

Dossier sur le smog hivernal
Quel est le rapport avec mon chauffage ?

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 : l'inversion thermique – reproduction expérimentale de la situation d'inversion 9
   6.2 Expérience : la poussière – voir et entendre les particules de poussière 11
   6.3 Expérience : échantillons de poussière – observation de la poussière au microscope 12
   6.4 Expérience : récolter de la poussière – où y a-t-il de la poussière? 15

1. De quoi s'agit-il ?

- Formation et effet d'une situation d'inversion
- Sources de poussières fines
- Différents types de poussière : source, taille des particules
- Profondeur de pénétration des particules de poussières fines dans le corps
- Mesures contre les poussières fines (ordonnance sur la protection de l'air OPair, filtre à particules)
- Répartition géographique de la charge en poussières fines
- Possibilités de réduire ses propres émissions de poussières fines

2. Objectifs

Les élèves sont capables

- d'expliquer les différences entre le smog et les poussières fines.
- de reconnaître qu'il existe des particules fines de différentes tailles et sont capables de montrer jusqu'où les particules peuvent pénétrer dans le corps en fonction de leurs dimensions.
- d'expliquer le rapport entre la pollution aux poussières fines et le smog hivernal.
- de citer les principaux facteurs qui favorisent les situations d'inversion et le smog hivernal.
- de décrire en quoi ils influent sur la charge en poussières fines.

3. Notions pertinentes

Inversion, smog, poussières fines primaires et secondaires, abrasion, combustion incomplète, PM10, PM0,1, poussières fines capables de pénétrer dans les poumons, suie, filtre à particules, allumer un feu selon les règles, aérer correctement, choix des moyens de transport

4. Opportunités d'apprentissage

Contenus Internet : env. 30 minutes
Journal d'apprentissage: env. 160 minutes

- Couverture nuageuse (10')
- Voies respiratoires et poussières fines PM10 (60')
- La charge en poussières fines près de chez toi (15')
- Analyse des valeurs moyennes de PM10 (30')
- Répartition des poussières fines (15')
- Approfondissement : rapport entre l'hiver et les poussières fines (30')

Expériences : env. 100 minutes

- Expérience : l'inversion thermique – reproduction expérimentale de la situation d'inversion (20')
- Expérience : la poussière – voir et entendre les particules de poussière (15')
- Expérience : échantillons de poussière – observation de la poussière au microscope (45')
- Expérience : récolter de la poussière – où y a-t-il de la poussière? (20')

5. Solutions et indications concernant le journal d'apprentissage

Couverture nuageuse (10 min)
Dessine, dans le schéma ci-dessous l'évolution, de la température en fonction de l'altitude ainsi que la couverture nuageuse sous laquelle s'accumulent les polluants.

