
Expérience mondiale pour l'Année internationale de la chimie

Défi 'Distillateur solaire'

Ce document contient une description de **l'Activité Défi 'Distillateur solaire'** qui fait partie de l'Expérience mondiale lancée à l'occasion de l'Année internationale de la chimie, 2011.

Dans le cadre de cette activité, les élèves fabriqueront un distillateur solaire et en mesureront le rendement. Ils enrichiront leurs connaissances sur l'eau à l'état liquide et à l'état gazeux, de même que sur la purification de l'eau par distillation. Ils seront invités à concevoir et fabriquer un distillateur d'un meilleur rendement. Un schéma et une photo du distillateur solaire le plus performant fabriqué dans leur classe seront transmis à la base de données de l'Expérience mondiale, accompagnés des données relatives au rendement de ce distillateur.

L'activité peut être réalisée dans le cadre des quatre activités prévues au titre de l'Expérience mondiale ou indépendamment pour permettre à des élèves de participer à l'Année internationale de la chimie.

Sommaire

Instructions relatives à la soumission des résultats à la base de données mondiale	1
Instructions relatives à l'activité (Élève)	2
Fiche d'activité de l'élève	4
Notes à l'intention de l'enseignant	6
Principe de fonctionnement du distillateur	8
Résultats types	10
Variante de distillateur	12

Soumission des résultats à la base de données mondiale

Les informations à soumettre à la base de données sont les suivantes. Si les caractéristiques de l'école et du lieu ont déjà été fournies au titre d'une autre activité, il convient de relier ces résultats au précédent envoi.

Date du prélèvement : _____

Nature de l'eau : _____ (courante, fluviale, de mer etc.)

Nom de fichier du diagramme : _____

Nom de fichier de la photo : _____

Rendement du distillateur : _____

Nombre d'élèves participants : _____

N° d'enregistrement de l'école/la classe : _____

Défi 'Distillateur solaire'

Le défi

Dans le cadre de cette activité, vous fabriquerez un distillateur solaire et vous apprendrez à l'utiliser pour purifier de l'eau. Vous serez invité à relever un défi en mettant à profit vos connaissances pour fabriquer un distillateur solaire d'un meilleur rendement.

L'eau recouvre la majeure partie de la surface de la Terre (environ 70 %), mais la quasi-totalité de cette eau est contenue dans les océans et est salée. Les eaux terrestres ou souterraines sont aussi, pour une large part, salées ou impropres à l'usage humain. Trouver des moyens de purifier l'eau est un défi grandissant face à l'accroissement de la population mondiale.

Le distillateur est un dispositif qui fait appel à l'énergie solaire pour purifier l'eau. Différentes variantes de distillateur sont utilisées pour le dessalement de l'eau de mer, dans les trousse de survie dans le désert et pour la purification de l'eau domestique.

(Une variante de la méthode - Partie A - est proposée à la fin du document pour des classes ayant accès à du matériel de laboratoire.)

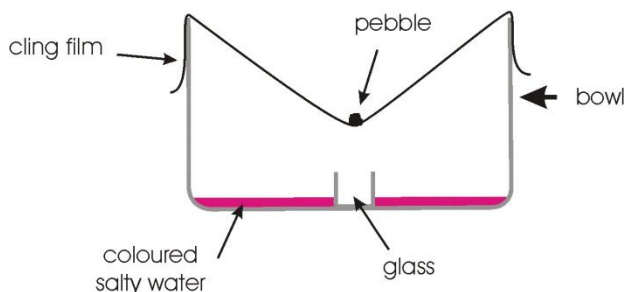
Méthode - Partie A – Fabrication d'un distillateur solaire

1. Verser un volume déterminé d'eau chaude (1 cm environ) dans la cuvette.
2. Y ajouter du colorant alimentaire et l'équivalent d'une cuillère à café de sel.
3. Poser la cuvette à plat, dans un endroit ensoleillé.
4. Placer le verre ou godet au centre de la cuvette en veillant à ce qu'il ne reçoive pas de projections d'eau.
5. Recouvrir la cuvette d'un film extensible et fixer celui-ci au rebord de la cuvette sans le tendre (si besoin, utiliser du ruban adhésif ou de la ficelle).

