

CENAGREF
Centre National du Machinisme Agricole
du Génie Rural, des Eaux et des Forêts

Unités Qualité des Eaux
Pêche et Pisciculture

DOCUMENT



n° **R877**

14, avenue de Saint-Mandé,
75012 PARIS
Téléphone : 43.43.97.84

3, quai Chauveau,
69336 LYON CEDEX 09
Téléphone : 78.83.49.48

P.170

Qualité des Boues Activées et
Dimensionnement des Décanteurs
Secondaires

14

MARS 1988

AVANT - PROPOS

Le présent document n'a, dans ses fondements techniques, aucun caractère novateur. Il est, en effet, étayé par les travaux effectués dans les années 1978 - 1979 par l'équipe R. PUJOL, A. LIENARD, L. SINTES, et qui ont déjà été publiés [1], [2]. Il nous est apparu, depuis lors, que ces résultats, parfois méconnus, méritaient de faire l'objet d'une nouvelle diffusion.

Les résultats d'enquêtes, effectuées par le CEMAGREF et par les Agences de Bassin auprès des SATESE montrent bien l'ampleur prise par les phénomènes de foisonnement des boues activées et de surcharge hydraulique des stations d'épuration (accompagnée par une sous-charge organique, dans le cas des effluents domestiques).

L'ensemble de ces raisons nous conduit à rappeler par le présent document les principaux résultats acquis que nous complétons par des considérations importantes concernant le dimensionnement et la conception des décanteurs secondaires des stations à boues activées.

I - INTRODUCTION

Un habitant d'un bourg rural consomme environ 100 litres d'eau par jour. La quantité d'eau reçue par les stations d'épuration fait apparaître une valeur moyenne supérieure à 150 l/j par habitant branché au réseau d'eaux usées (sans compter l'incidence directe des pluies). Parallèlement, la charge organique mesurée à l'entrée des stations d'épuration révèle une charge spécifique de 35 g DBO/j " pour ce même habitant.

L'utilisation de la notion d'équivalent-habitant et les valeurs de charges qui lui sont le plus fréquemment attribuées (150 l/j, 50 g DBO/j) procurent donc des facteurs de sécurité dans le dimensionnement des installations d'épuration. Cette sécurité est de 40 % sur la charge organique et nulle sur la charge hydraulique. En pratique, ce dernier résultat a pour origine des infiltrations d'eaux parasites claires et des raccordements défectueux dans les réseaux. Une relative sécurité au niveau du décanteur est néanmoins acquise (par des boues de bonne qualité) par surestimation du coefficient de pointe (Qh.max pris en général égal à 3).
Qh.moyen

1.- Cette charge est plus élevée dans les villes (mode de vie, activités diverses non domestiques) mais la charge de l'équivalent-habitant alors utilisée pour le dimensionnement compense, en général, cette différence.

La maîtrise de ces débits de pointe, autre approche du problème, a été traitée dans les références bibliographiques [3] et [4].

Les charges hydrauliques admissibles par un décanteur secondaire sont, en premier lieu, fonction de sa surface. La relation liant cette surface à la décantabilité et à la concentration des boues du bassin d'aération a été établie par les techniciens allemands de l'A.T.V., puis vérifiée et affinée par le CEMAGREF.

Nous développerons donc, dans la présente brochure :

- la mesure de la décantabilité des boues (indice de boues)
- la relation vitesse ascensionnelle/décantabilité
- les principales considérations sur la conception des décanteurs secondaires
- la pratique souhaitable en matière de dimensionnement de décanteur secondaire.

II - LA MESURE DE LA DECANTABILITE DES BOUES : L'INDICE DE BOUES

2.1. Position du problème

L'indice de Mohlman traditionnel correspondait au volume occupé par un gramme de boues après décantation de 30 minutes dans une éprouvette d'un litre) sans dilution préalable de ces boues :

$$IM \text{ (ml/g)} = \frac{V_{D30} \text{ (ml)}}{C_{BA} \text{ (2) (g/l)}}$$

Il ne constituait une caractéristique de la décantabilité que dans des cas statistiquement peu fréquents. En effet, cette valeur varie en fonction de la concentration comme le montre le schéma ci-dessous.

