

# Optimisation de la nitrification à la station de traitement des eaux usées de Grapevine, TEXAS

De nombreux bassins versants aux États-Unis sont sensibles à la pollution par les nutriments azote et phosphore. Ces formes de pollution sont souvent en tête de liste des principaux polluants réglementés et peuvent présenter des complexités de traitement significatives. La dégradation des plans d'eau et la gestion environnementale aquatique nécessitent des données. Ces données permettent de déterminer quels polluants peuvent affecter les eaux réceptrices pour leurs usages désignés, tels que le contact primaire ou secondaire, ou pour protéger la vie aquatique sensible. La surveillance des rejets ponctuels et diffus dans les eaux réceptrices sont effectués pour comprendre l'impact des polluants sur chaque bassin versant. Les données permettent également d'améliorer l'efficacité et l'optimisation du traitement des eaux usées. Des échantillons ponctuels et des données composites sont nécessaires pour maintenir la conformité, mais lors de procédés de traitement biologique comme la nitrification, une efficacité et une optimisation maximales nécessitent des données supplémentaires.

*La conformité au rejet et l'optimisation de l'usine comme facteurs moteurs, cette note couvrira comment une installation au Texas a réussi les deux enjeux. La station d'épuration des eaux usées de Grapevine a mené un essai en utilisant une technologie innovante de Hach®, réalisant jusqu'à 28 % de réduction de la consommation d'énergie par rapport à leur fonctionnement standard*

Le maintien de la conformité des permis pour les nutriments exige une attention et des données plus importantes pour ces systèmes biologiques que pour d'autres types de polluants. L'azote sous forme d'ammoniac est le plus souvent le principal nutriment réglementé pour la qualité de l'eau. De nombreuses stations d'épuration des eaux usées dans le monde sont tenues de surveiller les concentrations d'azote ammoniacal pour se conformer à leur permis.

Les réglementations relatives à la qualité de l'eau peuvent inclure des espèces d'azote telles que : l'azote globale (NGL), le Kjeldahl total (NTK), l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ), le nitrite ( $\text{NO}_2$ ) et les nitrates ( $\text{NO}_3$ ). Cette note portera principalement sur l'espèce d'azote la plus couramment imposée aux installations de traitement des eaux usées dans le cadre d'une réglementation numérique, à savoir l'ammonium. L'azote ammoniacal peut être une espèce d'azote autonome en tant que limite d'autorisation ou il peut faire partie d'une forme d'azote plus large comme l'azote globale, l'azote inorganique total ou l'azote Kjeldahl total, comme le montre la figure 1 ci-dessus.

La nitrification est le principal process biologique permettant d'éliminer l'ammonium. L'ammonium est éliminé par voie aérobie dans les zones oxiques où les micro-organismes le convertissent principalement en nitrite et en nitrate. La nitrification contrôlée dans les stations d'épuration des eaux usées est généralement le process qui consomme le plus d'énergie dans la station. L'ajout d'air à l'effluent est généralement réalisé soit par l'ajout d'air sous la surface à l'aide de soufflantes, soit par l'aération de surface à l'aide d'une agitation mécanique de l'eau.

Outre la forte consommation d'énergie pour obtenir une nitrification correcte, il s'agit également d'un système très sensible aux variations de charge diurnes, aux fluctuations de température saisonnières, aux charges toxiques et aux déséquilibres des matières en suspension biologiques. Chacune de ces conditions, ou une combinaison de problèmes, peut entraîner une détérioration rapide de la qualité de l'effluent et la perte possible de la nitrification. Parfois, ces conditions peuvent être corrigées rapidement, par exemple en cas de manque d'aération, lorsque le débit d'air du système peut être augmenté, mais dans d'autres cas, la perte de nitrification peut prendre des jours pour se rétablir.

Il existe deux formes d'azote couramment utilisées qui sont importantes pour le traitement des eaux usées et qui peuvent être confondues : l'ammoniac et l'ammonium.