Matériel

- Grande cuvette en métal ou plastique
- Petit verre ou godet peu profond (propre)
- Éprouvette ou fiole graduée
- Film extensible (plus grand que la taille de la cuvette)
- Petite pierre (caillou)

The Solar Still



Légendes :

The solar still : Le distillateur solaire

cling film : film extensible

pebble : caillou

bowl : cuvette

glass : verre

coloured salty water : eau salée colorée

6. Déposer le caillou au centre du film extensible qui recouvre la cuvette.

7. Laisser le distillateur au repos pendant au moins une heure (si possible, plus longtemps), puis regarder s'il y a de l'eau dans le godet.

8. Rentrer le distillateur à l'intérieur, ôter le film extensible et sortir le godet en veillant à ce qu'il n'y ait pas de projections d'eau dans ou en dehors du godet.
9. Mesurer le volume d'eau contenu dans le godet.
10. Observer la couleur de l'eau du godet et la goûter pour voir si elle est salée.
11. Calculer le pourcentage d'eau qui a été purifiée :

$$\% \text{ eau purifiée} = \frac{\text{volume recueilli}}{\text{volume ajouté au distillateur}} \times 100$$

12. Examiner les résultats et réfléchir à ce qui a pu advenir de l'eau. Pourquoi utilise-t-on l'expression 'eau purifiée' ? Noter vos commentaires en réponse à la Question 1 de la Fiche d'activité.

Partie B – Défi du meilleur concept

Le défi qui vous est lancé est de modifier ou de fabriquer un distillateur solaire ayant un meilleur rendement que le concept de dispositif réalisé à la Partie A.

13. Noter les idées que vous proposez pour améliorer le distillateur. Vous pourriez, par exemple, utiliser des récipients d'une couleur différente pour déterminer celui qui absorbe le mieux le rayonnement solaire.



14. Discuter de ces idées avec votre enseignant et, avec son accord, effectuer les tests correspondants.
15. Au cours de ces tests, noter le volume d'eau initial et le volume que vous purifiez.
16. Calculer le pourcentage d'eau purifiée et inscrire le résultat sur la Fiche d'activité.
17. Selon le temps disponible, continuer à améliorer la conception du dispositif. Veiller à obtenir l'accord de votre enseignant à chaque test que vous effectuez.
18. Faire un schéma du distillateur le plus performant que vous avez conçu en indiquant les raisons pour lesquelles il est d'un meilleur rendement que votre premier distillateur. Si possible, prendre une photo de ce distillateur.
19. Répondre aux autres questions figurant sur la Fiche d'activité.
20. Remettre les résultats à votre enseignant afin qu'il puisse sélectionner le distillateur ayant le meilleur rendement et le télécharger sur la base de données de l'Expérience mondiale.

Fiche d'activité de l'élève

Inscrire vos résultats et calculer le pourcentage d'eau purifiée.

Essai	Volume d'eau ajoutée (ml)	Volume recueilli (ml)	% d'eau purifiée
Partie A – Premier distillateur			
Partie B –			

Partie A

1. Expliquer avec vos propres mots le principe de fonctionnement du distillateur.

2. Indiquer une solution qui permettrait d'améliorer le rendement de votre distillateur.

Partie B

3. Décrire un concept de distillateur d'un meilleur rendement que le distillateur que vous avez fabriqué à la Partie A, puis discuter de vos idées avec votre enseignant.

4. (Après avoir terminé, tester votre nouveau concept de distillateur.)
Faire un schéma pour illustrer comment fonctionne votre nouveau distillateur.

5. Coller ici une photo de votre nouveau distillateur :

Notes à l'intention de l'enseignant

Instructions relatives à l'activité

Deux approches différentes de l'activité sont présentées dans ce document. La première s'adresse à tous les élèves : elle fait appel à des ustensiles ménagers pour la fabrication du distillateur et est simple à réaliser et à utiliser. La seconde s'adresse à des élèves plus expérimentés qui ont accès à des verreries et des matériels de laboratoire.

Défi 'Distillateur solaire'

Pour réaliser cette activité, l'idéal est de répartir les élèves par équipes de 2, mais ils pourront aussi travailler individuellement.

Dans un premier temps, **Partie A**, les élèves fabriqueront un distillateur simple et l'utiliseront pour purifier de l'eau. Ils devront expliquer le principe de fonctionnement du distillateur.

