

### PRÉSENCE DE L'AMMONIUM DANS L'EAU

L'ion ammonium,  $\text{NH}_4^+$ , est la forme réduite de l'azote. Il provient principalement de la décomposition des protéines naturelles contenues dans le phytoplancton et les micro-organismes. Il peut être aussi issu de l'apport d'effluents urbains épurés, de rejets industriels ou agricoles. Il se trouve dans les eaux naturelles à des concentrations qui peuvent varier de 0,1 à plus de 10 mg/l.

### EFFETS ET NUISANCES

L'ion ammonium ne présente pas un caractère nocif pour la santé, mais sa présence, en particulier dans les eaux de surface, peut être considéré comme un indicateur de pollution. Cependant, il constitue un élément gênant, car il interfère avec la chloration pour former des chloramines modifiant l'odeur et le goût de l'eau (goût de chlore), et il est aussi un aliment pour certaines bactéries qui peuvent ainsi proliférer dans les réseaux de distribution. Il convient donc de l'éliminer de l'eau destinée à la consommation humaine.

### RÉGLEMENTATION

La directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 indique, pour les eaux destinées à la consommation humaine, une concentration maximale d'ammonium de 0,5 mg/l. La législation française est plus sévère puisque le seuil fixé par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001, codifié en 2003 dans le code de la santé publique (voir Memotec n°12), est de 0,1 mg/l comme référence de qualité.

De plus le décret n° 2001-1220, transposant la directive européenne 75/440/CEE du 16 juin 1975, fixe une limite de traitabilité de 4 mg d'ammonium par litre pour les eaux brutes destinées à la production d'eau destinée à la consommation humaine (voir Memotec n°12).

### TECHNIQUES D'ELIMINATION DE L'AMMONIUM

Les procédés unitaires utilisés pour l'élimination de l'ammonium sont :

- l'oxydation chimique ;
- l'échange ionique ;
- le stripping ;
- la filtration biologique.

#### L'oxydation chimique : un procédé efficace à utiliser dans des conditions très précises

L'oxydant utilisé est le chlore que l'on injecte à une concentration au delà du point critique (break-point) afin qu'il ait réagi avec tous les composés azotés présents dans l'eau (figure 1). En théorie, cela revient à ajouter 9,8 mg  $\text{Cl}_2/\text{mg NH}_4^+$  (dose stoechiométrique). Cependant, les taux couramment pratiqués sont en général proches de 13 mg  $\text{Cl}_2/\text{mg NH}_4^+$ , afin de tenir compte des autres demandes en chlore, et en particulier de celles des matières organiques. Du fait des doses importantes nécessaires, ce procédé est réservé aux faibles teneurs en ammonium (< 0,5 mg/l). Tout le chlore ajouté au delà du break-point est alors présent sous forme de chlore libre, l'ammonium étant donc totalement oxydé. En revanche, il n'est pas mis en œuvre pour des eaux présentant de fortes demandes en chlore, car il peut alors être à l'origine de la formation d'organochlorés et de trihalométhanes (THM) dont la concentration maximale admissible est de 100  $\mu\text{g/l}$  (voir Memotec n°9). La chloration doit dans ce cas être effectuée en fin de filière. Il est à remarquer que l'ozone et le dioxyde de chlore sont inefficaces pour éliminer l'ammonium.

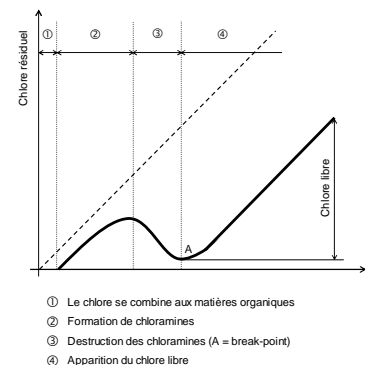


Figure 1

#### L'échange ionique : un procédé simple qui pose le problème de ses propres rejets

Il est possible d'utiliser des résines naturelles, les zéolithes (chabazite, modernite, clinoptilolite), ou des résines synthétiques, ces dernières étant à privilégier pour des raisons de longévité et de facilité de mise en œuvre. Celles-ci, de type cationique, fixent en priorité les ions calcium et magnésium, et, dans une moindre mesure, les ions ammonium. Leur utilisation ne se justifie donc que dans le cadre d'un traitement d'adoucissement. Elles permettent alors l'élimination de l'ammoniaque et même éventuellement de certains micropolluants cationiques (arsenic, gallium...). Ce procédé repose sur l'échange des ions ammonium contenus dans l'eau avec des ions sodium contenus dans la résine, selon la réaction suivante :



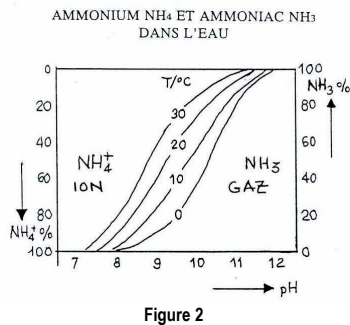
Après saturation, les résines doivent être régénérées. Au niveau de l'exploitation, ce procédé est relativement simple et ne comporte que peu de contraintes, si ce n'est le problème du devenir des éluats concentrés en ammonium. Il est possible d'envisager pour eux :

- un rejet vers une station d'épuration ;
- leur traitement par évaporation en lagune, avant d'envoyer le concentrat en CET ;
- leur dispersion en rivière, en tenant compte de la réglementation, et en particulier de l'arrêté du 23 février 2001 qui fixe les prescriptions générales applicables aux rejets soumis à déclaration.

