

Traitement de l'eau par ultraviolets

Application à la purification des coquillages

Water treatment by ultraviolet radiation

Application to shellfish depuration

JEAN-PHILIPPE CAILLÈRES

Katadyn France SA, BP 39, 77680 Roissy-en-Brie, France

Résumé

Le rayonnement ultraviolet situé sur une longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm a des propriétés germicides mises en évidence dès la fin du XIX^e siècle.

Ces propriétés spécifiques aux UV-C (200-280 nm), résultent d'une action sur les acides nucléiques des micro-organismes qui montrent une sensibilité variable à ce rayonnement en fonction de leur composition.

Les principales caractéristiques du traitement d'eau par ultraviolets sont l'absence de modifications de la composition physico-chimique de l'eau, l'absence de risque de surdosage, un traitement immédiat et une action virucide importante.

Le rayonnement UV est produit par des générateurs : lampes UV constituées de gaz rare et de vapeur de mercure. Ces lampes sont protégées du contact direct avec l'eau, par une gaine de quartz, l'eau circulant autour des générateurs à l'intérieur d'une chambre de traitement. Les garanties de durée de vie des générateurs s'échelonnent de 3 500 à 10 000 heures, suivant le type de matériel et les constructeurs.

Le dimensionnement d'un stérilisateur à ultraviolets se fait suivant 3 critères principaux :

- le débit à traiter,
- la dose à appliquer (est fonction du type de germes à réduire, de la concentration initiale, et du niveau de stérilisation souhaité),
- la qualité de l'eau dont la densité optique est mesurée par un spectrophotomètre à 254 nanomètre. On parle alors de perméabilité aux UV ou de transmission.

Les applications du traitement d'eau par ultraviolets sont nombreuses : potabilisation de l'eau (2 000 communes en Europe), traitement d'eaux résiduaires, traitement d'eau de mer pour l'aquaculture et la conchyliculture.

Les premières applications du traitement UV à l'épuration des coquillages ont été décrites au Japon dans les années 50 et se sont ensuite principalement développées en Europe du Nord et en Angleterre ainsi que sur le continent nord-américain. En France, il existe à l'heure actuelle une dizaine de stations de purification de coquillages aux ultraviolets.

Les matériels utilisés doivent être adaptés à cette application :

Chambre de traitement en PEHD (Polyéthylène haute densité), système de contrôle de l'intensité lumineuse émise avec alarme pouvant être couplé à un arrêt des pompes. Les doses mises en œuvre sont de l'ordre de 25mJ/cm², à rapprocher de la dose de potabilisation d'eau d'après les normes européennes.

Les matériels fonctionnent soit en circuit ouvert, soit en circuit fermé, et sont souvent précédés de filtres à sable ou de bacs de décantation, afin de réduire la turbidité éventuelle de l'eau, ce qui optimise la qualité du traitement. Le dimensionnement des appareils se fait en général sur une base de débit de 10m³/h/t de coquillages épurés, en flux continu.

Les résultats obtenus, après suivi des stations, montrent une efficacité importante des ultraviolets, ce qui permet à ce type de traitement de s'imposer en Europe comme une véritable alternative aux autres types de traitement habituellement utilisés grâce à :

- son faible investissement,
- ses faibles coûts de fonctionnement,
- sa facilité de maintenance,
- son innocuité sur l'environnement,
- son faible encombrement.

Abstract

The germicide properties of ultra-violet radiation in a wave length ranging from 100 to 400 nm were already discovered back in the late 19th century. These properties specific to UV-C radiation (200-280 nm) result from its action on the nucleic acids of the micro-organisms. Each micro-organism, depending on its composition, therefore presents a specific sensitivity to this radiation.

The major characteristics of UV treatment of water include the absence of any changes in the physico-chemical composition of the water, the absence of any overdosage risk, immediate treatment and significant virucidal action.

The UV radiation is generated by UV lamps composed of rare gases and mercury vapor. These lamps are protected from direct contact with water by a quartz jacket, and the water circulates around the UV generators inside a treatment chamber. Lamp lifetime is guaranteed for periods ranging from 3,500 to 10,000 hours, depending on the type of equipment and on manufacturers.

