



HAL
open science

Quelle variation de charge est acceptable par le procédé “ boue activée ” pour respecter les niveaux de rejet de la loi sur l’eau dans le cas des collectivités confrontées à de fortes activités touristiques ?

J.P. Canler, J.M. Choubert

► To cite this version:

J.P. Canler, J.M. Choubert. Quelle variation de charge est acceptable par le procédé “ boue activée ” pour respecter les niveaux de rejet de la loi sur l’eau dans le cas des collectivités confrontées à de fortes activités touristiques ?. 2008, pp.4. hal-02591644

HAL Id: hal-02591644

<https://hal.inrae.fr/hal-02591644>

Submitted on 15 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Quelle variation de charge est acceptable par le procédé « boue activée » pour respecter les niveaux de rejet de la loi sur l'eau dans le cas des collectivités confrontées à de fortes activités touristiques ?

►►► Fiche accessible en ligne sur le site <http://sinfotech.cemagref.fr>
Accès réservé aux services déconcentrés de l'État

Le dimensionnement et l'exploitation des stations d'épuration des collectivités à forte activité touristique est délicat. Cette fiche précise les paramètres à prendre en compte pour le dimensionnement d'une installation par boue activée et notamment les limites maximales de cette filière. Elle fournit également des recommandations pour les aménagements de la filière.

Problématique

Les stations d'épuration équipant les collectivités à forte activité touristique (cas des stations balnéaires, de sports d'hiver, d'événements sportifs ou culturels) sont confrontées pendant certaines périodes de l'année à de fortes et rapides variations de charge.

Le dimensionnement de ces installations s'avère délicat en raison des faibles vitesses de croissance des micro-organismes (et plus particulièrement pour les bactéries autotrophes assurant la conversion de l'ammonium en nitrates), alors que l'augmentation de la charge est importante en quelques jours.

De nombreuses incertitudes subsistent sur les bases de dimensionnement à retenir, sur les configurations envisageables et sur les conditions d'exploitation qu'elles entraînent.

Le Cemagref, avec la collaboration de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, s'est donc intéressé à cette problématique afin de mieux appréhender l'amplitude de la variation de charge (et sa durée) acceptable pour le traitement biologique par boue activée du carbone et de l'azote, afin de maintenir la qualité du rejet au moment où l'accroissement de charge à traiter est la plus forte.

Des études sur site ont été menées sur différentes installations touristiques de montagne pour se situer dans le scénario le plus contraignant : faible température des eaux d'où des taux de croissance des biomasses faibles.

Synthèse des résultats acquis

Rappel

Le dimensionnement des boues activées est fonction des charges à traiter et des niveaux de rejet recherchés dont les principaux paramètres de dimensionnement du réac-

teur biologique sont : la charge massique (Cm) et la concentration en MVS¹ (et donc en MES²) du bassin d'aération. Le dimensionnement se fait toujours sur la charge maximale à traiter donc sur la période de pointe de charge (activité touristique).

Rappelons également que la quantité de biomasse avant la montée en charge dans le réacteur biologique (et plus particulièrement pour la biomasse autotrophe assurant la nitrification) est fonction de la charge appliquée en basse saison, d'où des quantités de biomasse faibles.

Le dimensionnement en zone touristique nécessite la connaissance de la pente de la montée en charge, c'est-à-dire son amplitude et sa durée.

Variations de charge imposées par les limites de fonctionnement du procédé

Le dimensionnement d'une boue activée équipée d'un seul réacteur biologique à niveau fixe et à une température de 10 °C est défini par le traitement attendu (carbone ou azote) et par son aptitude à décanter les boues (régime floculé et IB³ < 200 ml/g).

Cas du traitement du carbone

Le procédé doit être dimensionné pour une charge massique de 0,3 kg de DBO₅/kg de MVS.j en haute saison (MVS = 3,2 g/l) pour respecter un rejet en DCO⁴ < à 125 mg/l, en DBO₅⁵ < à 25 mg/l et MES < à 35 mg/l. Il permet ainsi une variation de charge maximale d'un facteur 18 sans prise en compte de la rapidité de montée en charge.

Cette variation de charge n'est possible que si les paramètres de fonctionnement entre la basse saison et la haute saison sont les suivants :

- concentration en MVS de 1,2 à 1,5 g/l (basse saison) et 3,2 g/l (haute saison) ;
- une Cm en basse saison maintenue à 0,045 kg de DBO₅/kg MVS.j pour éviter des risques de défloculation.

