

LE SOLEIL À LA RESCOUSSE

DOSSIER DE L'ÉLÈVE

DOCUMENTS DE TRAVAIL

Le problème à résoudre	1
La mise en contexte	5
La planification	10
La mise en œuvre	13
L'analyse et la conclusion	14

DOCUMENTS D'ÉVALUATION

Mon évaluation	16
La grille d'évaluation	17

MARCHE À SUIVRE ET ÉVALUATION : CD1 – SCIENCE

Le problème à résoudre

Le dessalement de l'eau de mer

Les trois quarts de la surface de notre planète sont recouverts d'eau, mais d'eau salée malheureusement. Il n'empêche, ces réservoirs inépuisables que sont les océans font rêver : et s'il était possible de transformer cette eau salée en eau douce ? Cela résoudrait en effet toutes les difficultés de pénurie d'eau que connaissent beaucoup de pays, car nombre d'entre eux ont un accès aux océans, quand ils ne disposent pas d'un littoral maritime conséquent.

En fait, dessaler l'eau de mer de manière à la rendre consommable, c'est possible. On dispose même aujourd'hui de nombreux systèmes dont beaucoup ont atteint le stade industriel. Les deux procédés les plus couramment utilisés sont la distillation et l'osmose inverse. Leur principe est simple.

La distillation consiste à évaporer l'eau de mer, soit en utilisant la chaleur des rayons solaires, soit en la chauffant dans une chaudière. Seules les molécules d'eau s'échappent, laissant en dépôt les sels dissous et toutes les autres substances contenues dans l'eau de mer. Il suffit alors de condenser la vapeur d'eau ainsi obtenue pour obtenir une eau douce consommable.

L'osmose inverse nécessite quant à elle de traiter au préalable l'eau de mer en la filtrant et en la désinfectant afin de la débarrasser des éléments en suspension et des micro-organismes qu'elle contient. Le procédé consiste ensuite à appliquer à cette eau salée une pression suffisante pour la faire passer à travers une membrane semi-perméable : seules les molécules d'eau traversent la membrane, fournissant ainsi une eau douce potable.

[...]

Source : Centre national de la recherche scientifique, *L'eau potable* [en ligne].
(Consulté le 24 mars 2008)

À publier immédiatement COMMUNIQUÉ

De l'eau douce pour tous

Gatineau, le 29 septembre 2008. – Toujours soucieux de favoriser l'entraide entre les peuples et le développement durable, l'organisme humanitaire À la rescousse fait appel aux jeunes scientifiques. L'organisme leur demande en effet de déterminer expérimentalement s'il est rentable de dessaler l'eau de mer par distillation en vue d'approvisionner en eau potable trois pays où cette ressource peut faire défaut.

Pour résoudre le problème qui leur est soumis, les chercheurs devront établir l'efficacité de la distillation produite au moyen de différentes sources énergétiques; il pourrait s'agir de l'énergie électrique ou solaire. Par la suite, ils s'assureront que l'eau obtenue au moyen des deux méthodes est conforme aux normes canadiennes relatives à la quantité de sels dissous dans l'eau. Enfin, à l'aide des résultats qu'ils auront obtenus, ils formuleront et justifieront des recommandations sur la pertinence de dessaler l'eau de mer pour approvisionner en eau douce certaines régions de la Roumanie, du Niger et de la Tanzanie. Dans leurs recommandations, les jeunes scientifiques tiendront compte des conséquences économiques et environnementales des méthodes.

– 30 –

Source : Vanessa Landry
Attachée de presse
À la rescousse

Dans cette mise en situation, vous jouerez le rôle d'un ou d'une jeune scientifique.

Le problème à résoudre (suite)

Le sodium

[...]

1. Le sodium n'est pas considéré comme un métal toxique. Les adultes normaux peuvent en consommer jusqu'à 5 g/jour sans effets nocifs apparents. Bien que de nombreuses études aient montré qu'une réduction de l'apport de sodium entraîne une baisse de la pression artérielle chez les hypertendus, on ne peut en déduire qu'une augmentation de l'apport de cet élément provoquerait de l'hypertension. On n'a donc pas fixé de concentration maximale acceptable pour le sodium dans l'eau potable.
2. De façon générale, le goût de l'eau potable est jugé désagréable lorsque la concentration du sodium dépasse 200 ppm. L'objectif de qualité esthétique ou organoleptique est donc fixé pour le sodium à ≤ 200 ppm.
3. Pour que les personnes suivant un régime hyposodé ne dépassent pas la dose quotidienne totale de 500 mg, il faudrait que la teneur de l'eau potable en sodium ne dépasse pas 20 ppm. Les techniques disponibles ne permettent d'atteindre cette teneur de sodium dans l'eau potable des réseaux publics qu'à un coût très élevé. On recommande donc d'inclure ce métal dans les programmes de surveillance régulière de la composition de l'eau potable, car ses concentrations peuvent intéresser les médecins qui désirent prescrire des régimes hyposodés à leurs clients.