A UV sterilizer is dimensioned on the basis of 3 main criteria:

- water flow to be treated,
- irradiation dose (function of the type of germs to be destroyed, of the initial concentration and of the desired level of sterilization),
- quality of the water, with optical density measured by a 254 nm spectrophotometer, to determine the permeability to UV radiation or transmittance.

Applications for water UV treatment are numerous: potabilization of water (2,000 municipalities in Europe), waste water treatment, treatment of seawater for aquaculture and shellfish culture. The first application of UV treatment to shellfish depuration were described in Japan during the fifties before developing in Northern Europe, England and North America. In France, a dozen shellfish depuration facilities currently use UV treatment.

The equipment must be adapted to this application:

Treatment chamber built in HDPE, regulation of emitted light intensity possibly coupled to pump shutdown.

Irradiation doses are approximately 25mJ/cm², close to the dose required for water potabilization under European standards.

The systems operate either in open or closed circuit, and are often preceded by sand filters or settling tanks in order to reduce the water turbidity if needed, thereby optimizing treatment quality. The equipment is generally dimensioned according to a flow rate of 10 m³/h/t of shellfish depurated, in continuous flow.

The results from monitoring of depuration plants show a significant efficiency of UV radiation. This treatment can thus be regarded as a good alternative to other conventional treatments, thanks to:

- low investment cost
- low operating cost
- easy maintenance
- environmental safety
- small size requirements.

GÉNÉRALITÉS

Les radiations UV (ultraviolets) sont des radiations électromagnétiques dont le spectre est compris entre 10 et 400 nanomètres (nm). On distingue 4 zones définissables :

- Production d'ozone ($\lambda = 185$ nm),
- UV-A ($315 < \lambda < 400$ nm) pigmentation de la peau,
- UV-B ($280 < \lambda < 315$ nm) induisant synthèse de vitamine D - antirachitique (voir figure 1),
- UV-C ($200 < \lambda < 280$ nm) action germicide ?

L'action germicide des UV-C a été mise en évidence dès la fin du XIX^e siècle (Downs and Blunt, 1878, découverte des effets bactéricides des radiations solaires), et la première tentative de désinfection de l'eau par les ultraviolets a été réussie dès 1906 à Marseille par Cernovedeau et Henri.

Les UV-C présentent un effet germicide maximum aux alentours de $\lambda = 260$ nm. Cette efficacité chute considérablement pour des longueurs d'ondes plus longues ou plus courtes.

Cet effet germicide résulte d'une action sur les acides nucléiques. Le spectre d'absorption de l'ADN et de l'ADN hydrolysé montre un pic de $\lambda = 254$ nm.

Les dommages causés par l'UV portent surtout sur les bases pyrimidiques.

On notera trois actions principales :

- formation de dimères, apparaissant surtout lorsque 2 molécules de thymine sont directement voisines sur le même brin d'ADN. Les autres bases pyrimidiques sont susceptibles de former des dimères, mais dans une moindre mesure.
- formation d'hydrates, apparaissant à cause de l'existence des liaisons hydrogènes ; à travers l'hydratation des bases pyrimidiques, on peut aboutir à l'altération du code génétique.
- dénaturation de l'ADN, à considérer comme une conséquence de la formation de dimères et d'hydrates.

Les effets secondaires pouvant être observés sont la polymérisation entre les acides nucléiques et les protéines, la polymérisation entre les acides nucléiques et la cassure des brins. Les acides nucléiques sont donc la cible des radiations UV, bloquant la division cellulaire et causant ainsi la mort des cellules.

Les réactivations des cellules, ou processus de réparation, ne peuvent être observées que dans des conditions d'expériences précises (haute température et exposition prolongée à la lumière, $\lambda > 300$ nm), et ne sont donc pas observables dans des conditions d'utilisation normales.

Il apparaît donc que chaque micro-organisme aura une sensibilité propre à l'UV, et ceci en fonction de sa composition biochimique.

On notera que les virus montrent, à l'instar des bactéries, une haute absorption à l'UV, et que les formes végétatives des bactéries sont plus sensibles à l'UV que les formes sporulées.

Calcul de la dose

Le rayonnement UV ne perturbe pas la composition physico-chimique de l'eau, aux doses habituellement employées, mais peut avoir un effet, pour une dose > 200 mJ, photo-oxydant par création de certains radicaux.