- Organiser une discussion en classe pour clore la Partie A et s'assurer que les élèves ont élaboré une explication scientifique du principe de fonctionnement du distillateur (voir ci-dessous).

Sécurité

L'activité comporte très peu de risque. Selon les règles normales de sécurité en laboratoire, il est recommandé aux élèves de ne pas goûter ni sentir les produits issus de leurs expériences. Or, le goût est le procédé le plus simple pour identifier la présence de sel ; il pourra être employé sous réserve de respecter les règles de sécurité et d'hygiène alimentaire couramment applicables dans les cours d'économie domestique.

Dans un deuxième temps de l'activité, **Partie B**, les élèves sont invités à relever un défi en modifiant le distillateur ou le procédé d'utilisation pour améliorer le rendement en eau purifiée.

- Vérifier que les idées proposées par les élèves ne présentent pas de danger et guider les élèves afin qu'ils mettent à profit leurs connaissances du principe de fonctionnement du distillateur pour élaborer des concepts plus performants.

À l'issue de leurs tests, les élèves feront un schéma pour expliquer en quoi leur nouveau concept de dispositif améliore le pourcentage d'eau purifié, qui est un critère de mesure du rendement du distillateur. Ils joindront, si possible, au schéma une photo de leur concept amélioré de distillateur solaire.

- À l'issue de l'activité, ramasser les travaux de tous les groupes ayant pris part à ce défi et sélectionner le gagnant du meilleur concept. On pourra, le cas échéant, organiser un événement spécial autour de l'**Expérience mondiale** et faire participer la classe au processus de sélection.

Le schéma (accompagné d'une photo) du distillateur le plus performant de la classe doit être transmis à la base de données de l'Expérience mondiale.

Résultats d'apprentissage

Au cours de l'activité, les élèves :

- Découvriront les états liquide et gazeux de la matière (eau) et le passage de l'un à l'autre (évaporation et condensation).
- Apprendront à utiliser le procédé de distillation pour purifier l'eau.
- Élaboreront une explication scientifique du procédé de distillation d'un niveau approprié.
- Mettront à profit leurs connaissances de la distillation pour réaliser un procédé technologique qui améliore le rendement d'un distillateur solaire.

Conseils pour un bon fonctionnement du distillateur solaire, Partie A :

- Réaliser l'activité par temps clair, de préférence en milieu de journée.
- Utiliser de l'eau déjà chaude pour accélérer le processus, à moins que la journée ne soit très chaude.
- Aider les élèves à vérifier que leur distillateur est hermétique pour éviter toute déperdition d'eau.
- L'emploi d'eau salée colorée est un bon moyen de vérifier que le distillateur fonctionne correctement.
- S'il n'y a pas de soleil le jour où l'on réalise l'activité, on pourra utiliser un récipient adapté, par exemple une grande casserole que l'on fera légèrement chauffer sur une plaque chauffante. Il faudra alors isoler le verre/godet du fond de la casserole.

Organisation du Défi du meilleur concept, Partie B :

Cette partie de l'activité est l'occasion, pour les élèves, de mettre à profit leur ingéniosité en vue d'améliorer le rendement du distillateur solaire. Dans le même temps, elle les aidera à mieux percevoir le rapport entre la technologie et la science. En règle générale, un procédé technologique exige que des critères soient fixés pour l'évaluation du produit technologique.

Dans le cas présent, il convient d'expliquer clairement le critère à appliquer pour le Défi du meilleur concept. Le pourcentage d'eau purifié est un critère simple et constitue un bon point de départ pour des élèves de primaire, mais, pour des élèves plus âgés, des critères plus élaborés sont nécessaires. La durée de captage de l'eau pourrait être l'un de ces critères.

Plusieurs paramètres intéressants peuvent être étudiés par les élèves, notamment :

- la durée,
- le type de récipient,
- la couleur du récipient,
- le volume d'eau,
- la forme du distillateur,
- le mécanisme de captage.

