

La décantation des boues activées

1

1.1. Rappels

L'épuration biologique des eaux usées par le procédé des boues activées est principalement basée sur l'activité de cultures bactériennes maintenues en état aérobie dans le bassin d'aération et alimentées par l'eau à épurer.

Ces microorganismes, leurs prédateurs associés (microfaune) et diverses particules en suspension (débris végétaux et minéraux) constituent des agglomérats désignés habituellement par le terme de floc, l'ensemble floc-eau interstitielle constituant la boue activée.

En conditions normales, la boue a une couleur marron plus ou moins foncé et elle a la propriété de sédimenter en absence d'agitation ; la nature des boues influe directement sur leur décantabilité.

La séparation boue-eau traitée par sédimentation est assurée par le décanteur secondaire ou clarificateur placé à l'aval du bassin d'aération (fig. 1).

L'efficacité et la fiabilité de l'épuration restent étroitement dépendantes du bon déroulement de la phase de décantation. Celle-ci constitue en effet le dernier maillon de la chaîne de traitement avant rejet dans le milieu naturel.

Les problèmes observés à ce niveau du traitement sont malheureusement fréquents et imputables à une médiocre décantabilité des boues ou (et) à des anomalies de conception et de fonctionnement du clarificateur. Avant d'aborder l'analyse détaillée des difficultés liées à la qualité des boues, et plus particulièrement au foisonnement, il est souhaitable de rappeler les caractéristiques fondamentales d'un décanteur secondaire.

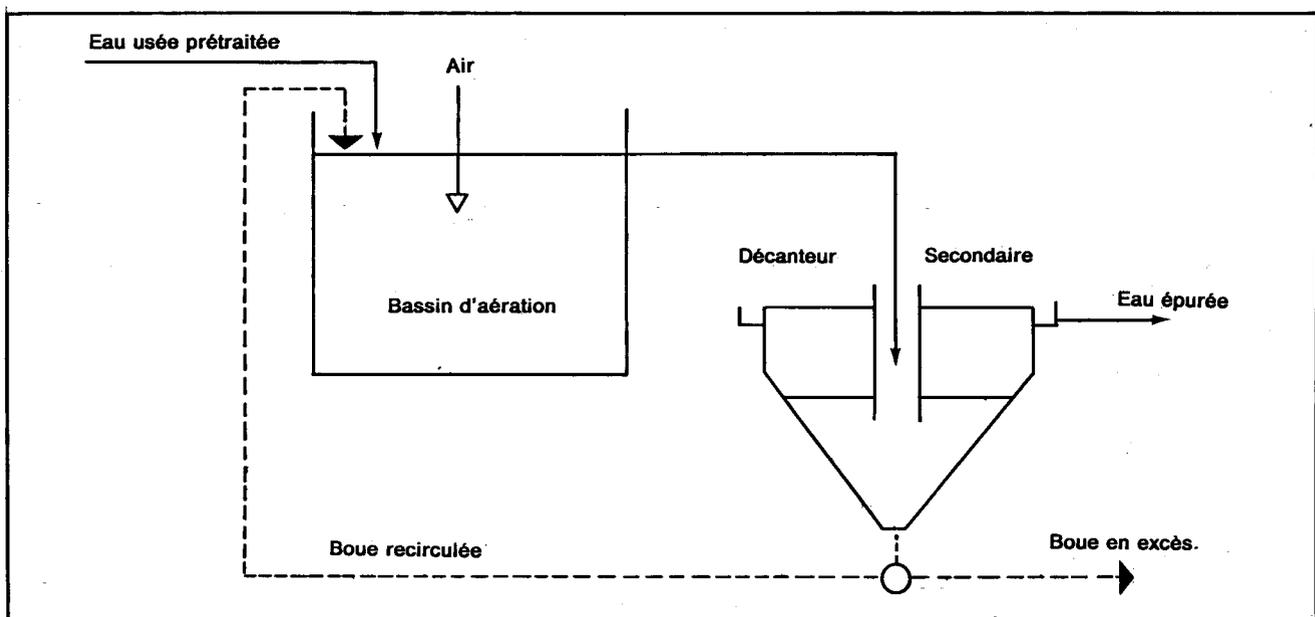


Figure 1 : Schéma général du procédé de traitement des eaux usées par boues activées.

