

Les lucioles au service de la qualité de l'eau

Surveillance de la charge microbienne dans l'analyse de l'eau.

La contamination biologique de l'eau représente un risque majeur pour les installations, les équipements et la santé humaine dans des applications telles que la prise d'eau brute, les systèmes d'eau de refroidissement, la déminéralisation par osmose inverse ou la distribution de l'eau potable. Les services des eaux, les installations pétrolières et gazières, les fabricants de produits chimiques, les stations de dessalement, les centres de données, les usines d'embouteillage et les centrales électriques mesurent donc la charge microbienne pour minimiser la corrosion, optimiser les performances des installations et empêcher les épidémies de pathogènes tels que la légionellose. Traditionnellement, cela impliquait un échantillonnage pour analyse en laboratoire, mais une nouvelle technologie en ligne (basée sur le procédé chimique que les lucioles utilisent pour attirer leurs compagnons) améliore considérablement l'efficacité, la vitesse et la qualité de la surveillance.

Dans l'article suivant, nous décrivons les raisons de la surveillance, la façon dont la nouvelle technologie fonctionne, et ses avantages par rapport aux méthodes traditionnelles. Trois études de cas seront ensuite présentées, dans lesquelles les utilisateurs ont exploité les avantages de la surveillance continue de la charge microbienne avec l'analyseur EZ7300 de Hach®, le premier analyseur de microbiologie du monde à utiliser l'analyse luciole ATP.

Les raisons d'une surveillance de la charge microbienne

La présence de micro-organismes dans l'eau représente un problème pour de nombreux secteurs où la pureté de l'eau est une priorité. La raison en est que la prolifération des micro-organismes peut affecter l'efficacité d'une usine, et, lorsqu'ils sont rejetés dans l'air, la santé humaine.

Les systèmes de traitement de l'eau, en particulier ceux impliquant la recirculation, offrent un environnement favorable à la croissance des micro-organismes, ce qui entraîne l'apparition de biofilms et de substances visqueuses. Un biofilm est l'agglomération, sur une surface, de matières

organiques et inorganiques, vivantes et non vivantes. Ces biofilms peuvent abaisser les niveaux de résidus de désinfectant, augmenter les niveaux de bactéries, abaisser l'oxygène dissous, et causer des problèmes de goût et d'odeur là où l'eau est destinée à la consommation humaine. Les Biofilms peuvent inclure des bactéries, des champignons et des organismes supérieurs tels que les nématodes, les larves, et même les crustacés.

Les biofilms peuvent s'accumuler et provoquer le colmatage des filtres et d'autres systèmes. Cependant, la présence d'un biofilm modifie l'environnement au niveau de la surface encrassée, provoquant des conditions anaérobies et anodiques. Cela crée des différences entre les sites colonisés et non colonisés, ce qui favorise un différentiel électrochimique qui peut causer la corrosion. Les biofilms créent souvent des zones locales de faible niveau d'oxygène dans lesquelles les microbes fermentaires produisent des acides organiques et abaissent le pH. Toutefois, les sous-produits sulfurés peuvent être corrosifs ou peuvent contribuer davantage au différentiel électrochimique entre les zones encrassées et non encrassées.