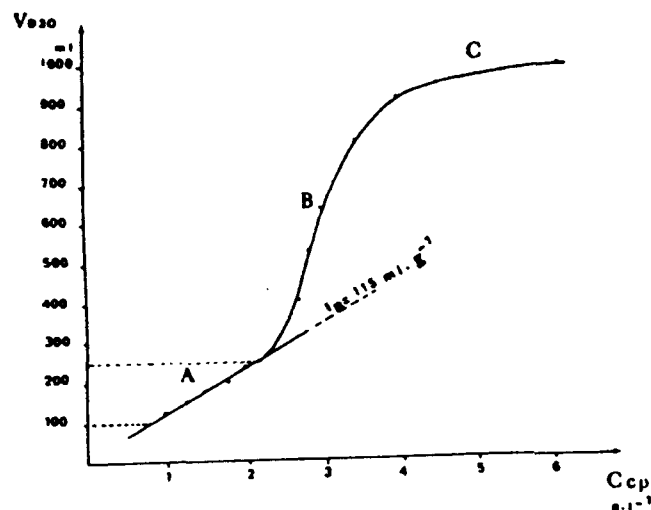


Figure 1 - Variation du volume décanté après 30 minutes (V_{D30}) en fonction de la concentration d'une boue dans l'éprouvette (C_{cp}) (d'après CTGREF 1978 [1]).

2.- C_{BA} = concentration des boues du bassin d'aération

. COMMENTAIRES

1/- Cette figure s'applique à des décanteurs à flux vertical, c'est-à-dire aux décanteurs cylindro-coniques ou cylindriques d'un diamètre inférieur à une valeur de l'ordre de 20 à 25 m (diamètre correspondant à des rapports rayons/profondeurs égaux à 5).

Les décanteurs parallélépipédiques ou cylindriques de grand diamètre, dits à flux horizontal, ont des performances inférieures, la différence pouvant atteindre 30 % et plus pour des ouvrages particulièrement plats.

2/- Pour des valeurs de volume corrigé supérieures à 1200 ml/l, la courbe serait une branche asymptotique à des valeurs de l'ordre de 0,2 - 0,25 m/h.

3/- La relation, établie expérimentalement, présente une certaine incertitude, notamment du fait de celle affectant la mesure de l'indice de boues. Il ne faut donc pas l'utiliser de façon trop absolue.

4/- Elle peut être utilisée a posteriori. En cas de pertes de boues, le calcul du volume corrigé permet de déceler les anomalies de conception ou de réglage du décanteur secondaire concerné : si le point de coordonnées V_o , V_a se trouve dans la zone inférieure à la courbe, il est utile de s'inquiéter, par exemple, de l'efficacité de la recirculation (débit insuffisant, inefficacité due à un "clifford" trop immergé, ...) ou de la conception (fonctionnement, de fait, à flux horizontal, énergie mal dissipée, hauteur au bord trop faible, ...).

5/- En utilisation a priori, c'est-à-dire au vu du dimensionnement d'un clarificateur, la concentration de boues à utiliser est celle subsistant dans le bassin d'aération après stockage de boues dans le décanteur secondaire. On considèrera que ce stockage, ayant lieu à l'occasion d'un à-coup hydraulique prolongé, correspond à une décroissance de concentration de boues dans le bassin d'aération de 1 g/l (sauf rapports de volumes bassin d'aération-décanteur inhabituels où le calcul de la quantité stockable s'impose). Dans le cas classique de l'aération prolongée sur effluents domestiques, la concentration C_{BA} à prendre en compte est donc de 5 g/l.