1.2. Le décanteur secondaire

1.2.1. Aspects hydrauliques

Schématiquement, le phénomène de décantation consiste à créer dans le décanteur des conditions de vitesse telles que le flux d'eau épurée ascendant ne perturbe pas la descente des particules que l'on souhaite concentrer en fond d'ouvrage puis ensuite soutirer (recirculation, extraction des boues en excès) (fig. 2).

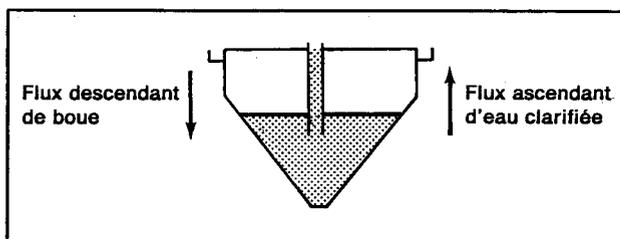


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un décanteur.

Le décanteur étant alimenté en boues, il existe une limite hydraulique au-delà de laquelle on observe une perturbation dans la descente des particules, un effet d'engorge-

ment du décanteur et à terme, un débordement du lit de boue (perte de boue).

Chaque ouvrage de décantation est caractérisé par un paramètre technique fondamental : la vitesse ascensionnelle (ou charge hydraulique superficielle). Cette vitesse est calculée en divisant le débit admis dans l'ouvrage par sa surface libre (ou surface utile intéressée par la remontée de l'eau épurée) :

$$V_a = \frac{Q}{S}$$

V_a : vitesse ascensionnelle exprimée en $m^3/m^2 \cdot h$ ou m/h

Q : débit en m^3/h

S : surface de l'ouvrage en m^2 .

Pour un décanteur normalement dimensionné et bien exploité, la vitesse ascensionnelle admissible est d'autant plus faible que l'aptitude des boues à la décantation est mauvaise, ou que la concentration de ces boues est élevée. Elle est une fonction décroissante du paramètre fictif V_c (volume corrigé) exprimé en ml/l , obtenu en faisant le produit de l'indice de boue I_B (qui permet d'apprécier l'aptitude de la boue à la décantation) par la concentration en boues à l'entrée du décanteur C_{BA} (fig. 3).

