

Corrigé du bac 2016 : Physique- Chimie Spécialité Série S – Polynésie

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2016

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement de Spécialité

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 8

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Correction proposée par un professeur de physique-
chimie pour le site www.sujetdebac.fr

EXERCICE I – L'ALANINE EN INFRAROUGE (7 points)

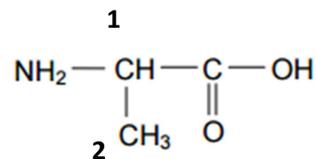
1) L'alanine

1.1.1) La molécule possède un groupement -COOH, il s'agit d'un acide carboxylique :
Acide [amino]ïque

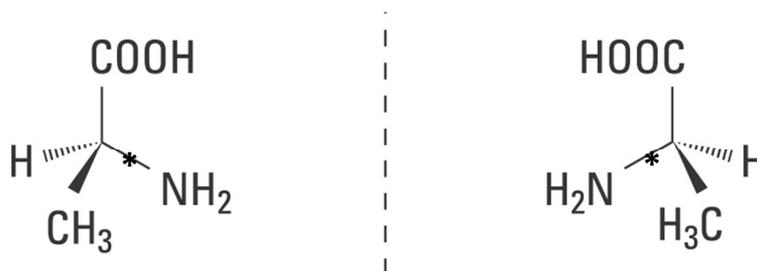
Il y a une amine NH₂ sur le carbone numéro 2 : 2-amino-

La chaîne carbonée possède 3 carbones : -propan-

D'où l'appellation « acide 2-aminopropanoïque » pour l'alanine.



1.1.2) L'alanine possède un atome de carbone asymétrique : elle possède donc un énantiomère.



1.2.1) Il y a autant de réactifs que de produits dans la réaction présentée : il s'agit donc d'une réaction de substitution.

1.2.2) Le rendement de la réaction est exprimé tel que :

$$\eta = \frac{n_{alanine}}{n_{alanine}^m} = 0,80$$

Avec $n_{alanine}^m$ la quantité de matière d'alanine maximale et $n_{alanine}$ la quantité de matière de l'alanine expérimentale.

Ainsi,

$$n_{alanine}^m = \frac{n_{alanine}}{\eta}$$

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stœchiométriques. On a alors la relation :

$$n_{alanine}^m = n_{bromo}^i$$

$$n_{alanine}^m = \frac{m_{bromo}^i}{M_{bromo}}$$

D'où :

$$m_{bromo}^i = n_{alanine}^m \cdot M_{bromo} = \frac{n_{alanine}}{\eta} \cdot M_{bromo} = \frac{m_{alanine}}{\eta \cdot M_{alanine}} \cdot M_{bromo}$$

$$m_{bromo}^i = \frac{1,0 \cdot 10^3}{(3 \cdot 12 + 7 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + 1 \cdot 14) \cdot 0,80} \cdot (3 \cdot 12 + 5 \cdot 1 + 2 \cdot 16 + 1 + 80) \\ = 2,1 \text{ kg}$$

Il faudra 2,1 kg d'acide 2-bromopropanoïque pour 1 kg d'alanine pour obtenir un rendement de 80%.

1.3) Le spectre IR du composé A possède 2 bandes caractéristiques : une située à environ 3000 cm^{-1} et l'autre à 1600 cm^{-1} . La première correspond à la présence d'une liaison O-H et la seconde à une liaison C=O. Or ces deux liaisons sont présentes dans les deux molécules.

On aperçoit cependant deux bandes plus fines et plus subtiles à environ 2600 et 3100 cm^{-1} qui semblent correspondre à deux liaisons N-H. Il s'agirait alors du spectre IR de l'alanine.

