

Dossier sur l'air
L'air, un aliment ?

1. De quoi s'agit-il ? 2
2. Objectifs 2
3. Notions pertinentes 2
4. Opportunités d'apprentissage 2
5. Solutions et indications concernant le journal d'apprentissage 3
6. Solutions des expériences 9
   6.1 Expérience : verre d'eau - un papier est plongé dans l'eau sans être mouillé 9
   6.2 Expérience : volume d'air respiré – calcule la quantité d'air que tu respires 10
   6.3 Expérience : air inspiré et air expiré – tests de la bougie et à l'eau de chaux 12

1. De quoi s’agit-il ?

- Compréhension fondamentale de l’air (gaz, mélange)
- Fonction de la respiration et des voies respiratoires
- Comparaison de l’air qu’on respire avec la nourriture et les aliments

2. Objectifs

Les élèves

- sont capables de décrire le parcours de l’air qu’on respire et d’expliquer l’importance de la respiration.
- connaissent les principaux pourcentages des gaz contenus dans l’air qu’on respire et sont capables d’expliquer les différences essentielles entre l’air ambiant et l’air qu’on expulse.
- sont capables de comparer les propriétés de l’air qu’on respire (absorption par le corps, disponibilité, perception) avec celles des aliments.

3. Notions pertinentes

Air respiré, gaz/mélange gazeux, oxygène (O_2), dioxyde de carbone (CO_2), azote (N_2), poumons, bronches, cils vibratiles, nourriture/aliments

4. Opportunités d’apprentissage

Contenus Internet : env. 30 minutes

Journal d’apprentissage : env. 90 minutes

- Discussion (10’)
- Pour aller plus loin : si tu devais commander de l’air (20’)
- Le cheminement de l’air respiré (10’)
- La composition de l’air (20’)
- Approfondissement : de l’air à profusion ? (20’)
- Approfondissement : Expériences : env. 120 minutes
- Expérience : verre d’eau – un papier est plongé dans l’eau sans être mouillé (15’)
- Expérience : volume d’air respiré – calcule la quantité d’air que tu expires (45’)
- Expérience : air inspiré et expiré – tests de la bougie et de l’eau de chaux (45’)

5. Solutions et indications concernant le journal d'apprentissage

Discussion (10 min)

Qu'est-ce que les objets suivants ont en commun? Un verre vide, une boîte en carton vide, une boîte de conservation vide, un ballon gonflé, une bouteille en plastique vide bouchée et un emballage à bulles.

Aucune idée ? Prends les différents récipients et examine-les. Qu'ont-ils en commun ?

Note ici les principales réflexions et les enseignements tirés de la discussion.

Solutions possibles :
Tous les objets contiennent de l'air.
Le verre, la boîte en carton, la boîte de conservation et la bouteille en plastique sont considérés comme vides et désignés aussi comme étant vides.
Lorsqu'il y a de l'air dans des récipients, ils sont considérés comme vides s'ils ne contiennent pas ce qu'ils sont censés contenir.
Dans un ballon ou un emballage à bulles, l'air a une fonction. Il fait partie de l'objet et lui donne sa forme.

Indications pour les enseignants :
Grâce à la discussion, les élèves doivent réaliser que souvent l'air n'est pas perçu en tant que tel.
Autres questions pour la discussion :

- *Pourquoi ne percevons-nous souvent pas l'air ambiant ?*
- *Quand prenons-nous conscience de l'air (p. ex. en sortant la main par la fenêtre d'une voiture qui roule) ?*

- **Approfondissement : si tu devais commander de l'air** (20 min)

Supposons que l'air soit un aliment qui t'est livré chaque jour. Combien de litres devrais-tu en commander par jour ?

Décris ta réflexion.

Env. 12-15 respirations par minute, env. 0,5 litre par respiration → 6 à 7,5 litres d'air par minute

*24h * 60 min * 6 ou 7,5 litres→entre 8640 et 10 800 litres d'air par jour*

Ma commande quotidienne en litres : entre *8640 et 10 800 litres*

Cette commande est-elle la même chaque jour ? Justifie ta réponse :

Non, selon mon activité, je respire plus ou moins fort (p. ex. faire du sport comparé à regarder la télévision), donc le volume d'air varie aussi.