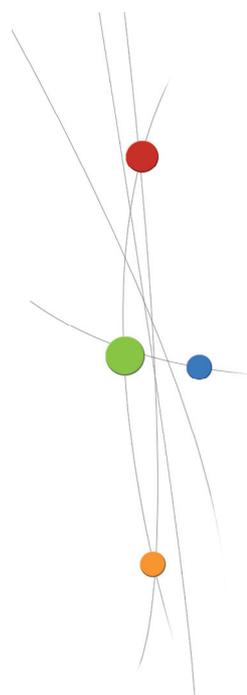
Les savoir-faire



Contacts ►►►

Jean-Pierre CANLER
et Jean-Marc CHOUBERT
Cemagref, UR Qualité des eaux et
préventions des pollutions,
3 bis quai Chauveau, CP 220,
69336 Lyon cedex 09
Tél. 04 72 20 87 87
jean-pierre.canler@cemagref.fr
jean-marc.choubert@cemagref.fr

1. Matières volatiles en suspension.
2. Matières en suspension.
3. Indice de boues.
4. Demande chimique en oxygène.
5. Demande biochimique en oxygène en 5 jours.



Des aménagements de la filière de traitement peuvent augmenter ces limites. L'amplitude de variation de charge maximale est fonction du nombre de réacteurs et de la technologie :

- pour une boue activée classique avec clarificateur, une variation de charge d'un facteur 18 avec un seul réacteur peut être traitée et de 54 avec trois réacteurs (ou avec un unique réacteur dont la hauteur d'eau peut être augmentée d'un facteur 3) ;
- pour une boue activée équipée d'un système membranaire, on pourrait atteindre une variation de charge de 57 avec un seul réacteur grâce à la concentration plus élevée que l'on peut autoriser dans le réacteur.

Cas du traitement de l'azote

Le procédé doit être dimensionné pour une charge massique de 0,13 kg de DBO₅/kg de MVS.j en haute saison (MVS = 3,2 g/l) pour respecter un rejet en NT < à 15 mg/l au moment de la pointe. Il permet ainsi une variation de charge extrême de 7 à 8 sans prise en compte de la rapidité de la montée en charge.

Cette variation de charge est possible si les paramètres de fonctionnement en basse saison sont les suivants : MVS = 1,2 g/l et Cm = 0,045 kg de DBO₅/kg MVS.j.

Des aménagements de la filière de traitement peuvent augmenter l'amplitude de la charge admissible qui est fonction du nombre de réacteurs et de la technologie retenue :

- pour une boue activée classique avec clarificateur, une variation de charge d'un facteur de 7 peut être traitée avec un seul réacteur et de 21 avec 3 réacteurs (ou avec un unique réacteur dont la hauteur d'eau peut être augmentée d'un facteur 3) ;
- pour une boue équipée d'un système membranaire, une variation de charge de 19 avec un seul réacteur peut être atteinte.

Variations de charge imposées par la croissance bactérienne journalière

Le maintien de la qualité du rejet en DBO₅ (part soluble) et NT⁶ (part ammoniacal) est possible si et seulement si la croissance bactérienne nette est équivalente ou supérieure à l'accroissement de la charge à traiter (montée en charge).

Le respect des niveaux de rejet impose donc une croissance bactérienne de la biomasse responsable du traitement équivalente ou supérieure à la variation de montée en charge (Z/Y) pour un même pas de temps (t). Il faut que le taux de croissance net (μ_0) soit égal ou supérieur à Z/Y :

$$\text{Delta de charge pour une période donnée (t)} = Z/Y = (1 + \mu_0)^t$$

$$\text{d'où } \mu_0 \text{ net} \geq ((Z/Y)^{1/t} - 1)$$

- Avec :
- Z : charge maximale pour la période donnée (après T jours de montée),
 - Y : charge minimale pour la période donnée (avant T jours de montée),
 - μ_0 net : taux de croissance net de la biomasse (par jour),
 - t : durée de la période de montée en charge (jours).

Des études sur sites, dont le réglage des paramètres de fonctionnement a été pré-défini par modélisation, ont permis de déterminer les taux de croissance nets pour les bactéries du carbone et de l'azote, et de confirmer la variation de charge maximale en 6 jours.