3.1.2. Choix de la vitesse ascensionnelle

Les valeurs classiques de 0,8 m/h en aération prolongée et de 1,5 m/h, pour des charges plus élevées, ont acquis pour les effluents urbains (sans qu'il soit possible de définir précisément comment) un aspect "normatif" (?). Compte tenu des concentrations des boues définissant les procédés, il est clair que, vis-à-vis des décanteurs à flux vertical, ces valeurs ne présentent aucun coefficient de sécurité : les indices de boues correspondants sont 120 ml/g donc ceux de boues activées ne présentant aucun problème.

7.- Heureusement, un certain nombre de maîtres d'oeuvre et de constructeurs ont déjà perçu les limites de ces "normes" et préconisent des dimensionnement plus larges des décanteurs secondaires.

Toutes les mesures confirment qu'il n'est pas possible de considérer que cette situation "normale" puisse constituer la référence du dimensionnement.

Une démarche très pragmatique doit être envisagée tenant compte à la fois des indices de boues atteints dans divers cas et des concentrations de boues à maintenir dans les bassins d'aération, en fonction des charges organiques reçues. Nous la développons ici pour les cas typiques les plus fréquents que nous appliquerons en situation moyenne.

Ces bases de raisonnement sont à retenir plus particulièrement : l'application doit être faite avec d'autres valeurs dans les cas particuliers connus à l'avance (par exemple lorsque l'on peut savoir que des boues activées recevront effectivement la charge nominale organique et le débit nominal en effluents domestiques).

. Aération prolongée en effluents domestiques

Les caractéristiques de cette situation sont simples :

- Les débits de pointe sont effectivement reçus (toujours en réseau unitaire, souvent en réseau séparatif).
- La sous-charge organique est générale, conduisant à la possibilité de ne pas dépasser une concentration de boues de 4,5 g/l dans le bassin d'aération soit 3,5 g/l, après stockage dans le clarificateur.
- Les cas de bulking sont très fréquents ($I_{\bullet} > 200$) (25 % des cas d'après l'enquête CEMAGREF - SATESE 88). Il paraît exclu d'assurer une sécurité suffisante en cas de foisonnement sévère. La prise en compte d'indices de boues de 200 ml/g semble un objectif raisonnable.

Ces bases donnent un volume corrigé de 700 ml/g et donc une charge hydraulique superficielle de 0,6 m/h par sécurité.

. Moyenne charge en effluents urbains

- Les débits de pointe sont reçus.
- Les charges organiques reçues sont assez proches des charges nominales, d'où conservation d'une concentration de boues maximale de 3,5 g/l qui, après stockage temporaire, est ramenée à 2,5 g/l dans le bassin d'aération.
- Les indices de boues constatés sont, le plus souvent, soit très favorables ($I_{\bullet} < 120$ ml/g), soit très élevés (> 250 ml/g) avec des foisonnements filamenteux avérés. Un indice de 150 ml/g doit être logiquement appliqué pour avoir quelque sécurité de fonctionnement sans pour cela couvrir le domaine des boues très filamenteuses.

Ces valeurs conduisent à un volume corrigé de référence de 375 ml/g et à une vitesse ascensionnelle de 1,25 m/h.

. Aération prolongée en effluents d'industrie laitière

Dans tous les cas d'industrie, les débits et charges nominales sont vite dépassés. Il y a donc lieu de prendre des coefficients de sécurité maximaux dans ces cas où les valeurs nominales ne procurent par elles-mêmes aucune sécurité au dimensionnement.

Les indices de boues constatés sont presque toujours élevés (proches de 200 ml/g) et les stations recevant ce type d'effluents connaissent statistiquement une période de foisonnement intense par an. Il est donc logique au total de prévoir une sécurité maximum et d'adopter une valeur de charge hydraulique superficielle de 0,25 m/h.

. Aération prolongée en effluents d'abattoirs

Les caractéristiques générales sont communes à toutes les stations d'épuration traitant des effluents industriels.

Les indices de boues constatés atteignent fréquemment des valeurs de l'ordre de 150 - 180 ml/g. Si l'exploitation de la station est correcte, les foisonnements restent peu prononcés.

Une vitesse ascensionnelle limite de 0,3 à 0,4 m/h nous paraît répondre correctement au problème.