Combien de litres devrais-tu commander si tu avais uniquement besoin de l'oxygène dans l'air que tu respires ?

10 800 litres 0,21 (21 % d'oxygène dans l'air) = 2268 litres*

Combien de litres d'oxygène devrais-tu commander si tu ne considères que la quantité d'oxygène que tu absorbes réellement ?

*10 080 litres * 0,04 (4 % d'oxygène, que nous absorbons à chaque inspiration) = 432 litres*

Le cheminement de l'air qu'on respire (10 min)

Dessine sur le schéma le cheminement que parcourt l'air de l'extérieur jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Note les noms des différents organes que parcourt l'air.

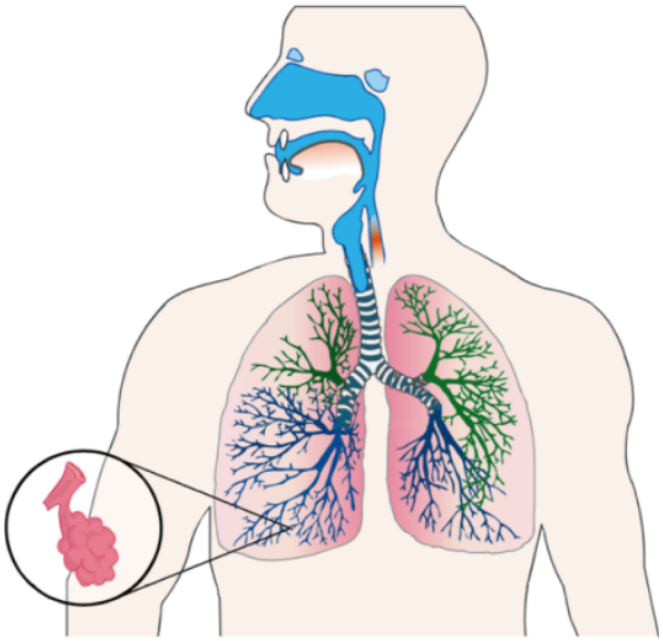


Figure 1 – voies respiratoires. Source : OFEV (2014).

Narines, fosse nasale, gorge, larynx, trachée, bronches, alvéoles pulmonaires

La composition de l'air (20 min)

Indique dans les cases ci-dessous la composition de l'air qu'on inspire et qu'on expire (10 cm = 100 %) :

Air inspiré :

78 % N_2 (noir), 21 % O_2 (blanc), 0,04 % CO_2 (gris), autres gaz (noir-blanc)

Air expiré :

78 % N_2 (noir), 17 % O_2 (blanc), 4 % CO_2 (gris), autres gaz (noir-blanc)

La composition de l'air qu'on inspire et celle de l'air qu'on expire sont-elles très différentes ?

Dans l'air que nous expirons, le taux d'oxygène est plus faible. En revanche, la concentration en CO_2 est plus élevée.

Que devient l'oxygène une fois arrivé dans les poumons. D'où vient le CO_2 que nous expirons?

L'oxygène est transporté du sang vers les organes et les muscles où il est notamment transformé en énergie. C'est là qu'apparaît le CO_2.

Approfondissement : de l'air à profusion ? (20 min)

L'atmosphère est une fine couche de protection fragile entourant la Terre, que tu peux représenter de la manière suivante :

Prends un portemine et regarde l'épaisseur de la mine. Si tu dessines un cercle sur une feuille dont l'épaisseur du trait représente l'épaisseur de l'atmosphère et le diamètre, celui de la Terre, quel est le rayon du cercle ?

Suppose que l'épaisseur de l'atmosphère est de 50 km.

Dessine ici ton résultat :

Épaisseur de l'atmosphère terrestre jusqu'à la stratopause :	*50 km = 50 000 000 mm*
Épaisseur du trait d'un portemine p. ex. : 0,5mm	*Échelle : 0,5/50 000 000 = 1/100 000 000*
Diamètre de la Terre :	*12 750 km = 1 275 000 000 cm*
Diamètre du dessin :	*1 275 000 000 / 100 000 000 = 12,75 cm* *Rayon = 6,375 cm*

À quelle échelle la Terre et l'atmosphère sont-elles représentées ?

Le rapport entre l'épaisseur du trait d'un portemine et l'épaisseur de l'atmosphère terrestre est de 0,5/50 000 000. Ce qui correspond à une échelle de 1:100 millions.

OU

Pour une épaisseur de trait de 0,5 mm (épaisseur de l'atmosphère : 0,5 mm), le dessin de la Terre a un diamètre de 12,75 cm. Ce qui correspond à une échelle de 1:100 millions.

Approfondissement : l'air est-il un aliment ? (15 min)

Discussion : qu'est-ce que l'air ? Un aliment, une nourriture ou autre chose ? Justifiez vos réponses.

Contrairement aux aliments, l'air est absorbé dans les poumons, puis expiré. Les aliments sont mangés ou bus et absorbés après digestion.
Mais l'air est essentiel pour vivre, comme la nourriture et l'eau. Donc, l'air peut être considéré comme une nourriture.

6. Solutions des expériences

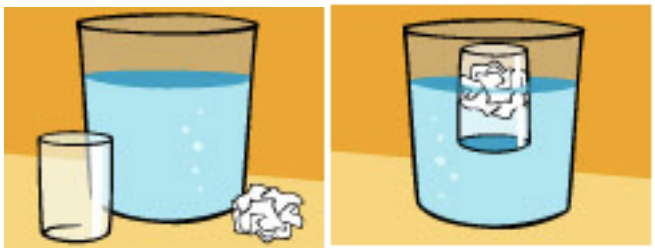
6.1 Expérience : verre d'eau - un papier est plongé dans l'eau sans être mouillé

Brève description
Un verre bourré avec du papier doit être plongé dans l'eau sans que le papier ne soit mouillé.

Lien avec le PER : MSN 36-35	**Durée :** 10-15 minutes
Question-clé • Comment de l'eau peut-elle entrer dans un récipient immergé ?	**Matériel par groupe** • Bac, aquarium en plexiglas ou saladier en verre • Verre • Paille coudée • Papier froissé (A5)
Objectifs possibles Les élèves • sont capables d'expliquer le résultat de leur solution. • observent et reconnaissent que l'air prend de la place.	

Forme de travail : travail en groupe (2-4)

Préparation
Le bac doit être rempli d'eau. Le papier est froissé et enfoncé dans le verre.



Question 1 : Pourquoi le papier ne se mouille pas ?
Réponse : Même si l'air ne se voit pas, le verre en est rempli. Lorsque le verre est à la surface de l'eau et ensuite immergé, l'air est « enfermé » dans le verre. L'eau n'atteint pas le papier parce que l'air prend de la place.

Question 2 : Pourquoi faut-il un verre ?
Réponse : Le verre empêche l'air de remonter. Dès que le verre est légèrement penché, l'air peut s'échapper, et le volume d'eau correspondant entre.

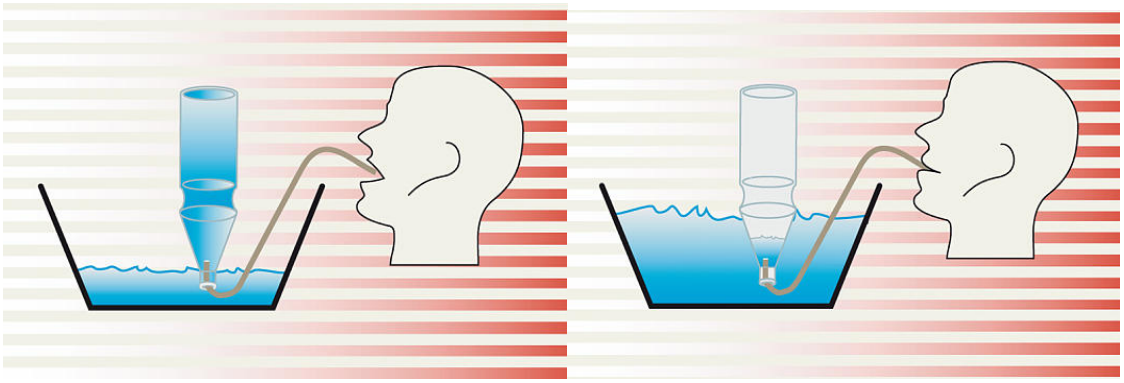
6.2 Expérience : volume d'air respiré – calcule la quantité d'air que tu respires

Brève description
Calcul du volume d'air : les élèves doivent définir une démarche appropriée. Le volume d'air moyen par respiration est calculé à l'aide d'une série de mesures.