[...]

Source : Canada, ministère de la Santé, Santé de l'environnement et du milieu du travail, *Le sodium* [en ligne].
(Consulté le 24 mars 2008.)

Le chlorure

[...]

1. Les concentrations de chlorure dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal. Même après l'absorption de quantités importantes de chlorure par l'intermédiaire des aliments et de l'eau, l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorure dans l'urine. C'est pourquoi on n'a pas déterminé de concentration maximale acceptable pour les chlorures dans l'eau potable.
2. Le seuil de perception gustative pour le chlorure de sodium, le chlorure de potassium et le chlorure de calcium dans l'eau potable est respectivement de 210, 310 et 222 ppm ; le goût du café est altéré lorsque l'eau avec laquelle il est préparé présente des concentrations de chlorure de 400, 450 et 530 ppm à partir des mêmes sels. Les concentrations de chlorure supérieures à 250 ppm dans l'eau potable peuvent provoquer la corrosion du système de distribution.
3. L'objectif de qualité esthétique ou organoleptique pour le chlorure dans l'eau potable est donc une concentration ≤ 250 ppm. Les concentrations de chlorure dans les sources canadiennes d'approvisionnement en eau potable sont généralement de beaucoup inférieures à 250 ppm.

[...]

Source : Canada, ministère de la Santé, Santé de l'environnement et du milieu du travail, *Le chlorure* [en ligne].
(Consulté le 24 mars 2008.)

Le problème à résoudre (suite)

Eau de mer

[...]

COMPOSITION

L'eau de mer est composée d'eau et de sels, ainsi que de diverses substances en faible quantité. Si plus des deux tiers des 94 éléments chimiques naturels sont présents dans l'eau de mer, la plupart le sont en faible quantité et difficilement décelables.

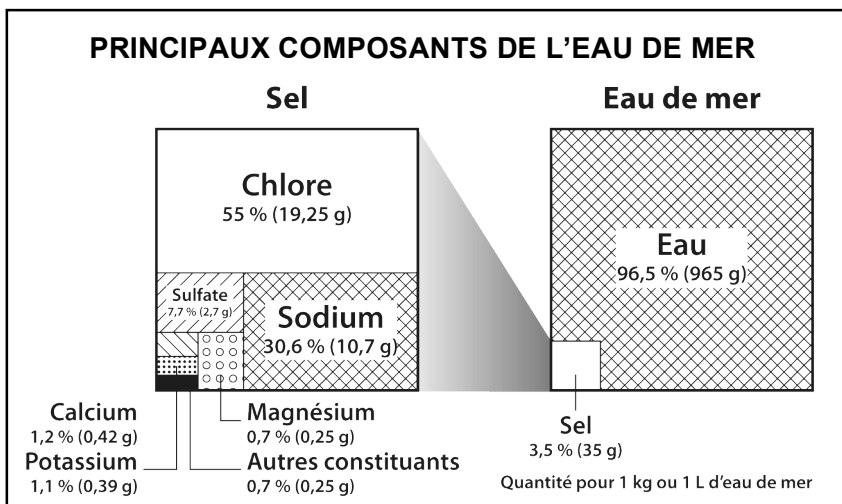
La salinité est un des paramètres les plus importants de l'eau de mer, et désigne la teneur en sels dissous. La salinité moyenne des océans ou des mers est de 35 g/L, et reste généralement comprise entre 30 g/L (Atlantique Nord) et 40 g/L (mer Rouge). Les mers intérieures ou assimilées ont une salinité supérieure, parce que l'évaporation y concentre le sel. Les exceptions concernent donc des mers fermées ou semi-fermées, comme pour les valeurs extrêmes de 6 g/L dans les eaux de surface de la mer Baltique et 330 g/L dans la mer Morte. La mer ouverte la plus salée est la mer Rouge.