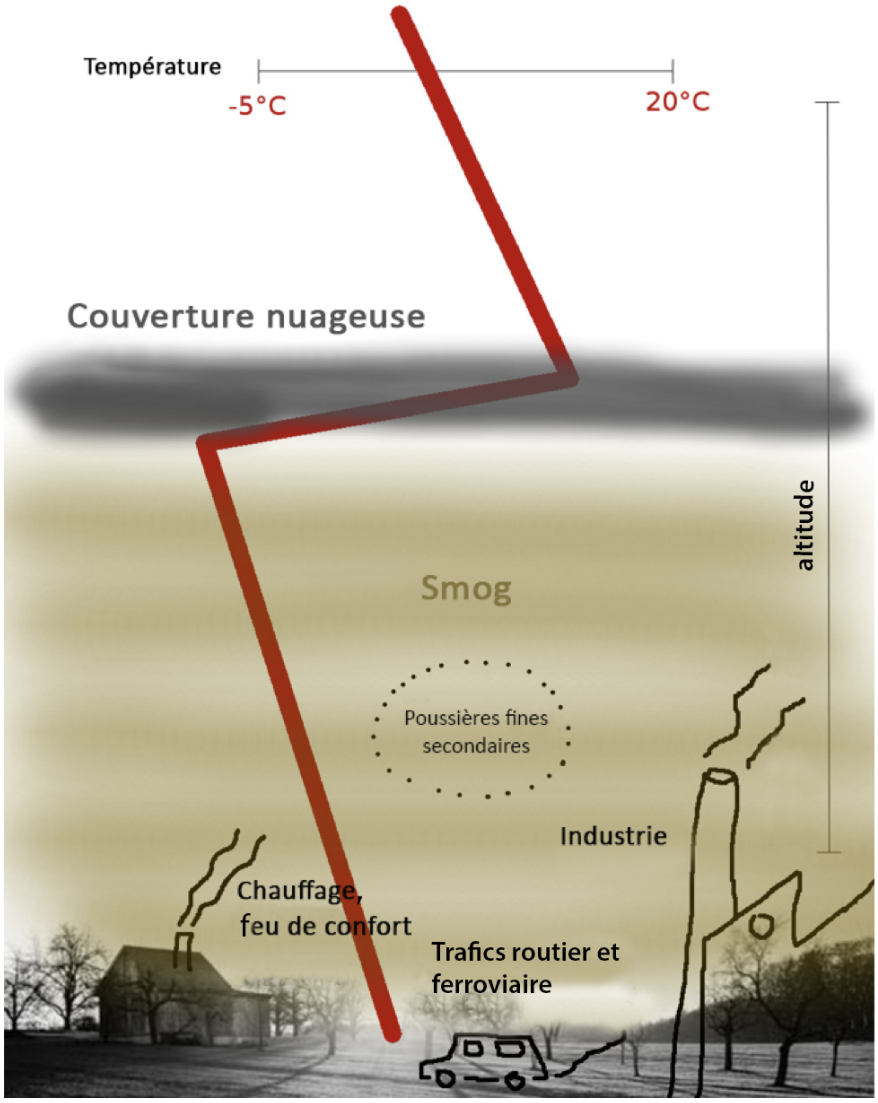


Figure 1 – solution « La ferme ». Source : Lernetz SA (2015).

Dessine sur la même figure trois sources de poussières fines.

Voies respiratoires et poussières fines PM10 (60 min)

Problème : représente des PM10 à une échelle agrandie.

Un porte-mine a une épaisseur de mine de 0,5 mm. Trace un trait. Suppose que l'épaisseur du trait correspond à 1 µm.

Taille réelle	*Grossissement*	*Modèle agrandi*
0,001 mm	*500x*	*0,5 mm*

D'après toi, combien fait 1 millimètre en taille réelle dans ton modèle ?

Taille réelle	*Grossissement*	*Modèle agrandi*
1 mm	*500x*	*500 mm*

Dessine à une échelle agrandie :

- l'épaisseur d'un cheveu,
- un grain de poussière PM10,
- une particule de poussière capable de pénétrer dans les poumons.

	En taille réelle	*Grossissement*	*À une échelle agrandie*
Épaisseur d'un cheveu	*0,04 à 0,12 mm*	*500x*	*20-60 mm*
Grain de poussière PM10	*Jusqu'à 0,01 mm*	*500x*	*Jusqu'à 5 mm*
Particule de poussière capable de pénétrer dans les poumons	*Jusqu'à 0,0025 mm*	*500x*	*Jusqu'à 1,25 mm*

Indique sur la figure où se trouvent, dans les voies respiratoires, les mécanismes de défense contre la poussière et les particules fines.

Astuce : tu peux t'aider de la vidéo de l'EMPA à partir de la 3e minute : www.youtube.com/watch?v=qLFR90oXC70 (en allemand)

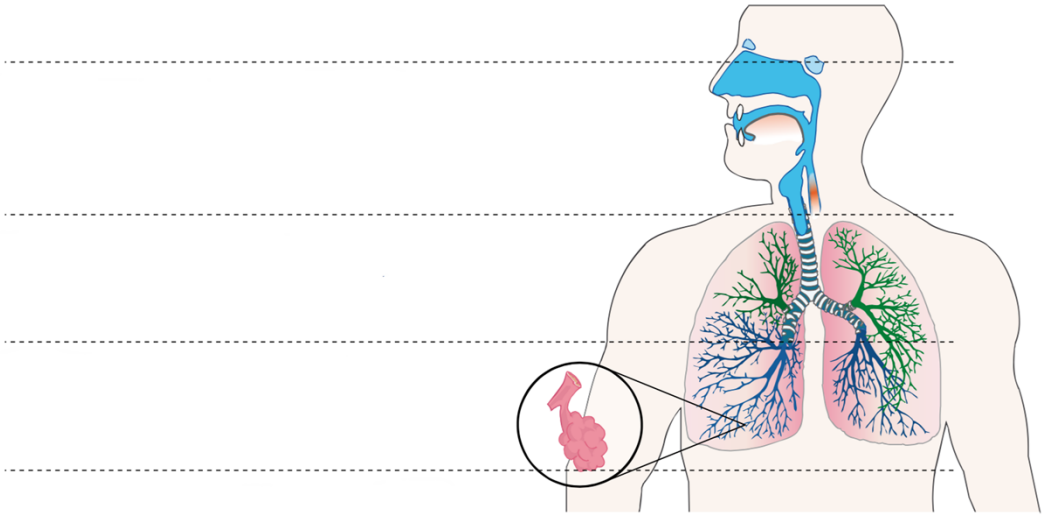


Figure 2 – voies respiratoires. Source : OFEV (2014).