Lien avec le PER: MSN 37-35	**Durée :** 30-45 minutes
Questions-clés • Comment mesurer une certaine quantité d'air ? • Quel est le volume d'air expiré ? • Qu'est-ce qu'une expiration normale ? • Quelle est le volume respiratoire maximal ?	**Matériel par groupe** • Bouteille en plastique (1,5 ou 2 l) ou cloche en verre • Tube gradué ou un pot gradué • Bac / bassine (aquarium) avec de l'eau • Tube en plastique (diamètre 10-15 mm et longueur 80-100 cm env.) • Crayon feutre résistant à l'eau • Chronomètre (montre)
Objectifs possibles Les élèves • sont capables d'expliquer comment déterminer le volume d'air qu'ils expirent. • sont capables d'indiquer comment ils définissent une expiration « normale ».	

Réalisation

- En groupes, les élèves cherchent la meilleure solution pour déterminer, à l'aide du matériel disponible, le volume d'air expiré.



- Chaque élève effectue une mesure. Une personne par groupe en réalise cinq.

- Calcul du volume d'air moyen :

Le calcul du volume d'air moyen s'effectue comme suit :

Solution : (1re mesure + 2e mesure + ... + 5e mesure) / 5 = env. 0,5 litre

- Réfléchissez à ce qui influence les résultats de vos essais.

  Les résultats sont notamment influencés par :

  - La régularité de la respiration (le volume d'air dépend de l'activité corporelle)
  - La taille du diamètre intérieur du tube en plastique (résistance à l'écoulement qui doit être vaincue)
  - La précision de la mesure et de sa lecture

Approfondissement

- Quel est le volume d'air respiré par une classe pendant une leçon?

  Solution :
  Mesure des mouvements respiratoires moyens par minute : env. 16
  Calcul du volume d'air par élève pendant une leçon:
  (16 respirations) x (volume de 0,5 litre) x (45 min) = 360 litres par leçon
  Calcul du volume d'air par classe pendant une leçon:
  (nb d'élèves) x (volume d'air par élève et par leçon)

  - Quel est le volume d'air respiré...
  - ...par jour par rapport au volume d'une salle de classe ?

    Solution : (16 respirations) x (volume de 0,5 litre) x (24 h x 60 min) = 11 520 litres par jour

    Hypothèse pour une salle de classe : 10 m x 7 m x 3 m = 210 m^3 = 210 000 litres
    1 m^3 = 10 x 10 x 10 dm^3 = 1000 litres
    210 000 litres = 100 %
    1 litre = 100 % / 210 000 litres
    11 520 litres font donc (100 % / 210 000) * 11 520 litres = 5,5 %
    Réponse : 11 520 litres correspondent à 5,5 % du volume d'air de la salle de classe

  - ...par semaine par rapport au volume d'une salle de gymnastique?

    Hypothèse pour une salle de gymnastique : 27 m x 18 m x 8 m = 3 888 m^3 = 3 888 000 litres
    Volume d'air par semaine : 7 x 11 520 litres = 80 640 litres
    3 888 000 litres = 100 %
    1 litre = 100 % / 3 888 000 litres
    80 640 litres font donc (100 % / 3 888 000 litres) * 80 640 = 2,07 %
    Réponse : 80 640 litres correspondent à 2,07 % du volume d'air d'une salle de gymnastique

6.3 Expérience : air inspiré et air expiré – tests de la bougie et à l'eau de chaux

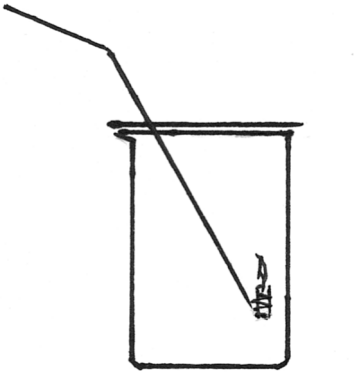
Brève description
Les tests de la bougie et à l'eau de chaux permettent aux élèves de constater que l'air qu'ils rejettent n'a pas la même composition que l'air ambiant.