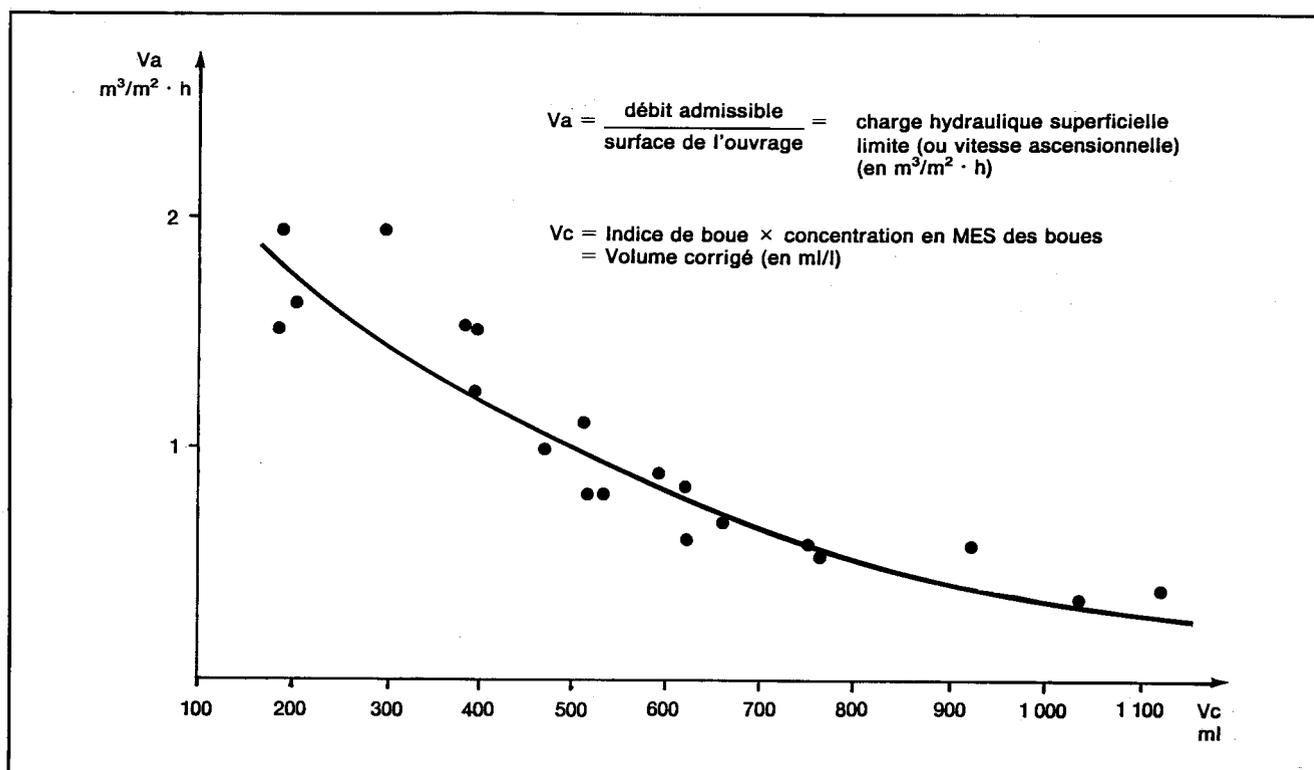


Figure 3 : Charge hydraulique superficielle limite en fonction du volume corrigé. (Décanteurs secondaires à flux vertical) d'après CTGREF - 1979.

Remarques :

— le test de l'indice de boue I_B est décrit au paragraphe 3.1.1,

— la concentration des boues est mesurée par l'analyse des matières en suspension (MES) selon la procédure normalisée (NF T90 105),

— la courbe est applicable aux décanteurs à flux vertical (cylindriques ou cylindro-coniques) tels que le ratio rayon/profondeur soit proche de 5). Les performances hydrauliques diminuent avec l'accroissement du ratio rayon/profondeur : 20 à 40 % de moins sur les décanteurs à flux horizontal (circulaire ou rectangulaire).

L'exemple ci-après illustre l'importance très forte des paramètres précédemment évoqués.

Prenons le cas d'une station d'épuration de 10 000 eq.hab. dont le décanteur a été dimensionné sur la base d'une vitesse ascensionnelle de 0,8 m/h pour un débit de pointe de 250 m³/h, cet ouvrage a donc une surface de l'ordre de 310 m².

CAS N°	Indice de boue ml/g	C _{BA} * g/l	Volume corrigé ml/l	V _a m ³ /m ² · h	Débit admissible dans la station m ³ /h
1	100	5	500	1	310
2	200	5	1 000	0,4	120
3	100	10	1 000	0,4	120

* C_{BA} : Concentration en MES à l'entrée du décanteur

Tableau 1 : Exemple de variation des débits admissibles sur une station.

Dans les trois cas du tableau 1, la vitesse ascensionnelle limite indiquée est lue sur le graphe de la figure 3. L'admission de débits supérieurs à cette valeur limite rend les pertes de boue inévitables.

On constate dans cet exemple que le doublement du taux de boue en aération ou de l'indice de boue (par dégradation de la décantabilité) conduit à devoir diviser par environ 2,5 le débit admis sur la station pour maintenir un bon fonctionnement du décanteur secondaire. La limitation volontaire des volumes d'effluents à l'entrée de la station est alors souvent la solution extrême pour éviter les pertes de boue dans le milieu récepteur.

