

### PRÉSENCE DES CYANOBACTÉRIES DANS L'EAU



Photo 1 - Culture de cyanobactéries observée au microscope  
Source : Académie de Rennes – Sciences de la Vie et de la Terre

Improprement appelées « algues bleues », les cyanobactéries sont des organismes autotrophes qui, comme les algues ou les plantes, synthétisent des sucres grâce à un appareil photosynthétique utilisant le CO<sub>2</sub> de l'air, la lumière et l'eau. Elles s'accumulent facilement à la surface des plans d'eau, pour former des fleurs d'eau ou « bloom ». Peu sensibles à la lumière, grâce à des pigments résistants aux fortes irradiations solaires, elles survivent également sous de faibles intensités lumineuses, grâce à des pigments chlorophylliens qui absorbent tout le spectre visible.

En terme de nutriments, elles ont une affinité pour l'azote et le phosphore plus élevée que celle de la plupart des micro-organismes, d'où leur propension à dominer dans des conditions où ces facteurs sont limitants pour d'autres espèces.

En 1998, au terme d'une recherche et d'une veille scientifique, le Ministère de l'Écologie et du Développement durable avançait que : « l'apparition d'efflorescences algales ou de "blooms" de micro-algues dans les eaux marines et continentales est un phénomène de plus en plus fréquent. Ce phénomène est susceptible de se développer dans l'avenir étant donné la multiplication des barrages de retenues d'eau d'irrigation et de consommation. Si, à ce jour, aucun accident grave n'est à déplorer en France, l'analyse montre cependant que, sans être alarmiste, il faut être vigilant ».

### EFFETS ET NUISANCES

Les cyanobactéries sont responsables de deux sortes de nuisances :

- pour ce qui concerne le traitement de l'eau, on retiendra plus particulièrement : l'obstruction des systèmes de filtration, la coloration de l'eau, le développement de goûts et d'odeurs nauséabondes, la diminution de la concentration en O<sub>2</sub> dissous (lors de la lyse des cyanobactéries, les métabolites libérés sont utilisés par les bactéries présentes), l'augmentation de la demande en chlore, la mauvaise coagulation ;
- pour ce qui touche directement à la santé humaine, les cellules de certaines cyanobactéries contiennent des toxines (cyanotoxines), dont les plus courantes sont les microcystines. Elles sont libérées dans l'eau lorsque la paroi des cellules se brise, soit par mort naturelle et décomposition, soit par oxydation chimique ou par frottement. On peut observer une augmentation de la concentration en toxines lors des « blooms ». Donc toute prolifération algale doit être considérée comme potentiellement dangereuse. Les toxines ont des effets différents suivant les modes d'exposition (eau de boisson ou contact avec la peau), et qui peuvent se traduire par des irritations cutanées, des céphalées, des douleurs musculaires, des vésicules autour de la bouche et du nez, ou encore par des atteintes hépatiques dans les cas les plus graves.

### RÉGLEMENTATION

Du fait du manque de données toxicologiques, il n'existe pas, à ce jour, de recommandations pour chaque type de toxine algale. La directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998 et sa transposition en droit français par le décret n°2001-1220 du 20 décembre 2001, codifié en 2003 dans le code de la santé publique (voir Memotec n°12), ne mentionnent qu'un seul composé en relation avec les cyanobactéries : la toxine microcystine-LR, reconnue cancérigène, dont la limite de qualité est de 0,1 µg/l.

### TECHNIQUES D'ÉLIMINATION DES CYANOBACTÉRIES

Pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, il est nécessaire de distinguer deux cas :

- l'élimination des cyanobactéries ;
- l'élimination des cyanotoxines produites.

Les principales méthodes de traitement utilisées sont :

- pour la réduction de la concentration en cyanobactéries : le microtamisage, la coagulation-floculation suivie d'une décantation ou d'une flottation, la filtration et l'oxydation ;
- pour l'élimination des toxines : l'adsorption sur charbon actif ou l'oxydation.

### L'élimination des cyanobactéries : les techniques « classiques » sont efficaces

**Microtamisage** : il est utilisé pour des eaux très colmatantes en raison de la présence abondante d'éléments en suspension (plancton, algues...). Cette méthode consiste à bloquer les impuretés sur une toile métallique, dont le vide de maille couramment utilisé est de 40 microns. Son efficacité variant avec la nature de la matière à retenir (rendements généralement situés entre 40 et 70 % pour le plancton), des essais préalables doivent être effectués. Il est à noter que les cyanobactéries, ayant un diamètre compris entre 3 et 10 µm, ne peuvent être retenues par les microtamis que dans la mesure où elles sont agglutinées entre elles ou avec d'autres éléments. Pour des stations de traitement ne comportant qu'une simple filtration, le microtamisage permet d'allonger notablement les cycles de production entre deux lavages.

**Clarification – filtration :** L'étage de clarification (coagulation – floculation – décantation) se montre efficace pour l'élimination des algues. Lors de l'apparition d'un bloom algal, les doses de coagulant doivent être augmentées. Il s'avère que le chlorure ferrique et le polychlorosulfate d'aluminium sont plus efficaces que le sulfate d'alumine, et qu'un ajout de polymère ne peut qu'améliorer le rendement d'élimination des algues, celui-ci pouvant atteindre 80 % et plus.