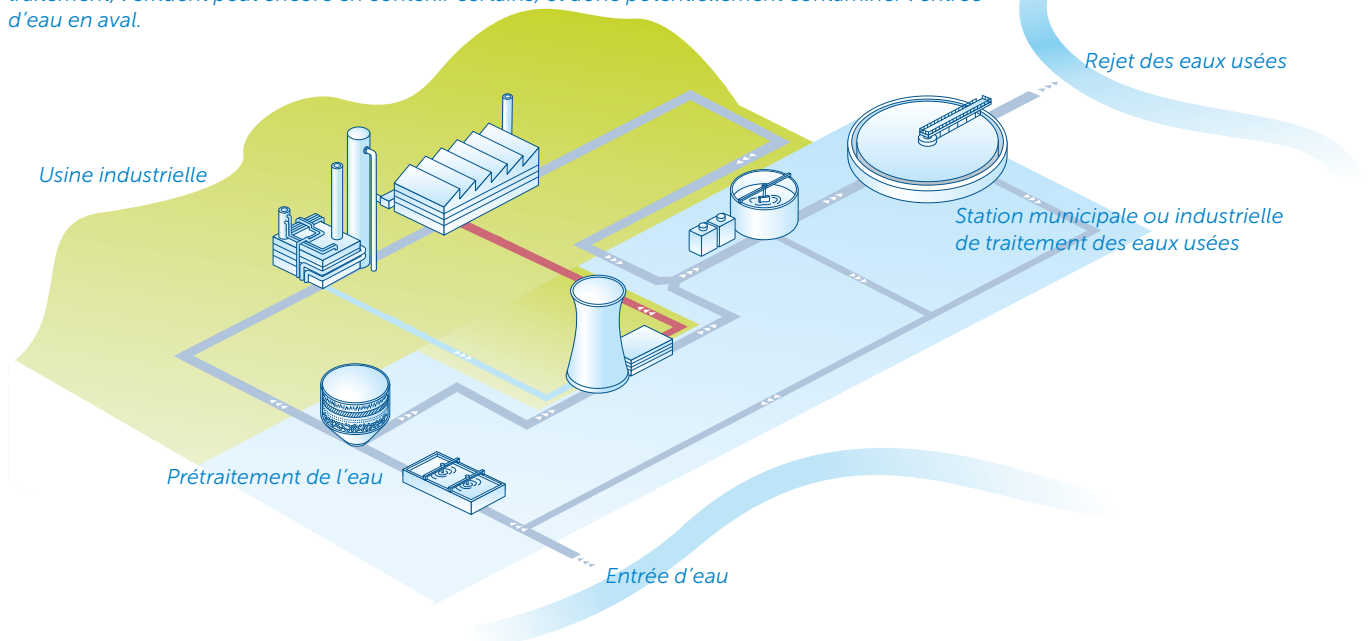
Les niveaux élevés de charge microbienne peuvent entraîner la dissipation de minuscules gouttelettes d'eau (aérosols) contenant des bactéries nocives, telles que les légionelles. Les bactéries légionelles sont répandues dans les systèmes d'eau naturels, mais causent rarement des maladies. Toutefois, des épidémies de légionellose se produisent en raison de l'exposition aux légionelles résultant de tours de refroidissement et condenseurs évaporatifs mal gérés. La légionellose est



L'essai standard pour la numération microbienne totale nécessite une longue incubation. Lorsque les résultats apparaissent enfin, il est trop tard pour agir sur eux.

Contrôle de la charge microbienne

Les eaux usées industrielles, si elles sont chaudes, riches en protéines et en nutriments, fournissent un terrain de reproduction privilégié aux microbes nuisibles tels que les légionelles. Même après le traitement, l'effluent peut encore en contenir certains, et donc potentiellement contaminer l'entrée d'eau en aval.



une maladie potentiellement mortelle et, dans la plupart des pays, les réglementations exigent que les employeurs procèdent à une évaluation adéquate et suffisante des risques liés à tous les travaux susceptibles d'exposer à une substance dangereuse pour la santé les employés ou toute autre personne non employée mais pouvant être touchée par ces travaux.

Dans de nombreuses applications, des biocides sont ajoutés à l'eau pour empêcher la création de micro-organismes, et l'efficacité de ce processus doit être contrôlée, non seulement pour s'assurer qu'il a l'effet escompté, mais aussi afin d'optimiser la fréquence et la concentration du dosage.

La détection précoce de la contamination microbiologique d'une source d'eau permet de procéder à une enquête plus poussée pour identifier la source de la contamination grâce à des méthodes de détection spécifiques afin que des mesures correctives puissent être prises en temps opportun.

La raison la plus importante du contrôle reste certainement le risque impliqué s'il n'était pas effectué. La prolifération microbienne peut causer des dommages et même l'arrêt de l'usine, entraînant une perte financière importante. Cependant, il représente également une menace pour la santé humaine avec un énorme risque potentiel en termes de réputation.

Surveillance continue de la charge microbienne – Fonctionnement

La « méthode luciole » ASTM D4012-81 a été développée comme une alternative plus rapide et plus efficace aux tests microbiens traditionnels, tels que le marquage des cellules, la numération en plaques et la turbidité. Il s'agit d'une détermination rapide et sensible de la biomasse viable de bactéries dans les eaux et eaux usées, les applications de nettoyage et d'hygiène, grâce à la surveillance des niveaux d'adénosine triphosphate (ATP).