Poils et muqueuses du nez : retiennent les particules de poussière > 20 µm.
Trachée supérieure : retient les particules de poussière > 10µm.
Voies respiratoires inférieures (cils vibratiles et muqueuses) : retiennent les particules de poussière de 5-10 µm.

Alvéoles pulmonaires : les cellules appelées « macrophages » absorbent les particules de poussière et les éliminent.

La charge en poussières fines près de chez toi (15 min)

Informe-toi sur Internet. Tu peux trouver des données actuelles concernant la pollution due aux poussières fines sur le site de l'OFEV www.bafu.admin.ch/index.html?lang=fr, dans la rubrique thématique *Air*, ou sur le site des services cantonaux de la protection de l'air www.cerclair.ch/fr/links/schweiz.

Consulte la carte de la pollution annuelle aux poussières fines en Suisse. Vis-tu dans un endroit très pollué ou peu pollué ?

Informe-toi sur les valeurs limites en vigueur pour les PM10 et compare-les avec la situation actuelle de ton lieu de domicile. La valeur limite journalière est-elle dépassée ? A-t-elle été souvent dépassée l'année dernière ? Pour quelle raison ?

Valeur limite (OPair) des poussières fines PM10
Moyenne annuelle : 20 µg/m³
Moyenne journalière : 50 µg/m³

Analyse des valeurs moyennes de PM10 (30 min)

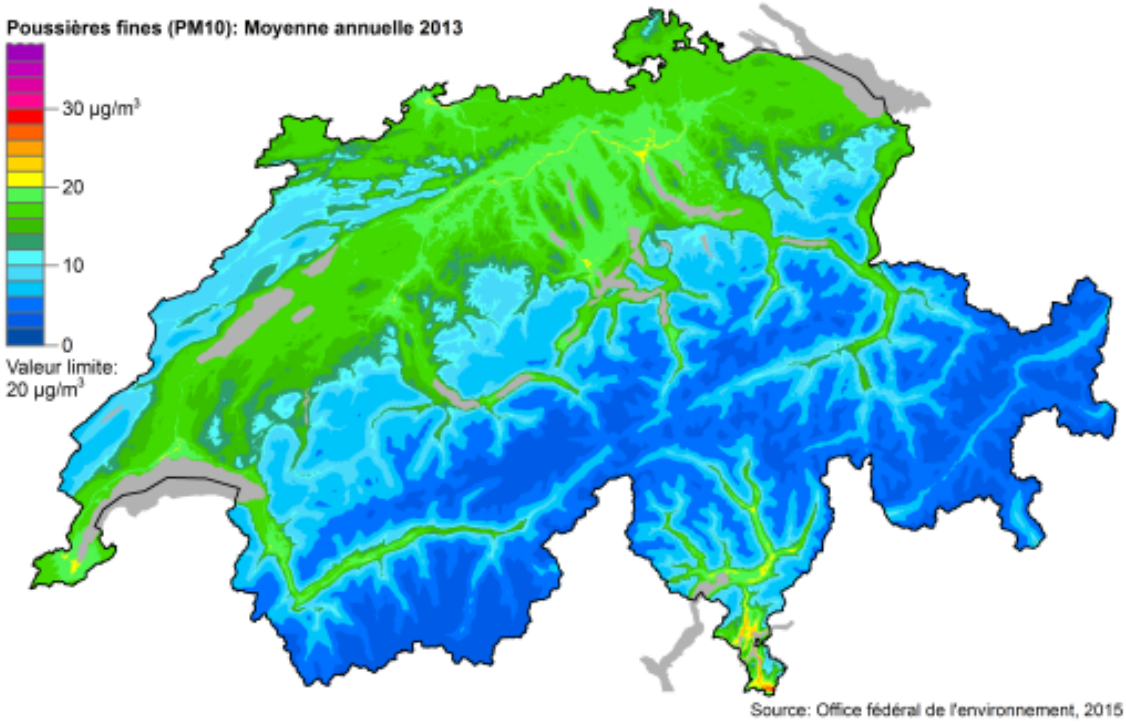


Figure 3 – moyennes annuelles de la charge en poussières fines (PM10) en 2013. Source : OFEV (2015).