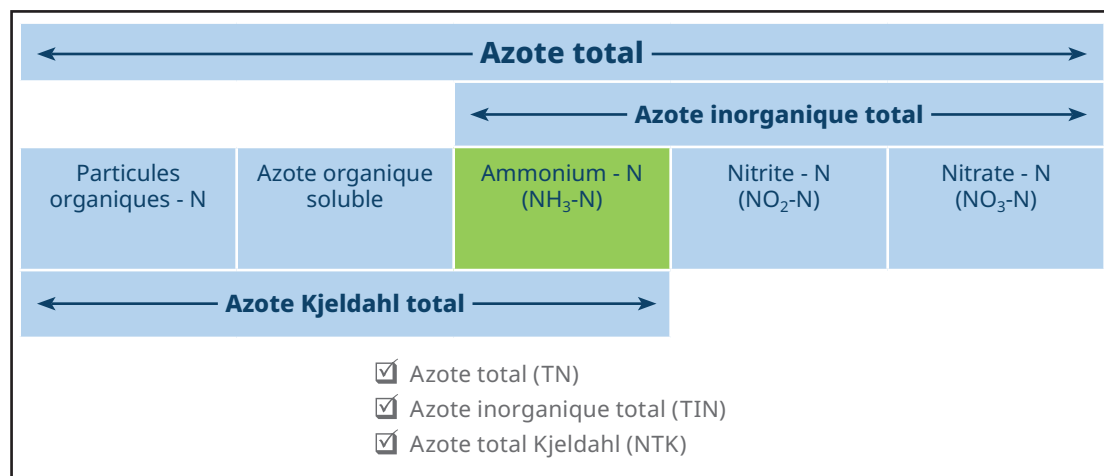
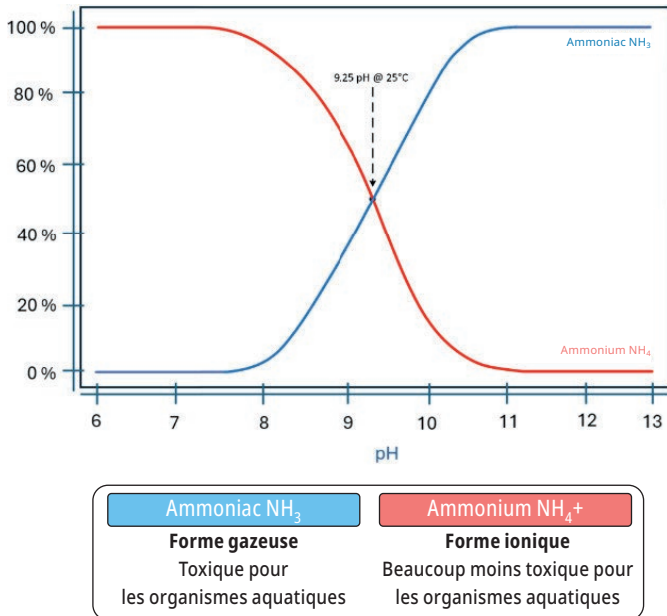


Figure 1

Figure 2



## Ammoniac et ammonium

Est-ce de l'ammoniac ou de l'ammonium ? Cela dépend du pH et de la température. Le poids atomique entre l'ammoniac et l'ammonium varie d'un atome d'hydrogène, et la prévalence de l'une ou l'autre espèce dépend du pH. À un pH de 9,25 à 25°C, l'espèce prédominante sera moitié ammoniac (NH<sub>3</sub>) et moitié ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Le pH typique des eaux usées municipales se situe généralement entre 6,9 et 8,2. Dans la plupart des systèmes d'eaux usées municipales, la forme prédominante est ionique, mesurée sous forme d'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Cela dépend bien sûr du pH et de la température des eaux usées à chaque point de mesure. Cette relation conditionnelle est illustrée dans la figure 2.

**L'ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup>** est la forme ionique et est considérée comme beaucoup moins toxique pour les organismes aquatiques.

**L'ammoniac NH<sub>3</sub>** est la forme gazeuse, considérée comme très toxique pour les organismes aquatiques et qui figure sur la plupart des permis de traitement des eaux usées.

La technologie de détection des gaz ammoniacaux de Hach est un outil de travail industriel pour la surveillance et le contrôle en ligne de l'ammonium. La technologie utilisée à la station d'épuration de Grapevine, décrite ci-dessous, utilise un principe simple et rapide pour mesurer l'ammonium dans cet environnement dynamique de pH et de température. L'analyseur titre l'échantillon sur 12 pH et mesure ensuite l'ammoniac gazeux (NH<sub>3</sub>). Cette méthodologie innovante crée le cycle de mesure le plus rapide de tous les analyseurs en ligne basés sur la chimie humide et permet de s'assurer que, quel que soit le pH ou la température, une valeur réelle d'ammoniac est mesurée. La méthode de détection des gaz élimine également tout risque d'interférence de la couleur de l'échantillon, qui peut être un problème avec les méthodes colorimétriques.