La grande particularité de l'eau de mer est que les proportions relatives de ses constituants sont sensiblement constantes (c'est-à-dire indépendantes de la salinité) ; cette propriété a été établie par le chimiste écossais William Dittmar, et permet de considérer l'eau de mer comme une solution de onze constituants majeurs dans de l'eau pure, à savoir, par ordre décroissant d'importance, le chlore, le sodium, le magnésium, le sulfate, le calcium, le potassium, le bicarbonate, le brome, l'acide borique, le carbonate et le fluor. La loi de Dittmar permet ainsi de déterminer la salinité de l'eau de mer par une seule mesure : de la concentration d'un de ces constituants (par exemple, Cl⁻) ou d'une des propriétés physiques de l'eau de mer à une température donnée (comme la densité relative, l'indice de réfraction ou la conductivité).

Les deux principaux sels sont Na⁺ et Cl⁻, qui en s'associant forment le chlorure de sodium ou « sel marin », que l'on extrait dans les marais salants pour obtenir du sel alimentaire.

Les gaz dissous comprennent principalement : 64 % d'azote, 34 % d'oxygène, 1,8 % de dioxyde de carbone (soit 60 fois la proportion de ce gaz dans l'atmosphère terrestre).

Principaux sels dissous pour une eau de mer de salinité 35 g/L ⁵		
Anions	g/kg	mol/kg
Chlore (Cl ⁻)	19,3524	0,54586
Sulfate (SO ₄ ²⁻)	2,7123	0,02824
Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	0,1080	0,00177
Brome (Br)	0,0673	0,00084
Carbonate (CO ₃ ²⁻)	0,0156	0,00026
Fluor (F ⁻)	0,0013	0,00007
Hydroxyde (OH ⁻)	0,0002	0,00001
Cations	g/kg	mol/kg
Sodium (Na ⁺)	10,7837	0,46906
Magnésium (Mg ²⁺)	1,2837	0,05282
Calcium (Ca ²⁺)	0,4121	0,01028
Potassium (K ⁺)	0,3991	0,01021
Strontium (Sr ²⁺)	0,0079	0,00009
Autres molécules	g/kg	mol/kg
Eau (H ₂ O)	965	53,6
Acide borique (B(OH) ₃)	0,0198	0,00032
CO ₂	0,0004	0,00001



© ERPI Reproduction autorisée uniquement dans les classes où le manuel Observatoire est utilisé.

Le problème à résoudre (suite)

Potabilité

L'eau de mer n'est pas potable, et en général ne doit pas être bue par les êtres humains. Le sel en est le responsable : si l'on boit de l'eau de mer, à long terme la quantité d'eau nécessaire pour éliminer ces sels (grâce à l'urine) devient supérieure à la quantité d'eau gagnée par absorption d'eau de mer. La non-potabilité de l'eau de mer explique que, sur un navire ou une île au milieu de l'océan, on puisse « manquer d'eau », comme le dit *La complainte du vieux marin* :

« L'eau, l'eau partout,
Et pas une goutte à boire. »

Si la consommation accidentelle de petites quantités d'eau de mer n'est pas dommageable pour le corps humain, il n'est pas possible de survivre à long terme en buvant uniquement de l'eau de mer. [...]

Le taux de chlorure de sodium dans le sang humain et dans l'urine se situe généralement autour de neuf grammes par litre (0,9 % en masse), un taux qui varie peu. Boire de l'eau de mer (dont le taux de sel est de 3,5 %) accroît temporairement la concentration de sel dans le sang. Ce sel doit être éliminé, ce qui se fait en utilisant de l'eau provenant de cellules pour uriner. Les cellules finissent par mourir de déshydratation, suivies par les organes et finalement le corps entier.

L'effet de l'absorption d'eau de mer a été étudiée sur des rats en laboratoire, en faisant varier la concentration d'eau de mer dans leur eau de boisson. Au fur et à mesure que cette concentration augmentait, les rats devaient boire de plus en plus pour uriner davantage, jusqu'à une concentration de 50 %, tandis que leur soif déclinait après 50 %. Les chercheurs recommandent [...] de ne pas passer brutalement d'une consommation d'eau douce à une consommation d'eau de mer (pour des naufragés par exemple), mais plutôt d'augmenter progressivement la proportion d'eau de mer dans l'eau douce.