Principe de fonctionnement du distillateur

Résumé

À mesure que la température de l'eau dans le distillateur augmente, des quantités d'eau de plus en plus importantes s'évaporent dans l'air. Cette vapeur d'eau se condense sur les surfaces froides, en particulier sur le film plastique, et se transforme en liquide. En se condensant sur le film, le liquide forme des gouttelettes qui s'écoulent à la surface du film en direction du caillou, puis tombent dans le godet.

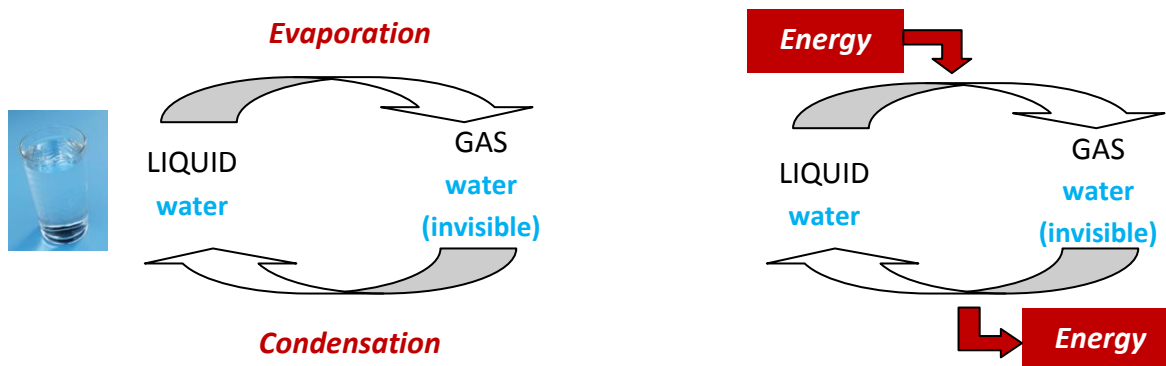
On obtient de l'eau purifiée parce que l'eau et les colorants alimentaires ne s'évaporent pas.

Une explication d'un niveau plus avancé peut être fournie aux élèves qui possèdent déjà quelques notions de la structure particulière de la matière et du concept d'énergie :

Le rayonnement solaire qui traverse le distillateur est absorbé par l'eau et le récipient. Par conséquent, les molécules et les ions absorbent cette énergie. Une partie des molécules d'eau absorbent une quantité d'énergie suffisante pour se libérer des liaisons établies avec d'autres molécules à l'état liquide et se transforment en molécules gazeuses qui se déplacent librement dans le récipient. Une partie de ces molécules volatiles entrent en collision avec le film plastique, lui cèdent de l'énergie et y adhèrent. Les molécules d'eau perdent plus d'énergie à mesure qu'elles s'agglutinent entre elles pour former des gouttelettes d'eau pure qui ruissellent à l'intérieur du godet.

Généralités

Bien que l'activité soit présentée dans le cadre de la purification de l'eau, il importe d'indiquer aux élèves que ce processus est classique pour les liquides et les gaz. Cet aspect est essentiel pour comprendre une grande diversité de phénomènes de la vie quotidienne, comme par exemple la raison pour laquelle on a froid quand on s'expose au vent, le fonctionnement du réfrigérateur de sa maison ou la façon dont l'eau douce de notre planète est obtenue à partir du cycle de l'eau.



Légendes :

Evaporation : Évaporation

LIQUID : LIQUIDE

water : eau

Condensation : Condensation

Energy : Énergie

GAS : GAZ

(invisible) : (invisible)

Une idée centrale pour comprendre ce processus concerne le rôle de l'énergie nécessaire à l'évaporation et de l'énergie libérée lors de la condensation. Pour ce qui est de la sensation de froid ressentie quand le vent souffle, on peut expliquer le phénomène ainsi : sous l'effet du

vent, la transpiration de notre peau s'évapore et de l'énergie s'échappe de notre corps, d'où une sensation de froid. Dans le cas du distillateur solaire, de l'énergie est nécessaire pour provoquer l'évaporation de l'eau dans le distillateur et, en l'occurrence, l'énergie utilisée est l'énergie lumineuse et gratuite émise par le soleil.

La compréhension du processus d'évaporation et de condensation permet aux élèves d'analyser le concept de distillateur solaire et d'imaginer des solutions pour améliorer le procédé (dans la partie Défi du meilleur concept). Mais elle n'apporte pas d'explication sur le procédé selon lequel l'eau est purifiée.

