

LE LAGUNAGE AÉRÉ



1. INTRODUCTION

Le traitement des eaux résiduaires en milieu rural s'est longtemps fait par lagunage naturel. Ce procédé immobilise une surface au sol de 10 à 15 m² minimum par équivalent habitant et, malgré tout le soin apporté à sa conception, la lagune naturelle peut générer des émanations olfactives en été. Il faut tenir compte aussi du fait des variations de rendement en fonction des conditions climatiques. Les petites stations d'épuration conçues sur la base d'un bassin à boues activées imposent beaucoup d'entretien et sont exposées à des perturbations dues aux surcharges concentrées accidentelles qui font décroître considérablement le rendement épuratoire pendant une longue période. Dans les années 70, le choix s'est porté sur la construction de grosses stations. Ces installations convenablement dimensionnées et bien entretenues réalisent de bons rendements épuratoires et restent peu sensibles aux fluctuations des différentes charges. Dans ce cas, il faut faire de gros investissements en pose de canalisations sans oublier l'entretien et leur inspection périodique. D'autre part, le groupage modifie les débits des cours d'eau naturels du bassin versant. La solution la plus économique tant en investissement qu'en entretien en milieu rural, serait de réaliser l'épuration des eaux usées à l'endroit même où elles sont produites. Le lagunage aéré, dans ce cas, donne les meilleurs résultats. Il se caractérise par une utilisation à grande sécurité et un faible entretien, tout en supportant des pointes de charge. La lagune aérée satisfait en tout temps aux conditions minimales requises suivant § 7a de la WHG (loi allemande sur l'eau). Les eaux pluviales peuvent être traitées simultanément en utilisant les lagunes comme bassin tampon. L'aération artificielle permet de ramener la surface au sol de 2 à 3 m²/EH, c'est à dire entre 5 et 10 fois moins que le lagunage naturel. Le coût du génie civil est relativement faible et l'implantation de lagunes aérées peut s'intégrer facilement dans le milieu naturel.

2. DESCRIPTIF DU PROCÉDÉ

L'épuration mécanique des eaux usées se fait dans une ou plusieurs lagunes aérées suivies d'un ou deux bassins de finition.

Épuration mécanique des eaux résiduaires

En venant du réseau, elles arrivent sans pré-épuration mécanique, directement dans la lagune primaire aérée. Il n'y a pas de dégrillage ni dessableur donc peu d'entretien. En réalisations plus importantes, à partir de 1000 EH, il y a lieu d'étudier une pré-épuration mécanique. Les sables et boues lourdes décantent dans la zone d'entrée, tandis que les autres solides se répartissent dans l'ensemble du bassin primaire. Les matières flottantes sont retenues par une paroi plongeante située en tête de lagune primaire. L'élimination de ces flottants se fait en ratissant la surface de l'eau. Les substances putrescibles sont dégradées et stabilisées par voie aérobie. Les nuisances olfactives sont neutralisées irrémédiablement grâce au courant d'eau chargée d'oxygène en contact avec les boues décantées.

Épuration biologique des eaux résiduaires

Le processus d'épuration biologique en lagunes aérées est comparable à celui qui se déroule dans un cours d'eau chargé. À la différence des installations à boues activées, la biomasse active se présente sous la forme d'une végétation fixe (sessile) dans le fond du bassin. Les conditions nécessaires à une dégradation biologique poussée de la pollution dissoute et de la stabilisation suffisante des boues décantées par voie aérobie sont les suivantes :

- un apport suffisant d'oxygène
- une circulation efficace de la masse d'eau
- une homogénéisation des eaux usées dans le bassin

Ceci afin d'éviter les "zones mortes" et assurer un échange entre les eaux à traiter et le film biologique du fond du bassin. La majeure partie des substances organiques est déjà dégradée biologiquement dans le bassin primaire. Une quantité correspondante de boues excédentaires s'y dépose avec les boues décantées au fond du bassin.

3. BASES DE DIMENSIONNEMENT

Le dimensionnement des lagunes aérées de traitement d'eaux résiduaires se calcule au moyen de la charge volumique et du temps de séjour. L'ATV recommande, dans son feuillet A201, de considérer une charge volumique en DBO₅ ≤ 25 g/m³ jour correspondant à un volume spécifique ≥ 2,4 m³/EH. En phase d'aération, même avec un apport important d'eaux étrangères, le temps de séjour ne doit pas être inférieur à 5 jours. D'autre part, le besoin spécifique brut en oxygène pour dégrader les substances polluantes est basé à 1,5 kg O₂/kg DBO₅. En pratique, suivant les études, on atteint de bons résultats en disposant les aérateurs dans la lagune primaire de telle sorte que l'ensemble de l'apport d'oxygène s'effectue dans la zone la plus chargée. Concernant la circulation et l'homogénéisation, une puissance volumique de 1 à 3 W/m³ est nécessaire. La puissance varie en fonction du système d'aération et de la forme du bassin. Il est conseillé de fractionner le volume à aérer. La première étape correspondant à 60 % et la seconde de 40 % du volume total. Cette solution est plus efficace qu'en abaissant la charge volumique. Le temps de séjour favorise une biocénose avec un meilleur rendement. D'autre part, cette répartition de la puissance d'aération permettra de ne pas rendre obsolète les qualités épuratoires de la station lors de la vidange de lagune. Les installations à une seule étape aérée sont réalisables dans le cas d'un nombre de raccordements réduits et alimentés par un réseau unitaire. Dans ce cas précis, la charge volumique à considérer ne dépasse pas 20 g DBO₅/m³ jour. Le temps de séjour en bassins de finition varie de 1 à 2 jours, correspondant à un volume spécifique de 0,3 à 0,5 m³/EH. En station équipée d'une seule lagune aérée, il faut dimensionner d'une manière un peu plus importante le bassin de finition. À noter que le temps de séjour trop long en bassin de finition peut favoriser la prolifération d'algues.

