

Prélèvement actif des gaz, vapeurs et aérosols semi-volatils

Introduction

Le prélèvement actif de gaz, de vapeurs ou d'aérosols semi-volatils se fait par association d'un organe de pompage et d'un ou plusieurs dispositifs adaptés aux polluants d'intérêt. De nombreux paramètres influent sur le prélèvement, il est donc nécessaire, tant dans la phase de mise au point que dans l'utilisation sur le terrain, de respecter un certain nombre de recommandations pour mener à bien un prélèvement représentatif permettant une évaluation d'exposition la plus juste possible.

Table des matières

Principe général du prélèvement.....	3
Adsorption sur un support solide	3
Prélèvement des gaz et vapeurs	4
Choix du support de prélèvement.....	4
Choix du débit de prélèvement	5
Prélèvements à faibles débits.....	5
Les matériels.....	6
Echantillonnage mixte d'aérosols semi-volatils	6
Etat des connaissances et problématique	6
Caractéristiques physiques de l'aérosol semi-volatil dans l'atmosphère.....	6
Aérosol semi-volatil : définition / identification	7
Prélèvement et collecte d'un aérosol semi-volatil	9
Bibliographie.....	11
Historique.....	11
Contact.....	11

PRINCIPE GENERAL DU PRELEVEMENT

Les méthodes indirectes de prélèvement sont les méthodes où les polluants présents dans l'air sont prélevés ou filtrés puis analysés de manière différée au laboratoire. L'analyse peut être qualitative, c'est-à-dire que les substances sont uniquement identifiées, ou quantitatives, et dans ce cas, la concentration atmosphérique des substances est déterminée. La métrologie des composés semi-volatils ou volatils doit faire face à plusieurs difficultés :

- ◆ La diversité des familles chimiques de polluants
- ◆ L'état physique du polluant : gazeux, particulaire, voire les deux
- ◆ La diversité des concentrations rencontrées pouvant s'étaler sur plusieurs ordres de grandeur
- ◆ La multiexposition parfois importante
- ◆ La réactivité et l'instabilité des polluants piégés
- ◆ Les limites techniques associées aux dispositifs de prélèvement

Pour toutes ces raisons, la métrologie des composés volatils ne peut pas offrir une solution universelle mais doit composer avec différentes techniques, différents adsorbants et différentes conditions d'utilisation, pour proposer la solution la plus adaptée à l'évaluation de chaque polluant.

Les gaz et les vapeurs peuvent être prélevés sur différents supports. Ces supports sont insérés dans des tubes, cartouches ou cassettes pour former le dispositif de prélèvement. L'évaluation de l'exposition aux composés semi volatils nécessite un prélèvement simultané des fractions gaz ou vapeur et particulaire, ce qui implique l'association d'un dispositif de prélèvement de l'aérosol et d'un dispositif de prélèvement des gaz et vapeurs. Cette association implique des contraintes d'utilisation supplémentaires.

Les méthodes MétroPol précisent quel dispositif est nécessaire pour réaliser le prélèvement d'une substance choisie.

ADSORPTION SUR UN SUPPORT SOLIDE

L'adsorption est un phénomène de rétention physique d'une molécule à la surface d'un solide généralement poreux. La molécule se fixe sous la forme vapeur ou liquide formant un film moléculaire ou atomique en surface : l'adsorbat. Les interactions entre le support solide et la molécule adsorbée peuvent être plus ou moins fortes, impliquant une énergie plus ou moins importante. Par conséquent, la libération des molécules du support, appelée désorption, nécessitera un apport énergétique plus ou moins important.

L'adsorption peut se faire sans que la molécule ne change de structure chimique. Il s'agit de la physisorption. Elle peut aussi s'accompagner d'un changement de structure chimique, il s'agit dans ce cas de chimisorption, préférée lorsque la molécule à piéger est instable ou pour augmenter la sensibilité du moyen analytique.

Comme l'adsorption est un phénomène de surface, il est important d'utiliser des supports offrant une grande surface d'échange avec l'air, c'est pourquoi ces supports sont souvent des solides poreux. La surface disponible est généralement caractérisée par la **surface spécifique** qui représente la superficie disponible rapportée à une unité de masse (m^2/g). La surface spécifique est mesurée grâce à la technique BET (Brunauer, Emmett et Teller) qui détermine l'isotherme d'adsorption de l'azote.