La purification de l'eau dans le distillateur se produit parce que certaines substances s'évaporent plus facilement que d'autres. L'évaporation de sel et de colorants alimentaires, par exemple, est quasiment impossible et il en va de même des risques biologiques présents dans l'eau, comme les bactéries et les virus. (Toutefois, d'autres substances qui sont souvent ajoutées à l'eau, comme l'alcool, s'évaporent facilement et des distillateurs plus spécialement conçus sont nécessaires pour séparer l'alcool de l'eau.)

Le terme 'volatilité' est employé pour décrire la facilité d'évaporation ; ainsi le sel et les colorants alimentaires sont des composés non volatils, tandis que l'alcool et l'eau sont beaucoup plus volatils. L'explication de ces différences de propriétés est simple à comprendre grâce à un examen moléculaire des substances.

À l'échelon moléculaire, les sels sont composés d'ions, et de très grandes quantités d'énergie sont nécessaires pour séparer les ions, de sorte qu'une évaporation est quasiment impossible. Les colorants alimentaires sont composés de molécules ioniques de grandes dimensions et sont donc, eux aussi, non volatiles.

L'eau est moins volatile que l'alcool (éthanol), ce qui semble surprenant puisque la masse des molécules d'eau est inférieure à celle des molécules d'alcool. Cependant, les molécules d'eau ont un pouvoir de liaison particulièrement fort. Cette interaction, que les chimistes appellent la liaison hydrogène, est responsable de la plupart des propriétés importantes de l'eau. Dans le cas de l'évaporation, à cause des multiples interactions de la liaison hydrogène entre les molécules d'eau, une plus grande quantité d'énergie est nécessaire.

Relever le défi

Le défi tient au fait que le rendement du distillateur dépend de plusieurs variables. La durée d'exposition du distillateur au soleil est déterminante, et il peut être intéressant de fixer une durée d'exposition de 3 ou 4 heures de façon à pouvoir plus facilement identifier le distillateur le plus performant. D'autres paramètres sont plus subtils, mais tout aussi importants. A titre d'exemple, une particularité de conception de la plupart des distillateurs industriels consiste à séparer la phase évaporation et la phase condensation de sorte que ces deux phases se déroulent dans différentes parties du distillateur.

Résultats types – Fiche d'activité de l'élève

(résultat type d'un élève de 7^e année)

Inscrire vos résultats et calculer le pourcentage d'eau purifiée.

Essai	Volume d'eau ajoutée (ml)	Volume recueilli (ml)	% d'eau purifiée
Partie A – Premier distillateur	100	12	12
Partie B – <i>Deuxième essai 1^{er} distillateur</i>	50	16	32
<i>Troisième essai 1^{er} distillateur</i>	50	22	44
<i>Second distillateur</i>	50	27	54

Partie A

1. Expliquer avec vos propres mots le principe de fonctionnement du distillateur.

Le distillateur est conçu pour que les rayons du soleil chauffent l'eau. Une partie de l'eau s'échappe dans l'air, mais on ne la voit pas parce qu'elle se trouve à l'état gazeux, et non à l'état liquide. L'eau retourne à l'état liquide quand elle entre en contact avec le plastique et on voit alors des gouttes qui ruissellent vers le caillou et tombent à l'intérieur du godet.

2. Indiquer une solution qui permettrait d'améliorer le rendement de votre distillateur.

On pourrait améliorer le fonctionnement du distillateur en utilisant moins d'eau au départ. Il a fallu attendre longtemps avant que les premières gouttes ne se forment, parce que le temps était nuageux et que le soleil n'était pas très chaud. Avec une plus petite quantité d'eau, l'augmentation de sa température serait plus rapide.