Compare cette carte avec une carte routière de la Suisse. Qu'observes-tu ?

La charge en poussières fines est la plus élevée le long des grands axes de circulation et aux abords des grandes villes. Elle est au minimum en montagne, loin des routes, des villes, des sources de chaleur et de l'industrie.

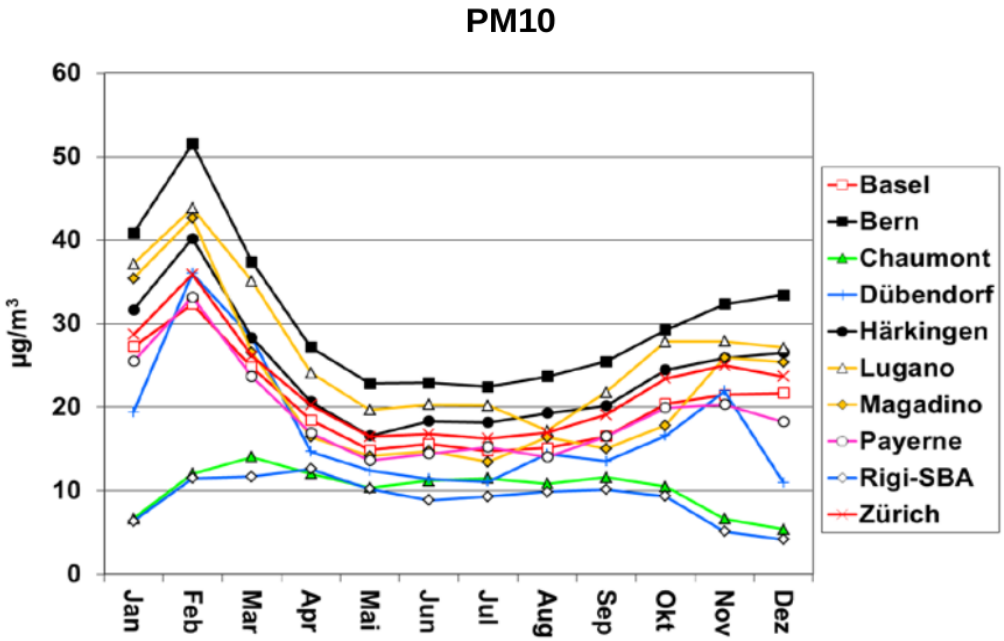


Figure 4 – évolution moyenne des valeurs mensuelles de PM10 (2003 à 2011). Source : OFEV (2015)

Étudie la figure 3. Que remarques-tu ?

De fortes concentrations de poussières fines apparaissent...

- *dans les vallées du Tessin, dans les grandes villes (Zurich, Genève, Lucerne, Berne, Bâle)*
- *le long des autoroutes à forte fréquentation*

On trouve les concentrations de poussières fines les plus basses dans les Alpes et dans le Jura.

Étudie la figure 4.
Cherche où se trouvent les différentes stations de mesures. Pourquoi enregistre-t-on des concentrations plus élevées à Berne qu'à Zurich ?
La station de mesure de Zurich se trouve dans un carré de pelouse du centre-ville (à la caserne). Il n'y a pas beaucoup de circulation à proximité directe. À Berne par contre, la station de mesure est directement située à un carrefour très fréquenté. De plus, la station de Berne est dans une rue encaissée, où le vent ne parvient pas à « chasser » correctement les poussières fines.

Qu'est-ce qui distingue les stations de « Chaumont » et du « Rigi » des autres ? Du point de vue des mesures et du point de vue géographique.
Les deux stations de mesure présentent une évolution très similaire et pondérée de leurs valeurs par rapport aux autres (pas de pic marqué en février et faibles valeurs en hiver). Cette distinction s'explique par la présence des stations en montagne où il y a moins de sources de poussières fines. De plus, en hiver, elles se trouvent généralement au-dessus de l'inversion.

