



19930



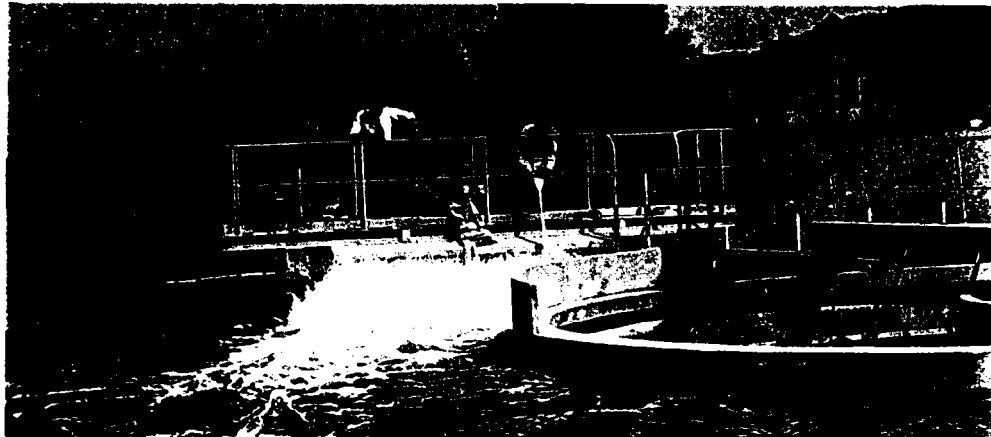
E T U D E S

ion des milieux aquatiques

9

Comment réussir un essai d'aérateur en eau propre

Philippe Duchène, Sylvie Schetrite, Alain Héduit, Yvan Racault



Cemagref
EDITIONS

Comment réussir un essai d'aérateur en eau propre

Ce guide présente les enseignements de 1000 essais d'aérateurs en eau propre réalisés sur le terrain par des équipes spécialisées du Cemagref sur environ 400 stations d'épuration.

Ce document propose un certain nombre de recommandations pratiques concernant principalement :

- les **oxymètres** (choix du type d'oxymètre, préparation, nombre, localisation de la cuve d'aération, préétalonnage à zéro et à saturation) :
- la préparation et la vérification de la cuve d'aération avec une attention toute particulière accordée aux systèmes d'aération par insufflation d'air : mesure de la saturation en **oxygène** dissous à l'aide de la méthode de WINKLER et vérification de la vraisemblance :
- l'essai lui-même comprenant l'introduction de réactifs et la **collecte** des données ;
- l'analyse des données en suivant la régression linéaire **semi-logarithmique** et la régression exponentielle sur trois paramètres (C_0 , K_{La} , C_s) pour la détermination de K_{La} .

En annexe, on présente le principe de la mesure, le matériel nécessaire à la réalisation des essais sur le terrain et les programmes micro-informatiques - sous le logiciel EXCEL avec des macrocommandes - pour les deux méthodes d'analyse des données.

Deux disquettes sont jointes à l'ouvrage.

Mots-clefs : essai d'aérateur en eau propre - méthodologie - matériel - exploitation de données.

Sommaire



Notations, symboles et unités	8
Introduction	9
L'essai d'aérateur en eau claire	13
L'exploitation des données	29
Conclusion	35
Bibliographie	36
<i>Annexe 1</i> - Principe de la mesure	39
<i>Annexe 2</i> - Matériel nécessaire à la réalisation des essais	41
<i>Annexe 3</i> - Dosage de Winkler	42
<i>Annexe 4</i> - Exemple de feuille de recueil de données	45
<i>Annexe 5</i> - Programme de traitement des données d'essais d'aérateur en eau claire sous Excel (méthode logarithmique)	46
<i>Annexe 6</i> - Ecriture des programmes : version PC	55
<i>Annexe 7</i> - Ecriture des programmes : version Macintosh	67
<i>Annexe 8</i> - Programme de traitement des données d'essais d'aérateur en eau claire ou en boues (méthode exponentielle)	79
<i>Annexe 9</i> - Ecriture des programmes : version PC	89
<i>Annexe 10</i> - Ecriture des programmes : version Macintosh	101
<i>Annexe 11</i> - Exemples de courbes log. $(C_s - C) = f(t)$	113
<i>Annexe 12</i> - Modèle de présentation des résultats d'un essai	115
<i>Annexe 13</i> - Pression saturante de l'eau	117

- L'aération est un point clef des stations d'épuration à boues activées.