4. AÉRATION DES LAGUNES

En ce qui concerne les méthodes employées pour l'aération des lagunes, les différences se situent au niveau du mode d'introduction de l'oxygène et du schéma de circulation. Avec les turbines flottantes, l'eau est projetée en l'air et s'oxygène au contact de l'air. Ces appareils ne sont pas très silencieux et génèrent des émanations olfactives ainsi que des phénomènes "aérosol". D'autre part, en période hivernale ils aident au refroidissement de l'effluent et en cas de gel doivent être arrêtés. Les turbines flottantes ne conviennent donc qu'à un degré limité, c'est la raison pour laquelle la préférence est donnée aux systèmes d'aération par fines bulles. Dans le cas de l'aération sous pression, les coupoles en céramique ou les tubes perforés répartissent l'air sous forme de fines bulles. Le brassage et l'homogénéisation se font uniquement par les conséquences de l'action de la pompe. Les bougies filtrantes sont réparties sur une grande surface. De bons résultats sont aussi atteints avec un type d'aérateurs en ligne munis d'un déflecteur. Dans ce cas, le brassage est important si la géométrie du bassin se prête au système. La régulation de l'apport d'oxygène s'effectue, le plus souvent, par un échelonnement de compresseurs d'air. Ces derniers doivent être installés dans un bâtiment. En plus d'une aération par fines bulles, les aérateurs par aspiration réalisent un brassage et une homogénéisation intenses des eaux résiduaires. Ces appareils, particulièrement avantageux dans ce cas, génèrent d'une façon efficace une circulation dirigée dans le bassin (par exemple les aérateurs à vis hélicoïdale *FUCHS*). De ce fait, en bassins, où l'hydraulique a été bien étudiée, la puissance volumique nécessaire se situe entre 1 et 2 W/m³. L'apport d'oxygène régulier, un brassage uniforme et une circulation horizontale du volume total des bassins seront atteints grâce à l'utilisation de ce type d'aérateur. Par contre, avec les aérateurs créant une circulation dans toutes les directions et brassant le volume essentiellement dans le sens vertical, la zone homogénéisée n'a qu'un diamètre de 4 à 6 fois la profondeur du bassin (exemple : pour une profondeur de 2 à 3 mètres, le diamètre de cette zone se situe entre 10 et 15 mètres, en fonction du rendement réel de l'aérateur). L'utilisation de ces appareils implique une répartition de la puissance totale en installant une série d'aérateurs de petite taille, et un calcul basé sur une puissance volumique d'au moins 3 W/m³. Pour les aérateurs à aspiration, l'apport d'oxygène peut s'effectuer d'une manière optimale en faisant fonctionner facilement ces derniers d'une façon intermittente (asservissement par horloge et (ou) par oxymètre à seuils).

5. TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES

Du fait du temps de séjour important (10 jours) et de la faible charge entrante, les lagunes aérées ont un pouvoir tampon élevé face aux pointes de pollution. Contrairement aux installations à boues activées, il n'y a pas de risque d'entraînement de la biomasse active en cas de forte charge hydraulique. Ainsi, les eaux pluviales sont faciles à traiter. Équipé d'un limiteur de débit, le bassin primaire, par temps de pluie, joue le rôle de bassin de retenue. Son volume sera dimensionné conformément à la norme ATV feuillet A128.

6. ÉLIMINATION DES BOUES D'ÉPURATION

Comparativement aux bassins à boues activées, les lagunes aérées produisent peu de boues (environ 20 à 30 % par rapport aux bassins à boues activées). Avec un grand recul, il a été constaté qu'en lagunage aéré, le curage des boues ne se fait que tous les 6 à 10 ans. Les lagunes suivantes présentent des durées de stockage infiniment plus longues. Le sable et les boues décantées en tête de lagune primaire doivent être évacués plus souvent, de ce fait, il est recommandé d'aménager cette zone en la renforçant et en la réalisant plus profonde. Pour aspirer ces matières décantées, on utilise des camions citernes équipés d'une pompe à vide sans crainte de détérioration du fond de la zone d'entrée.