L'ATP est la monnaie d'échange énergétique de la vie, et représente en tant que telle un indicateur fiable de la présence d'organisme vivant. La mesure de l'ATP imite la réaction chimique produite par les lucioles, dans laquelle l'ATP et la luciférine génèrent de la lumière au cours d'une réaction catalysée par l'enzyme luciférase de la luciole. La lumière produite est proportionnelle à la quantité d'ATP dans l'échantillon.

L'EZ7300 extrait continuellement des échantillons avec un cycle d'analyse de 10 - 15 minutes, et jusqu'à 8 voies d'échantillons possibles par analyseur. Dans la première étape du processus de mesure, le niveau d'ATP dans l'échantillon « brut » est mesuré - ce qui représente l'ATP extra-cellulaire (ou « non vivant »). Dans la seconde phase, une méthode ultrasonique (non chimique) est utilisée pour lyser les cellules dans l'échantillon et libérer l'ATP « vivant ». Une seconde mesure est ensuite prise, donnant l'« ATP total » de l'échantillon. La différence entre ces deux mesures représente l'ATP « vivant » et est proportionnelle à la quantité de micro-organismes vivants dans l'échantillon.

Avec une limite de détection de 0,05 picogramme d'ATP par mL, l'EZ7300 est capable de mesurer à des niveaux très bas (0,05 pg \approx 50 bactéries de taille E. coli), avec une large plage de mesure s'étendant jusqu'à plus de 200 pg/mL*.

Des instruments portatifs ont été développés pour profiter de la méthode ATP, mais le Hach EZ7300 est le premier instrument à fournir avec succès cette technique dans une surveillance continue.

Les avantages de la surveillance continue

Avant de passer en revue les avantages évidents de la surveillance continue, il est important d'être conscient des différences entre la méthode ATP et les techniques traditionnelles qui impliquent généralement la culture d'organismes cibles ou indicateurs. Ces méthodes cultivent

généralement moins de 1 % des bactéries dans un échantillon, et ne fournissent donc pas une bonne indication de la charge bactérienne. Elles se basent aussi sur la compétence de l'opérateur et supposent l'absence d'erreur ou de variabilité humaine.

L'analyse en laboratoire entraîne un délai important entre la prise d'un échantillon et la livraison d'un résultat. En revanche, l'EZ7300 est capable d'effectuer une analyse en moins de 15 minutes, 24 heures par jour, chaque jour de l'année. Cette continuité des données ouvre des perspectives immenses en matière de contrôle de processus. La fourniture de données presque en temps réel signifie que les opérateurs de processus peuvent réagir immédiatement à tout changement de conditions. Cette réaction rapide est souvent plus efficace et beaucoup moins coûteuse que celle qui interviendrait après réception d'un résultat d'échantillon ponctuel.

L'un des avantages les plus importants de la surveillance continue est sa capacité à enregistrer le moment et la gravité des pics dans les données. En combinaison avec d'autres données de process, cela permet d'identifier les causes de ces pics et d'élaborer les contre mesures appropriées. La charge microbienne peut augmenter très rapidement dans certaines conditions (comme une panne de l'équipement de dosage biocide), et le délai de réception des échantillons de laboratoire impose un haut niveau de risque en comparaison avec la réaction quasi immédiate d'une surveillance continue.

Grâce à sa capacité de prélever des échantillons jusqu'à six fois par heure, l'EZ7300 est à même de générer de grandes séries de données, ce qui améliore considérablement la signification statistique des résultats et donc radicalement l'activité de R&D et l'analyse des tendances. A mesure que les personnels commencent à réellement tirer parti du « Big Data », une grande valeur est apportée dans le développement d'algorithmes prédictifs, de systèmes intelligents et de l'intelligence artificielle.

Les microbiologistes sont généralement hautement qualifiés : leur déploiement dans les tests de laboratoire de routine est donc un mauvais usage de leur temps. La surveillance

continue libère donc ce personnel pour des travaux plus importants tels que l'optimisation des processus, la R&D, et l'analyse des causes et effets dans les données fournies par les analyseurs. En outre, la main-d'œuvre et les consommables associés à l'analyse en laboratoire rendent les formes traditionnelles d'analyse sont plusieurs fois plus coûteuses par échantillon que la méthode employée par l'EZ7300.