Récapitulatif pour des décanteurs secondaires à flux verticaux

Effluent/ Type de boues activées	Concentrations de référence dans le bassin d'aération (•) (g/l)	Indice de boues de référence ml/g(••)	Volume corrigé	Sécurité supplé- mentaire	Vitesse ascen- sionnel- le pré- conisée (m/h)
Domestique/ AP	4,5/3,5	200	700	-	0,6
Urbain/ MC	3,5/2,5	150	375	-	1,25
Laiterie/ AP	6/5	250	1250	+	0,25
Abattoir/ AP	6/5	180	900	+	0,35

8.- avant/après stockage dans le décanteur secondaire

9.- Pour des indices de boues supérieurs à 200 ml/g, il est souhaitable de mettre en place des solutions adaptées à chaque cas particulier pour juguler la croissance des microorganismes filamenteux [CEMAGREF 1984 - PUJOL 1987]. Certaines solutions (zone de contact) peuvent être retenues dès la conception pour les stations d'épuration à haut risque de foisonnement, faibles charges et effluents pauvres en MES, déséquilibres en nutriments,

...

3.2. Autres caractéristiques principales de la conception et du dimensionnement des décanteurs

3.2.1. Profondeur des décanteurs

. Décanteurs raclés à flux vertical

Les fonctions assurées par diverses zones horizontales d'un décanteur sont au nombre de quatre :

- présence d'eau clarifiée en surface
- sédimentation
- épaissement
- stockage des boues lors des pointes hydrauliques.

Pour y répondre :

- En réseau séparatif, caractérisé par des durées d'occurrence des débits de pointe faibles, la hauteur en eau totale résultante ne doit pas être inférieure à 2 m à la périphérie.
- En réseau unitaire (débit de pointe susceptible d'être atteint plusieurs heures d'affilée) une profondeur de 2,5 m à la périphérie est conseillée.

. Décanteurs à flux horizontal

Le rapport longueur/profondeur ne doit pas être supérieur à 10/1. Compte tenu des longueurs optimales de 30 à 40 m, la profondeur ne devrait pas être inférieure à 3,5 m.

Le problème particulier des décanteurs à flux longitudinaux est qu'ils sont le siège d'un écoulement des boues le long des parois. En plus des critères géométriques mentionnés, il convient donc de ne pas situer les goulottes en bout (ou en périphérie) mais quelques mètres avant le mur aval. Il est plus judicieux d'ajouter des goulottes le long de la partie aval des murs latéraux des décanteurs parallélépipédiques. Sur ces ouvrages, la vitesse de l'eau à la surverse est un facteur limitant le bon fonctionnement. Il convient de ne pas dépasser des débits spécifiques de 10 m³/h.m linéaire de surverse.

3.2.2. Dissipation de l'énergie

Deux aspects différents sont concernés par cet intitulé.

. Le dégazage doit être, de préférence, réalisé dans un ouvrage spécial interposé entre le bassin d'aération et le décanteur. Cet ouvrage évite les entraînements de bulles de gaz de tailles variées dans la cheminée d'entrée (clifford) du décanteur secondaire et permet une récupération éventuelle plus aisée des flottants.

Sa surface doit être calculée sur la base de 1 m² pour 80 m³/h à partir du débit de pointe d'eaux usées augmenté du débit de recirculation.

En effluents domestiques, ce ratio se traduit par 1 m² par tranche de 2000 éq.habitants.

. L'introduction et la répartition de la liqueur aérée dans le décanteur sont assurées par des dispositifs variés. Nous nous contenterons, ici, d'en donner les critères de conception principaux.

- la surface du clifford doit permettre une première réduction de l'énergie annoncée. Nous considérons qu'une surface de 1 m² par tranche de 1000 éq.habitants (ou 40 m³/h, recirculation comprise) est suffisante.

- les surfaces de passage vers le décanteur doivent induire des vitesses moyennes inférieures à 2,5 m/s au débit total (eaux usées + recirculation). Reprenant l'exemple de 2000 éh, la surface totale des orifices ne doit pas être inférieure à une trentaine de dm², les boues étant de préférence guidées à l'horizontale vers la périphérie.