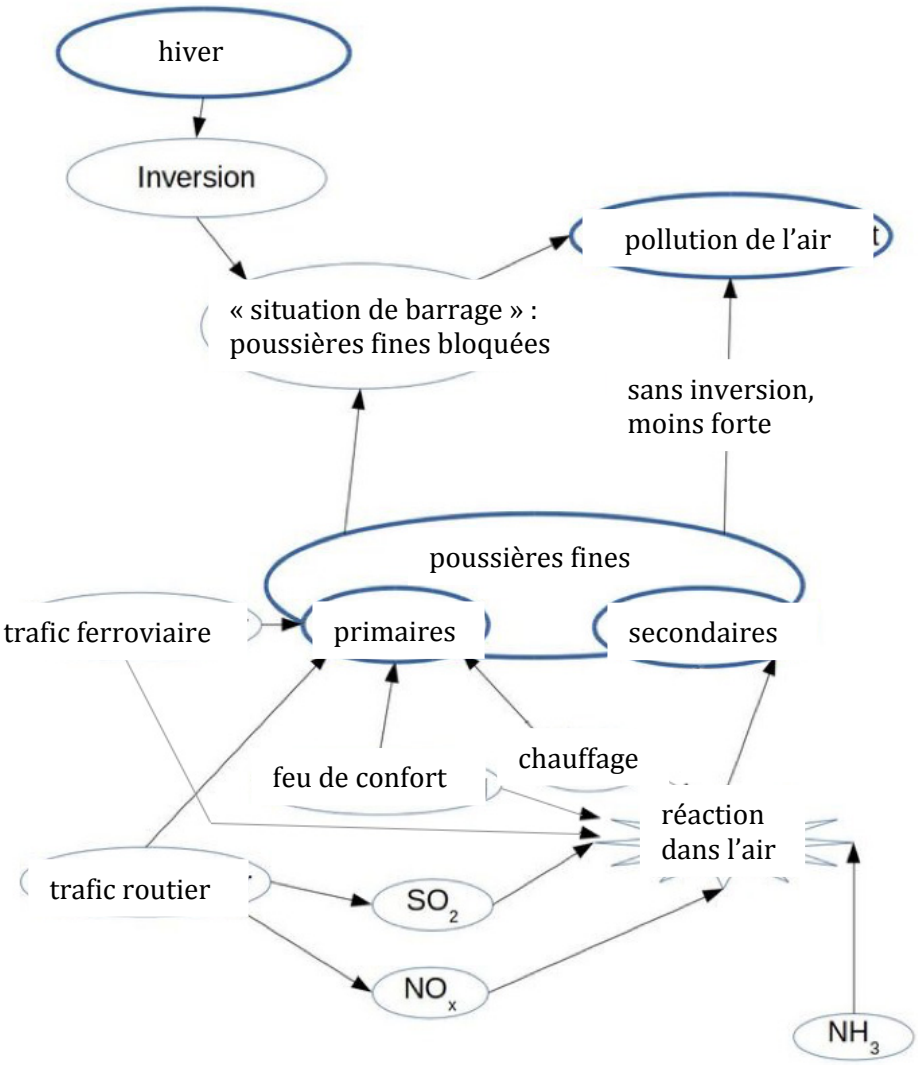
Répartition des poussières fines (15 min)

Réponds en quelques mots à la question suivante : les poussières fines posent-elles problème uniquement en hiver ? Justifie ta réponse. Tu peux faire référence à des sources sur Internet.

Non, des concentrations de poussières fines élevées peuvent aussi survenir en été. Seulement, la pollution touche davantage de personnes en hiver car, sous l'inversion, les poussières fines restent plus longtemps « bloquées », et la concentration augmente.

Approfondissement: rapport entre l'hiver et les poussières fines (30 min)

Montre quel est le rapport entre l'hiver et les poussières fines sur une carte heuristique (mind-map).



Complète ta carte heuristique avec d'autres sources de particules fines et indique où tu peux en influencer l'émission.

6. Solutions des expériences

6.1 Expérience : l'inversion thermique – reproduction expérimentale de la situation d'inversion

Brève description
Ce test de démonstration permet de reproduire à l'aide d'une expérience la situation d'inversion.

Lien avec le PER: MSN 36-35	**Durée :** 20 minutes
Questions-clés • Comment se produit une situation d'inversion ? • Qu'est-ce qu'une situation d'inversion ? • Pourquoi en situation d'inversion la concentration de polluants augmente-t-elle ?	**Matériel** • 2 béchers de 500 ml • Env. 15 glaçons • Paille ou • Seringue à gaz/grosse seringue avec tube • Cigarette, briquet, cendrier
Objectifs possibles Les élèves sont capables • d'expliquer ce qu'est une situation d'inversion. • d'expliquer pourquoi en situation d'inversion l'air n'est pas renouvelé et la concentration de polluants en contante augmentation.	

Indications
La fumée de cigarette peut être aspirée avec une seringue à gaz/grosse seringue et soufflée dans un bécher.

Préparation
- La veille : préparez des glaçons dans le compartiment à glace.
- Le jour de la démonstration : remplissez un bécher au ¼ avec les glaçons et placez-le env. 10 minutes au réfrigérateur.

Réalisation
Les élèves observent et notent leurs observations dans le tableau
1. *Démonstration : scénario été*
   a) Le verre non refroidi est posé sur la table.
   b) L'enseignant allume une cigarette, aspire la fumée avec une grosse seringue / seringue à gaz et la souffle précautionneusement et lentement au fond du bécher. Si l'opération est trop rapide, l'effet peut ne pas être perçu.

c) Éteignez la cigarette et mettez-la dans le cendrier.

2. *Démonstration : scénario hiver*
   a) Sortez le bécher refroidi du réfrigérateur.
   b) L'enseignant allume une cigarette, aspire la fumée avec une grosse seringue / seringue à gaz et la souffle précautionneusement et lentement au fond du bécher. Si l'opération est trop rapide, l'effet peut ne pas être perçu.
3. Discussion en classe sur les différentes observations faites.

Scénario été	Scénario hiver
Schéma de l'expérience Observations : Que se passe-t-il avec la fumée ? La fumée passe par-dessus les bords du bécher. Explication : L'air chaud a une densité (masse volumique) plus petite que l'air froid et monte. La fumée de cigarette chaude peut s'élever librement dans le bécher. L'expérience fonctionne d'autant mieux que la différence de température entre la fumée et l'air ambiant est importante.	Schéma de l'expérience Observations : Que se passe-t-il avec la fumée ? La fumée ne passe pas par-dessus les bords du bécher. Explication : Les glaçons refroidissent l'air à l'intérieur du bécher. Au fond du verre, l'air froid commence à s'accumuler. Comme l'air froid a une densité (masse volumique) plus importante que l'air chaud, il descend. À l'inverse, l'air chaud, moins dense, monte. À noter : c'est précisément ce phénomène qui permet à une montgolfière de gagner de la hauteur. À l'intérieur du verre, il se crée une sorte de lac d'air froid. L'air ambiant réchauffé à l'extérieur du bécher forme un couvercle et empêche l'air froid de monter. Conséquence : la fumée ne passe pas par-dessus les bords du bécher.

6.2 Expérience : la poussière – voir et entendre les particules de poussière

Brève description
Avec des moyens simples, les élèves peuvent rendre visibles et audibles des particules de poussière.

Lien avec le PER: MSN 36-35	**Durée :** 15 minutes
Question-clé • Comment peut-on percevoir la poussière ?	**Matériel** • poudre • un ballon de baudruche gonflé • une lampe de poche
Objectif possible Les élèves sont capables • de rendre visible et audible la poussière et réalisent que la poussière est présente dans de nombreux endroits.	

Réalisation

- Les élèves versent un peu de poudre ou de poussière sur le ballon en collant une oreille au ballon.
- Lorsque les élèves versent un peu de poudre ou de poussière à la surface du ballon et l'éclairent ensuite avec la lampe de poche en biais, ils peuvent voir la poudre.
- Les élèves doivent répondre aux questions suivantes :
  - Pourquoi entends-tu la poudre se répandre sur le ballon ?
    Le ballon agit comme une caisse de résonance qui amplifie le bruit léger de la poussière et le rend audible.

- Pourquoi vois-tu mieux la poudre lorsque tu éclaires en biais la surface du ballon ?
  Lorsque les grains de poussières sont éclairés de biais, ils projettent des ombres plus grandes et ont donc un profil plus important. Les objets doivent être éclairés avec une lumière oblique très forte – pour nos besoins, une lampe de poche suffit.

6.3 Expérience : échantillons de poussière – observation de la poussière au microscope

Brève description
À l'aide d'un microscope, observation d'échantillons de poussière provenant de la classe.

