

Les mélanges, les solutions, l'air

2

Liens avec les programmes

Compétences générales

Compétences méthodologiques dans le domaine des sciences, de la maîtrise de la langue, des mathématiques*	Enquête					
	6	7	8	9	10	11
Poser des questions précises et cohérentes à propos d'une situation d'observation et d'expérience (p. 248).	x	x	x	x	x	x
Imaginer et réaliser un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose (p. 248).	x	x			x	
Utiliser des instruments d'observation et de mesure (p. 248).			x	x		
Connaître et utiliser les unités légales (p. 240).			x	x		
Mettre en relation des données, en faire une représentation et l'interpréter (p. 248).				x		
Mettre en relation des observations réalisées en classe et des savoirs que l'on trouve dans une documentation (p. 248).		x		x	x	x
Rédiger un compte-rendu intégrant schéma d'expérience ou dessin d'observation (p. 248).	x	x		x		
Trouver sur Internet des informations scientifiques simples, les apprécier de manière critique et les comprendre (p. 175)		x			x	x

(*) Extraites de : *Qu'apprend-on à l'école élémentaire ? Les nouveaux programmes*, Paris, CNDP/XO Éditions, 2002.

Compétences spécifiques en sciences

Compétences notionnelles devant être acquises en fin de cycle*	Enquête						Encyclopédie
	6	7	8	9	10	11	
Mélanges et solutions (p. 12).	x	x	x	x			x
Mettre en évidence par évaporation qu'une eau limpide n'est pas nécessairement pure, mais qu'elle peut contenir des substances dissoutes (p. 12).		x	x				x
Montrer expérimentalement la conservation de la masse au cours d'une dissolution (p. 12).			x				x
Mettre en évidence expérimentalement que la solubilité a des limites (saturation) [p. 12].		x					x
L'air, son caractère pesant (p. 13).					x	x	x
La qualité de l'eau. Montrer expérimentalement que certaines substances ne sont pas arrêtées par les filtres domestiques (p. 18).	x	x					

(*) Extraites de : *Sciences et technologie, cycle 3*, Paris, MEN/DESCO/CNDP, coll. « École » (documents d'application des programmes), 2002. Voir aussi les fiches nos 2 et 3, in *Fiches connaissances – cycles 2 et 3*, Paris, MEN/DESCO/CNDP, coll. « École » (documents d'application des programmes), 2002.

Précisions scientifiques

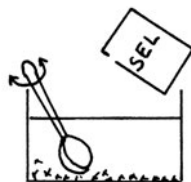
Mélanges et solutions

Au niveau où elles sont traitées dans les enquêtes 6 à 8, ces notions ne présentent pas de difficultés particulières. Les éléments fournis dans le bilan et l'encyclopédie (pp. 34-35, 202 et 213) sont suffisants, même pour les enseignants. Seuls quelques cas particuliers méritent d'être précisés dans la perspective des chapitres consacrés à l'éducation à l'environnement et au corps humain.

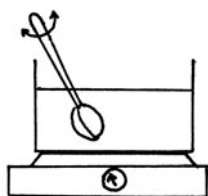
L'idée générale est que, lorsqu'on mélange deux substances, elles se mêlent plus ou moins intimement jusqu'à former, dans certains cas, un mélange homogène, dans lequel on ne parvient plus à distinguer les constituants. Dans les mélanges que les élèves auront à étudier, l'un des deux constituants sera de l'eau. L'autre sera un solide, un liquide ou un gaz. Nous pouvons alors distinguer trois cas.

Mélange d'un solide à de l'eau

- Le sable, la terre, les débris végétaux ne se dissolvent pas dans l'eau. Le mélange obtenu est **hétérogène** (par opposition à homogène).
- Lorsqu'on les ajoute en petite quantité dans l'eau, le sel ou le sucre se dissolvent. On a réalisé une **dissolution**. Le mélange obtenu est **homogène** et s'appelle une **solution**.
- Au-delà d'une certaine quantité, le sel ou le sucre ne se dissolvent plus dans l'eau. C'est le phénomène de **saturation**. La solubilité maximale du sel dans l'eau à 20 °C est de l'ordre de 350 g/L. Sa valeur augmente avec la température. L'expérience suivante permet de le montrer.



Au bout d'une certaine quantité, le sel ne se dissout plus.



En chauffant, le sel se dissout de nouveau.

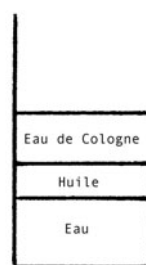
Mélange d'un liquide à de l'eau

- L'eau et l'alcool donnent lieu à un mélange homogène, quelles que soient les proportions dans lesquelles on les associe. Par habitude, on ne parle pas de dissolution mais de miscibilité. L'eau et l'alcool sont **miscibles** entre eux.

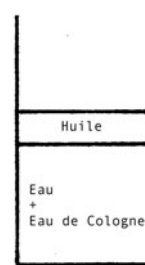
- Lorsque deux liquides ne sont pas miscibles, le moins dense se situe au-dessus du plus dense (exemple : l'huile et l'eau). C'est avec des liquides non miscibles qu'on réalise les « piles » de liquides.

- Lorsqu'on agite vigoureusement un mélange de deux liquides non miscibles, ils se dispersent en petites gouttes qui se mêlent momentanément les unes aux autres tout en restant discernables. C'est une **émulsion**. Quand on la laisse reposer, les constituants se séparent de nouveau.

- Un mélange contenant de l'eau, de l'huile et de l'eau de Cologne permet d'observer un phénomène intéressant. Initialement, ces trois liquides ne sont pas miscibles. En agitant, il se produit une émulsion au cours de laquelle les gouttelettes d'eau et celles d'eau de Cologne vont nécessairement se rencontrer, au hasard des turbulences. Or, ces deux liquides étant miscibles entre eux, ils vont former un mélange homogène non miscible à l'huile. Après décantation, on obtiendra une nouvelle « pile » ne comportant plus que deux parties discernables.



Avant agitation.

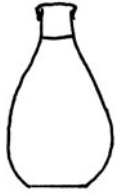


Après agitation et décantation.

