

1003.1

INSTITUT SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DES PECHES MARITIMES

---

Conditions techniques  
de l'épuration des coquillages

---

Avril  
- 1969 -

Les coquillages comme les huîtres, les moules, les coques vivent en filtrant des volumes considérables d'eau de mer d'où ils extraient leur nourriture : substances organiques dissoutes, microorganismes, plancton. Ils peuvent ainsi accumuler des germes pathogènes dans leurs tissus s'ils se trouvent dans des eaux polluées et devenir dangereux pour le consommateur. Mais ils peuvent de la même façon se purifier rapidement s'ils sont placés dans un volume suffisant d'eau stérile.

C'est en appliquant cette technique que les stations d'épuration rendent consommables les coquillages venant de zones côtières insalubres. Une station d'épuration comprend des bassins pour immerger les coquillages, une réserve d'eau de mer et un dispositif pour stériliser l'eau. L'eau est stérilisée habituellement par le chlore ou l'ozone; elle peut l'être également par l'ultra violet.

#### Facteurs biologiques de l'épuration.

L'épuration dépend essentiellement de la capacité de filtration des coquillages. Elle dépend donc d'abord de l'espèce et de l'état physiologique, en second lieu des caractéristiques du milieu où le coquillage se trouve : taux d'oxygène dissous, température de l'eau, dans une certaine mesure salinité, éclaircissement qui doivent être maintenus dans l'intervalle qui permet la meilleure activité physiologique.

Ainsi l'huître plate se plaît dans une eau ayant une salinité de 14 à 35 ‰, l'huître portugaise de 10 à 40 ‰, la moule de 10 à 38 ‰, la coque de 15 ‰ minimum.

.../...

L'épuration dépend aussi de la façon dont les coquillages sont disposés dans l'eau. Il importe que les souillures éliminées (vase, microorganismes) décantent sur le fond sans recontaminer les coquillages. Pour cela les coquillages sont disposés en couches peu épaisses sur des claies formant un seul étage à une distance suffisante du fond.

Si la densité de chargement est trop élevée (trop grande épaisseur de la couche de coquillages) ou si le volume d'eau est insuffisant l'épuration est irrégulière. Lorsque deux rangées de claies sont superposées, la rangée inférieure est souillée par celle du dessus et s'épure mal.

En raison des nombreux facteurs qui interviennent et du caractère biologique du processus, les conditions adéquates ne peuvent être définies qu'après des essais nombreux. Celles qui ont été retenues à partir d'expériences faites en Grande Bretagne, en France et au Japon, de manière à réduire au minimum les risques d'une épuration incomplète sont les suivantes :

poids de coquillages/volume d'eau	50 Kg/m <sup>3</sup>
poids de coquillages/surface du bassin	28 à 35 Kg/m <sup>2</sup>
épaisseur de la couche de coquillages	5 à 7 cm (au plus 10cm)
épaisseur de la couche d'eau	70 cm à 110 cm
espace libre entre les coques et le fond du bassin	10 à 15 cm

Il faut en outre que le taux d'oxygène dissous soit le plus près possible de la saturation.

Tout ceci conditionne la construction des bassins qui sont les mêmes quelque soit la technique employée pour stériliser l'eau.

Il est commode et plus hygiénique que les bassins soient assez étroits pour que les coquillages puissent être déposés et enlevés à partir d'une plateforme ou d'une passerelle extérieure aux bassins.

### Stérilisation de l'eau

Les procédés employés pour stériliser l'eau de mer sont les mêmes que ceux utilisés pour l'eau potable, à savoir le chlore sous ses diverses formes (chlore gazeux, hypochlorite, bioxyde de chlore) l'ozone ou l'ultra violet.

a) Chlore - Le pouvoir bactericide du chlore est trop connu pour qu'il soit besoin d'insister. La dose nécessaire pour détruire les microorganismes augmente avec le degré de pollution de l'eau.

En pratique, dans les stations d'épuration existantes, le chlore est ajouté sous forme d'eau de javel de manière à avoir une teneur de 3 mg Cl libre par litre. Après 12 heures de contact, l'excès de chlore est détruit par addition de thiosulfate car, en présence de chlore le coquillage resterait fermé, donc ne s'épurerait pas. Ce traitement étant réducteur, il convient d'assurer à la suite une réoxygénation de l'eau au moyen d'une chute d'eau ou par insufflation d'air.

b) Ozone - L'ozone est aussi un aseptisant bien connu. Il est produit par condensation de l'oxygène de l'air passant entre deux électrodes soumises à une tension électrique de 8 000 à 15 000 volts. C'est un produit très instable qui se décompose en redonnant de l'oxygène. En pratique l'air ozoné est insufflé au travers d'une plaque poreuse à la base d'une colonne d'eau de manière à obtenir une émulsion pendant une dizaine de minutes. La dose d'ozone nécessaire pour aseptiser dépend comme dans le cas du chlore de la teneur en matières organiques et du temps de contact.