Ces doses s'expriment en mJ/cm² ou micro Watts·sec/cm². L'expression de la dose répond à une formule du type :

$$D = \frac{P}{S} e^{-k \cdot x} \cdot t.$$

où

P = Puissance des lampes (watts) (rendement germicide en fin de durée de vie)

S = Surface émettrice de la lampe (cm²)

k = Coefficient de transmission de l'eau (cm⁻¹)

x = Épaisseur de la lame de traitement (cm) (au point le plus éloigné des générateurs)

t = Temps de contact (sec.)

Cette dose est donc fonction de la qualité de l'eau et des caractéristiques de l'appareil de traitement.

Le temps de contact doit être respecté. Il est important de garantir l'homogénéité du flux dans le réacteur pour garantir la dose.

Dimensionnement d'un appareil

En fonction de 3 facteurs principaux :

- le débit à traiter,
- le problème bactériologique à résoudre : quel seuil de protection désire-t-on atteindre ? quelle est la contamination de départ ? quels germes doit-on inactiver ? En bref, quelle dose doit-on appliquer ?
- la qualité de l'eau : la dose UV-C reçue est fonction de la qualité d'eau.

Les facteurs influençant la propagation du rayonnement sont principalement :

- les ions Fe⁺⁺,
- les ions Manganèse (Mn),
- la présence d'acides humiques, de composés phénolés, matières organiques dissoutes...,
- la turbidité,
- la température.

On remarque toutefois qu'une eau très claire peut ne pas laisser passer l'UV si elle est très concentrée en ions Fe⁺⁺ par exemple. Toutefois, on peut désormais traiter des eaux de mauvaise qualité optique grâce à des appareils dont l'architecture présente de faibles lames de traitement.

A contrario, une eau présentant un peu de matières en suspension, mais de qualité physico-chimique satisfaisante pour l'UV, offrira de bonnes perspectives de traitement.

En principe, l'étude de cette qualité d'eau se fait par prise d'échantillons et mesure de la transmission ou perméabilité sur un spectrophotomètre réglé à 254 nm.

Si la prise d'échantillon est impossible pour des raisons pratiques, on travaille alors sur hypothèse.

C'est à partir de ces trois informations — débit, dose à appliquer, qualité d'eau — que l'on peut dimensionner un appareil.

Le raisonnement débit/nombre de lampes est trop rapide et peut s'avérer dangereux pour la qualité des résultats obtenus.

Description d'un stérilisateur

Les lampes

L'UV émis est produit par des lampes ou générateurs.

Plusieurs types de lampes peuvent remplir ce rôle : les lampes à sodium, à Xénon. Les modèles les plus courants sur le marché, sont les lampes à mercure, haute et basse pressions. Elles sont constituées de traces de mercure et de gaz rare et sont différenciées par la pression du gaz.

- 10^{-2} à 10^{-3} bars pour des lampes basse pression
- 2 à 3 bars pour des lampes haute pression.

En pratique, la différence s'observe sur le spectre d'émission :

- il est quasi monochromatique pour des lampes basse pression très centrées sur la longueur d'ondes 254 nm.
- beaucoup plus écrasé sur les spectres d'émission des lampes haute pression.

Caractéristiques des lampes basse pression :

- pas de dégagement de chaleur (sécurité),
- rendement germicide important,
- faible consommation électrique.

Caractéristiques des lampes haute pression :

- dégagement de chaleur important (risque de cuisson des éventuels dépôts sur la gaine de quartz) ;
- consommation électrique importante — nécessitent moins de lampes pour traiter un même débit que les lampes basse pression.

Les constructeurs de lampes donnent des garanties de durée de vie variant de 3 500 à 10 000 heures.

Gaines de quartz

Protègent les lampes du contact direct avec l'eau, et peuvent sur certains modèles, servir de « filtres » de radiations. Servent également de tampons thermiques.

Les chambres de traitement

Suivant la qualité de l'eau à traiter, peuvent être en :

- acier galvanisé,
- inox,
- polyéthylène haute densité (PEHD).

En eau de mer, on privilégiera le polyéthylène haute densité.