Mélange d'un gaz à de l'eau

Certains gaz sont très solubles dans l'eau, d'autres pratiquement pas. L'oxygène et l'azote sont légèrement solubles dans l'eau. Le gaz carbonique l'est davantage. Quelques valeurs numériques sont fournies dans le chapitre 7.

Les bulles qui apparaissent lorsqu'on ouvre une bouteille de boisson gazeuse sont des bulles de gaz carbonique initialement dissous dans l'eau. La manière de le récupérer et sa caractérisation à l'aide d'eau de chaux sont au programme du collège.

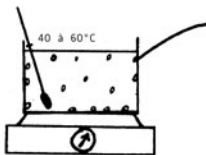


Rien ne permet de savoir si une substance est dissoute.

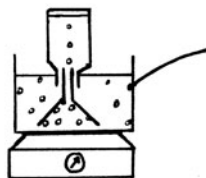


En décapsulant la bouteille, des bulles apparaissent, preuve que du gaz était dissous dans l'eau.

On peut montrer que de l'air est dissous dans l'eau par l'expérience suivante.



Les bulles qui se dégagent entre 40 °C et 60 °C sont des bulles d'air.



Le dispositif suivant permet d'en récupérer une petite partie.

Il ne faut pas confondre ce phénomène avec l'ébullition (→ p. 26), caractérisée par une température voisine de 100 °C et par des bulles de vapeur d'eau. En laissant refroidir l'eau bouillie sans la remuer et en la faisant de nouveau chauffer, on ne verra plus le phénomène de dégazage qui apparaît entre 40 °C et 60 °C.

Les dissolutions dans les organismes vivants

La matière vivante est en grande partie constituée d'eau. De nombreuses substances y sont dissoutes, ce qui présente un intérêt vital pour l'organisme :

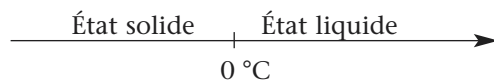
- l'oxygène, dissous dans le sang, peut être transporté dans l'organisme ;
- les sels minéraux, dissous dans la sève, contribuent à la nutrition des végétaux ;

- l'urée, dissoute dans l'eau, est évacuée par l'urine ;
- etc.

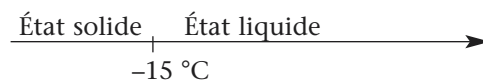
Influence d'une substance dissoute sur le changement d'état

L'enquête 9 étudie l'influence du sel, en hiver, sur les routes. Les notions sous-jacentes sont d'une trop grande complexité pour être étudiées ici dans le détail. Mais on peut aborder le phénomène à un niveau de formulation élémentaire, en opérant quelques simplifications.

- Un corps pur passe de l'état solide à l'état liquide à une température déterminée (→ p. 26), caractéristique du corps pur considéré. C'est 0 °C pour l'eau, 1 535 °C pour le fer, 232 °C pour l'étain, etc.
- La présence d'une substance dissoute entraîne des modifications. La température à laquelle s'effectue le changement d'état est différente et ne présente plus la même stabilité. Si, par exemple, on suit la température lors de l'ébullition d'une eau salée, on constate qu'elle débute à 102 °C (valeur prise pour fixer les idées) et qu'elle augmente légèrement et régulièrement au cours de l'ébullition.
- Pour simplifier le raisonnement et donner un ordre de grandeur, nous allons admettre qu'en présence de sel, le mélange d'eau et de glace change d'état à une température largement inférieure à 0 °C, disons - 15 °C. Ainsi, l'ajout de sel sur les routes empêche l'eau de geler. Si la température est très basse, il peut arriver qu'alors le sel soit sans action.
- Récapitulons ces valeurs sur des droites graduées :



État physique de l'eau pure en fonction de la température.



État physique de l'eau salée en fonction de la température.

Ainsi, lorsque la température de l'environnement est comprise entre - 15 °C et 0 °C, il y a un risque de verglas sur des routes non salées, alors que ce n'est pas le cas si elles le sont.

- On peut donner une autre interprétation du diagramme ci-dessus : 0 °C est la seule température à laquelle le mélange de glace et d'eau pure peut exister de manière stable. Lorsqu'on met des glaçons dans de l'eau, la température s'abaisse jusqu'à ce qu'elle atteigne cette valeur. On peut faire le même raisonnement dans le cas de l'eau salée et admettre, pour simplifier, que - 15 °C est la seule température à laquelle le mélange d'eau salée et de glace peut exister de manière stable. C'est ce qui explique le résultat expérimental surprenant de l'expérience du document 2 (📖 p. 28).

- Ce phénomène est général : toutes les substances qui se dissolvent dans l'eau modifient les températures de fusion/solidification et d'ébullition. En plus du sel, on peut citer par exemple le sucre (avec un effet moins spectaculaire) et des liquides comme l'antigel (📖 document 3, p. 29) ou l'alcool à brûler. En revanche, le sable, insoluble dans l'eau, ne modifie pas ses températures de changement d'état. La première activité de l'enquête 9 (📖 document 1, p. 28) est précisément destinée à montrer la différence entre l'action du sel et celle du sable, dont le rôle est d'augmenter l'adhérence.

L'air

L'air est un mélange

Il comporte deux constituants principaux : 78 % d'azote (appelé diazote au collège et au lycée pour des raisons pédagogiques) et 21 % d'oxygène (appelé dioxygène).

Il reste 1 % constitué d'un mélange de gaz (néon, argon...) parmi lesquels le gaz carbonique ou dioxyde de carbone. Le pourcentage de ce dernier est très faible (0,037 %), mais suffisant pour entraîner d'importantes conséquences : la nutrition des végétaux chlorophylliens et l'effet de serre, avec ses aspects positifs (sa présence tempère considérablement le climat) et négatifs (son augmentation constante depuis la révolution industrielle est sans doute la cause principale du réchauffement de la planète).

L'air contient aussi de la vapeur d'eau

Il y a toujours de la vapeur d'eau dans l'air. Mais sa quantité varie énormément, à tel

point qu'il n'est pas possible de la préciser dans la composition de l'air.