Par exemple, les quantités nécessaires pour aseptiser une eau de mer plus ou moins polluée dans un appareil dont le débit est de 660 l eau/heure sont :

Pollution évaluée en <u>E.coli</u> /l	250	250 à 1000	1000 à 2000	2000 à 5000
g ozone produit par heure	0,45	0,75	1,15	1,50
Puissance consommée en watts	15	20	30	40

Une dose résiduaire de 0,4 g/m<sup>3</sup> pendant 4mn suffit pour détruire le virus de la poliomyélite (Dr. COIN). L'eau prélevée au flot devant l'écluse du bassin des chasses au Crotoy traitée à 1,2 g d'ozone/m<sup>3</sup> à 20°C garde après 5 mn une teneur de 0,3 mg/l. Le traitement avec un appareil donnant 1,5 d'ozonz/m<sup>3</sup> assurerait une aseptisation totale, virus compris (au moins pour ceux qui ont été étudiés).

Il n'y a pas à se préoccuper d'un léger excès d'ozone, celui-ci étant au plus de 0,1 g/m<sup>3</sup> après 1h de contact. Lorsque les eaux ont une teneur variable en matière organiques, ce qui serait le cas en baie de Somme, le débit de l'appareil à ozone est réglé en fonction de la teneur maximale. Un désaturateur interposé sur la canalisation d'eau à la sortie de la tour de contact facilite la disparition de l'excédent. L'usager n'a donc pas à intervenir une fois l'appareil réglé. Il doit seulement s'assurer au moyen d'un réactif convenable qu'il y a de l'ozone dans l'eau à la sortie de la tour de contact.

Notons que l'ozone est désodorisant alors que le chlore donne avec certaines matières organiques des produits ayant une odeur et un goût déplaisant. L'ozone a de plus l'avantage de saturer l'eau en oxygène ce qui favorise l'épuration des coquillages.

c) Radiations UV - Les radiations ultraviolettes sont produites par passage de l'effluve électrique dans la vapeur de mercure. Sont bactéricides celles dont la longueur d'onde est voisine de 235 mμ ainsi que, à un moindre degré, celles de 280 mμ. Les lampes sont donc construites pour obtenir un flux maximum à  $\lambda = 25,7$  mμ. Une lampes consommant 39 w irradie 35 % de l'énergie

reçue sous forme de radiations UV à la longueur d'onde recherchée. Mais le rendement de la lampe n'est pas constant. Il diminue si la température s'abaisse : 20% pour une chute de température de 20°C. Il diminue en cours d'usage : la chute est faible pendant les 100 premières heures puis elle se ralentit. Jusqu'à ces derniers temps, une lampe durait 4 000 h selon le constructeur; après 3 000 h elle avait perdu 25 % de son rendement. Les modèles plus récents durent 7 500 h; la perte de rendement en fin d'utilisation est également de 25 %.

Il arrive que la lampe soit hors d'usage avant l'échéance sans que l'utilisateur soit prévenu.

La destruction des microorganismes par UV dépend de la dose reçue par chaque cellule. Si la dose est insuffisante, les germes sont inhibés momentanément et reprennent une activité par exposition à des radiations plus longues que celles de l'UV. L'aseptisation de l'eau dépend donc de la quantité d'énergie reçue sous forme de radiations à 253,7 m $\mu$  par tous les microorganismes qu'elle contient. Or l'eau et les matières organiques sont peut être transparentes à l'UV.

Ainsi un flux UV ( $\lambda = 253,7 \text{ m}\mu$ ) émis à la surface d'une couche liquide est réduit à 10% de sa valeur initiale par une épaisseur de 300 cm d'eau parfaitement limpide, 10 à 100 cm d'eau ordinaire, 7 cm de vin, 0,13 cm de lait.

Pour que le traitement soit efficace il est primordial que l'eau soit limpide. On la fait circuler en nappe mince (0,5 à 2 cm) autour des lampes, celles-ci étant protégées du refroidissement par une double paroi. Les lampes dites "immergées" ont tendance à se couvrir de dépôts minéraux qu'il faut nettoyer fréquemment ce qui oblige chaque fois à un démontage. Après traitement UV, il convient d'aérer l'eau.

.../...

## Exemple d'épuration des coquillages

### I - Essais de laboratoire

La contamination des coquillages est évaluée couramment en nombre de E.coli par litre de chair.