<table>
<tr><td>Lien avec le PER: MSN 37-35</td><td>Durée : 30-45 minutes</td></tr>
<tr><td>Questions-clés
Quelles sont les différences entre l'air inspiré et l'air expiré ?
Qu'indique le test de la bougie ?
Qu'est-ce qui caractérise un test à l'eau de chaux positif ?
Quelles conclusions tirez-vous de ces deux tests ?</td><td>Matériel par groupe (test de la bougie)
Bécher de 500 – 1000 ml avec couvercle en carton
Morceau de fil de fer
Bougie (longue ou de réchaud)
Allumettes
Chronomètre
Élastiques à cheveux
Feuillet supplémentaire/carnet
Matériel par groupe (test à l'eau de chaux)
Deux tubes à essai avec bouchons
Support pour tubes à essai
Deux bouteilles en plastique (1,5 l)
Tube en plastique avec bouchon pour la bouteille
Bassine/bac
Eau de chaux ($Ca(OH_2)$) avec flacon compte-gouttes/pipette
Feutre pour transparents (résistant à l'eau)
Lunettes de protection</td></tr>
<tr><td colspan="2">Objectifs possibles
Les élèves sont capables
d'élaborer et de réaliser un protocole d'expérimentation simple (test de la bougie).
d'expliquer pourquoi la bougie s'éteint.
d'effectuer le test à l'eau de chaux selon les instructions.
de tirer des conclusions pertinentes à partir des résultats du test.</td></tr>
</table>

Partie 1 : *test de la bougie (durée de combustion)*

Problème, travail en groupe (2-3)
Les élèves étudient le matériel mis à leur disposition et élaborent un protocole d'expérimentation (feuillet supplémentaire ou carnet). L'enseignant contrôle la faisabilité et les risques du projet.

Protocole d'expérimentation pour le test de la bougie (proposition de solution)

<table>
<tr><td>Attentes</td><td colspan="2">• À partir de connaissances et de réflexions préalables ou d'expériences passées (durée de combustion dans des récipients de différentes tailles), on peut supposer que la durée de combustion dépend de la quantité d'oxygène.
• Si la durée de combustion d'une bougie dans de l'air expulsé n'est pas la même que dans l'air ambiant (air qu'on respire), cela montre que les teneurs en oxygène sont différentes dans les deux essais.
• Comme l'être humain absorbe de l'oxygène en respirant (cf. lab-air.ch), la durée de combustion de la bougie devrait être plus courte dans de l'air expiré.</td></tr>
<tr><td>Préparation</td><td colspan="2">Enroulez le fil autour de la bougie et courbez-le pour que la bougie allumée puisse tenir droite dans le bécher.
</td></tr>
<tr><td>Consignes de sécurité
</td><td colspan="2">Mesures de protection contre les incendies
• Détecteur de fumée : renseignez-vous auprès du concierge
• Si possible, aucun matériau inflammable à proximité de l'expérience
• Attachez les cheveux longs derrière la tête avec un élastique
• Pas d'écharpe, ni foulard ou cravate, pas de vêtements avec des manches amples
• Couverture anti-feu, éventuellement de l'eau
• Comportement en cas d'urgence</td></tr>
<tr><td>Démarche</td><td colspan="2">1. Maintenez la bougie allumée dans le bécher contenant de l'air ambiant, fermez-le avec le couvercle en carton et mesurez la durée de combustion.
2. Sous l'eau, remplissez le bécher avec de l'air expiré à l'aide du tube. Fermez-le avec le couvercle en carton.
3. Effectuez le test dans l'air expiré.</td></tr>
<tr><td>Protocole de mesure</td><td></td><td>Durée de combustion</td></tr>
</table>

		Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3
	Air inspiré			
	Air expiré			

Appréciation

- Échangez et comparez vos attentes / résultats.