L'inox peut être aussi utilisé. Pour certaines qualités d'eaux — résiduaires principalement — la chambre de traitement peut être supprimée et remplacée par un canal ouvert, intéressant pour les gros débits.

Cette chambre de traitement comporte, chez certains constructeurs, des plaques de répartition du flux entraînant une turbulence de l'eau à l'intérieur de la chambre, ce qui optimise le traitement par la suppression des écoulements laminaires et des irradiations préférentielles et est important pour garantir le temps de contact, donc l'efficacité du traitement.

La chambre de traitement peut comporter : un (appareil mono-chambre) ou plusieurs générateurs (appareils compacts).

Contrôle de la qualité du traitement

Il est assuré par une cellule photoélectrique située sur le corps de l'appareil. Cette cellule peut être sensible soit à l'intensité lumineuse globale, soit plus spécifiquement à la longueur d'ondes de $\lambda = 254$ nm. Dans tous les cas, elle sera reliée à un micro-ampèremètre situé sur l'armoire électrique.

Sa mise en alarme — pouvant être couplée à un arrêt des pompes — pourra provenir de trois facteurs :

- variation de la qualité d'eau
- générateurs ne produisant plus assez d'UV (en fin de vie)
- gaines de quartz encrassées.

Dans les trois cas, le signal d'alarme donne l'indication d'un traitement insuffisant.

Les derniers modèles sur le marché permettent d'avoir une pré-alarme.

Maintenance

- Changement des générateurs : à effectuer régulièrement, selon la périodicité indiquée par le constructeur.

- Nettoyage des gaines de quartz, soit :

- mécaniquement, à l'aide de racleurs situés sur la gaine de quartz ; le défaut majeur étant le relargage des impuretés dans le réseau, et l'inefficacité notable sur les graisses. Souvent proposé avec les lampes haute pression.

- chimiquement, à l'aide de solutions d'acides phosphorique ou citrique dilués (éviter toute faute de manipulation).

- soit à la main, après démontage des gaines de quartz (simple et efficace).

A noter que la présence de systèmes de turbulence diminue de manière notable la fréquence des nettoyages nécessaires.

Armoire électrique

Elle comporte :

- le voyant d'alarme du contrôle électronique,
- les voyants d'alarme de chaque lampe,
- éventuellement un compteur d'impulsions,
- un compteur horaire.

Les sorties sèches prévues dans les armoires permettent de coupler les alarmes à des signaux sonores, à de la télégestion, à des arrêts de pompes, etc.

La finition marine (attention corrosion) est nécessaire.

Applications du traitement d'eau par ultraviolets

- La potabilisation d'eau par UV, est réglementée en France par la circulaire du ministère des Affaires sociales, de janvier 1987. La dose minimale à appliquer est de 25 mJ/cm².

- plus de 200 communes sont équipées en France, 3 000 en Europe.
- plus gros débit : 1 700 m³/h (Buchs).

- Eau industrielle et de process, en industries agro-alimentaire, cosmétique, pharmacie, micro-électronique...

- Eaux résiduaires, en sortie de station d'épuration, désinfection tertiaire.

- Eau de mer, avec des applications en pisciculture, aquariologie et conchyliculture.

Applications à la purification des coquillages

Les premières applications à l'épuration des coquillages ont été décrites au Japon, dans les années 50, et se sont ensuite principalement développées en Europe du Nord, au Royaume-Uni, et sur le continent nord-américain.

Au départ, la mise en œuvre de la technique UV n'était pas toujours adaptée (exemple : lampes UV placées au-dessus de la surface de l'eau à traiter) ce qui a pu conduire à des résultats peu satisfaisants.

Depuis l'application du principe tel qu'il est utilisé en eau potable ou industrielle, a permis d'obtenir de meilleurs résultats.

Les appareils de désinfection sont conçus pour optimiser l'exploitation de l'énergie bactéricide mise en œuvre, les doses UV-C telles que définies ci-dessus, sont les mêmes qu'en eau potable.

Les arguments majeurs de ce type de traitement par rapport aux différentes méthodes de désinfection chimique sont les suivants :

- respect de la composition physico-chimique de l'eau ; l'impact des UV est quasi nul aux doses employées dans cette application ; le coquillage s'auto-purifie dans une eau saine et dénuée d'additifs chimiques qui pourraient s'avérer toxiques en cas de surdosage accidentel.