Les 4 figures jointes donnent des exemples d'épuration de coquillages divers au moyen d'eau stérilisée soit par le chlore, soit par l'ozone, soit par l'UV dans différentes conditions.

Fig. 1 - l'épuration par l'eau stérilisée au chlore est complète en 72 h. Elle est légèrement ralentie lorsque le taux de matières organiques chlorées augmente mais ceci est à peine perceptible au taux où les matières organiques se trouvent d'ordinaire en mer.

Fig. 2 - l'épuration de coquillages très contaminés est complète en 3 à 4 jours dans l'eau ozonée.

Fig. 3 - l'épuration est plus rapide en eau ozonée qu'en eau chlorée. Les E.coli sont éliminés en 2 à 3 jours, les Streptocoques fécaux en 4 à 5 jours.

Fig. 4 - l'épuration en eau traitée à l'UV est irrégulière. La contamination bactérienne augmente par moment au lieu de décroître.

### II - Pratique industrielle

La France compte 14 stations d'épurations dont la capacité de traitement journalière varie de 2 à 9 t. 10 sont équipées au chlore (eau de javel) 4 à l'ozone. La plus ancienne date de 10 ans. 3 ont été ouvertes les 2 dernières années, 2 à l'ozone, 1 au chlore.

.../...

Toutes ont donné pleine satisfaction à leurs utilisateurs aussi bien qu'à l'Institut qui contrôle leur fonctionnement par des analyses régulières d'eau et de coquillages.

En Espagne il existe au moins 6 stations d'épuration qui ont été construites en s'inspirant fortement des réalisations françaises : 5 fonctionnent au chlore, une à l'ozone. Leurs résultats sont suivis par les analyses de sondage, faites sur les coquillages importés. Ils sont satisfaisants.

Au Portugal une station au chlore vient d'être ouverte.

Nous n'avons pas connaissance de station fonctionnant à l'ultra violet. Il existe seulement de petites installations individuelles faites pour traiter 2 m<sup>3</sup> d'eau. Une station qui avait été montée en France n'a jamais réussi à fonctionner. Une tentative faite en Espagne a été abandonnée pour mauvais fonctionnement.

Remarquons que la stérilisation des eaux distribuées comme eau potable, qui est tout à fait comparable à celle recherchée ici est faite le plus souvent au chlore ou à l'ozone.

C'est ainsi que sur 850 000 m<sup>3</sup> d'eau consommée par jour à Paris 700 000 sont traitées au chlore, 150 000 à l'ozone. En banlieue parisienne, sur 1 200 000 m<sup>3</sup> distribués journallement dans 143 communes, 700 000 m<sup>3</sup> sont ozonés, 500 000 chlorés, les équipements les plus récents étant à l'ozone.

Des installations à l'ultra violet existent seulement dans les communes rurales de quelques centaines d'habitants.

#### Coût relatif des installations de stérilisation

Sur la base d'un débit horaire de 100 m<sup>3</sup> d'eau à stériliser, l'ordre de grandeur des coûts pourraient être les suivants. Les prix réels ne peuvent être établis tant que la qualité de l'eau et l'économie générale du projet ne sont pas mieux définis.

.../...



	Investissement	Fonctionnement (par jour) (fluides seuls)
Stérilisation au chlore (3 g/m <sup>3</sup> )		
- par l'eau de javel industrielle à 45° (0,45 F/l distribuée automatiquement par pompe doseuse asservie au débit de l'eau à traiter . . . . .	8 000 F	6,75 F
- par le chlore gazeux industriel (1,50 F/Kg) en bouteilles de 50 Kg avec chloromètre détendeur asservi au débit de l'eau . . . . .	16 000 F	3,15 F
Stérilisation à l'ozone (1,5 g/m <sup>3</sup> d'eau)		
- consommation électrique 21 w/g ozone . . . . .	53 500 F	9,30 F
Stérilisation par l'ultra violet <sup>(*)</sup> filtration comprise		
- 40 lampes + leur transformateur; alimentation en eau asservie à l'allumage . . . . .	40 000 F	28,00 F

La stérilisation au chlore est donc la moins chère. L'ozone et l'UV reviennent sensiblement au même prix, compte tenu des frais d'entretien plus élevés dans le cas de l'UV.

Avantages et inconvénients des différents agents stérilisants

Le chlore qui est dissous dans la masse d'eau est très efficace quelque soit la qualité ou la turbidité de l'eau. L'ins-

.../...

(\*) Ces prix n'ont qu'une valeur indicative, l'appareil qui serait nécessaire ayant un débit supérieur à ceux d'usage courant et exigeant l'emploi d'acier inoxydable non prévu d'ordinaire.

tallation est peu coûteuse à l'achat et au fonctionnement, mais elle donne lieu à quelques ennuis d'entretien à cause de la corrosion.