  La durée de combustion est beaucoup plus courte dans de l'air expiré. Si, avant d'être expulsé, l'air est retenu env. 30 secondes, la durée de combustion peut être influencée.

- Discutez en classe de la qualité des mesures (constance de la démarche, mesure individuelle/valeur moyenne, etc.).

Approfondissement

- Cette réflexion sur la démarche personnelle et la comparaison avec d'autres groupes est essentielle pour la suite de l'activité scientifique.

Partie 2 : *test à l'eau de chaux*

Problème, travail en groupe (2-3)

L'eau de chaux a la propriété de devenir trouble et laiteuse au contact du dioxyde de carbone ou de l'acide carbonique. C'est cette propriété qui est utilisée pour le test à l'eau de chaux.

Test à l'eau de chaux (indications)

Information	Le dioxyde de carbone réagit avec l'eau : de l'acide carbonique se forme. $CO_2 + H_2O \Rightarrow H_2CO_3$ L'eau de chaux est une solution saturée d'hydroxyde de calcium ($Ca(OH_2)$). L'acide carbonique réagit avec l'eau de chaux pour former du calcaire difficilement soluble qui précipite →eau trouble et laiteuse. $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \Rightarrow \underline{CaCO_3} + 2\ H_2O$
Préparation	Les élèves étudient le matériel mis à leur disposition et réfléchissent à un protocole expérimental. Démarche inspirée des conclusions tirées des expériences sur l'air : verre d'eau et volume d'air respiré
Attentes	Les élèves anticipent le résultat de l'expérience : dans quelle éprouvette (celle contenant de l'air ambiant ou celle contenant de l'air expiré) l'eau de chaux devrait-elle devenir trouble et laiteuse ? Résultat positif : l'échantillon devient trouble et laiteux →air expulsé Résultat négatif : aucune réaction / réaction faible →air ambiant / inspiré
Documentation	Éventuellement, documenter le protocole expérimental avec des photos prises avec le portable

Consignes de sécurité 	L'eau de chaux est corrosive ! Phrases H (danger) et P (précaution) : H318, P305+P351+P338+P313 Éviter tout contact avec les yeux, les muqueuses (nez, bouche) et la peau ! Ne pas avaler ! →Porter des lunettes de protection, éviter toute projection ! →Le cas échéant, rincer abondamment à l'eau. Élimination des produits de réaction : le contenu des tubes dilué avec de l'eau peut être vidé dans l'évier.

Démarche	1. Marquer au feutre un I sur une éprouvette (pour air inspiré) et un E sur l'autre éprouvette (pour air expiré). 2. Mettez dans chaque éprouvette 2 cm d'eau de chaux. 3. Mélangez l'eau de chaux avec les échantillons d'air : • Avec la bouteille en plastique, le tube et le bouchon (n° 5), faites entrer de l'air frais dans l'éprouvette I à l'aide d'une pompe à vélo ou un gonfleur. • Avec la bouteille en plastique sous l'eau, le tube et le bouchon (n ° 5), faites entrer de l'air expiré dans l'éprouvette E.

Appréciation

	Test de l'eau calcaire		
Tube	**Échantillon**	**Observation**	**Résultat du test**
A	Air expiré	L'eau devient trouble et laiteuse	Positif
B	Air inspiré / frais	L'eau ne se trouble pas	Négatif

Approfondissement

- Qu'avez-vous pu démontrer avec les tests de la bougie et de l'eau calcaire ?

Test de la bougie : Il montre que l'air expiré contient moins d'oxygène que l'air ambiant.

Test à l'eau de chaux: Il montre que l'air expiré a une plus forte proportion de dioxyde de carbone que l'air ambiant.

- Quelles conclusions/suppositions en tirez-vous ?

Conclusion : L'oxygène est absorbé par le corps, et le dioxyde de carbone est rejeté.

Supposition : L'oxygène réagit dans le corps avec le carbone et forme du dioxyde de carbone.