- faible encombrement : moins d'un mètre carré au sol est nécessaire à la désinfection de 60 m³/h ; de plus, la rapidité du traitement évite les bassins de contact encombrants et coûteux en génie civil.

- innocuité pour l'environnement et pour le personnel exploitant.

- simplicité du procédé qui ne nécessite pas de main-d'œuvre particulièrement qualifiée ; une heure de formation lors de la mise en service est suffisante.

- investissement modéré et faibles coûts de fonctionnement (voir plus loin).

En 1989, IFREMER Boulogne a réalisé une étude sur la purification des moules dans l'eau de mer désinfectée aux rayons UV sur circuit fermé. Basé

sur de nombreuses campagnes de mesures conduites sur le pilote de Gravelines, le rapport final rédigé par MM. Morel, Cuvelier, Hitier et Ruelle présentait les conclusions suivantes :

- efficacité des UV pour la désinfection de l'eau,
- les coquillages insalubres se débarrassent des germes nuisibles en les immergeant dans une eau désinfectée aux UV sous réserve du respect des deux conditions :
 - les moules ne doivent pas être trop contaminées (max. 30000 CF/100 ml de broyat)
 - l'eau doit être constamment bien oxygénée.

A noter également que les meilleurs résultats furent obtenus pour des charges de coquillages n'excédant pas 90 kg/m³/h.

Aujourd'hui, on dénombre une dizaine de stations de purification équipées d'ultraviolets en France.

Matériels utilisés

Les appareils doivent résister à la corrosion liée à l'eau de mer, et le matériau qui compose la chambre d'irradiation doit être insensible au rayonnement UV ce qui exclut le PVC.

Le matériau le mieux adapté est le polyéthylène haute densité PEHD.

Toutefois, dans certaines situations, il est préférable d'utiliser l'acier inoxydable (316 Ti exclusivement), en cas de pression supérieure à trois bars notamment.

L'efficacité de la désinfection doit être contrôlée en permanence à l'aide d'une cellule photoélectrique placée en périphérie de la chambre d'irradiation, au point le plus éloigné des générateurs.

En cas de désinfection insuffisante, le système déclenchera une alarme pouvant être couplée à l'arrêt des pompes ou à l'ouverture d'une électrovanne par exemple.

La dose UV-C requise lors du dimensionnement étant de 25 mJ/cm² en fin de vie des générateurs (dose de potabilisation), on pourrait prévoir la mise en alarme aux 2/3 ou aux 3/4 de cette dose.

Certains équipements récents sur le marché proposent même un double seuil d'alarme qui permet de déclencher une pré-alarme pendant laquelle on peut éventuellement agir sur les paramètres réducteurs de la désinfection avant que la situation devienne critique (seconde alarme).

Schémas d'installation

Fondamentalement, on peut distinguer trois variantes possibles :

Le circuit ouvert en continu

Nécessite une prise d'eau alimentée 24 h/24. On en rencontre donc principalement sur le littoral méditerranéen, ou parfois sur l'Atlantique, quand l'exploitation dispose d'une réserve d'eau brute suffisamment importante.

Il est souhaitable de disposer d'un bac de décantation représentant au minimum 1 à 2 heures d'alimentation, ou à défaut, d'une filtration mécanique de l'eau brute.

Nota : une eau bien aérée présente une meilleure perméabilité aux ultraviolets, notamment si l'eau brute contient une concentration importante en matières organiques dissoutes. Il est donc préférable d'alimenter le décanteur en cascade, en bouillonnement, ou mieux encore, par aspersion.

Le circuit ouvert en batch

Incontournable lorsque la prise d'eau est dépendante des marées. Il présente l'inconvénient de laisser se développer la flore microbienne dans le bassin pendant la phase de non-alimentation. Pour le reste, il appelle les mêmes commentaires que le circuit ouvert en continu.

Le circuit fermé ou semi-ouvert

Il représente une bonne parade aux problèmes liés au circuit en batch.

Ce système permet de tirer avantage de la perméabilité de l'eau, grâce à l'oxygénation en place dans les bassins, qui en améliore considérablement la qualité optique.