Elle nécessite une surveillance pour mettre la quantité de chlore voulue et enlever l'excès.

La distribution d'eau doit être aérée après traitement. Le chlore gazeux est toxique, mais l'eau de javel employée plus souvent est sans danger.

L'ozone dissous dans la masse d'eau comme le chlore est également efficace. L'installation est coûteuse, le fonctionnement bon marché.

La quantité d'ozone à admettre est calculée une fois pour toutes. Un excès ne nuit pas. L'ozone convient particulièrement aux eaux dont les caractéristiques sont variables comme c'est le cas en baie de Somme.

Après le réglage, la surveillance se borne à s'assurer que le purgeur où s'évacue l'humidité de l'air fonctionne bien et qu'il y a production d'ozone (odeur de l'air, réaction colorée faite sur l'eau sortant de la tour de contact). L'eau est oxygénée naturellement ce qui est très favorable à l'épuration du coquillage.

L'ozone est dangereux à respirer mais dans les conditions où il est utilisé dans une station d'épuration, les risques d'intoxication sont extrêmement faibles puisqu'il est produit au fur et à mesure des besoins dans un appareil fermé qui ne dégage que des quantités infimes dans le local.

L'ultra violet est efficace seulement s'il pénètre, donc si l'eau est très limpide et en couche très mince. Rappelons que l'eau de la baie de Somme est turbide et de qualité variable.

L'installation est coûteuse, le fonctionnement un peu cher. L'entretien est astreignant et coûteux : nécessité de tenir les lampes rigoureusement propres, renouvellement des lampes, ennuis dus à la corrosion des installations électriques fonctionnant à proximité immédiate de l'eau de mer.

Le rendement de l'appareil peut être considérablement réduit sans que l'utilisateur s'en aperçoive.

L'équipement comprend nécessairement en plus de l'appareil à UV un dispositif de clarification à l'entrée et une aération à la sortie.

En conclusion, l'ozone et le chlore se prêtent l'un et l'autre à la stérilisation d'une grande quantité d'eau de mer de qualité variable. L'ultra violet présente des risques de mauvais fonctionnement sans offrir d'avantages réels du point de vue économique.

Ces constatations ont d'ailleurs été consacrées par l'usage dans les différents pays qui se sont occupés de l'épuration des coquillages.