La filtration constitue une étape particulièrement efficace dans l'élimination des cyanobactéries ayant échappées à la clarification. Cependant, dans le cas d'une filtration rapide, il faut être particulièrement attentif aux fréquences des lavages : trop espacés, ils peuvent entraîner des problèmes de relargage de toxines, conséquence de la lyse des cyanobactéries dans le média filtrant (destruction par fragmentation). Le rendement global de l'élimination des algues en sortie de la clarification-filtration est de l'ordre de 90 à 95 %. Ce rendement peut être amélioré en remplaçant la décantation par une flottation, à condition que les caractéristiques de l'eau à traiter le permettent (eaux peu chargées en MES, floes peu denses, eaux riches en matières organiques). Toute amélioration du taux d'élimination des algues contribue à l'allongement des cycles de la filtration entre deux lavages, et à une meilleure qualité de l'eau filtrée.

**Oxydation chimique :** elle apporte des réponses adéquates au problème posé par les cyanobactéries. On mentionne surtout l'efficacité de l'ozonation (voir Memotec n°29). Dans sa forme moléculaire (par opposition à sa forme radicalaire, présente à pH élevés), l'ozone est particulièrement efficace, mais les conclusions restent incertaines quant au relargage de toxines. Le chlore, sous sa forme d'acide hypochloreux (présent à pH faibles) est lui aussi efficace ; mais dans ce cas, il ne faut pas négliger les phénomènes de compétition pouvant avoir lieu avec la matière organique présente, ainsi que la formation de THM dans le cas d'une pré-oxydation (voir Memotec n°9). Ce phénomène n'apparaît pas dans le cadre d'une ozonation, l'ozone semblant être nettement plus réactif que le chlore vis à vis des cyanobactéries.

### L'élimination des cyanotoxines : des techniques éprouvées à utiliser avec précautions

Il a été clairement démontré que les procédés de clarification d'une part, et de filtration d'autre part, ne sont pas du tout envisageables pour l'élimination des cyanotoxines.

**Adsorption sur charbon actif :** le charbon actif peut être employé, soit en poudre (CAP), soit en grains (CAG). Son efficacité dépend de nombreux facteurs : qualité de l'eau, et notamment de sa teneur en matières organiques, qualité du charbon, dose employée, temps de contact. Il est à remarquer que certaines toxines sont biodégradables. Cette caractéristique est alors exploitable par une filtration de finition sur CAG. L'utilisation du charbon actif (CAP ou CAG) permet d'éliminer 90 à 98 % des toxines avec un dosage de l'ordre de 10 à 20 mg/l.

**Oxydation chimique.** On peut utiliser l'ozone ou le chlore :

- dans le cas de l'ozone, et pour des doses couramment utilisées (entre 1 et 3 mg/l), les toxines sont très bien éliminées ;
- en ce qui concerne la chloration, des résultats expérimentaux ont montré que dans les conditions habituelles de chloration et en présence d'un résiduel de chlore libre, le taux d'abattement des toxines atteint près de 100% pour des temps de contact de 20 mn (concentration initiale en toxines  $\approx$  1,6  $\mu$ g/l ; pH = 7,7 ; dose de chlore = 3 mg/l).

### CONCLUSION

Pour l'élimination totale des algues, des cyanobactéries et des cyanotoxines, il doit être mis en œuvre plusieurs procédés unitaires. Le schéma de la figure 1 présente une filière complète de traitement pouvant être adoptée dans la plupart des cas critiques, c'est-à-dire en présence importante d'algues, de cyanobactéries et de matières organiques.

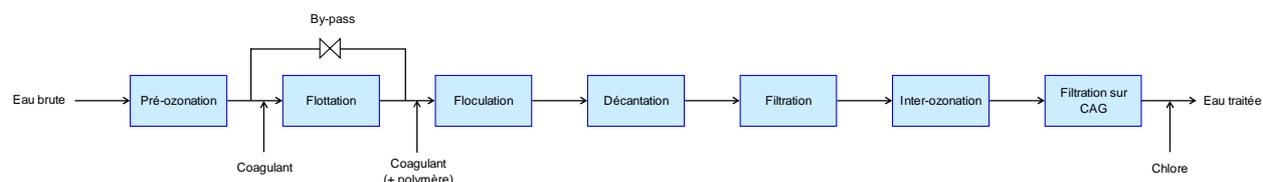


Figure 1

La pré-ozonation et la flottation peuvent être regroupés dans un seul et même ouvrage, l'air dissous étant alors remplacé par de l'air ozoné.

Le fait d'avoir à disposition toutes les techniques permettant d'éliminer les cyanobactéries et leurs toxines, ne doit pas exclure la nécessité de mettre en œuvre des actions préventives afin d'éviter l'apparition des algues, et en particulier des cyanobactéries ; dans les retenues cela passe notamment par la limitation des apports en azote et en phosphore, en améliorant les filières des stations d'épuration, et en limitant les apports par les eaux de ruissellement (mise en place de zones enherbées), mais aussi par l'aération et la déstratification des plans d'eau, toutes ces actions contribuant à éviter leur eutrophisation.

En cas d'apparition d'un bloom de cyanobactéries, l'Agence Française de Sécurité Sanitaires des Aliments (AFFSA) interdit l'utilisation de toute substance algicide du fait des risques de relargage de toxines.