Bien entendu, il est indispensable de disposer une bonne filtration sur la boucle de recirculation.

De préférence, filtre à sable, vitesse 50 m/h maximum.

Dans chacune de ces variantes, les traitements préalables à la désinfection UV conditionnent son dimensionnement et tout particulièrement :

- la décantation,
- la filtration,
- l'oxygénation.

Exemple de circuit fermé

Station d'épuration de coquillages : étude d'un cas

Étude réalisée aux Établissements Madec à Lannilis (29), par le laboratoire IFREMER Concarneau.

Ces essais avaient pour but :

- le contrôle de l'efficacité de la station,
- la vérification de ses équipements.

Durée de ces essais : 48 heures

Tonnage d'huîtres traité : 7,1 t

Volume d'eau traitée et recirculée : 80 m³

Charge : 87,5 kg/m³.

Description de l'installation

La station des Établissements Madec dispose de 2 bassins de 100 m³ chacun.

Elle est équipée de :

- 1 pompe permettant l'alimentation de la station à partir de l'eau de l'Aber Benoît,
- 1 filtre à silex, décolmatage à contre courant. Seuil de filtration environ 25 microns,
- 1 stérilisateur UV Katadyn VA 6 polyéthylène PEHD équipé de 6 générateurs UV 40 Watts + contrôle électronique dégageant une dose UV-C de 25 mJ/cm² pour 1 débit de 90 m³/h avec 1 transmission de 70 % sur 100 mm,

- 1 oxygénation des bassins qui fonctionne soit en continu soit par intermittence 15 minutes toutes les 1 h 30,
- 2 pompes de reprise pour la recirculation des bassins.

Déroulement des essais

• 1^{er} stade remplissage du bassin

- le bassin n° 2 a été chargé avec 7,1 tonnes d'huîtres contaminées artificiellement,
- le remplissage du bassin a été effectué à 90 m³/h,
- la transmission de l'eau était au début du remplissage :
 - avant le filtre de 10 % sur 100 mm (aspiration d'eau chargée vase et boue provenant de l'Aber),
 - après le filtre :
 - T0 la transmission passe à 43 % sur 100 mm,
 - T0.30 la transmission s'élève à 64 % sur 100 mm.

Dans ce cas précis il est facile de constater l'intérêt du filtre.

- le dosage UV-C pendant la phase de remplissage au débit de 90 m³/h a évolué suivant la transmission :
 - 43 % : 17 mJ/cm² ou
 - 64 % : 23 mJ/cm².

• 2^e stade recirculation

Lorsque les casiers de coquillages ont été totalement immergés, le volume d'eau dans le bassin n° 2 a atteint environ 80 m³, le remplissage a été stoppé et la recirculation a été établie.

Le filtre et les UV travaillaient alors en circuit fermé.

La transmission de l'eau de mer a continué à s'améliorer jusqu'à un point d'équilibre (figure 1).

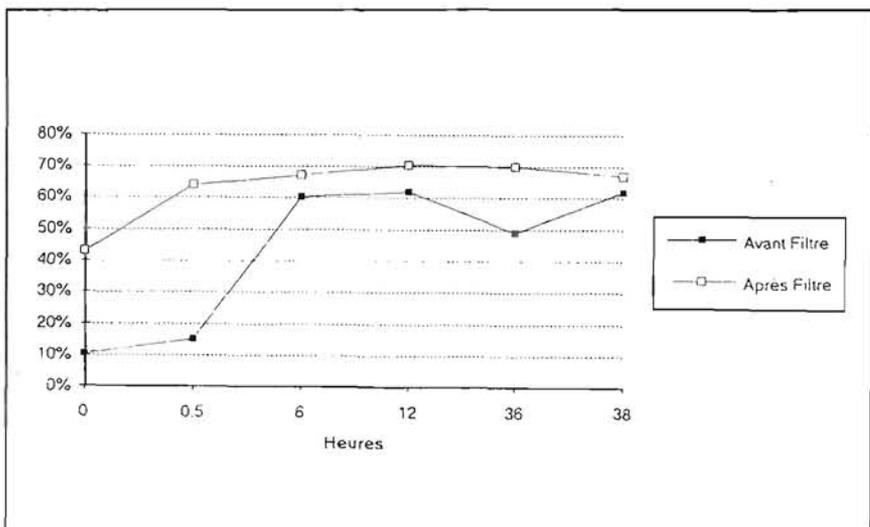


Figure 1 : Évolution de la transmission

La transmission s'améliore en particulier grâce à la filtration et à l'oxygénation de l'eau dans le bassin. Cette dernière oxyde les matières organiques dissoutes et les rend filtrables.