F. Soudan.

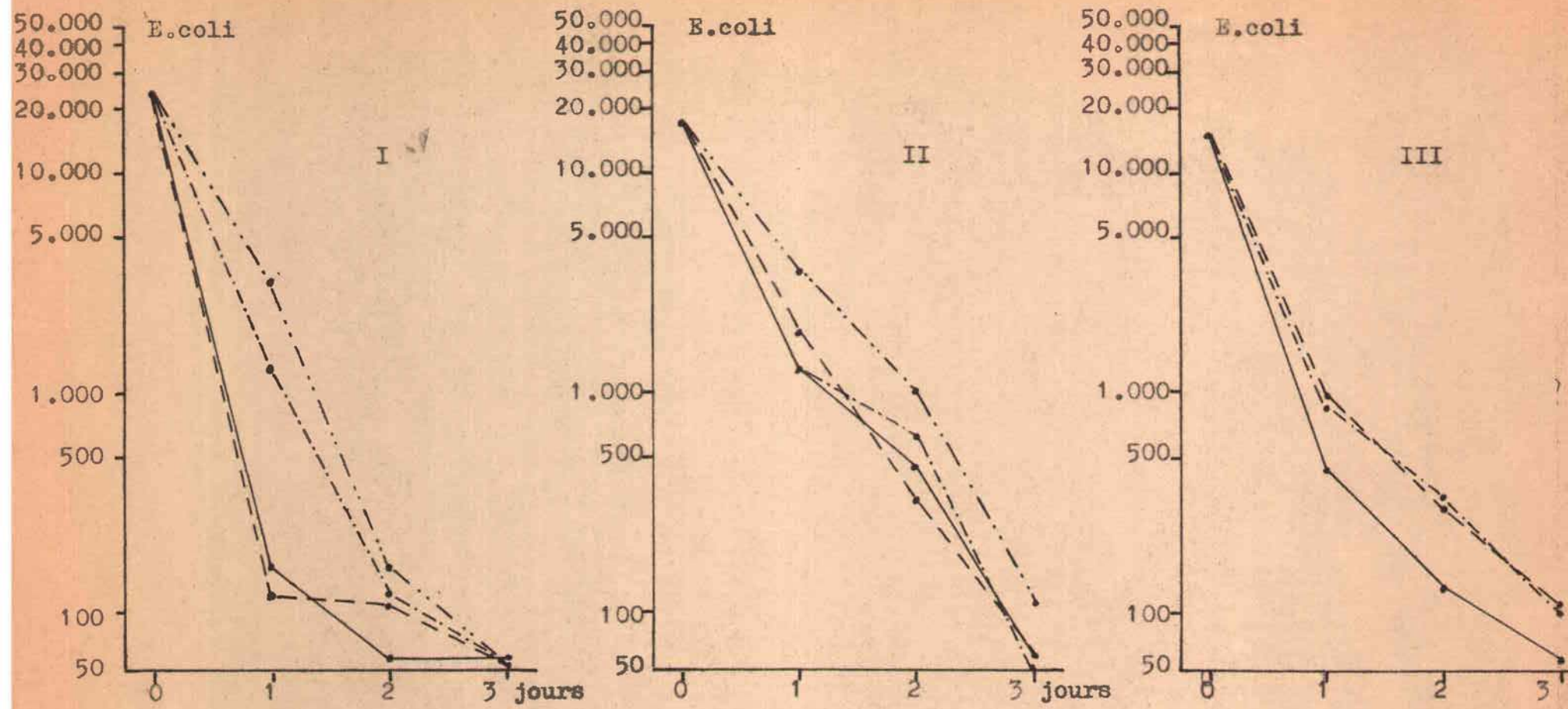


Fig. 1.- Epuration d'huîtres immergées dans de l'eau contenant des quantités variables de matières organiques traitées par un excès de chlore comparativement à un lot témoin en eau propre.

salinité : 25 g/l - température : 16 à 20°C - oxygène à saturation.

- I - Matières organiques (exprimées en mg d'oxygène nécessaire à l'oxydation) traitées par 10 fois leur équivalent en chlore : témoin (—) 5 mg/l (---) 10 mg/l (-----) 20 mg/l (-----).
- II - Matières organiques (20 mg/l) traitées pendant 6 heures par le chlore à la dose de 0 (—) 10 (---) 50 (-----) 100 fois (-----) leur équivalent.
- III - Matières organiques (20 mg/l) traitées par 10 fois leur équivalent en chlore pendant 6 heures (---) ou 24 heures (-----).

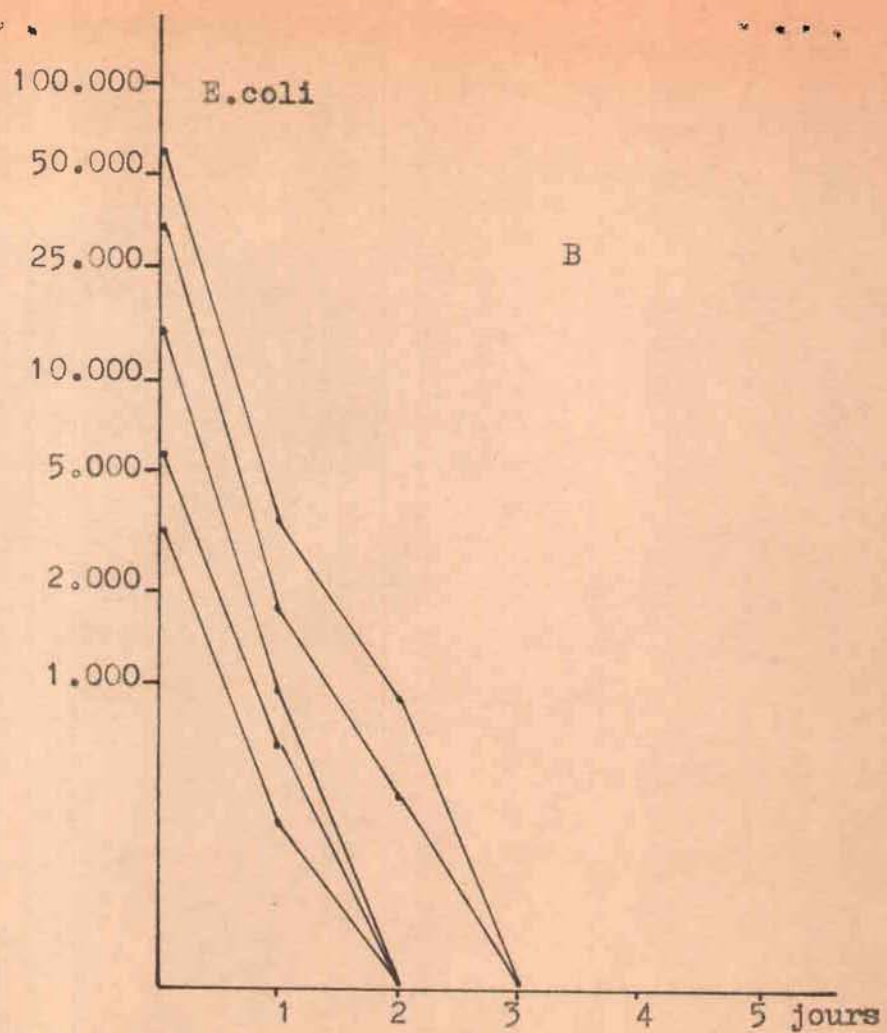
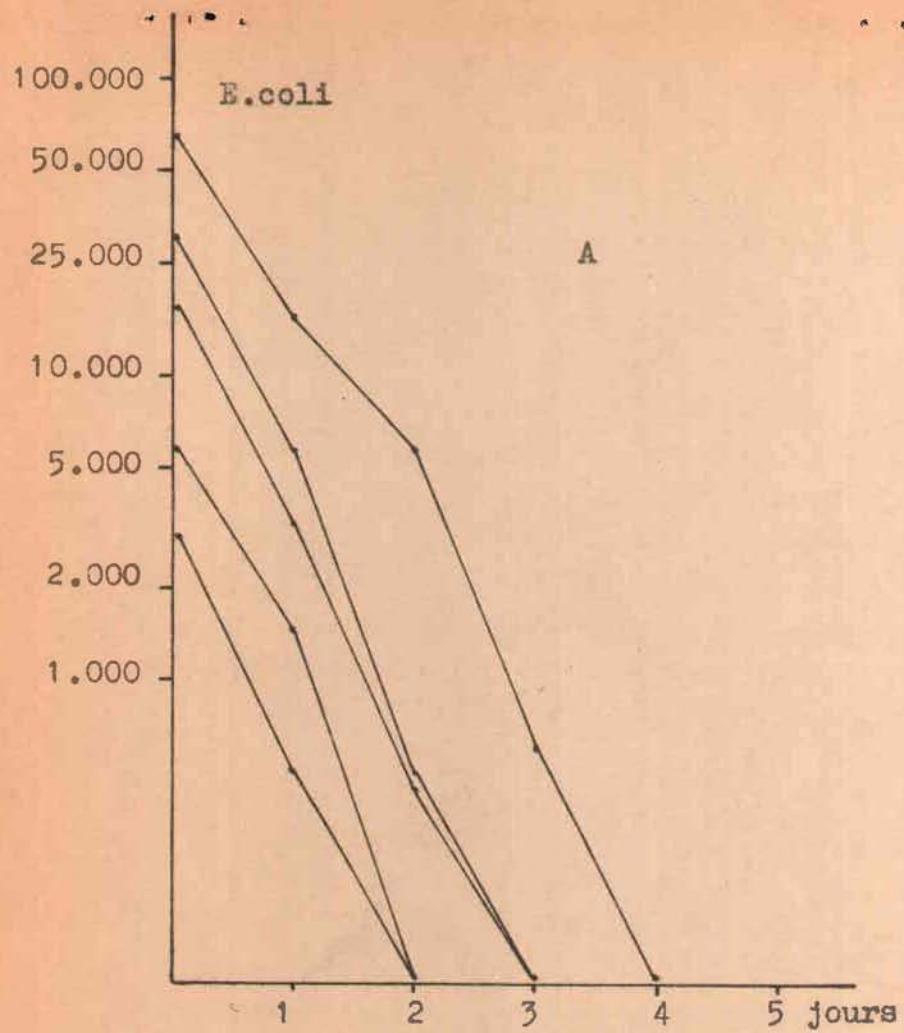


Fig.2;- Epuration de palourdes (A) et moules (B) traitées en eau stérilisée par l'ozone.

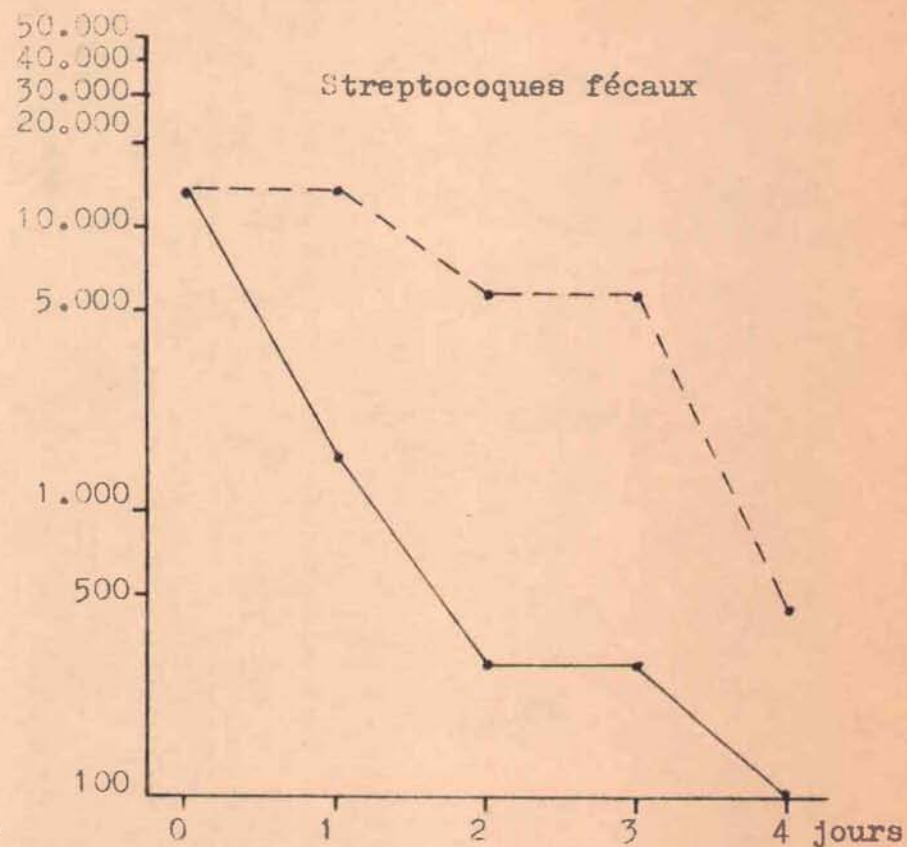
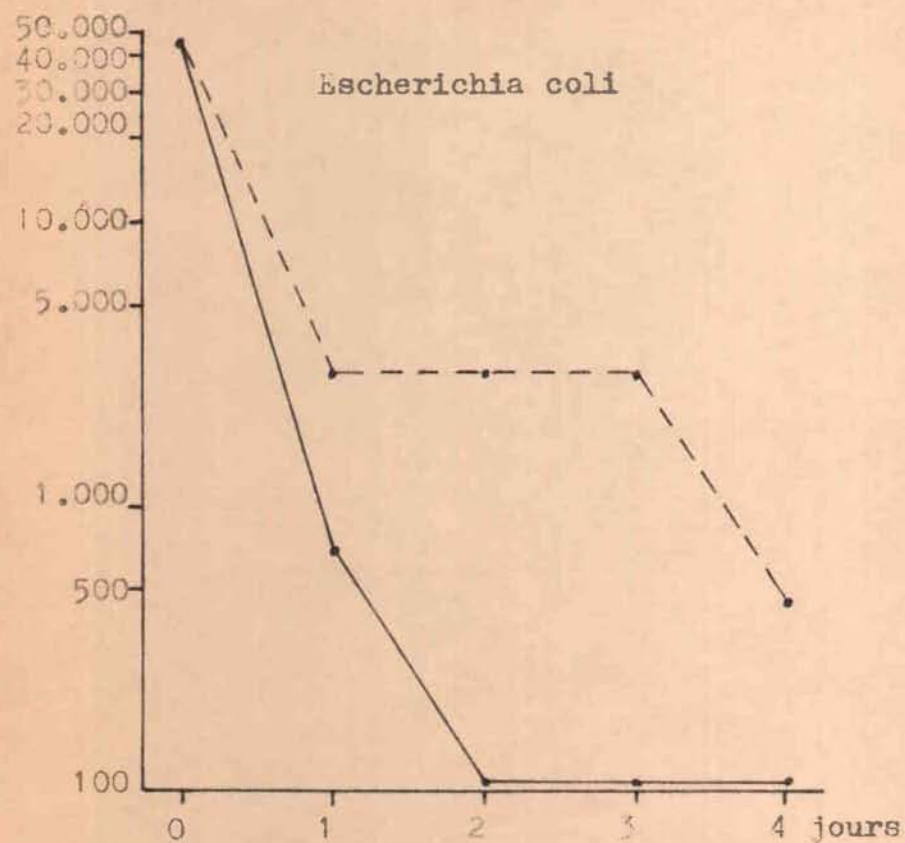


Fig.3.- Coques traitées soit en eau ozonée (—) soit en eau stérilisée au chlore (- - -) puis aérée (70 l/h pour un bac de 250 l).

salinité : 35 ‰ - température : 9 à 10°C

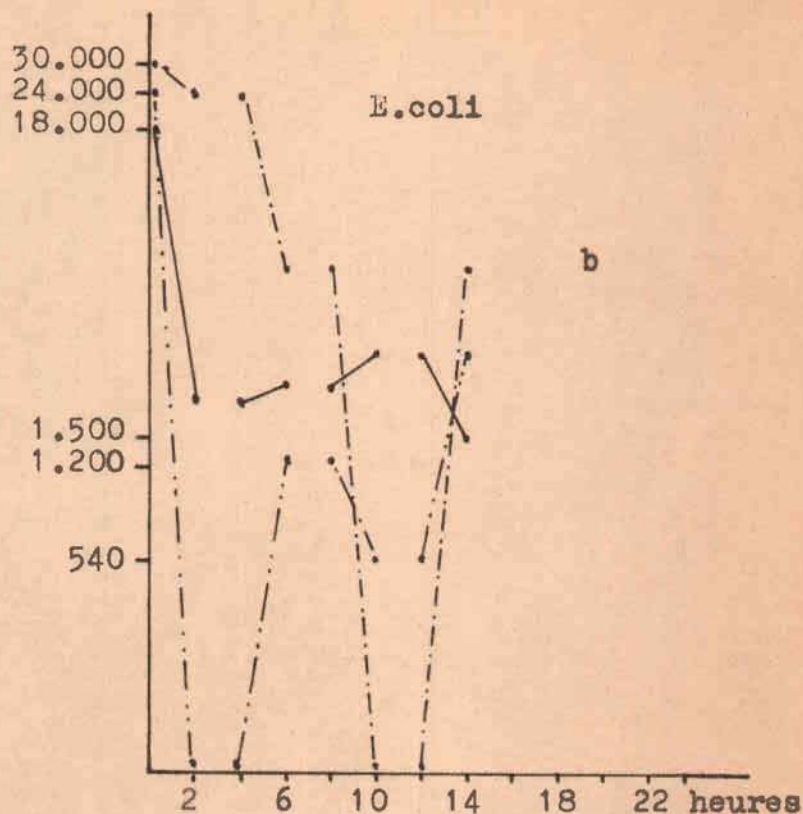
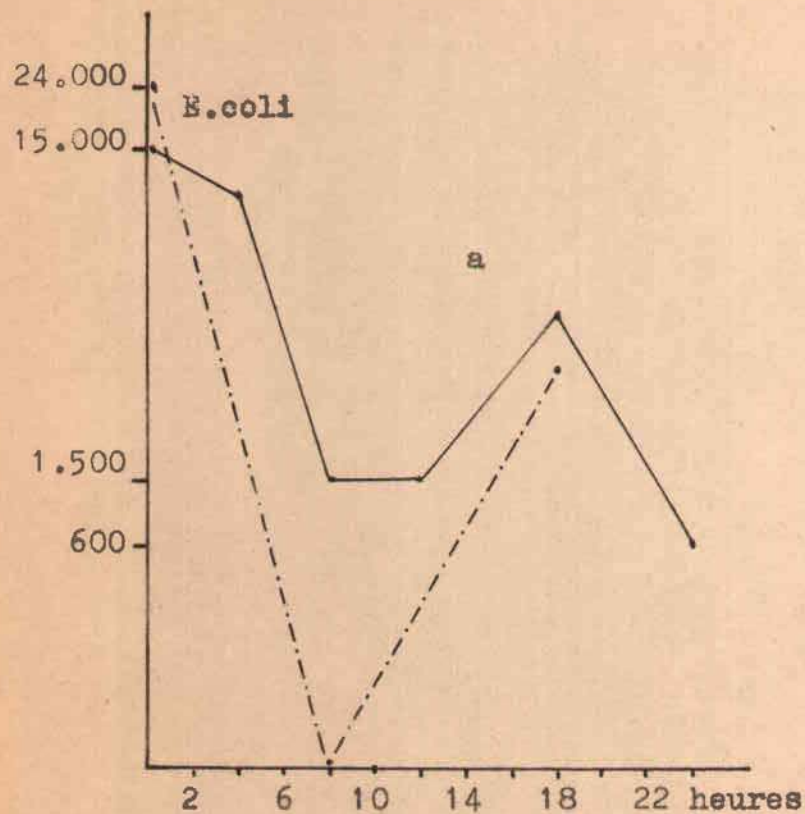


Fig.4.- Coques (—) palourdes (-.-.-) moules (.....) traitées en eau aseptisée par UV : 105 watt/325 l.

salinité : 25 ‰ - température : 14 à 16°C - charge en coquillages : 97 à 110 kg/m<sup>3</sup> eau soit 70 à 90 kg/m<sup>2</sup>.

a) immersion continue.

b) immersions de 2h alternées avec des émergences de 2h.