#### Le stripping : un procédé peu adapté à la potabilisation

L'ammoniac est une base faible qui s'hydrolyse dans l'eau pour former des ions ammonium et hydroxyde, suivant la réaction suivante :

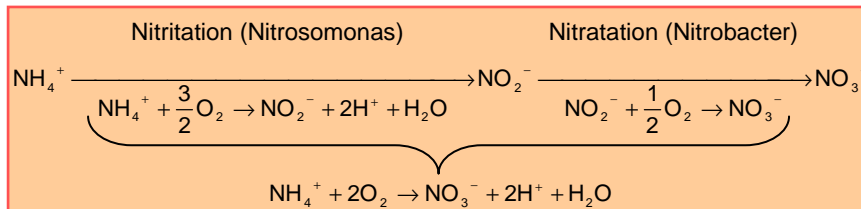




La valeur de la constante d'équilibre de cette équation est telle ( $pK_a = 9,3$  à  $20^\circ\text{C}$ ) que le pH doit être supérieur à environ 8 pour pouvoir détecter la présence d'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et éliminer l'azote ammoniacal par stripping (dégazage par aération). Le procédé nécessite donc en général, un ajustement du pH. Il est de plus dépendant de la température (figure 2). Dans le cas de faibles concentrations à traiter, comme c'est le cas en potabilisation ( $< 4 \text{ mg/l NH}_4$ ), les inconvénients sont trop importants (ouvrages à forte emprise au sol pour atteindre la référence de qualité, et désagréments liés aux odeurs et au bruit) pour pouvoir retenir cette solution.

### La filtration biologique : un procédé performant mais nécessitant certaines contraintes d'exploitation

L'élimination biologique de l'ammonium (nitrification) s'effectue en deux étapes, mettant en œuvre deux types de bactéries aérobies et autotrophes (c'est-à-dire consommatrices de carbone minéral), qui transforment l'ion ammonium en nitrites, puis en nitrates.



De la relation globale ci-dessus on peut en déduire qu'il faut 3,6 g d'oxygène pour oxyder 1 g d'ion  $\text{NH}_4^+$ , et que ce procédé est acidifiant (libération d'ions  $\text{H}^+$ ).

Pour tous les procédés d'élimination biologique de l'ammonium, il faut :

- un milieu bien aéré ;
- une eau présentant une alcalinité suffisante ;
- une absence d'oxydants dans l'eau à traiter et dans l'eau de lavage.

En fonction de la teneur en ammonium dans l'eau à traiter, plusieurs procédés peuvent être mis en œuvre. Les deux premiers nécessitent d'avoir une eau bien oxygénée, proche de la saturation pour le second.

- $\text{NH}_4^+ \leq 1 \text{ mg/l}$  → filtration sur sable.
- $1 \leq \text{NH}_4^+ \leq 2 \text{ mg/l}$  → filtration sur argile expansé, matériau poreux présentant une surface développée importante favorisant le développement de la biomasse.
- $\text{NH}_4^+ > 2 \text{ mg/l}$  → biofiltration aérée sur argile expansé, avec apport d'air dans la masse de contact (= au débit d'eau) et d'acide phosphorique (0,1 à 0,2 mg/l) pour assurer la croissance des bactéries (figure 3).

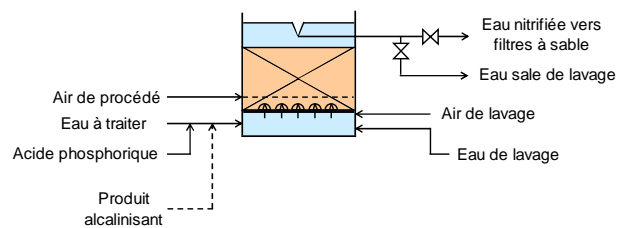


Figure 3

La biofiltration requiert des conditions d'exploitation très précises, à savoir :

- une température de l'eau supérieure à 8 à  $10^\circ\text{C}$ . En dessous de 4 à  $5^\circ\text{C}$  l'activité bactérienne est complètement inhibée. Une chloration en aval permet de suppléer aux baisses de rendement du fait de la chute de la température ;
- un pH optimum à maintenir entre 7,2 et 8,5 ;
- un apport d'alcalinité si l'eau présente un déficit, en sachant que les bactéries consomment 0,9°F de TAC par mg de  $\text{NH}_4^+$  éliminé.

### CONCLUSION

Dans la nouvelle réglementation française, la concentration en ammonium dans les eaux destinées à la consommation humaine est intégrée aux « références de qualité ». C'est à dire que cette limite représente un objectif vers lequel il faut tendre, sans que cela ne soit pour autant imposé. Pourtant, ce problème n'est jamais éludé par les traiteurs d'eau, eu égard aux nuisances qu'il peut engendrer, notamment au niveau de la distribution de l'eau traitée. Plusieurs procédés sont aujourd'hui couramment mis en œuvre, les avantages et inconvénients de chacun permettant de choisir le plus approprié en fonction de contraintes spécifiques. Cependant, si l'efficacité des traitements permet de s'affranchir des problèmes dus à l'ammonium, il ne faut pas pour autant occulter les efforts à fournir afin de réduire la pollution à la source.