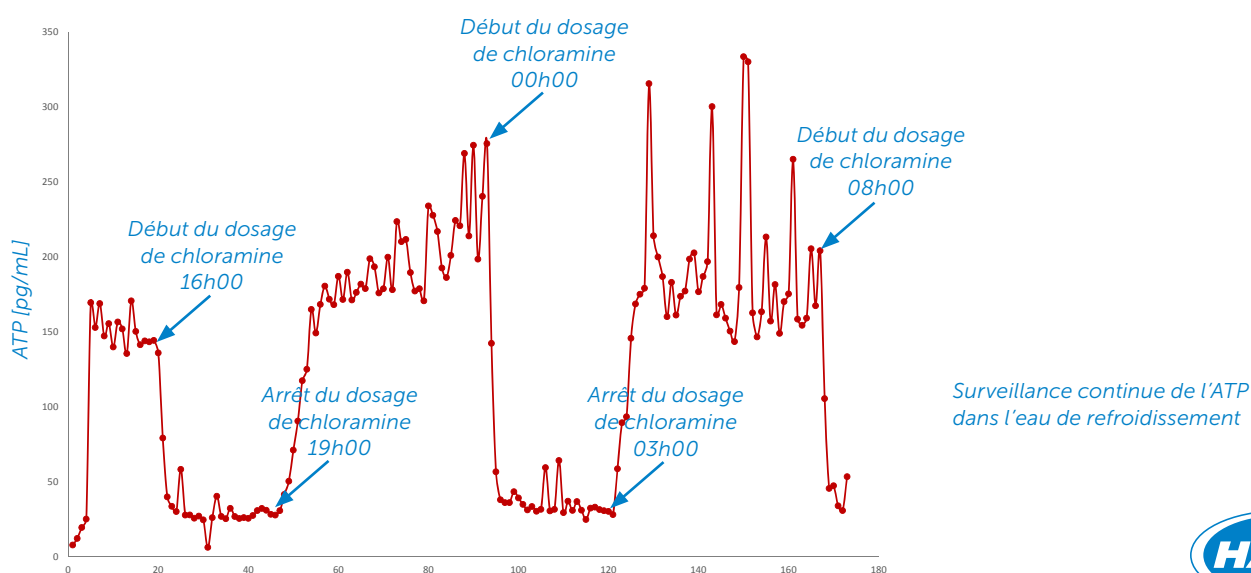
Production d'énergie, Indiana, Etats-Unis

Deux facteurs principaux affectent la stratégie de dosage de biocides dans les tours de refroidissement de centrales électriques. En premier lieu, l'autorisation de rejet peut limiter le taux ou le moment du dosage, et deuxièmement, la stratégie de dosage doit être en adéquation avec la charge microbienne de l'eau, charge qui peut varier en fonction de la source et de l'emploi ou non du recyclage.

Les opérateurs d'une centrale électrique dans l'Indiana ont besoin d'informations en temps réel pour optimiser le protocole de traitement biocide. Ces données étaient nécessaires pour déterminer lequel du dosage intermittent ou du dosage continu (avec une concentration inférieure de chloramines) était le plus efficace et le plus rentable. Il était également nécessaire de réduire la charge microbienne globale dans le circuit d'eau de refroidissement et dans les tours de refroidissement, afin de réduire la formation de biofilms et les risques associés d'épidémie de légionellose.

Un analyseur Hach EZ7300 a été installé et pendant une période de deux mois a fourni une démonstration claire des avantages de la surveillance continue. Par exemple, les données provenant du dosage de biocide intermittent ont montré des effets très importants sur les niveaux d'ATP, et donc sur la charge microbienne, en comparant le dosage avec des périodes sans dosage (voir graphique).

Sur la base de ces résultats, l'usine surveille en permanence deux voies d'échantillon, ce qui contribue à optimiser le dosage de biocide et à atténuer les risques potentiels. Un second analyseur a également été acheté pour surveiller la centrale jumelle.



Usines de traitement d'eau potable, Nevada, Etats-Unis

Les eaux de source peuvent contenir des micro-organismes tels que les bactéries, les virus et les protozoaires, ce qui représente un risque pour la santé humaine si elles n'ont pas été traitées et désinfectées efficacement. Un traitement réussi de l'eau implique la suppression et/ou l'inactivation des micro-organismes pathogènes afin d'empêcher la propagation d'une maladie véhiculée par l'eau. La suppression des organismes pathogènes s'effectue par la coagulation, suivie de la sédimentation et de la filtration, et par d'autres procédés de filtration tels que la filtration à membrane. En revanche, l'inactivation des agents pathogènes se rapporte à l'effet d'un désinfectant dans la destruction de la structure cellulaire des micro-organismes ou dans la perturbation de leur métabolisme, biosynthèse ou capacité à croître et à se reproduire. Pour les bactéries, cette inactivation est mesurée par l'incapacité de se diviser et de former des colonies. Les tests traditionnels mesurent par conséquent les « unités formant colonie ». Pour les virus, l'inactivation signifie l'incapacité de former des plaques dans les cellules hôtes. Pour les oocystes protozoaires cryptosporidium, l'inactivation signifie l'incapacité de se multiplier, empêchant ainsi l'infection d'un hôte par cryptosporidium.

Des tests de laboratoire standard sont requis pour la conformité avec les réglementations en matière d'eau potable. Toutefois, il est clair que le succès de la désinfection repose sur l'inactivation de tous les micro-organismes, et non pas seulement de ceux qui sont testés comme organismes indicateurs. Par conséquent, grâce à sa capacité de mesurer tous les organismes vivants, la surveillance continue de l'ATP fournit un outil utile pour la mesure de l'efficacité de la désinfection.

En 2017, une grande usine de traitement de l'eau (2,3 millions de mètres cubes par jour) a installé l'analyseur Hach EZ7300 dans une installation de désinfection à l'ozone traitant de l'eau brute alimentée par un lac. Les opérateurs ont été ravis des résultats parce que les données continues leur ont fourni beaucoup plus de renseignements sur le processus. Cela leur a permis d'optimiser le processus de désinfection et d'assurer une désinfection maximale tout en minimisant les coûts.

L'installation a été tellement couronnée de succès qu'un autre instrument a été acheté pour un processus de désinfection au chlore gazeux sur l'eau potable traitée. Cet EZ7300 fournit maintenant en continu une désinfection optimisée, tout en faisant la démonstration de l'inactivation réussie des micro-organismes.

Optimisation du filtre biologique – eau potable, Minnesota, Etats-Unis

Les filtres biologiques éliminent les contaminants de trois façons : la biodégradation, l'adsorption des micropolluants et la filtration. Les micro-organismes sur les éléments filtrants consomment de la matière organique et produisent des produits finis, notamment du dioxyde de carbone, de l'eau, de la biomasse et des molécules organiques plus simples.

Le traitement biologique supprime une grande variété de contaminants, éliminant le besoin de traitement chimique avant la filtration ou la décantation, sans les problèmes associés aux sous-produits. En comparaison avec d'autres technologies de traitement de l'eau potable qui séquestrent les contaminants pour suppression, le traitement biologique détruit et élimine les contaminants multiples en même temps et réduit la production de boues.

Les filtres biologiques réduisent les coûts chimiques, mais ne peuvent fonctionner efficacement qu'avec une population saine de micro-organismes sur l'élément filtrant. Le fonctionnement d'un filtre biologique peut être estimé avec des mesures indirectes de paramètres tels que le pH et l'oxygène dissous, mais une mesure directe des microbes dans l'affluent et l'effluent est beaucoup plus utile.

En novembre 2015, un prototype de l'EZ7300 a été déployé pour surveiller un filtre biologique dans une station de traitement de l'eau du Minnesota. En contrôlant simultanément l'affluent et l'effluent, l'instrument a pu mesurer l'efficacité de l'élimination de la biomasse du filtre dans un éventail de conditions différentes. Surtout, en mesurant à la fois l'ATP libre et intracellulaire, l'analyseur a également été en mesure de démontrer l'efficacité de l'élimination des micro-organismes viables.

Résumé

Les commentaires des utilisateurs du Hach EZ7300 ont été extrêmement positifs, la plupart insistant sur les perspectives immenses fournies par la surveillance continue. Les moniteurs ATP permettent de beaucoup mieux appréhender les conditions de process. Cela contribue à optimiser le contrôle du process et à atténuer les risques présentés par la charge microbienne.