L'adsorption chimique ou chimisorption est spécifique et met en jeu un échange d'électrons entre l'adsorbant et l'adsorbat. Les molécules forment des liaisons fortes, covalentes ou ioniques. La molécule piégée est modifiée, ce qui rend le processus souvent irréversible et exothermique (énergie libérée ≈ 10 kcal/mole). La capacité d'adsorption est directement liée au nombre de sites par unité de surface.

Exemples d'application

Silice imprégnée de DNPH pour les aldéhydes

Filtres imprégnés d'acétate de cadmium et glycérine pour l'hydrogène sulfuré.

En pratique, il s'agit soit d'un support adsorbant disposé dans le tube de verre scellé à ses deux extrémités et maintenu entre des tampons de laine de verre ou de quartz soit de la mousse inerte chimiquement. Le support est la plupart du temps divisé en deux plages successives. La première plage que rencontre l'air lorsqu'il est prélevé, est appelée la plage de mesure. L'analyse de cette plage est utilisée pour calculer la concentration atmosphérique. La seconde plage, plus petite, contient généralement une quantité de support égale à la moitié de celle de la première plage, et est appelée plage de garde. Elle permet de vérifier que la capacité de piégeage de la première plage n'a pas été dépassée ou que les composés piégés sur la première plage n'ont pas migré ou diffusé sur la deuxième plage. Le tube possède donc un sens de prélèvement qui est indiqué par une flèche imprimée à l'extérieur du tube. Les deux plages de support sont analysées de manière séparée et le prélèvement est jugé valide si la quantité de substance mesurée sur la plage de garde, est inférieure à 5% de la quantité mesurée sur la plage de mesure.

Les quantités de support par tube sont variables et permettent de sélectionner le tube le mieux adapté à l'application.

D'un point de vue pratique pour l'analyse, il convient dans un premier temps de couper l'extrémité du tube du côté plage de mesure, de récupérer dans un flacon en verre le support de la plage de garde, ainsi que la mousse ou la laine de verre qui se situe à l'entrée du tube. Certaines substances peuvent en effet s'adsorber ou diffuser dans ce tampon, et l'éliminer pourrait conduire à une sous-évaluation de la concentration atmosphérique. Le tube peut ensuite être à nouveau découpé dans la région centrale, à proximité de la plage de garde. Le tampon séparant les deux plages, ainsi que la seconde plage sont alors recueillis dans un autre flacon de verre pour leur désorption.

PRELEVEMENT DES GAZ ET VAPEURS

CHOIX DU SUPPORT DE PRELEVEMENT

Le choix d'un support approprié pour piéger un type de molécules est essentiellement dicté par ses affinités avec ces molécules. Mais il dépend également de la capacité du support à discriminer les molécules cibles des co-polluants présents dans l'air, le plus commun étant l'eau. L'humidité est en effet toujours présente dans les environnements de travail et parfois en grande quantité. L'eau entre en compétition avec les molécules cibles pour l'adsorption et les quantités d'eau dans l'air sont parfois supérieures de plusieurs ordres de grandeur aux quantités de molécules cibles. Le caractère hydrophile/hydrophobe du support est donc essentiel dans le choix. Les caractéristiques physico chimiques du matériau permettent également le choix du solvant qui sera utilisé pour la désorption. Certains polymères poreux sont, par exemple, solubles dans les solvants chlorés. En ce qui concerne les propriétés physiques, la distribution des diamètres de pores, le volume poreux et la surface spécifiques sont des paramètres utiles pour caractériser la capacité de piégeage des supports adsorbants.

La quantité de support solide utilisée pour le prélèvement doit être compatible avec la quantité de polluant et de co-polluants à piéger. La capacité de piégeage détermine les conditions du prélèvement : débit de pompage et temps de prélèvement. Les polluants peuvent migrer sur le support ou le saturer au cours du prélèvement, le piégeage n'est alors plus quantitatif, c'est le phénomène de claquage ou de perçage. Il est nécessaire de connaître le volume pour une température et un débit d'air donnés où apparait ce phénomène qui traduit les limites de l'adsorption : consommation du réactif pour la chimisorption, utilisation de toute la surface disponible dans le cas de la physisorption.