Les météorologues utilisent couramment le degré hygrométrique (encore appelé taux d'humidité relative) : rapport entre la masse de vapeur d'eau présente dans un certain volume d'air à celle qu'il pourrait y avoir au maximum dans ce même volume (qui correspond à la saturation). Par exemple, dire qu'il y a 65 % d'humidité relative signifie que la quantité de vapeur d'eau est égale à 65 % de sa valeur à saturation.

L'air est pesant

À la température de 20 °C, et lorsqu'il n'est pas comprimé, sa masse volumique est de l'ordre de 1,3 g/L. C'est peu, mais suffisant pour qu'il soit possible de le mettre en évidence en réalisant l'expérience présentée dans le manuel (📖 document 2, p. 30).

Conseil expérimental

- Il est important de procéder avec un ballon à enveloppe rigide, quasiment indéformable. La même expérience, réalisée avec un ballon de baudruche, est fautive dans son principe et donne des résultats aléatoires. En effet, un ballon de baudruche gonflé est plus lourd que non gonflé. Mais il est aussi plus volumineux, donc il subit la poussée de l'air (il a tendance à « flotter » sur l'air).
- Il est nécessaire d'opérer en utilisant un unique ballon : bien gonflé, puis mal gonflé. En comparant deux ballons différents, fussent-ils du même modèle, la masse de l'enveloppe peut ne pas être identique et fausser l'expérience.

Quelques difficultés prévisibles

On va retrouver ici des difficultés comparables à celles que nous avons évoquées dans le chapitre 1 (→ p. 28), liées au caractère invisible du sel (lorsqu'il est dissous dans l'eau) et de l'air.

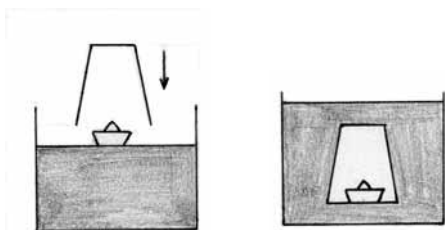
Le cas des dissolutions

Le fait que l'eau salée conserve le goût du sel ne suffit pas toujours pour convaincre de sa présence. Un adulte sait que le goût est la manifestation de la présence d'une substance. Ce n'est pas le cas de tous les enfants.

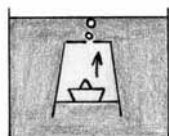
Le cas de l'air

Au cycle 3, les élèves reconnaissent volontiers qu'une bouteille couramment qualifiée de « vide » est en fait pleine d'air. Mais, pour eux, l'air n'est pas vraiment de la matière, il n'en a pas les propriétés principales (pour eux, la matière est visible, dure, résistante...). D'ailleurs, l'enseignement accentué souvent la difficulté en ne s'intéressant qu'à son caractère incolore, inodore, invisible, impalpable, imperceptible... (ce que nous pourrions appeler ses « non-propriétés »).

Pourtant, l'air est de la matière et, à ce titre, il en possède toutes les propriétés. En particulier, il occupe un certain espace et il peut se déplacer. C'est essentiellement au cycle 2 que ces propriétés sont travaillées à travers des expériences comme celle décrite ci-dessous.



Le gobelet est plein d'air ; l'eau ne pénètre pas.



L'air peut s'échapper du gobelet percé ; l'eau pénètre à sa place.

L'objectif est de faire parvenir les élèves à ce qu'ils raisonnent comme ils le feraient avec une autre matière.

- Voyons déjà ce premier raisonnement. Il est évident et les enfants le maîtrisent parfaitement dès le début de l'école maternelle :
 - Ce récipient est plein de soupe. \Rightarrow Il n'y a plus de place pour ajouter du lait.
 - Si j'enlève de la soupe... \Rightarrow Alors il y aura de la place pour le lait.
- Le raisonnement suivant est de même structure. Pourtant, les élèves ne l'acquiescent que plusieurs années après le précédent, du fait qu'il s'applique à une matière invisible :

– Ce récipient est plein d'air. \Rightarrow Il n'y a plus de place pour l'eau.

– Si j'enlève de l'air (par exemple en trouant le gobelet)... \Rightarrow Alors il y aura de la place pour l'eau.

Et les autres gaz ?

À l'école, les élèves se familiarisent avec l'air (dont l'étude débute dès le cycle 2) et avec la vapeur d'eau (cycle 3). Ils rencontrent aussi le gaz carbonique à propos de la respiration. Ces premiers exemples présentent des difficultés importantes que nous avons analysées précédemment et dans le chapitre 1 (\rightarrow « L'existence de la vapeur d'eau », p. 28). Ils ne suffisent pas pour fonder l'étude générale de l'état gazeux, ce qui nécessiterait de rencontrer plusieurs autres exemples. Ajoutons à cela une difficulté de vocabulaire : dans les expressions courantes, le mot « gaz » est associé au butane, au propane ou au méthane (que très peu d'adultes différencient, d'ailleurs) : « la bouteille de gaz », « ça sent le gaz », « la chaudière au gaz ». On comprend donc qu'il est plus raisonnable de se borner, à l'école, à étudier le mieux possible un petit nombre d'exemples et de laisser au collègue la responsabilité de la généralisation.



Idées pour organiser son enseignement

Conseils pour mieux tenir compte des difficultés repérées

Le tableau suivant met en perspective les difficultés classiques rencontrées par de nombreux élèves, quelques approches pédagogiques appropriées pour les traiter et les passages du manuel de l'élève où des activités ciblées sont proposées. Il doit être interprété au sens large. Il ne suffit pas, en effet, d'une seule activité pour traiter efficacement une conception forte comme celles que nous avons évoquées. Nous pensons au contraire indispensable de multiplier les approches, ce qui peut avantageusement se faire de manière concertée sur l'ensemble des trois années du cycle.

Difficulté possible	Activités à proposer	Dans le manuel
Ne voyant pas une substance dissoute, les élèves pensent qu'elle n'est pas présente dans la solution.	Faire préparer la solution aux élèves eux-mêmes.	Enquête 7 : les élèves peuvent préparer eux-mêmes leur pot contenant eau, sel, sable et débris végétaux.
	Faire évaporer l'eau pour retrouver la substance dissoute.	Enquêtes 7 (document 2) et 8 : récupération du sel par évaporation. Enquêtes 7 (document 3) et 31 (document 2) : mise en évidence des sels minéraux dans différentes eaux.
	Montrer qu'une eau salée est plus lourde qu'une eau non salée.	Enquête 8 (documents 2 et 3) : identification d'une eau par pesée.
Étant invisible, l'air n'est pas conçu comme une matière à part entière.	Travailler sur les propriétés effectives de l'air et ne pas insister outre mesure sur ses « non-propriétés ».	Enquêtes 10 (document 1) et 11 (documents 3 à 5) : transvasement d'air d'un lieu vers un autre. Enquête 11 (documents 3 à 5) : l'air occupe de l'espace, il empêche l'eau de pénétrer. Encyclopédie : voir le mot <u>Air</u> . Enquête 10 (document 2) : l'air est pesant.
	Établir systématiquement le parallèle entre l'air et une autre matière liquide ou solide.	Toute l'enquête 10 est fondée sur cette logique qui apparaît à travers les titres des paragraphes : « L'eau peut se transvaser. Et l'air ? », etc.
	Montrer que d'autres matières sont invisibles.	Enquête 10 (document 5).

Proposition de répartition

	CE2	CM1	CM2
Mélanges, solutions	Séparation des mélanges par décantation/filtration. Les substances dissoutes peuvent être mises en évidence après évaporation. 📖 <i>Enquêtes 6 et 7</i>	À volume égal, une eau salée est plus lourde qu'une eau non salée ; conservation de la masse : masse de l'eau salée = masse de l'eau + masse du sel. 📖 <i>Enquête 8</i>	Influence d'une substance dissoute sur le changement d'état. 📖 <i>Enquête 9</i>
L'air		L'air occupe de l'espace, il peut se transvaser. Étude menée à partir d'un objet particulier : le sous-marin. 📖 <i>Enquête 11</i>	Étude plus générale des propriétés de l'air, comparaison avec d'autres matières. 📖 <i>Enquête 10</i>

 **Coup d'œil sur chaque enquête**

Matériel	Enquête	Matériel spécifique nécessaire
	6	Filtres à café, essoreuses à salade (à emprunter), récipients, bouteilles en plastique.
	7	Récipients divers, filtres à café, plastique transparent (utilisé pour couvrir les livres).
	8	Balances Roberval*, verres doseurs (à emprunter), récipients.
	9	Thermomètres de laboratoire**, récipients, sable, sel.
	10	Balances Roberval*, récipients.
	11	Petites bouteilles en plastique de 25 à 50 cL, tuyau souple (durite, à acheter dans les magasins de bricolage).

(*) Les balances Roberval sont chères quel que soit le fournisseur (compter au moins 150 € pour une balance et sa boîte de masses). Il est donc nécessaire de trouver des solutions, étant entendu que cet instrument de mesure présente un grand intérêt et trouve son utilité dans plusieurs parties du programme de sciences et dans celui de mathématiques :


- il est possible de répartir la charge entre plusieurs écoles qui pourront ensuite se les prêter et bénéficier ainsi d'un jeu plus complet ;
- il est également possible de s'en faire prêter : demander à la circonscription si elle a acquis du matériel ; solliciter les établissements secondaires ou supérieurs voisins (collèges, lycées, IUFM, etc.) ;
- bien entendu, il est également possible d'en acquérir progressivement en répartissant la charge sur plusieurs années.

(**) Chez les fournisseurs de matériel scolaire. Tout le reste du matériel est à récupérer.

Comment rendre claire de l'eau trouble ?

6

 pp. 22-23

En résolvant ce problème expérimental, les élèves se familiarisent avec deux techniques permettant de séparer des mélanges : la décantation (paragraphe 2) et la filtration (paragraphe 3). Une expérience de centrifugation est proposée en complément (document 5). À travers cette enquête, on aborde la notion de mélange hétérogène. L'apprentissage devra être poursuivi ( enquête 7) en envisageant le cas où une matière est soluble dans l'eau (mélange homogène).

Les clés de l'enquête

Même en début de cycle 3, les élèves résolvent assez facilement le problème, moyennant parfois quelques essais infructueux. En revanche, la conduite pédagogique de la première rubrique (Pour bien comprendre la question) peut s'avérer délicate. Le problème étant posé, les élèves vont peut-être avoir de très nombreuses idées à tester, d'autant que le manuel leur en suggère déjà un certain nombre. Comment procéder ? Doit-on accepter toutes les propositions ? Faut-il toutes les essayer ? Nous proposons ci-après quelques réflexions qui dépassent le cadre strict de cette enquête (→ « *Comment gérer la diversité des hypothèses individuelles ?* », et « *Comment gérer collectivement la diversité des expériences ?* », p. 73). Voyons ici ce qui, le plus souvent, peut se passer.

Les exemples fournis dans la première rubrique sont des hypothèses individuelles que nous avons effectivement rencontrées. Il y en a d'autres qui ne pourront pas être retenues : certains élèves bien informés proposent une distillation (trop dangereux et nécessitant un matériel que les écoles ne possèdent pas) ; d'autres proposent d'utiliser un filtre d'aquarium (trop coûteux, risque de détérioration).

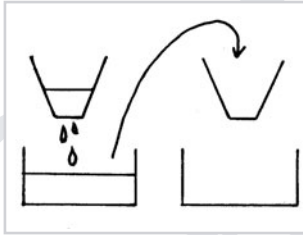
Après débat, on aboutit rarement à plus de trois propositions : filtrer à travers un filtre à café ; laisser reposer ; éponger l'eau et presser l'éponge dans un autre récipient.

Pour prolonger...

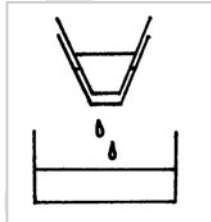
Comment améliorer l'efficacité de la filtration ?

La question se pose lorsqu'on constate que le filtre à café ne donne pas un résultat parfait.

1. On peut réaliser plusieurs filtrations successives en prenant un filtre neuf à chaque fois.



2. On peut filtrer en emboîtant plusieurs filtres.



Dans le premier cas, si des particules passent à travers les trous d'un premier filtre, elles passeront à travers les trous d'un second.

Dans le second cas, la superposition des filtres fait que leurs trous ne coïncident jamais exactement.

La seconde méthode est donc la plus efficace.

La filtration dans la nature, les eaux minérales

L'infiltration des eaux dans le sol et le sous-sol contribue à leur filtration. Un travail de recherche documentaire peut être mené sur ce sujet, en liaison avec le cycle de l'eau et la constitution du sous-sol (📖 enquête 33). Les sociétés exploitant les sources d'eaux minérales diffusent fréquemment des plaquettes promotionnelles fournissant des explications sur le bassin d'alimentation, la structure du sous-sol et sur la composition en sels minéraux de leurs eaux (📖 enquête 31).

Ce dernier aspect fournit d'ailleurs une transition intéressante avec l'enquête 7 où l'on verra que les substances dissoutes (comme les sels minéraux) ne sont pas retenues par les filtres.

Exposés sur la pollution de la mer

Les dramatiques marées noires successives que notre pays a connues fournissent l'occasion d'un travail plus large sur les ressources de la mer et sur les conséquences de sa pollution. Les documentaires scientifiques pour enfants sont de vastes sources d'information, intéressantes et faciles d'accès sur ces questions d'actualité.

(→ « Comment apprendre aux élèves à faire un exposé ? », p. 55, et « Comment réaliser un poster avec les élèves ? », p. 117)

Comment récupérer le sel de l'eau de mer ?

7

📖 pp. 24-25

Ce problème permet de continuer la construction du concept de mélange, en envisageant le cas des solutions. Il prend appui sur l'étude des marais salants et permet de réinvestir les connaissances sur l'évaporation (📖 enquêtes 3 et 4).

Dans un premier temps, les élèves font leurs hypothèses, puis leurs essais avant de comprendre que la meilleure façon est de procéder par évaporation. La méthode est généralisée (document 3). En fin d'enquête (document 4), l'étude des conditions qui améliorent la récolte du sel (surface des bassins, température élevée, vent) permet de réinvestir les connaissances construites dans l'enquête 4 (facteurs qui accélèrent la vitesse d'évaporation).

Les clés de l'enquête

- ❶ De très nombreux élèves pensent pouvoir récupérer le sel par filtration. Il est indispensable de les laisser réaliser l'expérience.
- ❷ Cette enquête donne surtout l'occasion de faire opérer aux élèves plusieurs mises en relation qui leur permettent de comprendre qu'un petit nombre de notions expliquent de nombreux phénomènes (→ « *Liens à établir* », p. 34). Nous proposons d'expliciter ces liens par un tableau tel que celui-ci. ...

Ce que je sais...	Ce que cela me permet de comprendre...
Lorsque de l'eau salée s'évapore, le sel reste.	La manière dont on récolte le sel dans les marais salants (📖 enquête 7).
	La pluie provenant de l'évaporation de l'eau de mer n'est pas salée (📖 enquête 5).
La température, la surface en contact avec l'air et l'aération augmentent la vitesse d'évaporation.	La manière de faire sécher les champignons rapidement (📖 enquête 4).
	Ce qui augmente l'efficacité des marais salants : surface des bassins, température élevée (soleil), vent (📖 enquête 7).

Pour prolonger...

Distinction entre « fondre » et « se dissoudre »

Le langage courant contribue à la confusion en prétendant, par exemple, que le sucre « fond » dans le café ou que le bonbon « fond » dans la bouche alors qu'il s'agit de dissolutions.

Le tableau suivant, à construire avec les élèves, peut aider à s'y retrouver.

Fondre	Se dissoudre
Ne concerne qu'une matière.	Concerne deux matières (à l'école, utiliser de l'eau et une autre matière).
Nécessite en général de chauffer.	Nécessite en général d'agiter.
Retour à l'état initial en refroidissant.	Retour à l'état initial par évaporation.

Expériences possibles :

- dissoudre un bonbon dans une soucoupe d'eau ;
- évaporer l'eau et retrouver le bonbon sous une forme inhabituelle (pellicule fine et étendue) !

Recherches documentaires, exposés

Où récolte-t-on le sel en France ? Où y a-t-il des mines de sel gemme ? Quel est le rôle du sel dans l'organisme ? À quoi servait le sel autrefois ? Qu'est-ce que la gabelle ?

Le phénomène de saturation : quelle masse de sel peut-on dissoudre dans 1 L d'eau ?

Au-delà du résultat, l'objectif essentiel est d'amener les élèves à procéder avec méthode.

1. Poser le problème aux élèves. Les laisser réfléchir, individuellement puis par groupes.
2. Demander à chaque groupe de rédiger sa méthode (texte + schéma).
3. Confronter les productions au sein de la classe et parvenir ainsi aux dernières améliorations.
4. Réaliser l'expérience et fournir la réponse au problème.

Méthode possible : préparer des tas de 5 g de sel et les ajouter les uns après les autres à 1 L d'eau, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus dissolution.

En fin de cycle, il est intéressant de procéder avec une moindre quantité d'eau (1/2 L, 1/4 L, 1/10 L) et de mettre en œuvre une relation de proportionnalité pour donner le résultat en g/L.

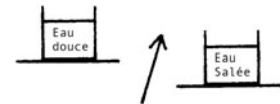
Comment savoir si une mer est plus salée qu'une autre ?

8

pp. 26-27

Les eaux de mer se distinguent notamment par leur salinité. Le maître a préparé trois bouteilles contenant de l'eau salée respectivement à 35 g/L (comme celle de l'océan Atlantique), 40 g/L (Méditerranée) et 250 g/L (mer Morte). Les élèves vont devoir retrouver la provenance supposée de chaque eau. Plusieurs méthodes sont possibles. Les documents 2, 3 et 4 fournissent des indications pour les trouver.

• Première méthode (document 2) : à volume égal, l'eau la plus lourde est aussi la plus salée.



• Deuxième méthode (document 3) : 1 L d'eau pure a une masse de 1 000 g. 1 L d'eau salée à x g/L a une masse de (1000 + x) g.