Les manuels de survie conseillent en général de ne pas boire d'eau de mer. Par exemple, le *Medical Aspects of Harsh Environments* (« Aspects médicaux des environnements hostiles ») présente une analyse de 136 voyages en embarcation de sauvetage. Le risque de décès s'élevait à 39 % pour ceux qui buvaient de l'eau de mer, contre 3 % pour ceux qui n'en buvaient pas.

Pour rendre l'eau de mer potable (processus de dessalement), plusieurs techniques existent. La plus simple est de la diluer avec de l'eau potable jusqu'à ce que la salinité soit acceptable ; on utilise cette technique en agriculture, pour l'irrigation. Les techniques plus complexes, mises en oeuvre notamment sur les grands navires, incluent les évaporateurs à vide, les évaporateurs « flash » ou l'osmose inverse.

[...]

Adapté de : Wikipédia, *Eau de mer* [en ligne]. (Consulté le 24 mars 2008.)

La mise en contexte

Je m'interroge

1. Répondez aux questions qui suivent.

a) Qu'est-ce que la concentration ?

b) Qu'est-ce que la concentration en ppm ?

c) Qu'est-ce qu'un ion ?

d) Quels sont les principaux ions présents dans l'eau de mer ou des océans ? Indiquez leur symbole ainsi que leur charge.

e) Quelle doit être la concentration maximale en sodium et en chlorure de l'eau potable, en ppm, selon les normes canadiennes ?

f) Quel est le seuil de perception gustative du chlorure de sodium dans l'eau potable ? Comment feriez-vous pour préparer un litre d'une telle solution ?



La mise en contexte *(suite)*

g) Quelle est la concentration moyenne en sodium et en chlorure dans l'eau de mer ? Exprimez votre réponse en ppm.

h) Qu'est-ce qu'un électrolyte ?

STE i) Quel type d'électrolytes trouve-t-on principalement dans l'eau de mer ?

j) Quel autre nom donne-t-on à la concentration des sels dissous dans l'eau de mer ? De quoi s'agit-il exactement ?

k) Quelle est la concentration globale en sel de l'eau de mer ou de l'eau des océans ?

STE l) Lors du dessalement de l'eau de mer, le principal composé recueilli est le chlorure de sodium (NaCl). Quel type de liaison unit les deux éléments de ce composé ? Justifiez votre réponse.

m) Qu'est-ce que la conductibilité électrique d'une solution ? À quoi cette propriété est-elle due ?



La mise en contexte *(suite)*

2. Répondez aux questions qui suivent.

a) Qu'est-ce qui différencie l'eau douce de l'eau de mer ?

b) Habituellement, l'eau potable provient de l'eau douce. Quel est le pourcentage de l'eau douce sur la Terre ?

c) Quelle est la principale réserve d'eau douce sur la Terre ? Est-elle facilement accessible ?

d) Qu'est-ce que l'effet de serre ?

e) Quels sont les effets bénéfiques de l'effet de serre ?

f) Quels sont les effets nocifs de l'effet de serre ?



La mise en contexte *(suite)*

g) Comment l'énergie du Soleil parvient-elle jusqu'à la Terre ? Quels types de rayons parviennent jusqu'à nous ?

h) Quelles applications technologiques permettent de tirer parti de l'énergie solaire ?

i) Est-ce que toutes les régions du globe reçoivent la même quantité d'énergie solaire ?

j) Est-ce que les pays ciblés reçoivent tous la même quantité d'énergie solaire ?

Je dois

3. Reformulez le but du problème à résoudre.



La mise en contexte *(suite)*

Je pense

4. Selon vous, sera-t-il rentable de produire de l'eau potable à partir de l'eau de mer ?

5. D'après vous, quels critères d'observation permettront de déterminer la rentabilité de la méthode testée ?

6. D'après vous, quelles propriétés permettront de déterminer si l'eau obtenue est potentiellement potable ? Expliquez votre réponse.

Rétroaction

Oui Non

Est-ce que je comprends bien en quoi consistent les concepts en jeu dans cette situation ?

La planification *(suite)*

Je planifie

3. Préparez un tableau dans lequel vous noterez vos observations et donnez-lui un titre.

4. Préparez un tableau dans lequel vous noterez les propriétés des différents échantillons d'eau. Assurez-vous de donner un titre au tableau et de prévoir un témoin.