Confirmons-le grâce au spectre RMN :

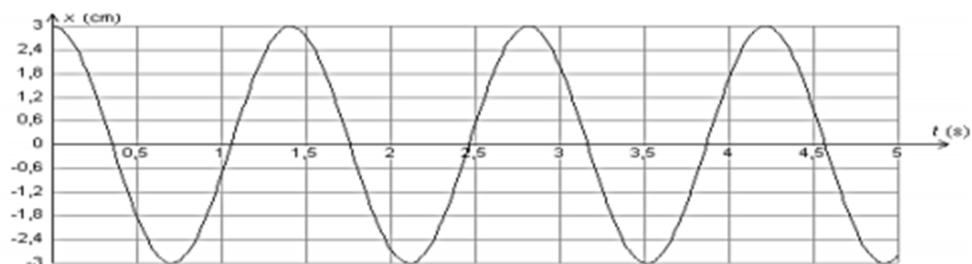
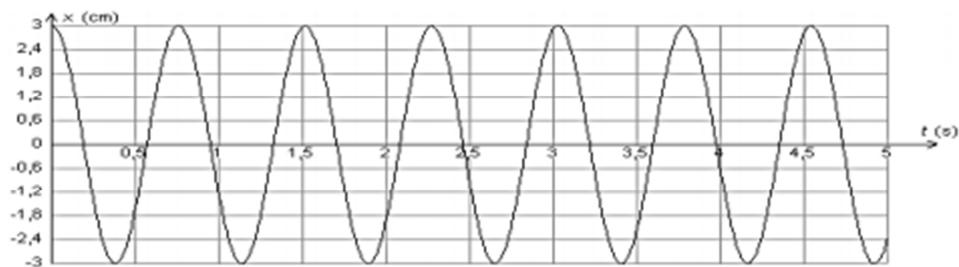
On observe un doublet et un quadruplet. Le doublet correspondrait aux hydrogènes du groupe CH₃, voisins avec un seul protons H uniquement. Le quadruplet correspondrait au proton H de la liaison C-H, qui possède 3 voisins.

Les spectres du composé A sont donc ceux de l'alanine.

2) Spectroscopie infrarouge

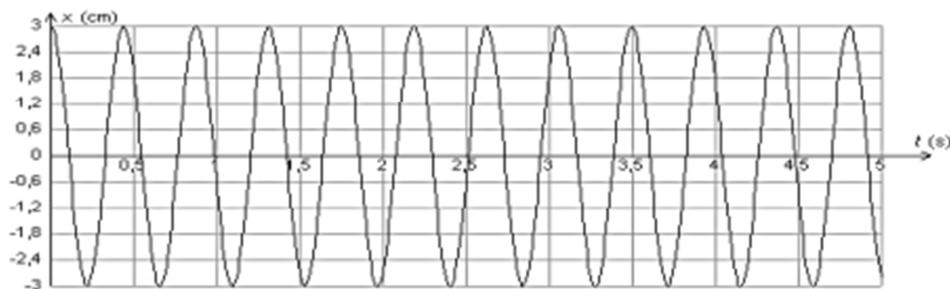
2.1) Discutons tout l'abord de l'influence de la masse en comparant les courbes 1 et 3.

La courbe 1 concerne une masse $m = 145 \text{ g}$ et la courbe 3 une masse $m = 500 \text{ g}$, avec pour les deux une même constante de raideur k .



On remarque qu'avec l'augmentation de la masse, la période temporelle T a augmenté.

Pour ce qui est de l'influence de la constante de raideur k , nous allons comparer les courbes 1 et 2, qui ont des constantes de raideur k valant respectivement 10 et 30 N/m.



On constate qu'avec l'augmentation de la constante de raideur, la période temporelle des oscillations a diminué.

2.2.1) Le nombre d'onde s'exprime de la manière suivante : $\sigma = \frac{1}{\lambda}$. Or nous savons qu'une longueur d'onde s'exprime en m, donc un nombre d'onde s'exprimera en m^{-1} .

2.2.2) On nous donne dans l'énoncé l'expression suivante pour le nombre d'onde :

$$\sigma = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha}{\mu}} \text{ avec } \mu = \frac{m_A m_B}{m_A + m_B}$$

A et B étant les atomes de la liaison.

Pour la liaison C-H, on a alors un nombre d'onde qui vaut :

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha}{\frac{m_A m_B}{m_A + m_B}}} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{\alpha \cdot (m_A + m_B)}{m_A m_B}} \\ &= \frac{1}{2\pi * 3,0 \cdot 10^{10}} \sqrt{\frac{5,0 \cdot 10^5 (1,99 \cdot 10^{-23} + 1,67 \cdot 10^{-24})}{1,99 \cdot 10^{-23} * 1,67 \cdot 10^{-24}}} \end{aligned}$$

$$\sigma = 3,0 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-1}$$

2.2.3) Si on considère que les masses réduites des deux liaisons sont identiques, le seul paramètre qui peut avoir une influence dans cette différence est la valeur de α , puisque tous les autres paramètres sont constants.

On aurait alors $\alpha(C=O) > \alpha(C-O)$, ce qui voudrait dire que la force de liaison est plus grande pour C=O que pour C-O.

Cela paraît réaliste car une double liaison est toujours plus forte qu'une simple liaison.

Remarque : Voyez cela comme si vous attachiez un objet avec une corde ou avec deux : vous aurez plus de résistance s'il est doublement accroché !

EXERCICE II : SE CHAUFFER AVEC LE NUMÉRIQUE (8 points)

1) Isolation thermique des murs du centre de données

1.1) L'énoncé nous indique dans les données qu'afin d'obtenir le label HQE, le mur doit avoir une résistance thermique Z_{HQE} de $4,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{W}^{-1}$. La résistance thermique s'exprime telle que :

$$Z_{HQE} = \frac{e}{\lambda}$$

On en déduit alors l'épaisseur e :

$$e = \lambda Z_{HQE}$$

La conductivité thermique du béton armé valant $\lambda = 2,2 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$, on a :

$$e = 2,2 * 4,00 = 8,8 \text{ m}$$

L'épaisseur du mur constitué uniquement de béton armé devrait être de 8,8 m.

1.2) On nous donne dans l'énoncé l'expression de la résistance thermique $R_{th} = \frac{Z}{S}$ or nous savons que $Z = \frac{e}{\lambda}$, donc $R_{th} = \frac{\frac{e}{\lambda}}{S} = \frac{e}{\lambda S}$.

« Dans toute cette partie, on raisonnera sur un mur extérieur dont la surface est de $1,0 \text{ m}^2$ ».

La surface étudiée vaut alors $S = 1,0 \text{ m}^2$.

On a alors $R_{th} = \frac{e}{\lambda} = Z$.

Remarque : Dans l'énoncé, Z est déjà défini comme étant la résistance thermique d'un matériau de surface égale à $1,0 \text{ m}^2$.

La résistance thermique et la conductivité thermique sont inversement proportionnelles pour une même épaisseur e .

La conductivité thermique de la laine de verre est inférieure à celle du béton armé, donc sa résistance thermique est supérieure, ce qui en fait un bon isolant thermique.

1.3) L'énoncé nous indique que les résistances thermiques de plusieurs matériaux superposés s'ajoutent.

La surface S étudiée dans toute la partie de l'exercice vaut $1,0 \text{ m}^2$, donc la résistance thermique est égale à la conductivité thermique.

$$Z_{total} = R_{th\ total} = R_{th}^{beton} + R_{th}^{laine} + R_{th}^{polymère}$$

$$Z_{total} = \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} + \frac{e^{laine}}{\lambda^{laine}} + \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}}$$

$$\frac{e^{laine}}{\lambda^{laine}} = Z_{total} - \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} - \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}}$$

$$e^{laine} = \lambda^{laine} \left(Z_{total} - \frac{e^{beton}}{\lambda^{beton}} - \frac{e^{polymère}}{\lambda^{polymère}} \right) = 0,032 * \left(4,00 - \frac{0,050}{0,018} - \frac{0,20}{2,2} \right) = 0,12\ m$$

L'épaisseur minimale de laine de verre nécessaire pour obtenir le label HQE est donc de 12 cm.

2) Bilan thermique du centre de données

2.1) Les ordinateurs sont capables de céder de l'énergie thermique soit par conduction, soit par convection, soit par rayonnement.

2.2) Calculons l'énergie thermique totale libérée en une journée par les 20 000 serveurs en supposant que la totalité de l'énergie électrique intervient dans la transformation :

$$Q_{serveurs} = N * P * \Delta t = 20\ 000 * 480 * 24 * 60 * 60 = 8,3 \cdot 10^{11}\ J$$

On retrouve bien la valeur attendue.

2.3.1) Le transfert thermique à travers le sol est défini de la manière suivante :

$Q_{sol} = \varphi \cdot \Delta t$, avec φ le flux thermique qui vaut :

$$\varphi = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}}$$

D'où

$$Q_{sol} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{th}} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{Z}{S}}$$

La surface S vaut maintenant $80 * 50 = 4000\ m^2$.

On a alors, pour une journée :

$$Q_{sol} = \Delta t * \frac{T_{int} - T_{ext}}{\frac{Z}{S}} = 24 * 3600 * 4000 * \frac{23 - 11}{4,00} = 1,0 \cdot 10^9\ J = 1,0\ GJ$$

2.3.2) L'énergie thermique totale perdue par l'ensemble des parois du centre de données au cours d'une journée d'hiver est égale à la somme des transferts thermiques au niveau du sol, des murs et de la toiture.

$$Q_{totale} = Q_{sol} + Q_{murs} + Q_{toiture} = 1,0 \cdot 10^9 + 9,0 \cdot 10^8 + 6,8 \cdot 10^8 = 2,6 \cdot 10^9 J$$

2.4) A la question 2.2), nous avons calculé l'énergie thermique totale libérée en une journée par les 20 000 serveurs, qui valait $8,8 \cdot 10^{11}$ J, or l'énergie thermique totale perdue par l'ensemble des parois du centre de données au cours d'une journée vaut $2,6 \cdot 10^9$ J.

Toute l'énergie thermique perdue par les serveurs n'est donc pas évacuée et une partie reste dans le bâtiment. La température à l'intérieur de celui-ci va donc beaucoup augmenter, ce qui peut causer quelques problèmes au niveau des serveurs eux-mêmes.

3. Valorisation de l'énergie produite par les serveurs

3.1) Convertissons la valeur de l'énergie thermique libérée en six mois par les serveurs en kWh :

$$Q_{6\text{ mois}}(kWh) = \frac{Q_{6\text{ mois}}}{3,6 \cdot 10^6} = \frac{1,5 \cdot 10^{14}}{3,6 \cdot 10^6} = 4,2 \cdot 10^7 kWh$$

Pour obtenir la surface correspondante, il faut diviser par l'énergie thermique nécessaire pour chauffer $1m^2$:

$$S = \frac{Q_{6\text{ mois}}(kWh)}{50} = 8,4 \cdot 10^5 m^2$$

« Selon Dalkia, la filiale commune de Veolia et d'EDF qui exploite le réseau de chauffage, le centre de données peut chauffer jusqu'à $600\,000\,m^2$ »

La valeur annoncée dans la citation ci-dessus est réaliste car elle correspond à la valeur obtenue par les calculs.

3.2) La relation entre W , Q_{air} et Q_{eau} dans ces conditions est la suivante :

$$Q_{eau} = W + Q_{air}$$

3.3) Nous devons déterminer quel mode de chauffage il est possible d'envisager pour chauffer les logements voisins. Pour cela, nous allons commencer par calculer l'énergie thermique reçue par l'eau.

A la question précédente, nous avons montré la relation entre W , Q_{air} et Q_{eau} .

L'eau reçoit alors : $Q_{eau} = W + Q_{air} = 1,0 \cdot 10^5 * 3,6 \cdot 10^6 + 5,2 \cdot 10^{11} = 8,8 \cdot 10^{11} J$.