Cas du traitement du carbone : résultats des études sur site

Sur une période très courte (durée de 6 jours), une variation de charge d'un facteur de 14,8 a pu être appliquée sur une installation réelle tout en maintenant la qualité du rejet pour le traitement du carbone et pour une température de l'eau brute variant de 9 à 16 °C (tableau 1).

De cette variation de charge réelle avec respect des niveaux de rejet et pour le traitement du carbone (température = 10 °C), le taux de croissance net est élevé : μ_0 net à 10 °C = 0,47 j⁻¹ (soit μ_0 net à 20 °C = 0,85 j⁻¹). Il intègre des mécanismes d'adsorption et d'absorption de la biomasse.

Des aménagements de la filière de traitement peuvent encore augmenter l'amplitude de la charge admissible, notamment un traitement préalable mis en fonctionne-

6. Azote total.

Variation de charge maximale appliquée (en 6 jours) de 14,8	D'où	Point bas (BS)	Point haut (HS)	Ratio HS/BS
	Cm en kg de DBO ₅ /kg MVS.j	0,045	0,25	5,55
Concentration en MVS en g/l	1,2	3,2	2,67	

▲ **Tableau 1** – Paramètres de dimensionnement et coefficients de variation de charge mesurés et escomptés pour le traitement du carbone.

ment au moment de la montée en charge pour réduire la charge appliquée au traitement biologique :

- un traitement primaire amont sans réactif physico-chimique (rendement de 30 %), permet une variation de charge de l'ordre de 20 (14,8/0,7) ;
- un traitement primaire physico-chimique (62 % de rendement), permet une variation de charge de l'ordre de 37 (14,8/0,38) ;
- un traitement biologique amont (lit bactérien avec 72 % de rendement par exemple), permet une variation de charge de l'ordre de 50 mais avec des contraintes importantes en terme de gestion de la biomasse sur les deux étages biologiques.

Dans tous les cas, il est préférable de fonctionner avec deux bassins d'aération pour limiter la dépense énergétique en basse saison. La configuration « bassins en série » est préférable pour limiter les contraintes d'exploitation.

Cas du traitement de l'azote : résultats des études sur site

Sur une période de 6 jours, une variation maximale de charge d'un facteur de 4,2 a pu être appliquée sur une installation réelle tout en maintenant la qualité du rejet pour le traitement de l'azote et pour une température de l'eau brute variant de 9 à 16 °C (tableau 2).

De cette variation de charge réelle avec respect des niveaux de rejet et pour le traitement de l'azote (température = 10 °C), le taux de croissance net (μ_0) est de 0,11 j⁻¹ (soit μ_0 net à 20 °C = 0,29 j⁻¹).

Ce taux de croissance de 0,11 (d'où 1,8 en 6 jours) n'explique pas à lui seul la variation de charge testée, cette variation de charge de 4,2 maximale appliquée est due à la combinaison du coefficient pour la biologie (1,87) et de deux coefficients pour les réglages (1,88 x 1,2 = 2,25) :

- un taux de croissance journalier de la biomasse autotrophe (μ_0 net) de 11 %, ce qui donne une variation de charge de 1,87 pour 6 jours et 2,1 pour 7 jours ;
- l'augmentation de la durée de présence d'oxygène par rapport à la basse saison (passage de 8,5 h à 16 heures journalière), soit un ratio de 1,88 ;
- l'acceptation de rejets de qualité moins poussée durant la pointe de charge, soit un ratio de 1,2.



J.-P. Canier – Cemagref

Des aménagements de la filière de traitement peuvent augmenter l'amplitude de la charge admissible. Un traitement primaire mis en fonctionnement au moment de la montée en charge ne permet pas un gain important sur la variation de charge limite (abattement de l'azote négligeable en traitement primaire et exploitation trop délicate d'un traitement biologique amont pour le faible gain obtenu).

Le fonctionnement avec deux bassins est souhaitable pour des questions de coûts d'exploitation (gain en basse saison) et la configuration « en série » permet un flux piston, favorable aux germes floculés.

Une gestion par alternance de l'alimentation, un jour sur deux, est également fortement conseillée et permet d'augmenter la quantité de biomasse autotrophe présente d'un facteur 1,3. La biomasse mobilisable, plus importante lors de la montée en charge, permet de minimiser la concentration en NH₄⁺ en sortie, et permet de traiter une variation de charge limite d'un facteur 5,5. Elle aura par contre des contraintes très importantes en termes d'exploitation.