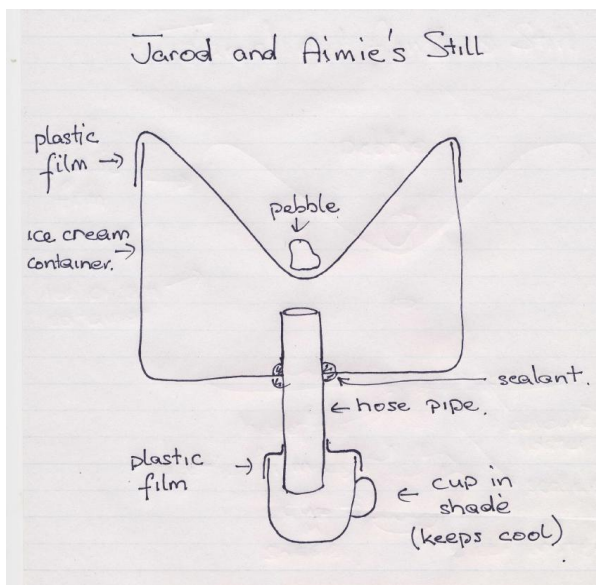
Partie B

3. Décrire un concept de distillateur d'un meilleur rendement que le distillateur que vous avez fabriqué à la Partie A, puis discuter de vos idées avec votre enseignant.

On a d'abord essayé d'améliorer le rendement du distillateur en utilisant moins d'eau, pour qu'elle chauffe plus vite, et, avant de commencer, on a vérifié que l'eau était chaude. Ces deux modifications ont beaucoup amélioré le rendement du dispositif.

On a ensuite découpé un trou au fond du récipient (carton de crème glacée) et on a enfoncé un morceau de tuyau à travers ce trou. On a bloqué l'écoulement avec un produit d'étanchéité, puis on a recueilli l'eau dans un godet que l'on a placé au frais en le maintenant à l'ombre du récipient. On a alors pu recueillir plus de la moitié de l'eau que l'on avait au départ.

4. (Après avoir terminé, tester votre nouveau concept de distillateur.)
Faire un schéma pour illustrer comment fonctionne votre nouveau distillateur.



On a pris deux chaises et on a posé dessus le distillateur en disposant le tuyau entre les chaises. On a placé le godet sur une pile de livres.

5. Coller ici une photo de votre nouveau distillateur :

(Voir ci-dessous un exemple de distillateur fabriqué avec de la verrerie de laboratoire.)

Variante de distillateur solaire fabriqué avec du matériel de laboratoire

Si les élèves ont accès à du matériel de laboratoire, les possibilités qu'ils ont de fabriquer d'autres concepts de dispositif sont plus larges. Ainsi, la méthode suivante est un exemple de variante réalisée avec un grand entonnoir et une boîte de Petri.

(Cette variante peut être utilisée par les élèves pour la mesure de salinité **Activité 3 – Eaux salées**. Voir ci-dessous.)

Méthode

- Fermer l'orifice de l'entonnoir en verre avec le bouchon en caoutchouc.
- Prendre ensuite le tube en plastique et le fendre sur toute sa longueur (50 cm).
- Fixer le tube en plastique sur l'extrémité de l'entonnoir.
- Ajouter un volume d'eau déterminé dans la boîte de Petri (100 ml environ).
- Retourner l'entonnoir pour recouvrir la boîte de Petri et le fixer avec du ruban adhésif.
- Poser la boîte de Petri sur la feuille de plastique noire.
- Placer le dispositif dans un endroit exposé au soleil jusqu'à ce que l'on observe une variation significative du niveau d'eau dans la boîte de Petri.
- Retirer avec soin l'entonnoir et détacher le tube sur lequel l'eau évaporée s'est condensée.
- Verser cette eau dessalée dans un bécher ou une éprouvette et mesurer le volume.
- Calculer le pourcentage d'eau recueillie.

Matériel

- Capsule de grand diamètre, boîte de Petri par ex, $\varnothing = 15$ cm.
- Entonnoir en verre, $\varnothing = 15$ cm.
- Bouchon en caoutchouc pour fermer l'orifice de l'entonnoir.
- Tube en plastique, $\varnothing = 2$ cm, 50 cm de long.
- Feuille de plastique noire.
- Ruban adhésif.
- Éprouvette graduée pour mesurer les volumes d'eau.



N.B.

1. Cette méthode remplace la **Partie A – Fabrication d’un distillateur solaire** décrite précédemment.
2. Ce distillateur peut aussi être utilisé pour l’étude de salinité décrite dans l’**Activité Eaux salées**. Les activités peuvent être réalisées les unes après les autres ou être combinées, auquel cas il conviendra d’appliquer la méthode **Eaux salées**.