Il existe cinq familles d'adsorbants principalement utilisées pour les gaz et vapeurs :

- ▶ Le charbon actif, le plus utilisé car facile à fabriquer et peu coûteux : il est issu de la pyrolyse de substrats naturels comme les coques de noix de coco ou certaines essences de bois. Il présente une

très grande surface spécifique et met en jeu des interactions assez fortes de type Van Der Waals ce qui lui confère des propriétés d'adsorption importantes. L'importance des forces d'interaction nécessite l'utilisation de solvant pour la désorption des substances piégées. Le charbon actif est particulièrement adapté pour le piégeage des composés organiques volatils peu polaires à polaires.

- ▶ Les graphites sont des matériaux constitués de la superposition de feuillets hexagonaux de carbone, la distance entre les feuillets est constante (0,336 nm). Les interactions sont dues à la présence des liaisons π des carbones conjugués, et sont beaucoup moins fortes que celles mises en œuvre dans le charbon actif. La capacité de piégeage est plus limitée également en raison de l'absence de porosité, les molécules étant alors adsorbées dans l'espace inter-feuillets.
- ▶ Les polymères poreux ont été développés initialement pour piéger les molécules les plus polaires. La structure poreuse est construite par polymérisation, ce qui permet de maîtriser parfaitement la géométrie des particules et leurs pores. Certains polymères poreux sont solubles dans les solvants d'extraction usuels, ils sont par conséquent préférentiellement utilisés pour la désorption thermique.
- ▶ Les tamis moléculaires, assemblage souvent minéral de type zéolithe, carbone ou verre microporeux ont une grande capacité à piéger les molécules de petite taille telles que les gaz permanents ou l'eau. La taille des pores est fixe pour un type de tamis ce qui peut rendre son utilisation spécifique au piégeage de certaines substances en particulier. Ces supports présentent une grande surface spécifique et une grande affinité pour l'eau, ce qui peut être un inconvénient en raison des phénomènes d'adsorption compétitive et également pour l'analyse. De nombreux appareils d'analyse ou leurs détecteurs sont particulièrement sensibles à l'eau.
- ▶ Les adsorbants inorganiques (gel de silice, alumine, Florisil®, Hopcalite...) possèdent également une structure cristalline qui leur confère une porosité importante. Ils sont utilisés pour le piégeage des composés polaires à très polaires. La plupart de ces supports se caractérisent par une grande affinité vis à vis de l'eau, qui est parfois source de problème pour l'adsorption mais également pour l'analyse. Le gel de silice est un support souvent utilisé pour le dépôt d'agent de dérivation chimique pour la chimisorption.

Les méthodes MétroPol indiquent quel adsorbant utiliser pour les substances validées.

CHOIX DU DEBIT DE PRELEVEMENT

Le débit d'air au travers du tube de prélèvement est essentiel pour garantir un résultat correct. La limite basse de la valeur du débit de prélèvement est contrainte par la sensibilité de la technique analytique utilisée pour la quantification. En effet, il est nécessaire que la quantité de matière prélevée sur le support soit supérieure à la quantité minimale quantifiable par la technique analytique. La quantité minimale exigée de matière collectée sur un support ou sur un filtre doit correspondre à une exposition de 8h à une concentration égale au dixième de la Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP). La limite haute du débit de prélèvement est contrainte par la capacité de piégeage du support et par les phénomènes de transport par diffusion dans le support au moment du prélèvement. Cette valeur est donc fonction du type de support, de sa quantité et de la nature des polluants piégés. La quantité maximale exigée de matière collectée par le support sans qu'il y ait claquage doit correspondre au moins à une exposition de 8h à une concentration égale à deux fois la VLEP.

L'amélioration des performances analytiques autorise aujourd'hui une réduction des débits de prélèvement pour les gaz et vapeurs, l'utilisation de tubes de petite taille et par conséquent, de plus faibles quantités de solvants pour l'extraction.

PRELEVEMENTS A FAIBLES DEBITS

Les dispositifs de prélèvement aux très faibles débits doivent permettre d'utiliser les adsorbants spécifiques à la désorption thermique en prélèvement actif, sur une durée compatible avec la mesure d'une VLEP-CT ou

d'une VLEP-8h.

Certaines pompes permettent de garantir un prélèvement sur 8h à des débits inférieurs ou égaux à 10 millilitres par minute ; pour les pompes qui ne tiennent pas ce débit, il est préconisé d'utiliser un diviseur de débit.

Le prélèvement actif avec une pompe fonctionnant à un très faible débit, de l'ordre de quelques millilitres par minute, répond au développement de la désorption sans solvant, par décrochage thermique des polluants retenus sur le support. Le très faible débit de la pompe va permettre de prélever pendant 8 heures un volume d'air limité de 2 à 10 litres. Le faible volume prélevé sera cependant suffisant pour identifier et quantifier les polluants visés au dixième de leur valeur limite d'exposition professionnelle.