5. Quelles règles de sécurité devrez-vous respecter pendant votre expérience ?

Rétroaction

Oui

Non

Ai-je envisagé différentes possibilités ?

L'analyse et la conclusion

J'analyse

1. L'eau obtenue par chaque méthode de distillation est-elle potentiellement potable ? Justifiez votre réponse.

2. Quels sont les avantages de chacune des méthodes employées ? Nommez au moins deux avantages pour chacune.

3. Quels sont les inconvénients de chacune des méthodes employées ? Nommez au moins deux inconvénients pour chacune.

© **ERPI** Reproduction autorisée uniquement dans les classes où le manuel *Observatoire* est utilisé.



Mon évaluation

Utilisez la grille de la page suivante pour vous évaluer. Inscrivez A, B, C, D ou E à l'endroit approprié du tableau.

CD1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.				
Critères*	Éléments observables	Moi	Enseignant ou enseignante	Commentaires
1	La mise en contexte		<input type="checkbox"/> Avec aide	
	Formulation du but et des critères d'observation			
2	La planification		<input type="checkbox"/> Avec aide	
	Pertinence des éléments du plan d'action : matériel et manipulations			
3	La mise en œuvre		<input type="checkbox"/> Avec aide	
	Précision des résultats et respect des règles de sécurité			
4	L'analyse et la conclusion		<input type="checkbox"/> Avec aide	
	Analyse des résultats et conclusion			

*** Critères d'évaluation**

- 1 Représentation adéquate de la situation
- 2 Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- 3 Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- 4 Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes

© ERPI Reproduction autorisée uniquement dans les classes où le manuel Observatoire est utilisé.

La grille d'évaluation

CD1 Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.

Éléments observables	A	B	C	D	E
1 La mise en contexte Formulation du but et des critères d'observation	Le but est formulé très clairement et lié au problème à résoudre. Les critères d'observation sont clairement identifiés et pertinents.	Le but est formulé clairement et lié au problème à résoudre. Les critères d'observation sont clairement identifiés et pertinents.	Le but est formulé plus ou moins clairement ou n'est pas lié au problème à résoudre. OU Les critères d'observation ne sont pas bien identifiés ou ne sont pas pertinents.	Le but est formulé plus ou moins clairement ou n'est pas lié au problème à résoudre. ET Les critères d'observation ne sont pas bien identifiés ou ne sont pas pertinents.	Le but est formulé plus ou moins clairement ou n'est pas lié au problème à résoudre. ET Les critères d'observation ne sont pas bien identifiés ou ne sont pas pertinents.
2 La planification Pertinence des éléments du plan d'action : matériel et manipulations	La liste du matériel est complète. Les manipulations sont très clairement formulées et pertinentes.	La liste du matériel est presque complète. Les manipulations sont clairement formulées et pertinentes.	Il manque plusieurs éléments dans la liste du matériel. OU Les manipulations sont plus ou moins clairement formulées et pertinentes.	Il manque plusieurs éléments dans la liste du matériel. ET Les manipulations sont mal formulées ou ne sont pas pertinentes.	Le travail est à reprendre.
3 La mise en œuvre Précision des résultats et respect des règles de sécurité	Tous les résultats sont adéquatement notés et sont pertinents. L'expérience est effectuée de manière sécuritaire.	La majorité des résultats sont adéquatement notés et sont pertinents. L'expérience est effectuée de manière sécuritaire.	Quelques résultats sont adéquatement notés et sont pertinents. ET L'expérience est effectuée de manière sécuritaire.	Les résultats ne sont pas notés adéquatement et ne sont pas pertinents. ET L'expérience n'est pas effectuée de manière sécuritaire.	Le travail est à reprendre.
4 L'analyse et la conclusion Analyse des résultats et conclusion	L'analyse des résultats et la conclusion sont très clairement énoncées et sont liées au but du problème à résoudre.	L'analyse des résultats et la conclusion sont clairement énoncées et sont liées au but du problème à résoudre.	L'analyse des résultats et la conclusion sont plus ou moins clairement énoncées OU sont plus ou moins liées au but du problème à résoudre.	L'analyse des résultats et la conclusion sont plus ou moins clairement énoncées ET sont plus ou moins liées au but du problème à résoudre.	Le travail est à reprendre.

*** Critères d'évaluation**

- 1 Représentation adéquate de la situation
- 2 Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation
- 3 Mise en œuvre adéquate du plan d'action
- 4 Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes