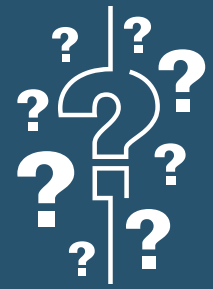


LES MINÉRAUX DANS NOTRE QUOTIDIEN



Connaître et comprendre
LES POUSSIÈRES



Quels sont les moyens de mesure des poussières ?

Sommaire



De façon générale, la mesure de la concentration des poussières dans l'air peut se faire :

- directement selon le principe de la gravimétrie : un prélèvement d'air est réalisé par une pompe à air avec un flux constant et connu, dirigé sur un filtre où se déposent les poussières ; en fin de mesure, le filtre est pesé et analysé lorsqu'on veut déterminer la nature des particules recueillies ; l'affichage immédiat du résultat de la pesée, et par conséquent de la concentration des poussières dans l'air est possible avec l'ajout d'une jauge bêta dont l'atténuation du rayonnement est proportionnel aux dépôts sur le filtre.
- indirectement par mesure optique avec un rayon lumineux diffracté par les particules, ou encore électrostatique avec l'ionisation autour d'une tige métallique exposée aux frottements des particules ; dans ces cas, l'affichage de la concentration est direct.

Les méthodes de références pour les prélèvements de poussières dans l'air sont basées à ce jour sur l'emploi de préleveurs fonctionnant sur le principe de la gravimétrie et équipés d'une pompe régulée pour un débit d'air donné passant au travers d'une tête de prélèvement sélective, elle-même calibrée pour une taille de particule.

Mesure en hygiène du travail

Les mesures destinées à évaluer l'exposition des travailleurs sont réalisées à l'aide de préleveurs individuels permettant d'échantillonner les poussières dans une zone proche des voies respiratoires. Ces appareils sont équipés d'une tête avec un cyclone permettant de prélever spécifiquement, soit la fraction inhalable des poussières, soit la fraction alvéolaire. La pesée des filtres permet ensuite de déterminer la masse de poussières prélevées : le volume d'air prélevé étant connu par le débit de la pompe de l'appareil, la concentration en poussières dans l'air inhalé par la personne peut ainsi être calculée. Pour déterminer la nature des particules, les filtres sont ensuite envoyés en laboratoire d'analyse : la diffraction aux rayons X ou la spectrométrie infrarouge permettent d'évaluer la silice cristalline et donc de calculer l'exposition des opérateurs.

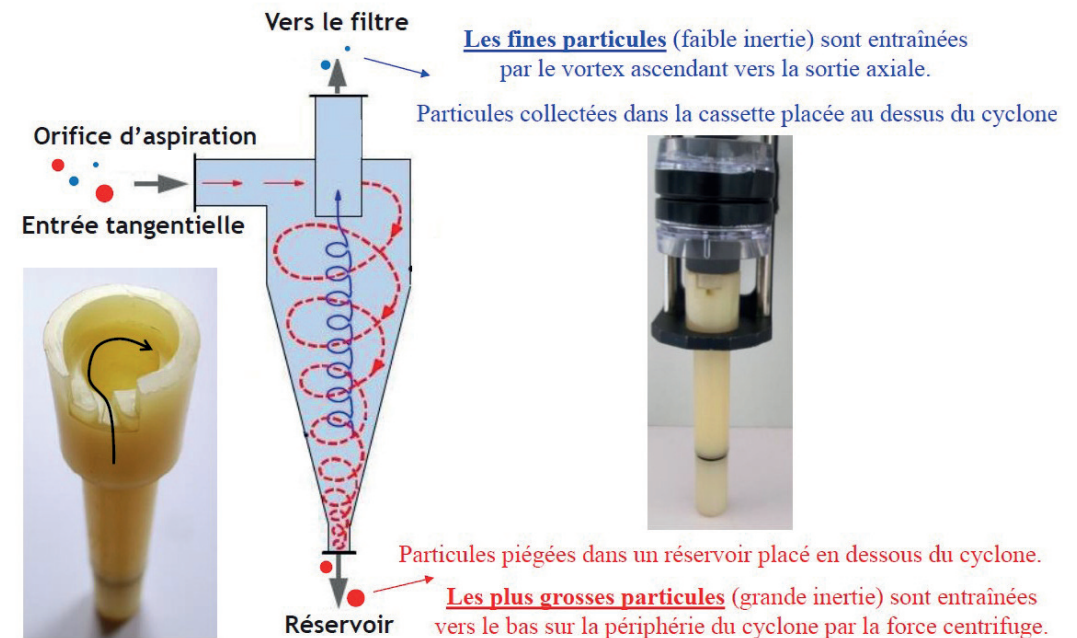


Schéma de fonctionnement d'un cyclone et photo d'un cyclone de type Dorr-Oliver



Quels sont les moyens de mesure des poussières ?



Le choix d'un modèle de préleveur obéit aux prescriptions liées principalement au type d'atmosphère et à la famille de poussières à échantillonner.

Le modèle le plus utilisé en carrière est un dispositif autonome de prélèvement, le CIP 10¹⁰ qui collecte les particules dans une coupelle rotative munie d'une mousse (voir schéma et photo). Il existe en trois versions pour prélever la fraction alvéolaire (R), thoracique (T) et inhalable (I). Son débit de prélèvement est calibré à 10 litres/minute.

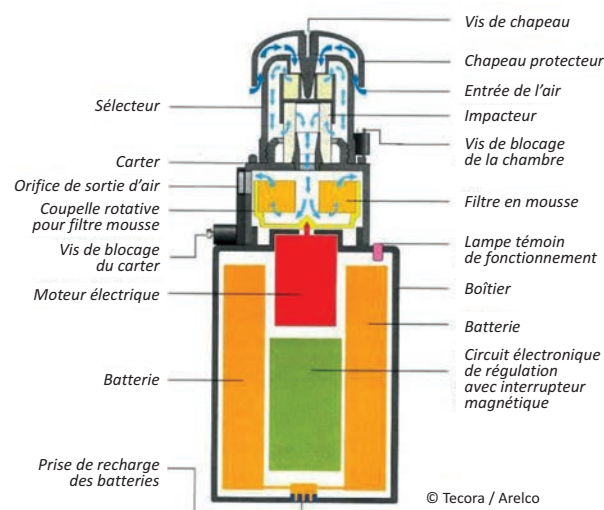


Schéma d'un CIP 10 en version alvéolaire



CIP 10



Compteur de particules par photométrie

Des appareils de mesures en temps réel – comme le photomètre présenté ci-contre – sont également utilisés pour :

- Détecter et localiser des émanations de poussières sur une plage de concentrations de 0 à 200 mg/m³.
- Déterminer des profils d'exposition pour l'identification des pics d'exposition, généralement indétectables par les méthodes traditionnelles de prélèvements.
- Aider à la mise en place d'une stratégie de prélèvements en fournissant une estimation des niveaux de pollution en divers endroits et à différents moments.
- Aider à la validation d'un système de captage ou d'assainissement de flux d'air empoussiéré.
- Sensibiliser les salariés en mettant en évidence, en temps réel, des expositions à des poussières qui ne se voient pas.

Pour une étude détaillée de l'exposition lors de tâches particulières, il existe des solutions permettant de coupler de tels appareils à un enregistrement vidéo et ensuite de visualiser parallèlement le film avec l'affichage des concentrations mesurées.

Mesures en environnement

L'évaluation de la qualité de l'air ambiant se fait suivant la Directive européenne révisée (résolution du 24 avril 2024) qui, en outre, donne les objectifs en termes de valeurs cibles pour prévenir ou réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble. Ces modalités, dites de référence, reposent en particulier sur des **préleveurs/analyseurs dont le débit nominal doit être au moins de 2,3 m³/h** (soit 38,3 litres/minute) conformément à la norme EN 12341 (2014) Air ambiant — Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique PM₁₀ ou PM_{2,5} de matière particulaire en suspension.

¹⁰ <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cip10/metropol-prelevement-cip10.pdf>



Quels sont les moyens de mesure des poussières ?



Un capteur de pollution transforme la concentration d'une particule (ou d'un gaz) dans l'atmosphère en un signal électrique permettant la mesure. Les appareils sont répertoriés « conformes à la méthode de référence » lorsqu'ils ont été testés répondant aux spécifications par un laboratoire accrédité, ou « équivalent à la méthode de référence » lorsque les tests s'appuient sur le guide européen de démonstration d'équivalence et soumis à recalibration. On trouve sur le site du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air la liste des analyseurs-préleveurs référencés, ainsi que le référentiel technique national pour assurer les mesures des polluants dans l'atmosphère (TEOM, BAM, FIDAS).

Ces appareils sont équipés pour transmettre en temps réel les informations sur les concentrations mesurées en PM (10, 2,5 et le plus souvent 1) et sont le plus souvent équipés de batteries de prélèvements sur filtres afin d'assurer, sur un pas de temps programmable, des échantillons de particules pour analyse chimique.



© DC/Sm

Région PACA - station de mesure expérimentale en périphérie de carrière : néphélomètre PM10 + station météo + batteries + panneaux solaires

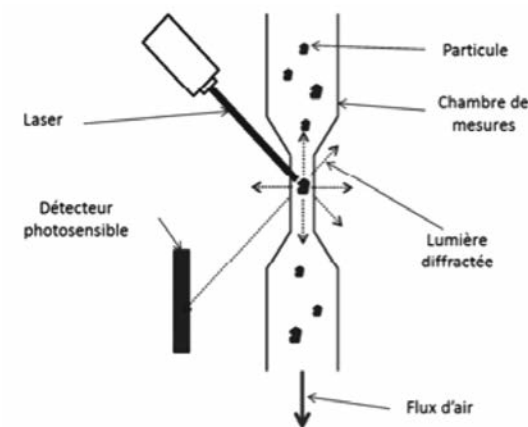
Depuis quelques années, la miniaturisation des équipements a mis sur le marché des micro-capteurs et des micro-préleveurs, moins volumineux, moins coûteux, donc plus facilement mis en œuvre, tout en intégrant des dispositifs de télétransmission corrélés à des interfaces de traitement de données et d'alarme.

Le Laboratoire Centrale de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA), s'appuyant sur les travaux européens, a précisé la définition des instruments répondant au nom de « micro-capteur » :

- D'un coût très significativement inférieur
- D'un poids et d'un encombrement très modestes
- D'un affichage directement lisible

Les micro-capteurs de particules (PM10, PM2,5, PM1) ont actuellement une technologie basée sur la diffraction de la lumière : ils sont regroupés sous le nom d'OPC (Optical Particle Counter). Coupe schématique d'OPC.

Chaque particule qui passe devant le faisceau de lumière en diffracte une partie vers la photodiode (détecteur photosensible). La figure de diffraction captée est directement liée à la taille des particules et à leur nombre, c'est-à-dire leur densité dans l'espace qu'elles occupent. En fonction d'un étalonnage avec des particules de référence, le logiciel (boîte noire du capteur) en déduit une concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par taille de particule (entre 10 et 1 μm).



Principe de fonctionnement d'un détecteur de particules dans un flux d'air



Quels sont les moyens de mesure des poussières ?