La maîtrise de l'indice de boue et le maintien à un niveau raisonnable de la teneur en boue

du bassin d'aération constituent donc deux éléments essentiels du bon fonctionnement des stations d'épuration.

1.2.2. Conception et Dimensionnement

1.2.2.1. Vitesse ascensionnelle

La plupart des ouvrages de décantation sont actuellement dimensionnés sur la base d'une vitesse ascensionnelle de 0,8 m/h pour les stations à faible charge massique et de 1,5 m/h pour les stations fonctionnant à des charges plus élevées (> 0,5 kg de DBO./kg MVS.j). Les éléments techniques exposés dans le précédent paragraphe montrent que la valeur de 0,8 n'est acceptable que si les boues sont de bonne qualité (IB < 120 ml/g) et que leur concentration ne dépasse pas 5 g/l. Les sécurités prises pour le dimensionnement des décanteurs ne sont donc pas suffisantes, d'autant plus que les données du projet concernant les débits (150 l/j en zone rurale, 300 l/j en milieu urbain) sont fréquemment dépassées.

Pour dimensionner un décanteur secondaire, il est donc recommandé de se reporter à la figure 3 pour calculer la surface nécessaire de décantation, sur la base d'un volume corrigé sécurisant. Le tableau 2 illustre la démarche à suivre pour quelques exemples types.

Effluent/ Type de boues activées	Concentrations de référence dans le bassin d'aération (g/l)	Indice de boues de référence (ml/g)	Volume corrigé	Vitesse ascensionnelle préconisée (m/h)
Domestique/AP	3,5	200	700	0,6
Urbain/MC	2,5	150	375	1,25
Laiterie/AP	5	250	1 250	0,25
Abattoir/AP	5	180	900	0,35

AP : Aération prolongée

MC : Moyenne charge

Tableau 2 : Relation indice de boue-vitesse ascensionnelle préconisée (décanteurs à flux vertical).

1.2.2.2. Profondeur

Un décanteur doit être en mesure d'assurer simultanément trois fonctions complémentaires :

— retenir un maximum de particules en suspension (clarification) ;

— concentrer les boues avant leur réintroduction dans le bassin d'aération (recirculation) ;

— stocker provisoirement des boues en cas de surcharge hydraulique temporaire (protection hydraulique).

Satisfaire ces objectifs exige une profondeur optimale de l'ouvrage.

Pour les décanteurs cylindriques ou cylindro-coniques, il convient de distinguer deux cas :

— En réseau séparatif (pointes de débit de faible durée), la hauteur d'eau totale ne doit pas être inférieure à 2 m à la périphérie (diamètre optimal de l'ouvrage : 10 à 12 m).

— En réseau unitaire (débit de pointe susceptible d'être atteint plusieurs heures d'affilée) une profondeur de 2,5 m à 3 m à la périphérie est conseillée.

Pour les ouvrages à flux horizontal parallélépipédiques ou cylindriques de grand diamètre (30 à 40 m), les profondeurs correspondantes devraient être comprises entre 3 et 4 m.

1.2.2.3. Dispositif d'alimentation ou « Clifford »

Le clifford assure la bonne répartition du flux de boue à l'intérieur du décanteur ; son rôle est important pour le bon fonctionnement de l'ouvrage. Il doit être conçu de façon telle que les différentes fonctions du décanteur ne se contraignent pas.

Le clifford doit faciliter la dissipation de l'énergie engendrée par le passage du flux de

boue du bassin d'aération vers le décanteur (diminution des turbulences dans le décanteur,...). Pour ce faire, la vitesse de passage ne doit pas excéder 2,5 cm/s (débit de recirculation compris).

1.3. Exploitation des ouvrages

Toute défaillance dans ce domaine augmente les risques de dysfonctionnement et par conséquent diminue les potentialités de la station.

Prenons par exemple les réglages de l'aération : une mauvaise optimisation des temps et des séquences d'aération peut avoir des conséquences fâcheuses sur la qualité des boues produites :

— dénitrification dans le décanteur (suraération des boues, recirculation trop faible) ;

— accentuation de la croissance filamenteuse en cas de sous-aération (voir chapitres suivants) et dégradation de la décantabilité des boues.