• Troisième méthode (document 4) : après évaporation de 1 L d'eau salée à x g/L, on récupère x g de sel.

Les notions en jeu sont celles de volume, de masse et d'évaporation.

Les clés de l'enquête

Cette enquête, à réaliser en fin de cycle, repose sur le fait qu'à volume égal, une eau salée a une masse plus importante qu'une eau non salée. On peut l'introduire de la manière suivante.

❶ Procéder devant les élèves à la dissolution de quelques cuillères de sel dans un grand verre d'eau et leur demander ce qui change et ce qui ne change pas. Ils sont en général surpris de constater que le volume ne varie pas de façon perceptible. En revanche, tous sont d'accord pour admettre que la masse augmente.

❷ Demander alors d'imaginer une méthode pour savoir si une eau est salée, sans la goûter et sans l'évaporer. La solution est fournie par le schéma ci-dessus.

Pour prolonger...

En liaison avec le programme de mathématiques, nous proposons un travail sur les notions de masse et de volume. Dans cette enquête, la résolution du problème posé nécessite de coordonner les deux notions à la fois (souvent, on les travaille indépendamment l'une de l'autre). C'est important, car la construction d'un concept passe par la différenciation avec les concepts voisins.

Activités structurantes de classement

• Classement selon la masse, à volume identique.

Eau de l'Atlantique	Eau de la Méditerranée	Eau de la mer Morte
La masse la plus petite		La masse la plus grande

• Classement selon le volume, à masse identique.

Eau de la mer Morte	Eau de la Méditerranée	Eau de l'Atlantique
Le volume le plus petit		Le volume le plus grand

Les boîtes « mystère »

Trois boîtes identiques opaques contiennent du sable, du riz, de la farine. Elles ont été remplies à ras bord. Il faut trouver ce qu'elles contiennent sans les ouvrir.

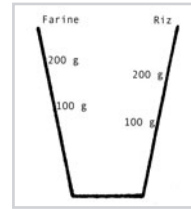
La formulation finale à laquelle les élèves doivent aboutir est la suivante : « Le même volume de différentes substances n'a pas la même masse. »

Étalonnage d'un verre doseur

La position des graduations d'un verre doseur dépend de la denrée dont on veut mesurer la masse.

L'idéal est de disposer de verres doseurs dont les graduations ont été effacées. À défaut, il est possible d'utiliser des bouteilles en plastique dont le goulot a été découpé. Le but est d'étalonner le verre en utilisant différentes denrées (riz, farine, sel...).

La formulation finale à laquelle les élèves doivent aboutir est la suivante : « La même masse de différentes substances n'occupe pas le même volume. »



Pourquoi met-on du sel sur les routes en hiver ?

9

pp. 28-29

On commence par constater expérimentalement que le sel fait fondre la glace alors que ce n'est pas le cas du sable (document 1). Contrairement à une conception fréquente, le sel ne réchauffe pas la glace (document 2). Il modifie les caractéristiques du changement d'état : l'eau salée reste liquide, même si la température est inférieure à 0 °C. D'autres substances ont une action similaire, comme l'antigel. À travers cet exemple, c'est l'influence d'une substance dissoute sur les changements d'état qui est abordée.

Les clés de l'enquête

Les élèves sont extrêmement étonnés de constater que le mélange de sel et de glace est à une température aussi basse (fréquemment autour de - 15 °C). Cela leur semble contradictoire avec le fait que le sel fait fondre la glace. Leur logique est la suivante :

On réchauffe la glace. → Donc elle fond. Ce raisonnement causal est juste.

Mais ils en déduisent, à tort : La glace fond. → C'est donc qu'elle se réchauffe.

Pour espérer faire progresser les élèves, il faut bien sûr qu'ils se confrontent à la réalité expérimentale, qu'ils poursuivent les activités et, éventuellement, qu'ils les prolongent par les activités proposées ci-après. En outre, il semble important de leur montrer, sur des exemples plus simples, que leur logique est fautive. Par exemple :

Il pleut. → Donc le sol est mouillé.

On ne peut pas en déduire : Le sol est mouillé. → C'est donc qu'il pleut.

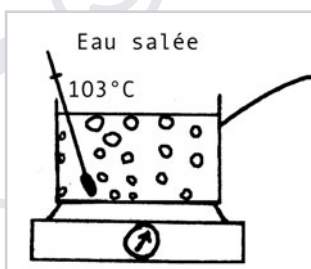
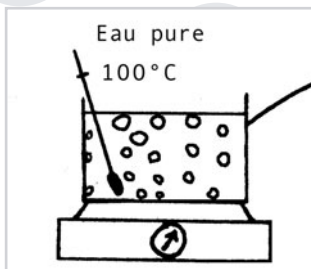
En effet, le sol mouillé peut s'expliquer par plusieurs causes possibles : la pluie, le jardinier qui a arrosé, la rosée...

Dans le cas qui nous occupe, la fusion de la glace peut s'expliquer par plusieurs causes : le réchauffement, la modification de la température de changement d'état par ajout de sel.

Pour prolonger...

Dissolution et changement d'état

Le sel modifie aussi la température d'ébullition de l'eau.



Échanges de chaleur et changement d'état

L'ajout de sel provoque la fusion de la glace et, simultanément, son refroidissement. Le même phénomène se produit en cas d'évaporation, ce qu'on peut aborder à partir de quelques situations vécues et de l'expérience ci-dessous.

- On a tous vécu l'expérience d'une goutte d'alcool déposée sur la peau. Son évaporation s'accompagne d'un refroidissement nettement perceptible.
- La sensation de froid ressentie lorsqu'on sort d'une baignade, même par temps chaud, s'explique par le même phénomène : l'évaporation provoque un refroidissement.
- La sueur est un mécanisme de régulation de la température corporelle. Lorsqu'on a chaud, on transpire. L'évaporation de la sueur refroidit le corps.
- Ces échanges de chaleur peuvent être mis en évidence par l'expérience suivante :



Expérience témoin :
l'eau ne s'évapore pas.



Le thermomètre est entouré
d'un coton humidifié.