De bonnes corrélations avec la méthode de référence, en sites périurbain et urbain sont généralement obtenues. Cependant les nombreux essais réalisés, en particulier dans les carrières, montrent que :

- Certains phénomènes météorologiques perturbent les mesures (brouillard, condensation, vent fort...)
- Les panaches de poussières (fortes concentrations) provoquent la saturation du capteur
- Les grosses particules sont mal identifiées (interprétées comme plusieurs particules)

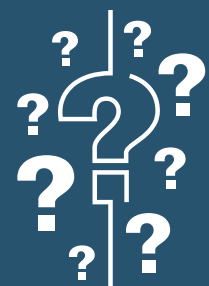
Ainsi, **les micro-capteurs - dans les technologies actuelles - doivent être réservés à la surveillance extérieure des sites** (là où les concentrations restent très inférieures aux seuils de saturation) en appui d'un ou plusieurs analyseur(s)/préleveur(s) séquentiel(s) implanté(s) à proximité des sources principales d'émissions.

La miniaturisation des équipements concerne également les préleveurs de particules bas-débit (de 1 à 4,5 litres/min) qui peuvent être alimentés sur batterie (ou par panneaux solaires) avec des impacteurs PM10 ou PM2,5. Et, contrairement aux micro-capteurs, **les essais de micro-préleveurs réalisés en carrières montrent une bonne corrélation avec les mesures gravimétriques de référence.**

Enfin, la surveillance de sites comme les carrières et les installations de traitement dont les émissions sont dominées par des particules denses qui sédimentent très rapidement, porte généralement sur les dépôts atmosphériques :

- Pratiquée avec des jauges suivant la norme NF X43-014 (novembre 2017) pour une détermination des retombées atmosphériques totales (dépôts secs et dépôts humides)
- Pratiquée avec des plaquettes suivant la norme NF X43-007 (décembre 2008) pour une détermination des dépôts secs

Les études ont montré que les dépôts de poussières en carrière comme à proximité des installations de traitement étaient composées de particules grossières (plus de 100 μ) et aussi de particules fines pouvant aller jusqu'à moins de 0,1 μ .



> Retrouvez directement chaque question :

Que sont les poussières ?

Quels sont les risques liés à l'inhalation des poussières ?

Quels tonnages sont extraits des carrières en France ?

Quels sont les procédés de production ?

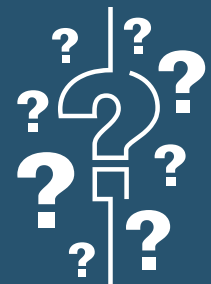
Quels sont les moyens de prévention contre les poussières ?

Quels sont les moyens de mesure des poussières ?

Quels sont les résultats ?

Quelle est la réglementation ?

> Aller au glossaire



Sigles, abréviations et éléments de vocabulaire

Sommaire



B

BAM : Analyseur certifié de particules (*Voir Clean Air*)

BPCO : Bronchopneumopathie chronique obstructive

BTP : Bâtiment & Travaux Publics

C

CIP 10 : Capteur Individuel de Poussières

CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

E

EMCAIR : Émissions des Carrières dans l'Air : programme lancé par l'UNPG de 2015 à 2018 retenu par l'ADEME dans le cadre des financements CORTEA

F

FIDAS : Fidas 2000 Analyseur optique certifié mesure de particules (*voir FranceEnvironnement*)

L

LCSQA : Laboratoire Centrale de Surveillance de la Qualité de l'Air

M

MIF : Minéraux Industriels - France

MP : Maladie Professionnelle

Mt : Million de tonnes

O

OPC : Optical Particle Counter

P

PM : Particulate Matter

PMA : Particules minérales allongées

PSES : Poussières sans effet spécifique

S

SECTEN : Rapport de référence sur les émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques en France par secteurs d'activités économiques

Si : Silicium

Sim : Société de l'industrie minérale

SiO₂ : Dioxyde de silicium

T

TEOM : Analyseur certifié de particules (*Voir Ecomesure*)

TSP (PTS) : Total suspended particulate (Particules totales en suspension)

U

UNICEM : Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux

UNPG : Union Nationale des Producteurs de Granulats





© DC/Sim



Société de l'industrie minérale

17 rue Saint-Séverin - 75005 Paris - France

www.lasim.org - contact@lasim.org

Tél. +33 (0)1 53 10 14 70