De même, dans le domaine de la gestion de la production de boue, les extractions irrégulières ou trop importantes sont fréquemment des facteurs aggravants.

Point n'est besoin de multiplier les exemples dans ce domaine, il convient simplement de **rappeler que pour la conduite d'une station d'épuration, un personnel bien informé assurant un suivi régulier reste le meilleur garant de la qualité du traitement.**

Typologie des difficultés de décantation

2

Les boues activées sont sujettes à des variations qualitatives qui rendent souvent précaire la bonne séparation boue-eau épurée dans le décanteur.

Pour un exploitant, ou un service d'assistance technique, le premier problème consiste donc à apprécier la nature des difficultés qui affectent le fonctionnement du clarificateur.

En première approche, la détection des anomalies repose d'abord sur des critères visuels :

— qualité de l'eau épurée (turbide, claire,...) ;

— observations visuelles de la surface des bassins (flottants,...).

— tests de décantation en éprouvette d'un litre (volume décanté en une demi-heure, aspect du surnageant...);

— observation microscopique sommaire de la boue (structure du floc,...) ;

A partir de ces critères simples, les divers cas possibles ont été regroupés en trois catégories, à savoir :

1) les difficultés liées à la **floculation** des boues,

2) les difficultés liées à la **densité apparente** des boues,

3) les difficultés liées à la **faible compaction** des boues.

2.1. Les difficultés liées à la floculation des boues

1^{er} cas : croissance dispersée

Critères visuels :

— mousse légère blanchâtre en surface du bassin d'aération principalement,

— boue de couleur claire,

— effluent de sortie turbide,

— décantation en éprouvette difficile (interface eau-boue incertaine, particules en suspension non décantables) (fig. 4),

— microfaune composée de bactéries libres associées ou non à des protozoaires Flagellés (photo 1).

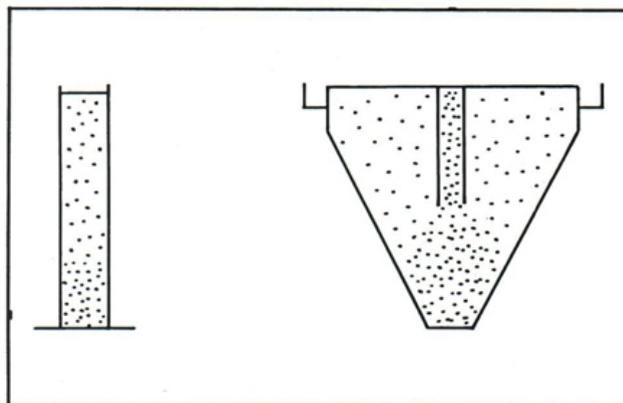


Figure 4 : Comportement de la boue en décantation.

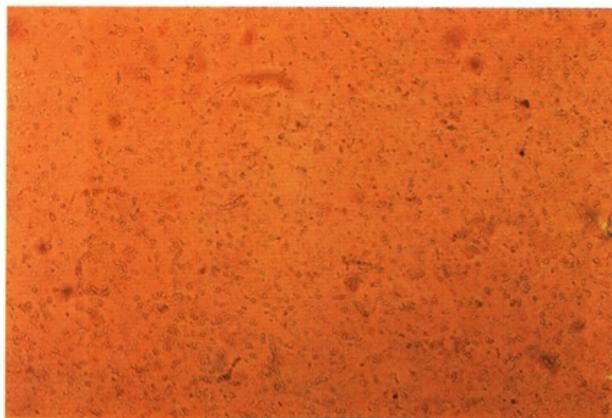


Photo 1 : Structure microscopique de la boue (lumière naturelle 125 ×).

Nature des difficultés :

— boue jeune, croissance bactérienne dispersée (floc non formé).

Origine probable :

— station en phase de démarrage.

Solution proposée :

- accroître l'âge de la boue.

Commentaires :

Ces cas peuvent se produire lors de la mise en route de la station, ou faire suite à un incident majeur ayant provoqué la destruction de la biomasse (voir cas n° 2).