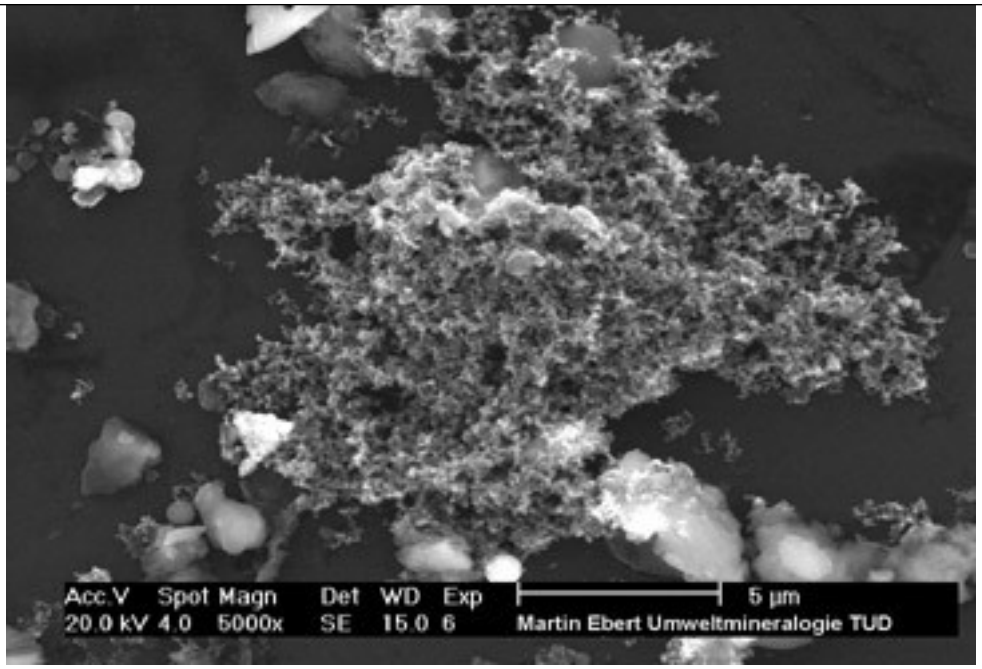
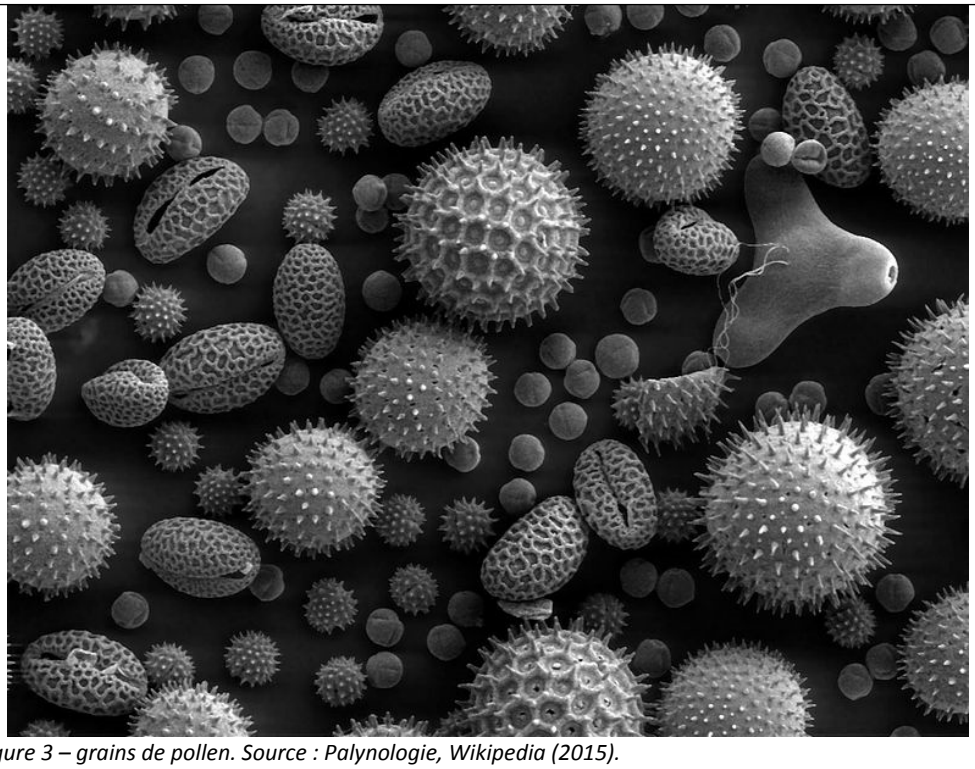
Lien avec le PER: MSN 36-35/37-35	**Durée :** 30-45 minutes
Questions-clés • À quoi ressemble la poussière de près ? • En quoi se distinguent les différentes sortes de poussière ?	**Matériel** • Ruban adhésif • Microscope • Support • Matériel pour prendre des notes et faire des croquis
Objectifs possibles Les élèves sont capables • de reconnaître la composition de la poussière de maison. • de se servir correctement du microscope. • de calculer le grossissement du microscope.	