Dose UV-C pendant la recirculation doit être supérieure à 25 mJ/cm².

Présentation des résultats

Voir tableaux et contrôles bactériologiques.

Résultats sur l'eau

Nous pouvons constater :

En sortie du stérilisateur UV la qualité bactériologique de l'eau de mer traitée est toujours satisfaisante, inférieure à 6 *E. Coli*/100 ml, limite de détection de la méthode de contrôle.

Au fur et à mesure que les coquillages s'épurent et contaminent l'eau du bassin, les UV détruisent les germes et permettent le retour vers la bassin d'une eau propre.

L'amélioration très nette, à la suite des différents passages sur l'UV, de la qualité bactériologique de l'eau de bassin. Après 48 h, l'eau du bassin est aussi satisfaisante que celle en sortie des UV soit inférieure à 6 *E. Coli*/100 ml (figure 2).

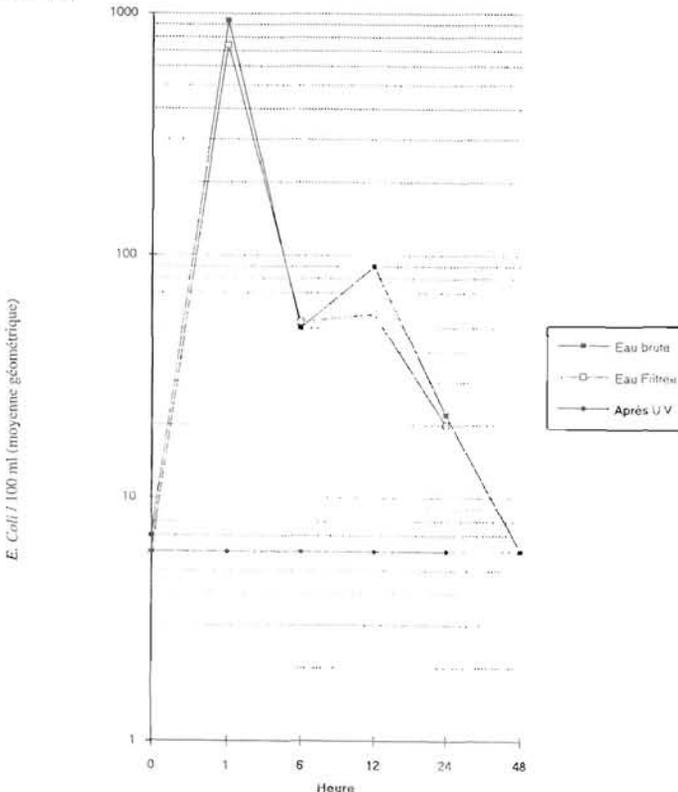


Figure 2 : Décontamination de l'eau

Résultats sur les coquillages

Pendant les premières 24 heures des contrôles sont effectués toutes les 6 heures, puis toutes les 12 heures pendant les 24 heures suivantes.

Trois échantillons sont prélevés à chaque fois sur 3 casiers identifiés lors de la mise à l'eau et les résultats sont exprimés par une moyenne géométrique.

L'analyse lors de la mise à l'eau, soit à T0, montre que les huîtres sont largement contaminées soit :

à T0 41.512 *E.Coli*/100 grammes de broyat,

à T48 136 *E.Coli*/100 grammes de broyat.

Voir courbe de décontamination (figure 3).

Nous pouvons constater qu'entre T18 et T36, un palier s'est installé et que l'épuration a été lente.

Cela peut s'expliquer par une température d'eau basse, soit 8 à 9°C qui représente les conditions les plus défavorables, alors que la moyenne se situe aux environs de 15 à 18 °C. Par ailleurs, l'aération du bassin mériterait une amélioration.