En règle générale, la situation se normalise rapidement (1 à 2 semaines) à l'exception de certaines stations à très forte charge où les difficultés peuvent perdurer.

2^e cas : défloculation

Critères visuels :

- rejet de fines particules en surverse du décanteur,
- médiocre qualité de l'eau épurée,
- test de décantation difficile montrant un gradient croissant de concentration en particule dans l'éprouvette (fig. 5),
- microfaune rare.

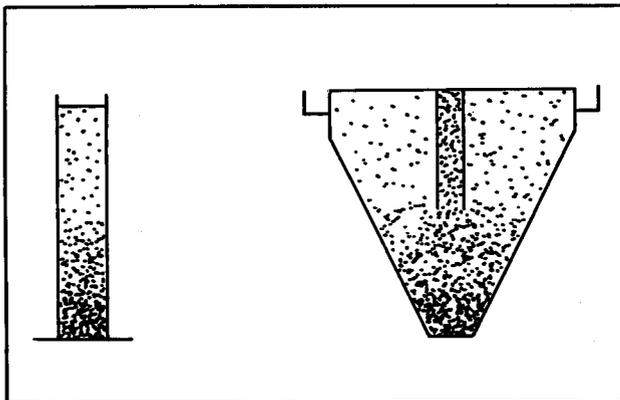


Figure 5 : Comportement de la boue en décantation.

Nature des difficultés :

- défloculation partielle (flocs « à la traîne ») ou totale (désagrégation des flocs, absence de microorganismes).

Origines probables :

- apports d'effluents toxiques, acidification du milieu, apport important de NaCl,...

Solutions proposées :

- rechercher et supprimer les apports toxiques dans le cas de phénomènes cycliques.

- en cas d'arrivée accidentelle de toxique (ex. : hydrocarbures...), retirer le polluant si possible puis remettre en service la station en espaçant les soutirages de boue jusqu'à retour à la normale.

Commentaires :

Le phénomène de floc « à la traîne » peut se manifester également lorsque la floculation est en cours de rétablissement dans la station (retour à une situation normale).

Remarque : Les accidents de défloculation vraie sont en principe rares sur les stations à boues activées à faible charge (ou aération prolongée) traitant des effluents urbains.

3^e cas : floc organique peu dense

Critères visuels :

- boue de couleur claire (faible concentration : 2 à 3 g/l maximum),
- perte de fines particules en sortie du décanteur (formation de « nuages » blanchâtres dans le décanteur),
- voile de boue souvent diffus et mal délimité,
- test de décantation montrant souvent des particules de floc en suspension dans le surnageant (fig. 6),
- microfaune normale, structure des flocs lâche, grains aux contours mal définis, de taille hétérogène (photo 2).

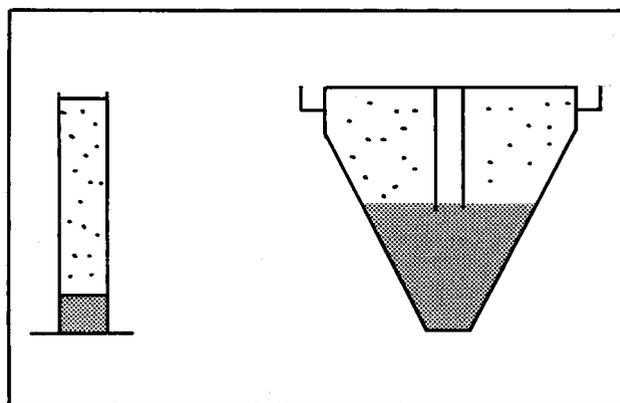


Figure 6 : Comportement de la boue en décantation.