On note 2 ou 3 °C de différence entre les deux thermomètres. L'écart serait encore plus important si l'on remplaçait l'eau par de l'alcool (attention toutefois à la manipulation de ce produit volatil).

L'air est-il une matière comme une autre ?

10

pp. 30-31

Ce serait une erreur didactique que de travailler sur les propriétés que l'air n'a pas (l'air est incolore, inodore...). Cela renforcerait la conception immatérielle de l'air. C'est donc bien la comparaison entre les propriétés de l'air et celle d'autres matières plus familières (par exemple l'eau) qui va aider les élèves à concevoir que l'air est une matière comme une autre.

Les clés de l'enquête

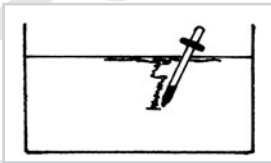
La mise en évidence expérimentale de la masse de l'air joue un rôle important dans cette enquête. Nous proposons de provoquer le questionnement des élèves en introduisant un ballon dégonflé dans une partie de jeu de ballon. Leurs réactions sont reprises en classe par l'enseignant qui organise le débat en demandant dans quel cas le ballon est le plus lourd : lorsqu'il est gonflé ou lorsqu'il est dégonflé ? Il n'oublie pas de faire justifier les différents avis : certains pensent

correctement que plus il y a de matière et plus c'est lourd ; d'autres, en revanche, objecteront que « l'air, c'est léger », donc « plus il y a d'air, plus c'est léger »... La vérification expérimentale (document 2) ne pose aucun problème si l'on suit les conseils expérimentaux donnés dans ce chapitre.

Pour prolonger...

Mouvements d'air chaud, mouvements d'air froid, comparaison avec les mouvements d'eau

- L'air chaud étant moins dense que l'air froid, il a tendance à monter ou à se stocker dans la partie haute des pièces. On peut mesurer la température dans une pièce en plaçant le thermomètre au sol, puis au plafond. Plusieurs degrés d'écart sont probables, surtout en période hivernale lorsque la pièce est chauffée. On peut aussi observer le mouvement de morceaux de papier léger suspendus au-dessus d'un radiateur.
- La comparaison avec l'eau a été le fil directeur de cette enquête. Elle peut être poursuivie ici en faisant les expériences suivantes :
 - remplir une bouteille d'eau chaude et y placer deux thermomètres dont les réservoirs sont respectivement proche de la surface et proche du fond. On constate rapidement un écart significatif entre les deux mesures ;
 - montrer les mouvements de convection dans l'eau en utilisant un colorant (de l'encre par exemple).



De l'eau chaude colorée est délicatement mélangée à de l'eau froide : elle remonte en surface.



De l'eau froide colorée est délicatement mélangée à de l'eau chaude : elle descend vers le fond.

Les activités réalisées ci-dessus permettent de comprendre la manière dont se forment les brises, qui sont des vents locaux dus à des différences de température entre deux lieux proches l'un de l'autre. Les dessins ci-dessous peuvent être analysés avec les élèves.

- La journée, les pentes sud sont plus chaudes que les vallées. L'air chaud s'élève. Il est remplacé par de l'air plus froid qui monte le long des pentes.



- La nuit, c'est l'inverse...



L'air ralentit la chute des objets

- Il est aisé de fabriquer de petits parachutes en utilisant du tissu ou du plastique souple et une boîte de pellicule photo.
- Une démarche expérimentale peut être menée pour étudier l'influence de la masse de la boîte (la charger plus ou moins avec des graviers) et de la surface de la voile.

Comment un sous-marin peut-il plonger, puis remonter ? 11

pp. 32-33

Cette enquête est destinée à renforcer la compréhension de la matérialité de l'air en travaillant sur une situation fournissant le prétexte à des raisonnements sur les transvasements (comme n'importe quelle matière, l'air peut se transvaser d'un lieu vers un autre).

Les clés de l'enquête

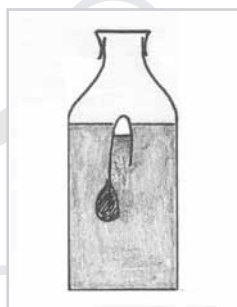
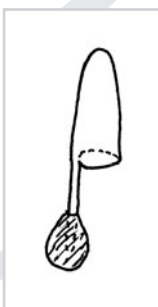
C'est l'expérience proposée dans le document 3 qui est la clé de l'enquête. Les élèves sont souvent étonnés que l'eau ne rentre pas, alors qu'il y a des trous dans la bouteille. Pour les aider dans leur compréhension, il semble important de bien organiser la phase d'anticipation (→ « À quoi faut-il penser avant de faire une expérience ? », p. 28). Nous proposons ici de leur faire rédiger un avis individuel, si possible argumenté, puis de réunir les élèves par petits groupes pour débattre, et enfin de recueillir en classe entière les différents arguments.

La phase de conclusion peut avantageusement prendre appui sur l'expérience présentée dans l'encyclopédie (Air, p. 182, schéma de gauche) : l'eau ne pénètre pas dans le verre, car il y a de l'air dedans.

Pour prolonger...

Le ludion

Nous n'avons pas proposé dans nos enquêtes de travail sur la compressibilité de l'air, qui n'est pas un objectif prioritaire au cycle 3. En prolongement, la fabrication et l'étude d'un ludion offre cette opportunité. Le matériel est simple : une bouteille en plastique souple, un capuchon de stylo (si possible transparent pour que l'on puisse observer ce qui se passe à l'intérieur) et de la pâte à modeler pour le lester.



En appuyant sur la paroi de la bouteille (en plastique souple), l'air se trouvant dans la partie supérieure transmet la pression à l'eau qui remonte dans le capuchon de stylo, comprimant l'air qui s'y trouve. Le capuchon devient donc plus lourd et le ludion coule.

Il suffit de relâcher la pression pour que l'air du capuchon reprenne son volume initial et que le ludion remonte en surface.