Dans les décanteurs cylindriques et cylindro-coniques, les filets d'eau sortant du clifford doivent être orientés sensiblement à l'horizontale par un dispositif approprié.

- l'immersion du clifford doit toujours laisser au minimum un mètre libre entre le débouché des boues et la reprise de la recirculation (sans tenir compte d'un éventuel puits à boues). Les immersions profondes (comprises entre la moitié et les deux tiers de la profondeur) permettent, sur les petits décanteurs statiques cylindro-coniques et sur les décanteurs "cylindriques" de grandes stations bénéficiant d'une exploitation continue, de profiter souvent de la formation d'un voile de boues au-dessus de l'entrée des boues dans le décanteur. Cette position du voile de boues améliore le débit admissible grâce à la cohésion du voile et la qualité de l'effluent traité grâce à la filtration des "fines" par la masse de boues traversée. Il en va de même à l'approche des pertes de boues dans d'autres cas (décanteurs raclés non surveillés, décanteurs secondaires de stations assurant la nitrification des effluents) c'est-à-dire plus rarement. De plus, la présence d'un voile de boues cohérent au-dessus du niveau d'alimentation assure alors un léger répit de temps avant que les pertes de boues ne deviennent effectives..

3.3.3. Divers

- Décanteurs statiques

La pente des parois de la partie conique "10" ne doit pas être inférieure à 45° sur l'horizontale. Il importe encore davantage que la surface soit très lisse et bénéficie donc d'un ragréage très soigné sous peine de voir des masses de boues s'y accrocher, évoluer en anaérobiose puis remonter en surface.

- Décanteurs raclés

Les dispositifs de raclage doivent être, autant qu'il est possible, relevables sans vidanger le bassin. L'usure des lames, bavettes et roulettes d'appui est telle qu'elle mérite inspection et éventuel remplacement une fois par an.

BIBLIOGRAPHIE CITEE

- [1] - CTGREF, Groupement d'Antony. 1978. Etude n° 31 : L'indice de boues. 15 p. Juillet 1978.
- [2] - CTGREF, Groupement d'Antony. 1979. Etude n° 43 : Etude expérimentale des décanteurs secondaires des stations d'épuration situées en zone rurale. 81 p. Novembre 1979.
- [3] - CEMAGREF - DQEPP Paris. 1981. Bilan des mesures de débit pratiquées à l'occasion du concours national de modèles de stations d'épuration. Dispositifs de pompage. 13 m. Mars 1981.
- [4] - CEMAGREF - DQEPP Lyon. 1982. Mise au point sur le foisonnement des boues. Techniques actuelles de lutte. Etude hors série n° 4. 37 p. Octobre 1982.
- [5] - CEMAGREF - DQEPP Paris - SATESE (44). 1986. Maîtrise des débits admis sur les stations d'épuration. 25 p. Mai 1986.
- [6] - R. PUJOL. Maîtrise du foisonnement des boues activées. Thèse de Doctorat INSA de Lyon. 154 p. Juillet 1987.
- [7] - CEMAGREF - DQEPP Lyon. Le foisonnement des boues activées. Situation du problème en France. 24 p. Avril 1988.
- [8] - CEMAGREF - DQEPP Paris. Systèmes de traitement des boues de stations d'épuration de petites collectivités. A paraître FNDAE - 1988.

10.- Les décanteurs en trémie unique sont à proscrire : pour atteindre 45 degrés suivant la ligne des angles, il faut que les faces sortent inclinées à 60° (irréaliste compte tenu des surprofondeurs impliquées). En trémies multiples, il est absolument nécessaire de faire porter l'aspiration de la recirculation successivement sur le fond de chaque trémie. C'est une application de la règle générale : si une pompe à eaux usées, ou à boues, aspire (ou, parfois, refoule) dans plusieurs orifices, ils ne tardent pas être tous colmatés sauf un.