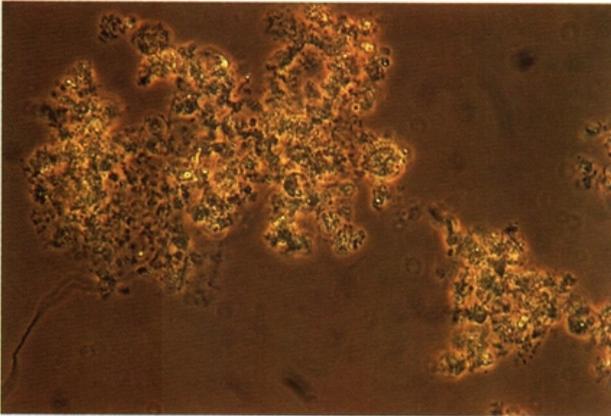


Photo 2 : Structure microscopique de la boue (contraste de phase 500 ×).

Nature des difficultés :

- développement d'un floc organique léger.

Origines probables :

- traitement d'effluents industriels peu concentrés en matières en suspension,
- stations d'épuration équipées de décanteur primaire et fonctionnant à des charges massiques élevées (> 0,5 kgDBO/kg MVS.j).

Solutions proposées :

- lestage des flocs par adjonction de réactifs (chaux par exemple) ou modification des conditions d'alimentation (by-pass partiel du décanteur primaire pour augmenter l'apport de matières en suspension dans la boue : effet de lest).

Commentaires :

Ces cas conduisent souvent à des indices de boue élevés malgré l'absence de microorganismes filamenteux dans les boues.

Remarque : Ils ont parfois été décrits par certains auteurs sous le terme de foisonnement non filamenteux.

2.2. Les difficultés liées à la densité apparente des boues

1^{er} cas : fermentation des boues

Critères visuels :

- Remontée en surface du décanteur d'amas de boues (couleur noirâtre, malodoran-

te) présentant une forte densité de microbulles qui diminuent la densité apparente de la boue (fig. 7).

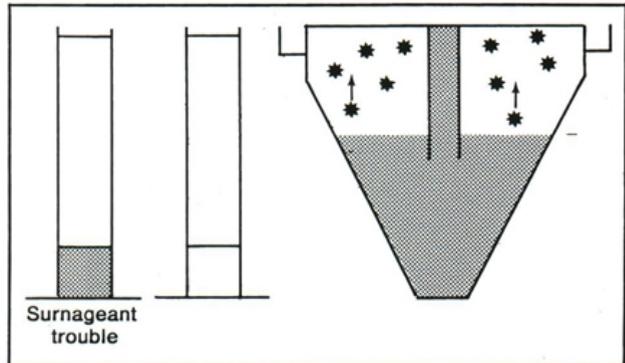


Figure 7 : Comportement de la boue en décantation.

Nature des difficultés :

- fermentation des boues.

Origines probables :

— absence prolongée d'oxygène dans les boues couplée à une microfaune rare dans les échantillons de boue prélevés dans le bassin d'aération (espèces caractéristiques de forts déficits en oxygène dissous : *Hyalophacus*,...).

Lors du test de décantation le surnageant est trouble,

— zones « mortes » dans le décanteur, dépôts, mais microfaune des boues activées normale,

— revêtement intérieur du décanteur dégradé (accrochage des boues),

— mauvaise condition de reprise des boues en fond du décanteur.

Dans ces trois derniers cas, la décantation en éprouvette est normale.

Solutions proposées :

— vérification du génie civil, remise en état, curage des zones de dépôt,

— augmentation des temps d'aération, changement de l'aérateur le cas échéant.

Commentaires :

La mise en fermentation complète des boues est exceptionnelle et ne se rencontre qu'en cas d'arrêt prolongé de l'aérateur (panne).

Les fermentations sont généralement localisées, ce qui ne provoque pas d'altération profonde de la qualité du traitement.

2° cas : dénitrification

Critères visuels :

- boue de couleur marron (normale),
- remontée de particules (plutôt fines) associées à des microbulles de gaz,
- instabilité des flottants (facilement désagrégés après agitation),
- observation microscopique ne révélant pas d'anomalie particulière,
- accentuation du phénomène de flottation dans l'éprouvette lorsque le test de décantation est réalisé au soleil (en hiver notamment) ou avec un temps de décantation supérieur à 30 minutes (TEST 2 ; fig. 8).