7. ÉPURATION POUSSÉE DES EAUX RÉSIDUAIRES

Depuis quelque temps, il est demandé, voire imposé une élimination des composés d'azote et du phosphore.

Oxydation et élimination de l'azote

Chaque habitant produit 10 à 12 g d'azote par jour. En conditions normales de lagunage aéré, le rendement spécifique de nitrification est de 1 g NH₄ - N/m² jour. Il faudrait donc une surface spécifique de ≥ 10 m²/EH. Toutefois, nous ne disposons que de 1,5 à 2 m²/EH, cette surface est insuffisante pour le développement des bactéries nitrifiantes en lagunage aéré. C'est pourquoi l'azote contenu dans les effluents ne pourra être oxydé qu'en petite quantité. L'agrandissement nécessaire des bassins pour la nitrification est en contradiction avec l'énorme besoin de surface au sol et à la pollution secondaire éventuellement générée par le développement d'algues. Dans le cas, où une nitrification est nécessaire en lagunage aéré, il faut réaliser un autre système. Des lits bactériens ou des lits immergés sont bien appropriés. Depuis de nombreuses années, ce procédé est utilisé en Bavière en lagunes naturelles. Les résultats obtenus sont excellents puisqu'on obtient une nitrification poussée et une valeur ≤ 15 mg/l pour la DBO₅. Néanmoins, en période estivale, il peut se produire, dans les décanteurs en amont, un processus de putréfaction créant des émanations olfactives. L'action combinée de lagunes aérées avec une installation particulière à lits immergés, suivie d'un bassin de finition ou d'une installation de lits de contact dans le dernier bassin aéré, offre de plus grands avantages. Les charges peuvent s'élever à 1,5 à 2 g NH₄ - N/m² jour puisque la nitrification se fait avec les eaux usées épurées mécaniquement et en grande partie biologiquement. Il est à noter que la phase de nitrification est particulièrement favorable grâce au pouvoir tampon élevé des bassins d'aération d'où sort un débit constant d'eau avec une charge régulière.

Une installation de lagunage aéré incluant une phase de nitrification devrait donc comporter :

- 1 pré épuration mécanique (dégrilleur, tamis....)
- 2 bassins aérés
- 1 phase nitrification
- et au moins 1 bassin de finition

L'épuration mécanique des eaux résiduaires par sédimentation et la dégradation biologique poussée des matières polluantes organiques dissoutes se font dans les deux premiers bassins aérés. Le fonctionnement en retenue est recommandé pour l'homogénéisation du volume et le traitement simultané des eaux pluviales. Le fractionnement du volume aéré permet de contourner l'un des deux bassins aérés sans compromettre d'une façon importante la phase de nitrification lors du curage d'une lagune par exemple. La nitrification, qui prépare les surfaces de développement nécessaires aux bactéries nitrifiantes, s'effectue à l'aide de lits immergés en rotation ou d'une installation de lits de contact en matière synthétique constamment immergés et activés par une aération sous pression. L'installation de lits de contacts fixes dans un troisième bassin aéré est encore une autre solution. Si en plus d'une oxydation poussée, on veut une élimination partielle des composés d'azote, il faut faire suivre la phase de nitrification par une recirculation des eaux nitrifiées en tête du bassin aéré primaire. L'absence d'oxygène dissous crée la dissociation du nitrate en azote gazeux et en oxygène fixé. L'épuration finale, c'est à dire l'épuration fine des eaux résiduaires s'effectue dans un ou deux bassins de finition.

Élimination du phosphore

Dans les eaux usées brutes, le phosphore est présent en partie dans la matière organique et en partie dans les phosphates inorganiques. Dans l'effluent, par contre, il se présente à concurrence de 80 à 90 % à l'état d'orthophosphate (PO_4^{3-}). Les orthophosphates peuvent être éliminés par précipitation chimique en utilisant principalement des sels de fer ou d'aluminium et parfois de la chaux. En lagunage aéré, de très bons résultats sont obtenus en injectant des réactifs dans le canal reliant les deux lagunes aérées. Les précipités produits se déposent lentement avec le phosphate fixé dans le fond du deuxième bassin d'aération. L'élimination du phosphore réduit en grande partie la prolifération d'algues en bassin de finition. D'autre part, la floculation et la précipitation éliminent des eaux usées les matières fines en suspension.

8. RÉSUMÉ

Le lagunage aéré est un système performant et économiquement très favorable pour l'épuration biomécanique des eaux usées produites en milieu rural. Ce procédé s'intègre facilement dans le site environnant. Les frais d'exploitation sont réduits car il n'y a pas d'élimination en continu des matériaux de dégrillage, de sable et de boues, correspondant à la partie la plus importante des frais de maintenance et d'entretien. Le temps de séjour prolongé des eaux résiduaires en lagunage aéré permet d'obtenir une qualité constante de l'effluent traité, même en cas de pointes de pollution ou de charge hydraulique momentanée.

Dans le cas où une phase de nitrification est demandée, il faut disposer en aval des bassins d'aération, une installation à lits bactériens. L'injection de floculants précipitants répond à l'élimination des phosphates.