Remarque : Ne pas oublier que W n'est pas en Joules : il faut impérativement le convertir (en le multipliant par $3,6 \cdot 10^6$)

Afin de déterminer le mode de chauffage le plus adapté, il faut calculer la hausse de température de l'eau, en particulier la température finale suite à l'énergie thermique qu'elle reçoit. Pour cela, nous devons trouver la masse d'eau qui reçoit cette énergie en 24h pour pouvoir utiliser une seconde relation de l'énergie reçue par l'eau qui circule en 24h, exprimée grâce à la capacité calorifique de l'eau c_{eau} :

$$Q_{eau} = m_{eau} \cdot c_{eau} \cdot \Delta\theta$$

On nous donne un débit $D = \frac{V}{\Delta t} = 2,0 \cdot 10^2 m^3 \cdot h^{-1}$, ce qui nous donne un volume d'eau égal à

$$V_{eau} = D \cdot \Delta t = 4,8 \cdot 10^3 m^3$$

La masse d'eau qui reçoit l'énergie thermique vaut alors :

$$m_{eau} = \rho_{eau} V_{eau} = 1,0 \cdot 10^3 * 4,8 \cdot 10^3 = 4,8 \cdot 10^6 kg$$

La capacité calorifique de l'eau étant connue, on a :

$$\Delta\theta = \frac{Q_{eau}}{m_{eau} \cdot c_{eau}} = \theta_f - \theta_i$$

$$\theta_f = \frac{Q_{eau}}{m_{eau} \cdot c_{eau}} + \theta_i$$

$$\theta_f = \frac{8,8 \cdot 10^{11}}{4,8 \cdot 10^6 * 4185} + 10 = 54^\circ C$$

En se référant au tableau fourni dans les données, nous pouvons affirmer que l'eau sera utilisée dans des radiateurs car la valeur de la température rentre dans l'intervalle $[50, 65]$ °C.

EXERCICE III : DESSALEMENT DE L'EAU DE MER (5 points)

1) L'eau de mer de la Méditerranée a une salinité naturelle moyenne de $35,6 \text{ g.kg}^{-1}$. Ainsi, dans 1 kg d'eau de cette mer, on a une masse en chlorure de sodium égale à $m_{\text{NaCl}} = 35,6 \text{ g}$.

On a alors une concentration en NaCl qui vaut :

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}} \cdot V}$$

Quel volume 1kg d'eau de mer occupe-t'il ?

Sachant que la masse volumique de l'eau de mer vaut 1027 kg.m^{-3} , on obtient par un produit en croix un volume V :

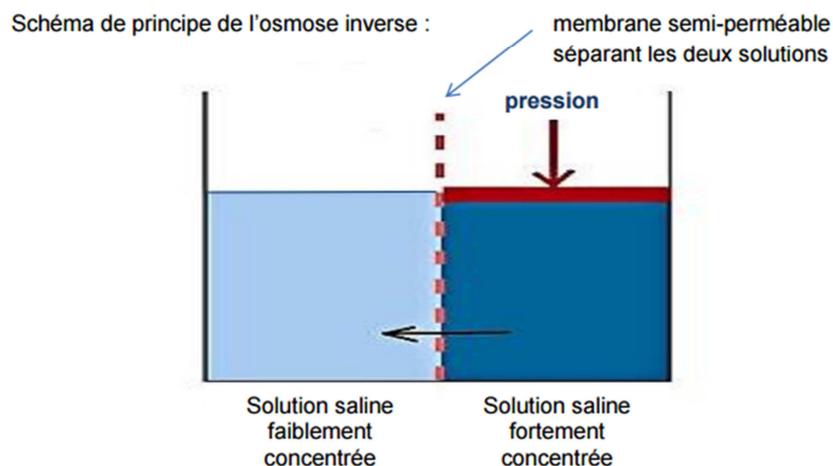
$$V = \frac{1}{1027} = 0,974 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 0,974 \text{ L}$$

Ainsi,

$$c_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{M_{\text{NaCl}} \cdot V} = \frac{35,6}{(23,0 + 35,5) \cdot 0,974} = 0,625 \text{ mol.L}^{-1}$$

2) L'énoncé indique : « On appelle saumure la solution concentrée en composés ioniques obtenue à la fin du processus de dessalement, majoritairement du chlorure de sodium. »

Regardons le schéma fourni sur le principe de l'osmose inverse :



On applique une pression sur l'eau fortement concentrée en ions. Lors de cette étape, l'eau va s'échapper du compartiment de droite pour aller, au travers de la membrane semi-perméable, vers le compartiment de gauche, et les ions eux restent dans ce second compartiment.