Une fois que l'analyseur a terminé la conversion des ions ammonium en gaz ammoniac, la valeur mesurée est affichée sous forme d'ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

## Ville de Grapevine TX, contexte

La station de traitement des eaux usées municipale de Grapevine, Texas, dessert une population d'environ 51 000 habitants et déverse ses eaux dans un affluent alimentant le lac Grapevine.

La station d'épuration est composée d'une aération intermittente avec un débit moyen de 3.2 MGD. L'installation doit respecter les limites saisonnières d'ammoniac de 2 mg/l en moyenne journalière d'avril à octobre et de 5 mg/l en moyenne sur 7 jours, avec des limites légèrement plus élevées pour les mois d'hiver, de 6 mg/l en moyenne journalière. Avec ces limites en place, ils fonctionnent, comme de nombreuses installations, avec un budget serré nécessitant une attention et un temps supplémentaires pour garantir la conformité de l'installation.

Des échantillons instantanés et des prélèvements ponctuels sont prélevés régulièrement pour s'assurer que le processus fonctionne correctement. Des échantillons de contrôle sont prélevés en sortie d'aération pour les matières en suspension, le NH<sub>4</sub>-N et autres paramètres pour s'assurer de la bonne efficacité du traitement biologique.

L'une des plus grandes dépenses opérationnelles de l'installation est l'aération pour favoriser la réduction biologique de l'ammonium par nitrification. L'installation a traditionnellement utilisé le potentiel d'oxydoréduction (ORP) en ligne et l'oxygène dissous (DO) comme mesures de substitution pour surveiller l'élimination de l'ammonium dans les bassins d'aération.

## La solution

La station d'épuration de Grapevine a décidé de tester le nouvel analyseur d'ammonium Hach NH6000sc dans l'un de ses trois bassins d'aération. Le nouvel analyseur et son unité de filtration ont été installés à l'extrémité du bassin d'aération représenté sur l'image 1. Cela a permis à l'usine de bénéficier pour la première fois de mesures d'ammonium en temps réel via son système SCADA. Le contrôle de l'aération basé sur l'ammonium gagne en popularité pour les raisons suivantes :

1. L'utilisation du paramètre spécifique à traiter, dans ce cas l'ammonium, est plus efficace que l'utilisation de mesures de substitution comme l'O<sub>2</sub> et le Redox. Cela est dû en grande partie à d'autres interférences et exigences concernant des mesures telles que l'oxygène et le potentiel Redox. Il ne s'agit pas de mesures directes, ce qui limite le contrôle direct efficace de la nitrification.