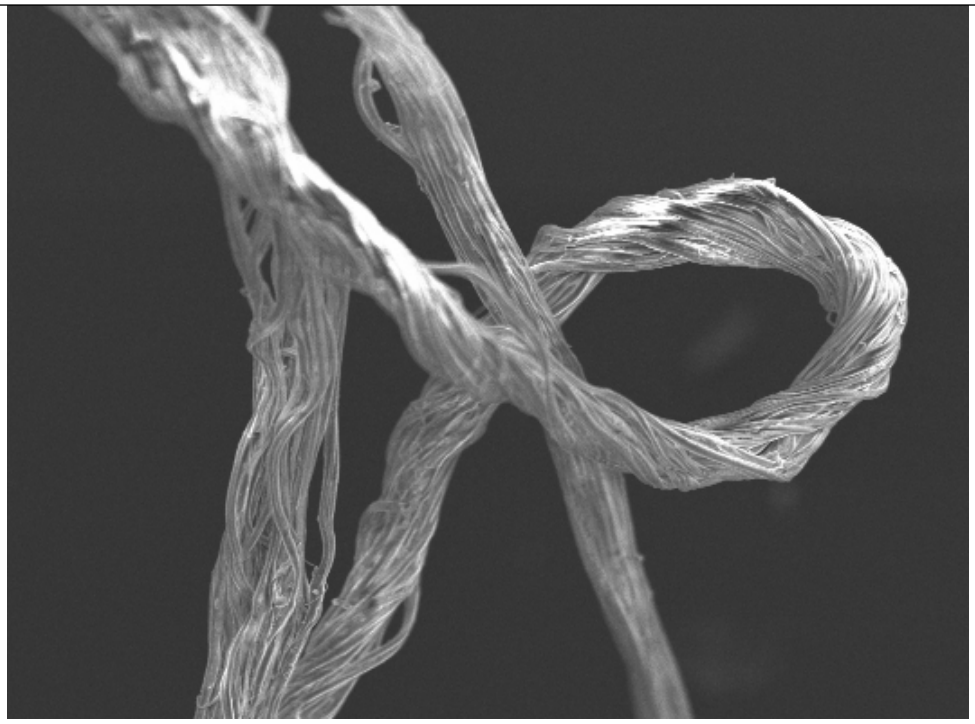
Préparation
La veille de l'expérience, les élèves doivent poser un morceau de ruban adhésif avec le côté collant vers le haut sur le rebord de la fenêtre ou sur une autre surface plane de la classe, et le laisser toute la nuit.

Réalisation
- Chaque élève doit avoir lu les instructions d'utilisation du microscope !
- Les élèves doivent essayer de reconnaître les différentes sortes de particules de poussière et les comparer sur Internet avec des photos de grains de poussière et tenter de les classer selon leur origine.
- Les élèves font un croquis de trois particules de poussière d'origines différentes.

Astuce : les classifications peuvent être : fibres (de vêtements), poussière minérale, particules de suie, abrasion (route, rail), grains de pollen.

Exemples de particules de poussière

Suie	 *Figure 2 – particules de suie. Source : Frankfurter Allgemeine (2011).*
Pollen	 *figure 3 – grains de pollen. Source : Palynologie, Wikipedia (2015).*

Fibres polymères (vêtements)	 *Figure 4 – fibres de vêtements. Source : Sauberer Himmel (2012).*

6.4 Expérience : récolter de la poussière – où y a-t-il de la poussière?

Brève description
Les élèves « pistent » la poussière.

Lien avec le PER: MSN 36-35	**Durée :** 20 minutes
Questions-clés • Où se dépose la poussière ? • Où la poussière s'accumule-t-elle ?	**Matériel** • Une feuille de papier blanc • Un chiffon à poussière • Une source de lumière forte, telle qu'une lampe de poche puissante ou une lumière de vélo
Objectifs possibles Les élèves sont capables • de reconnaître que la poussière est présente notamment dans les coins et sur les bords de fenêtre. • d'observer où la poussière se soulève.	

Indication
Cette expérience est à faire de préférence avec toute la classe en même temps. L'enseignant coordonne le début et la fin de l'expérience.