Le volume d'eau de mer présent dans le second compartiment va donc diminuer, mais la proportion en ions va rester la même car ils ne traversent pas la membrane semi-perméable.

On va donc se retrouver, à la fin de cette étape d'osmose inverse, avec une solution dont la concentration en ions sera très élevée (selon la formule $c = \frac{n}{V}$)

Cette solution s'appelle saumure.

3) L'énoncé nous parle de La Posidonie de Méditerranée qui constitue l'écosystème majeur de Méditerranée et joue un rôle important dans la protection des côtes contre l'érosion.

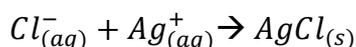
Cette plante est très sensible aux variations du taux de salinité de l'environnement dans lequel elle se trouve : on observe des effets sur sa vitalité dès que la salinité atteint 37,4 g de sel par kilogramme d'eau de mer. On prendra cette valeur de salinité comme valeur limite.

La concentration limite associée vaut :

$$c_{limite} = \frac{n_{NaCl}}{V} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl} \cdot V} = \frac{37,4}{(23,0 + 35,5) * 0,974} = 0,657 \text{ mol} \cdot L^{-1}$$

Afin de savoir si le rejet de la saumure étudiée présente un danger pour les écosystèmes marins, il nous faut déterminer la concentration en ions chlorure présents dans la solution de saumure mélangée à l'eau de mer et la comparer à la valeur limite.

Etudions le dosage des ions chlorure de la saumure. La réaction de dosage est la suivante :



A l'équivalence, tous les réactifs ont été introduits et ont réagi dans les proportions stœchiométriques. On a alors :

$$n_{Ag^+}^{eq} = n_{Cl^-}^i$$

$$c_{Ag^+} V_E = c_{Cl^-} V_{Cl^-}$$

$$c_{Cl^-} = \frac{c_{Ag^+} V_E}{V_{Cl^-}}$$

On lit sur le graphique un volume équivalent égal à $V_E = 11 \text{ mL}$, ce qui nous donne une concentration initiale en ions chlorure qui vaut :

$$c_{Cl} = \frac{c_{Ag^+} V_E}{V_{Cl^-}} = \frac{2,00 \cdot 10^{-3} * 11,0}{10,0} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cette valeur de concentration est celle de la solution diluée 500 fois. Pour retrouver la concentration initiale de la solution, il faut multiplier cette valeur par 500 :

$$C = c_{Cl} * 500 = 2,2 \cdot 10^{-3} * 500 = 1,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La concentration de la saumure est de $1,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On prélève $1,0 \text{ L}$ de cette saumure que l'on mélange à un volume de 200 L d'eau de mer. Il nous faut maintenant déterminer la concentration totale en ions chlorure de ce mélange.

Les ions chlorure sont présent dans la saumure, mais également dans l'eau de mer. La quantité de matière totale en ions chlorure est donc la somme de celle de l'eau de mer et de la saumure.

$$n_{totale} = C_{totale} V_{totale} = n_{eau} + n_{saumure} = c_{eau} V_{eau} + c_{saumure} V_{saumure}$$

$$C_{totale} = \frac{c_{eau} V_{eau} + c_{saumure} V_{saumure}}{V_{totale}} = \frac{1,1 * 1,0 + 0,625 * 200}{200 + 1} = 0,627 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cette concentration est inférieure à la concentration limite que nous avons calculée au début de la question et qui valait $0,657 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le rejet de cette saumure est donc sans danger pour les écosystèmes marins.