Au début des contrôles à T0, il a été constaté sur l'un des échantillons la présence de Salmonelles. A T18 il n'y a plus de trace.

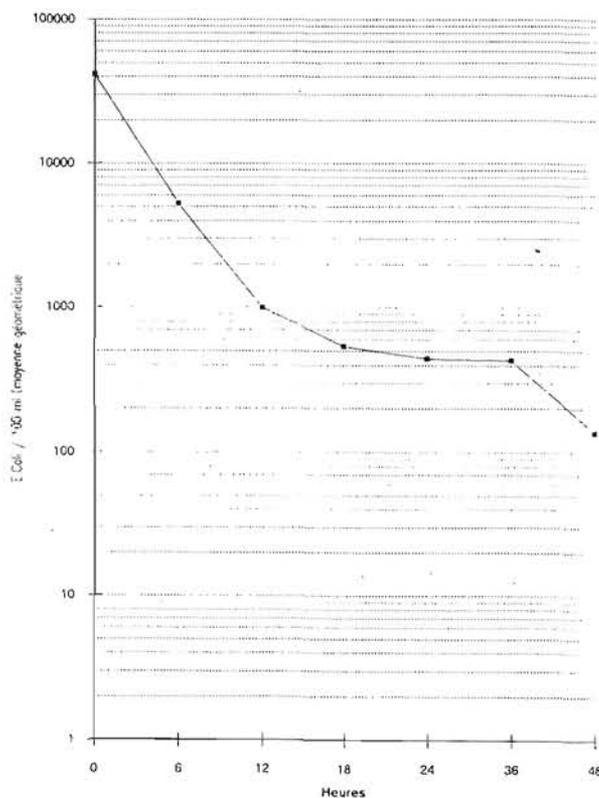


Figure 3 : Purification des coquillages

CONCLUSION

Dans le cadre de l'équipement d'une station de coquillages, le traitement d'eau par UV est une alternative simple et fiable.

Simple : ce système ne nécessite pas de travaux de génie civil, pas de bacs de rétention. Il suffit d'un filtre à silex avant passage sur stérilisateur UV (ou d'une décantation si elle existe).

Fiable : Même en cas de contamination importante de l'eau de pompage, ce qui n'était pas le cas lors des essais, nous pouvons toujours délivrer une eau propre à partir du moment les paramètres de transmission – débit – dose – ont été pris en compte et respectés.

Dans ce cas précis, la contamination des coquillages à l'origine, était très élevée.

ÉTUDE DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE FONCTIONNEMENT

Coût marginal

Exemple pour un stérilisateur UV, type VA 6 E

- T = 70 % sur 100 mm
- = 50 kg/m²/48 heures soit 5 tonnes/48 h /100 m²

Amortissement :

$$(110\ 000\ \text{F} : 5\ \text{ans}) \times \frac{48}{8\ 760} = 120,55\ \text{F}/5\ \text{tonnes}$$

Fonctionnement :

Électricité : 0,352 kW x 48 h x 0,5 F = 8,45 F

Lampes : $\frac{48}{1000} \times 1199\ \text{F} \times 6 = 3,45\ \text{F}$

Total : 132,45 F / 5 000 Kg = 0,0265 F/Kg

Coût global annuel

Amortissement	22 000 F
Electricité :	
0,352 kW x 8 760 h x 0,50 F	1 542 F
Changement des lampes	6 302 F
Total	29 844 F
Soit pour 300 T/an = 100 F/T = 0,10 F/Kg	

RECOMMANDATIONS

Dimensionnement basé sur des mesures de perméabilité, prenant en compte les 3 paramètres débit, dose, qualité d'eau.

 Système de contrôle de la qualité du traitement.

 Estimation de la dose émise, en fin de vie des générateurs, au point le plus éloigné de la source à l'intérieur de la chambre de traitement.

CONCLUSION/SYNTÈSES

Les résultats obtenus, après suivi des stations, montrent une grande fiabilité des UV, ce qui permet à ce type de traitement de s'imposer en Europe, comme une véritable alternative aux autres types de traitements, grâce à :

- un faible investissement,
- de faibles coûts de fonctionnement,
- la facilité de maintenance.