Image 1

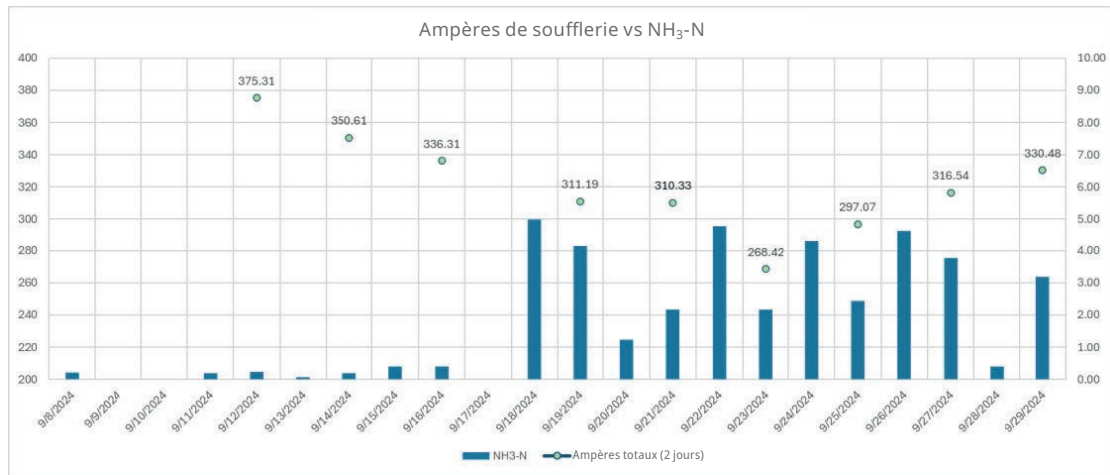


Figure 3

- Les économies d'énergie augmentent avec chaque amélioration de la qualité des données. Passer d'une régulation basée sur la mesure de Rédox à une régulation basée sur l'oxygène dissous (DO) en ligne représente un changement d'optimisation substantiel. Une mise à niveau supplémentaire, passant de l'oxygène dissous en ligne aux mesures d'ammonium en ligne, réduit encore les erreurs et améliore la performance du système.
- Le surtraitement pour l'élimination de l'ammonium peut avoir des conséquences importantes en termes d'émissions de carbone. D'un point de vue macroéconomique, le fait d'augmenter la vitesse des soufflantes et la pression des collecteurs ou de faire fonctionner les soufflantes en dehors de leur courbe optimale entraîne un surtraitement, augmente les émissions de carbone inutiles. Selon l'EIA, en 2023, les émissions moyennes de CO<sub>2</sub> aux États-Unis étaient de 0,81 lb par kWh utilisé. Faire fonctionner les soufflantes à des vitesses plus basses réduit l'usure et prolonge leur durée de vie.

Ce nouvel analyseur a apporté à l'installation un niveau de visibilité diurne qui faisait défaut aux échantillonnages ponctuels et aux échantillons mixtes.

La figure 3 montre les résultats obtenus après quelques semaines de fonctionnement. L'usine a utilisé les valeurs de l'analyseur d'ammonium en ligne pour commencer à réduire lentement l'aération. Elle a surveillé de près ce tiers de la station d'épuration et a permis aux niveaux d'ammonium d'augmenter jusqu'à un niveau qui reste inférieur aux normes de rejet.

Dans la figure 3, le premier point de données pour les ampères représente le fonctionnement standard avant d'apporter des modifications en utilisant le nouvel analyseur. Les réductions suivantes de la vitesse des soufflantes se sont poursuivies jusqu'à ce qu'ils puissent complètement arrêter l'une de leurs deux soufflantes de 100 chevaux. Ils ont fait fonctionner une soufflante manuellement pendant une journée comme test réussi, puis ont remis la deuxième soufflante en ligne.

Globalement, pendant cette période, ils ont observé une **diminution de 28%** de la consommation d'énergie lorsque la deuxième soufflante a été retirée, puis une **réduction moyenne de la consommation d'énergie de 18,4%**. Cette réduction de l'aération pourrait représenter une économie annuelle de 29 953 \$ en fonction du tarif électrique de l'installation.

Outre les économies financières, ce cas pourrait représenter une réduction annuelle des émissions de carbone d'environ 404 449 livres de CO<sub>2</sub>.

## Conclusion

Le nouvel analyseur d'ammonium en ligne Hach NH6000sc s'est avéré être un outil formidable pour la collectivité, permettant un nouveau niveau de visibilité qui n'était pas possible auparavant. La technologie de détection de gaz Hach offre un temps de réponse rapide contrairement à d'autres technologies, fournissant des valeurs toutes les 5 minutes pour un contrôle et une surveillance efficaces dans un environnement biologique en évolution rapide. Voici une citation de l'un des responsables du système :

**« Le nouvel analyseur de Hach nous a permis de réduire en toute confiance l'aération pour optimiser l'efficacité sans craindre d'atteindre notre limite d'ammonium. »**



La nouvelle conception permet une installation prête à l'emploi à l'extérieur, qui résiste aux éléments sans deuxième enceinte. Le nouvel ensemble de réactifs est utilisé à un rythme qui permet un remplacement tous les 6 mois. Un nouveau système de pompage des échantillons et un système de rétro-rinçage de l'air ont été intégrés à l'unité. Mais souvent, la précision et la facilité d'utilisation des analyseurs dépendent de leur système de filtration.

La capacité du nouveau système de filtration Hach FX620 à fournir un puissant rinçage à l'air permet de réduire la fréquence des nettoyages manuels, même dans les applications à haute teneur en solides comme les liqueurs mixtes. Le personnel a retiré le filtre pour l'inspecter et l'a trouvé en parfait état. L'exploitant a été surpris par la légèreté et la facilité de démontage du filtre. Le nouveau concept de membrane encliquetable a permis un retrait rapide et une installation sûre. En fin de compte, l'amélioration du process de l'usine, la protection de l'environnement, le respect de la conformité jouent un rôle important dans la décision d'utiliser des capteurs et des analyseurs en ligne comme celui-ci avec des valeurs ancrées dans la simplicité et la précision.