Les différents essais de variations de charge (carbone et azote) menés sur site ainsi que la mise en place de l'alternance de l'alimentation se sont toujours accompagnés d'une dégradation significative de l'indice de boue, principalement liée à la variation importante de la charge massique et à certaines difficultés d'exploitation observées sur chacun des sites suivis.

▲ Photo 1 – Milieu récepteur d'une collectivité du littoral.

7. Ammonium.

Variation de charge maximale appliquée (en 6 jours) de 4,2	D'où	Point bas (BS)	Point haut (HS)	Ratio HS/BS
	Cm en kg de DBO ₅ /kg MVS.j	0,053	0,105	1,98
	Concentration en MVS en g/l	1,5	3,2	2,13

▲ Tableau 2 – Paramètres de dimensionnement et coefficients de variation de charge mesurés et escomptés pour le traitement de l'azote.

Un choix limité de filières

Les collectivités confrontées à de très fortes variations de charge principalement dues à des activités touristiques se retrouvent souvent avec un choix limité de filières comme la biofiltration ou la boue activée avec des configurations précises. En montagne, par exemple, les autres procédés de type extensifs sont écartés en raison de leur sensibilité aux faibles températures et de leur forte emprise eau sol. La biofiltration est une technologie intéressante mais d'un coût élevé aussi bien en investissement qu'en fonctionnement. Le travail de recherche effectué sur site sur la filière boue activée permet de vérifier l'adaptabilité de ce procédé à traiter des variations de charge, d'en définir la limite tout en respectant les niveaux de rejet dans le cas du traitement du carbone et/ou de l'azote.

► **Photo 2** – Station d'épuration de montagne (clarificateur).



Dans l'avenir, les installations fonctionnant sur ce type de configuration devront donc être équipées d'une zone de contact, d'un poste fixe de chloration (voir d'apport de lestant), et d'un clarificateur dimensionné avec sécurité afin de pouvoir faire face à des foisonnements systématiquement déclenchés par l'à-coup de charge.

En conclusion

Pour une collectivité donnée, le dimensionnement d'une installation par boue activée nécessite la connaissance de la variation de

charge la plus élevée en particulier la pente de la montée en charge : son amplitude et sa durée et le paramètre température des effluents au moment de la période de montée charge en raison des taux de croissance très dépendant de celle-ci.

Pour un bassin unique à niveau constant, on retiendra les valeurs suivantes :

- le traitement du carbone pour une température de 10 °C sera respecté si la variation (Z/Y) pour une durée donnée (t) n'excède pas : $(1 + 0,47)^t$, avec un maximum de 18 (limite du procédé) ;
- le traitement de l'azote pour une température de 10 °C sera respecté si la variation de charge pour une durée donnée (t) n'excède pas : $2,25 \times (1 + 0,11)^t$ avec un maximum de 7 à 8 (limite du procédé), (ou $2,25 \times 1,3 \times (1 + 0,11)^t$ dans le cas d'une alimentation alternée des bassins).

Dans les deux cas, il est indispensable d'augmenter la durée d'aération pendant les jours de la montée en charge, et de stopper les extractions de boues pour atteindre la consigne haute en MVS, avant de reprendre les extractions. □

Liens utiles ►►►

- <http://www.eau.fndae.fr>.
- <http://www.eau.fndae.fr/documentation/PDF/fndae34.pdf>

Bibliographie

CANLER, J.-P., PERRET, J.-M., CHOUBERT, J.-M., 2007, Le traitement du carbone et de l'azote pour des stations de type boue activée confrontées à des fortes variations de charges et à des basses températures – Cas des stations touristiques hivernales de montagne, Document technique FNDAE, n° 34, 107 p., accessible en ligne sous forme numérique sur le site <http://www.eau.fndae.fr>.

CANLER, J.-P., PERRET, J.-M., CHOUBERT, J.-M., 2007, La problématique du traitement de l'azote sur des installations confrontées à des charges variables et à des basses températures. Application au procédé biofiltration, in Le traitement du carbone et de l'azote pour des stations de type boue activée confrontées à des fortes variations de charges et à des basses températures – Cas des stations touristiques hivernales de montagne, Document technique FNDAE, n° 34, annexe 6, p. 70-107.