De la cloche de plongeur à la bouteille d'air comprimé

Une étude historique accompagnée de quelques expériences constitue un prolongement intéressant. Explorer le fond des mers est depuis longtemps une préoccupation des hommes. Le premier dispositif, connu probablement depuis l'Antiquité, a été la cloche sous laquelle évoluait un plongeur. Elle peut aisément être simulée avec du matériel rudimentaire (par exemple page 45).

L'inconvénient de ce dispositif est que l'air n'est pas régénéré. L'amélioration suivante a été le scaphandrier, inventé en 1819 par Siebe. Le scaphandre hermétique est relié par un tuyau à une pompe, située en surface, qui lui envoie de l'air.

Enfin, Gagnan et le célèbre commandant Cousteau ont mis au point, en 1943, le premier scaphandre autonome dans lequel le plongeur emporte de l'air comprimé avec lui. Les plongeurs savent fort bien que l'air est pesant. Il y a en effet une différence d'environ 3 kg dans la masse d'une bouteille de plongée selon qu'elle est ou non remplie d'air comprimé.

Comment apprendre aux élèves à faire un exposé ?

Faire un exposé permet de développer des compétences importantes : l'aptitude à la synthèse et la capacité à s'exprimer clairement. Mais c'est un exercice difficile qui ne peut être totalement maîtrisé en fin de CM2. Il importe donc de les aider dans cet apprentissage.

❶ Le choix des documents

En phase d'apprentissage, c'est l'enseignant qui fournit les documents. Après un ou deux exposés, les élèves peuvent mener eux-mêmes la recherche, mais c'est, en général, l'enseignant qui choisit parmi les documents sélectionnés.

❷ Le nombre et la nature des documents

Il convient de se limiter à trois ou quatre documents. Ils doivent être de nature variée. Par exemple :

- un document avec un écrit scientifique comportant du vocabulaire précis (📖 p. 91 par exemple) ;
- un document présentant des mesures à interpréter (sous forme d'un tableau et/ou d'un graphique) ;
- un document décrivant des expériences ou des observations.

❸ Les contraintes

L'exposé sera présenté oralement (→ « Pour que les élèves apprennent à s'exprimer devant les autres », p. 11) et accompagné d'un panneau de présentation (→ « Comment réaliser un poster avec les élèves ? », p. 117).

❹ Les critères de réalisation d'un exposé

Il est nécessaire de les dégager progressivement avec les élèves, notamment en tirant profit de l'analyse menée après chaque exposé.

• Sur le fond :

- le choix du thème de l'exposé ;
- le choix d'une organisation :
 - . chronologique (l'eau, des nuages à la mer ; de la naissance à la mort) ;
 - . logique ou causal (comment l'eau permet la production d'électricité ?) ;
 - . thématique (fiche d'identité d'un animal) ;
 - . autre : du plus simple au plus complexe, du plus important au moins important...

• Sur la forme :

- le choix d'une mise en pages : de gauche à droite, de haut en bas, en étoile, circulaire, spiralaire, etc. ;
- présence de titres, de mots-clés, d'illustrations, de légendes ; pas (ou très peu) de texte rédigé ;
- mise en relation des composantes du panneau à l'aide de flèches.

• Sur la présentation orale :

- élocution (voix forte, débit raisonnable) ;
- structure (de quoi parle-t-on ? quelles sont les aspects de la question ?) ;
- emploi du vocabulaire spécifique ;
- emploi des connecteurs appropriés (logiques – donc, alors, si... – ou chronologiques – et, puis, ensuite...);
- etc.

❺ Le devenir du panneau

Il doit rester exposé une durée suffisante pour que tous les élèves aient le temps de le lire. S'il complète un travail réalisé par la classe, il peut être reproduit (photocopie réduite ou photographie numérique) et intégré au cahier de sciences.

Exemple de documents pouvant conduire à un exposé sur l'effet de serre

• Document 1 : La glaciologie

La glaciologie est la science qui étudie les glaciers et la composition de la glace qui s'y trouve.

Comment se forme un glacier ?

Dans les régions polaires, la neige qui tombe régulièrement s'accumule sans fondre. Elle emprisonne au moment de sa chute tout ce qui se trouve à la surface du glacier. Elle le conserve ensuite pendant de très nombreuses années. Les chutes successives l'enfouissent sous une grande épaisseur de glace. Pour obtenir des renseignements scientifiques sur le passé, les glaciologues creusent le glacier pour recueillir des échantillons de glace qu'on appelle des carottes glaciaires à cause de leur forme.

Que retrouve-t-on dans les carottes glaciaires ?

Les documents 2, 3 et 4 répondent en partie à cette question.

En plus, la glace emprisonne et conserve des bulles d'air. En les analysant, les scientifiques peuvent retrouver la composition de l'atmosphère qui entourait la Terre il y a de très nombreuses années. C'est ainsi qu'ils reconstituent l'histoire du climat et de la pollution.

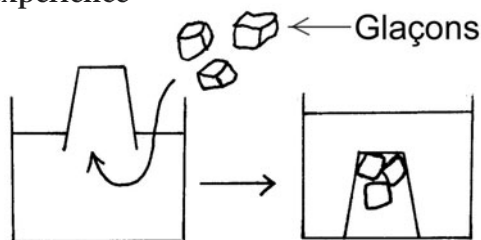
• Document 2 : L'air

L'air enveloppe la terre jusqu'à une altitude de plusieurs dizaines de kilomètres : c'est l'atmosphère.

L'air contient :

- une grande quantité d'eau, parfois visible (les nuages) et parfois invisible (la vapeur d'eau) ;
- de l'oxygène, indispensable à la vie, qui permet la respiration des végétaux et des animaux ;
- une très petite quantité de gaz carbonique, qui joue pourtant un rôle très important. Il est en effet indispensable à la croissance des végétaux et il retient la chaleur de la Terre (sans lui, notre planète serait invivable, car beaucoup trop froide). Cette quantité a augmenté depuis la révolution industrielle du XIX^e siècle à cause de l'augmentation considérable des combustions produites dans les usines. La plupart des scientifiques pensent qu'elle devient trop importante et qu'elle est la principale cause du réchauffement de notre planète.

• Document 3 : Une expérience



• Document 4 : Pourcentage de gaz carbonique dans l'atmosphère