La couverture des besoins en oxygène est bien sûr nécessaire. Elle doit être assurée de manière encore plus fiable dans le cas des stations ayant un objectif de traitement de l'azote afin de laisser les temps d'anoxie nécessaires à la dénitrification dans le bassin d'aération. La fourniture d'une quantité d'oxygène correspondant aux besoins journaliers doit être effectuée sur une durée maximum de :

- 18 à 20 heures dans le cas du traitement du seul carbone. sauf stations à charge massique élevée pour lesquelles les besoins de pointe sont la base du dimensionnement de l'aération,
- 16 à 18 heures pour les bassins d'aération de boues activées à zone d'anoxie séparée [doc. technique FNDAE n°10],
- 14 heures pour les boues activées nitrification-dénitrification en bassin unique [doc. technique FNDAE n°10].

Le poste aération représente 60 à 80 % des dépenses énergétiques du traitement des eaux usées, donc souvent de l'ordre de 20 % du coût d'exploitation total. L'optimisation de ce poste peut, en conséquence, souvent constituer une source d'économies appréciables.

- L'essai d'aérateur fait partie à ce titre des rares mesures partielles de réception figurant au CC"TG - fasc. 81 - titre 2 "stations d'épuration" - 1992. Il est donc légitime d'avoir **souvent** à pratiquer cette mesure sur les stations neuves, d'autant que la configuration du couple aérateur-bassin modifie les performances [CTGREF, 1980] : [HEDUIT et al., 1983]. Des exceptions peuvent être faites pour les aérateurs peu sensibles à cette configuration ou **déjà** largement connus [à condition que le modèle d'aérateur n'ait **strictement** pas été modifié (1)].

C'est le cas notamment :

- des brosses d'aération les plus connues pour lesquelles l'essai d'aérateur peut être remplacé, avec seulement une incertitude un peu accrue, par la mesure de la vitesse moyenne et superficielle de l'eau dans le chenal [DUCHENE, 1989],

(1) La moindre variation sur les pales, les vitesses de rotation, les conduits et **défecteurs** des turbines rapides, les dispositifs **antivortex** pour certaines turbines lentes, etc., est susceptible de modifier le rendement de l'ordre de 10 ou 20 %.

- des turbines rapides dont les performances sont quasi insensibles à la configuration du bassin,
- des turbines lentes les plus répandues dont on connaît les facteurs de variation des performances (géométrie du bassin, immersion, à moindre niveau puissance spécifique).

Dans tous les cas, il convient de vérifier au moins la puissance absorbée.

- Le Cemagref, qui a réalisé des essais d'aérateurs sur plus de quatre cents stations d'épuration, n'a pas les moyens (ni la vocation) de répondre systématiquement aux demandes d'essais de réception. Nous cherchons uniquement à avoir la connaissance des nouveaux aérateurs afin de :

- mettre en évidence les facteurs influençant leurs performances pour :
 - optimiser les couples aérateur-bassin,
 - faire progresser les performances des systèmes d'aération dans l'intérêt des collectivités,
 - aider les fournisseurs à améliorer leurs matériels.
- connaître les performances des matériels et systèmes proposés afin de :
 - contribuer à la disparition la plus rapide des aérateurs médiocres,
 - conseiller les maîtres d'œuvre en la matière.

Les essais de réception doivent donc, le plus souvent, être effectués par de nombreuses autres équipes : SATESE, Centres techniques, prestataires de services.

Remarque : La réalisation doit se faire en présence d'un représentant du constructeur pour éviter des contestations ultérieures (réglages des aérateurs, . . .).

L'intérêt de cette mesure de performances en eau claire, argumenté ci-dessus, peut s'annuler si la fiabilité des résultats est contestable. Notre connaissance des résultats ainsi acquis nous conduit à proposer ce guide technique pour améliorer la fiabilité des mesures réalisées par des équipes peu expérimentées.

