiques de la charge massique de la station.

Cette démarche n'exclut pas le recours à d'autres solutions (chloration,...), notamment pour des interventions ponctuelles qui peuvent se révéler indispensable dans les cas les plus aigus. En revanche, il y a lieu de ne pas sous estimer leurs contraintes d'utilisation (coût, maintenance). Elles nécessitent une grande rigueur dans les dosages et dans les modalités d'ajout ; notamment pour l'emploi des oxydants qui ont un caractère toxique vis-à-vis de la boue activée dans son ensemble.

Type de station	Origine supposée du foisonnement	Facteur aggravant	Dominance du filament	Solution technique envisageable
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Faible charge massique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Carence nutritionnelle peu marquée</li> <li>● Forte carence nutritionnelle (industries)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Déficit en oxygène</li> <li>● Dilution des effluents</li> <li>● Décanteur primaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Type 0041, 0092, 0581, 0675 <i>Microthrix parvicella</i></li> <li>● Type 0961, 021N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Zone de contact</li> <li>● Zone de contact + complémentation en nutriments</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Moyenne ou forte charge massique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Déséquilibres nutritionnels</li> <li>● Variations de charge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Déficit en oxygène</li> <li>● Substrat riche en hydrate de carbone</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Sphaerotilus natans</i> Type 021N, 1701, 1863</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Complémentation en nutriments</li> <li>● Suroxygénation des boues</li> <li>● Extension de la station</li> <li>● Mise en place d'un premier étage à forte charge</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Indifférenciée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Composés soufrés réduits dans l'effluent</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● Type 021N <i>Thiothrix</i>, <i>Beggiatoa</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Oxydation des composés soufrés en amont du traitement</li> <li>● Suraération des boues</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Industrielle (agro-alimentaire)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Substrat riche en hydrate de carbone</li> <li>● Carence nutritionnelle et déséquilibre</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Surchage ou sous-aération</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Sphaerotilus natans</i></li> <li>● Type 021N, 1701, 1863</li> <li>● Type 0041, 0961, 021N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Lit bactérien en tête</li> <li>● Suraération</li> <li>● Complémentation en nutriments</li> <li>● Zones de contact</li> </ul>

Tableau 4 : Foisonnement des boues : choix des solutions techniques.

Remarques : — Si plusieurs germes cohabitent, il convient d'en tenir compte dans les solutions techniques préconisées.

— Les conditions d'exploitation déficientes constituent dans tous les cas un facteur aggravant.



# Conclusion

Le foisonnement des boues constitue un problème biologique majeur qui affecte en France 25% des stations d'épuration fonctionnant selon le principe des boues activées.

Il se traduit par une altération de la décantabilité des boues entraînant une diminution des capacités hydrauliques de traitement.

L'optimisation du fonctionnement de ces installations exige de réduire la croissance filamenteuse responsable du phénomène de foisonnement.

Les connaissances acquises au cours des deux dernières décennies ont apporté des enseignements essentiels sur :

- l'identification des germes filamenteux,
- les mécanismes qui président à leur développement,
- les relations entre germes filamenteux et conditions de fonctionnement des stations.

L'exploitation de ces résultats a permis l'émergence de nouvelles techniques pour maîtriser le foisonnement des boues. Cependant, compte tenu de la diversité des situations et des moyens d'actions possibles, il convient de se garder de toute généralisation dans l'application d'un remède. Le problème ne

connait en effet pas de solution universelle dans la mesure où le terme de foisonnement recouvre des origines diverses qui se manifestent au niveau des peuplements par des microorganismes de type différent.

Une approche pragmatique, au cas par cas, est indispensable ; elle doit nécessairement passer par :

- l'optimisation des réglages de la station,
- la connaissance des potentialités des différents ouvrages assurant le traitement,
- la caractérisation fine du foisonnement (type de filament notamment).

Le choix des moyens d'action dépendra pour une large part du germe identifié mais aussi de la gravité et de la périodicité du problème. Les solutions préconisées devront bien évidemment intégrer les contraintes techniques et économiques spécifiques de la station d'épuration.

Enfin, pour ce qui concerne les futures installations, il convient de prendre en compte cette notion de risque de foisonnement, par des dispositions constructives appropriées (dimensionnement plus large du clarificateur, mise en place d'une zone de contact,...).