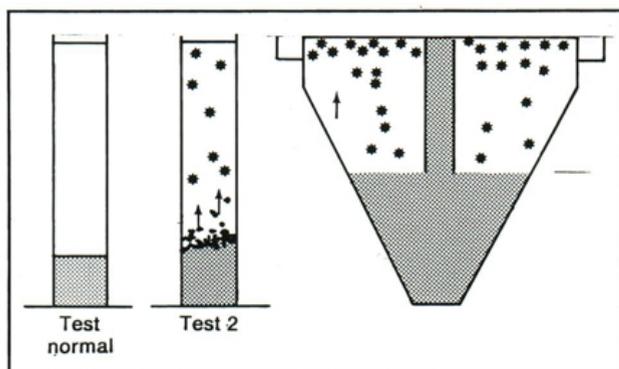


Figure 8 : Comportement de la boue en décantation.

Nature des difficultés :

- phénomène de dénitrification se produisant dans le clarificateur.

Origine probable :

- station à boues activées en aération prolongée, souvent sous-chargée, suraérée, recirculation trop faible (dénitrification non maîtrisée dans le bassin d'aération ou dans la zone d'anoxie).

Solution proposée :

- modification des consignes d'aération et de recirculation afin de maîtriser la nitrification-dénitrification à l'amont du décanteur secondaire.

Commentaires :

Les cas de dénitrification dans le clarificateur sont fréquents en début d'été sur les petites stations et bien connus des exploitants.

Un rabattement au jet ou un épisode pluvieux font disparaître momentanément ces flottants en surface du décanteur secondaire en les délestant de leurs microbulles d'azote.

3° cas : mousses stables

Critères visuels :

- boue de couleur marron (normale),
- mousses flottantes très stables en surface des bassins d'aération et de décantation,
- test de décantation d'autant plus révélateur du phénomène que l'échantillon de boue est prélevé à la surface du bassin d'aération (fig. 9),
- présence de microorganismes filamenteux fins ($\varnothing < 1 \mu\text{m}$) ou ramifiés et raides (*Nocardia sp.*), notamment dans les mousses (photo 3).

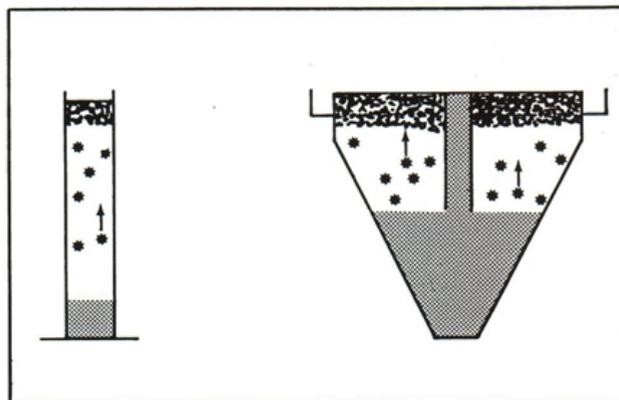


Figure 9 : Comportement de la boue en décantation.

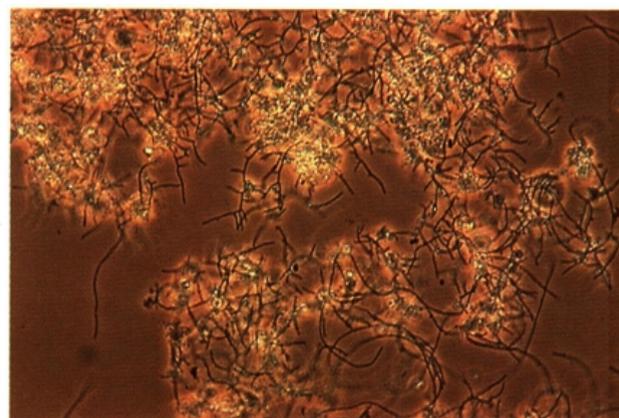


Photo 3 : Structure microscopique de la boue (contraste de phase 500 \times).