- Par ailleurs, les essais d'aérateurs en eau claire ne sont qu'une étape vers la bonne connaissance des performances réelles des systèmes d'aération.

Ils se justifient pleinement lorsqu'il s'agit de comparer des systèmes d'aération homogènes (sur la base a priori de trois catégories : les aérateurs de surface, les dispositifs produisant de moyennes ou grosses bulles, les insufflateurs d'air fines bulles).

Les performances dans les conditions de fonctionnement et donc en boues sont affectées par un **facteur correctif global produit de l'effet de** [CTGREF, 19801 :

- la température (influence < 5 % dans les cas classiques),
- la pression atmosphérique (sensible à partir d'altitudes de quelques centaines de mètres),
- la qualité de l'eau interstitielle sur la concentration à saturation (C_s) : assez négligeable : le facteur β exprimant cet effet est centré sur 0,985 (pour les eaux urbaines épurées),
- la salinité qui améliore le transfert d'oxygène : de l'ordre de 2.5 % par g/l de sel, soit des accroissements de conductivité d'environ $1000 \mu\text{Scm}^{-1}$ (tout en diminuant un peu le C_s),
- la valeur moyenne de la concentration en oxygène à laquelle le système travaille : typiquement environ 2 mg/l, soit un facteur $\frac{C_s - C_{op}}{C_s} = 0,8$ en aération de surface et 0.85 en insufflation d'air fines bulles,
- l'influence des boues (milieu physique, propriétés surfactantes, demande en oxygène, . . .) sur le transfert d'oxygène proprement dit appelé facteur.

Tous ces facteurs correctifs sont indépendants à tous les systèmes d'aération, sauf le facteur :

- qui varie pour les aérateurs mécaniques de surface de 0,8 à plus de 1 en fonction de la respiration des boues,
- qui reste à étudier pour les dispositifs d'insufflation d'air (centrés sur 0,6), notamment du fait que les études actuelles ont intégré un colmatage (diffuseurs céramiques et assimilés) spécifique de systèmes en voie de disparition.

Les techniques de mesures de performances réelles en boues sont très onéreuses, difficiles à mettre en œuvre ou peu précises. C'est pourquoi, nous pensons que les essais d'aérateurs en eau claire pourront durablement constituer la base de l'évaluation des performances des aérateurs, recevant en complément une précision nécessaire sur le facteur obtenue par des études complémentaires auxquelles le Cemagref projette de contribuer à court terme.

Le présent document décrit les recommandations à suivre pour optimiser la fiabilité des essais d'aérateurs en eau claire [exploitation semi-logarithmique $C_s - C = f_1(t)$] dans l'ordre de déroulement de l'essai. Un aperçu est donné des particularités liées aux mêmes essais avec exploitation par ajustement de l'exponentielle [$C = f_2(t)$]. Le principe de la mesure senti-logarithmique est rappelé en annexe n° 1.

Conclusion

La mesure des performances des dispositifs de stations d'épuration, en eau propre, par la méthode de réoxygénation, est une technique simple. Le protocole de mesure comporte pourtant de **nombreuses étapes ayant toutes une influence sur le résultat final et son incertitude.**

Les points les plus importants (susceptibles de conduire à des résultats complètement faux) peuvent être soulignés :

- la qualité des oxymètres,
- l'étalonnage des appareils.

De nombreuses autres phases de la mesure améliorent l'incertitude affectant les résultats :

- la bonne implantation des points de mesure,
- la distribution homogène du sulfite,
- la bonne préparation des oxymètres,
- les calculs attentifs des C_s d'exploitation,
- la mesure précise du volume d'eau,
- la mesure de la puissance exacte absorbée.

La qualité de l'essai est révélée par deux critères : la rectitude des points $\ln(C_s - C) = f(t)$ et l'écart moyen des $K_L a$.

Dès lors qu'une attention est portée à tous ces points, la mesure peut avoir une incertitude inférieure à 5 %, satisfaction de physicien dans un domaine où les incertitudes usuelles, celles de la biologie, sont bien supérieures !