Les matériels

Plusieurs fournisseurs proposent des matériels dédiés ou susceptibles de réaliser des prélèvements à des débits de quelques millilitres par minute : pompes très faibles débits, adaptateurs pour modifier le registre de pompes fonctionnant à des débits plus élevés, porte-tubes comportant une division de débit ...

Parmi ces matériels, plusieurs semblent répondre aux spécifications suivantes, nécessaires à la réalisation des prélèvements sur une durée de 8 heures (mesure d'une VLEP-8h) ou 15 minutes (VLCT-15mn):

- ◆ Encombrement, poids, autonomie et niveau sonore compatibles avec un port du matériel pendant 8 heures,
- ◆ Compensation de la perte de charge du dispositif de prélèvement sur la durée du prélèvement,
- ◆ Stabilité du débit dans un environnement changeant, mouvement du porteur, température, vibration ...

Des dispositifs permettent d'étalonner ces pompes aux très faibles débits, tels que les débitmètres à lame de savon ou piston graphite équipés d'une cellule "faibles débits". L'incertitude affichée par les constructeurs au seuil du millilitre par minute est voisine de 2%.

Il appartiendra à l'utilisateur de vérifier auprès du fournisseur que le matériel réponde aux recommandations de la norme NF EN ISO 13137.

L'utilisation de porte-tubes intégrant une division du débit, et un évent qui amortira leurs fluctuations, peut permettre l'utilisation des pompes "forts débits".

ECHANTILLONNAGE MIXTE D'AEROSOLS SEMI-VOLATILS

ETAT DES CONNAISSANCES ET PROBLEMATIQUE

Caractéristiques physiques de l'aérosol semi-volatil dans l'atmosphère

Un aérosol semi-volatil est constitué d'une substance présente sous la forme de vapeurs et de particules. Un échange permanent a lieu entre ces deux phases, depuis la source d'émission jusqu'au salarié exposé. Cet

échange se réalise en fonction des conditions environnementales rencontrées, telles que la température, la concentration en vapeurs et particules de la substance dans l'air, la distance entre source et salarié et, dans une moindre mesure, la pression et l'humidité de l'air.

De ce fait, un salarié est exposé à des phases particulaire et gazeuse d'une substance, en perpétuelle variation.

Des modèles de calculs permettent de déterminer les concentrations des deux phases en fonction des paramètres environnementaux cités ci-dessus. La majorité de ces modèles sont issus de la science de l'atmosphère environnementale. Cependant, ces modèles sont peu utilisables dans le cadre de l'évaluation de l'exposition des salariés, car beaucoup de paramètres doivent être connus et mesurés avant calcul. Par ailleurs, le calcul de l'exposition réelle des salariés ne peut être réalisé par ce biais.

Seul un prélèvement individuel peut apporter une estimation fiable de l'exposition d'un salarié exposé à ce type d'aérosol.

Aérosol semi-volatile : définition / identification

Bien que la dénomination de « composé organique semi-volatile (COSV) » soit largement employée, il est très difficile d'en donner une définition consensuelle claire.

L'Agence pour la protection de l'environnement américaine (EPA) propose de définir les COSV selon leur point d'ébullition, compris entre 240 et 400 °C. Même si cette définition est pragmatique, elle est néanmoins imprécise.

Le paramètre physique qui mesure la capacité d'un composé à s'évaporer est la pression de vapeur saturante, notée P_{vs} et exprimée en Pascals (Pa) et non la température d'ébullition, notée T_{eb} (°C), qui définit pour une pression donnée la température à partir de laquelle la totalité du liquide passe sous forme vapeur. Les deux paramètres sont parfois liés, mais en fonction de la nature de la molécule étudiée, ils peuvent ne pas être corrélés.

La figure 1 représente la pression de vapeur saturante en fonction de la température d'ébullition pour 254 composés présents dans la base de données MétroPol. Une corrélation peut être observée entre les deux paramètres uniquement pour les composés les plus volatils avec $10 \text{ Pa} < P_{vs} < 107 \text{ Pa}$ et $-100 \text{ °C} < T_{eb} < 240 \text{ °C}$, même s'il existe des exceptions. Pour les composés à pression de vapeur inférieure, la dispersion des points ne permet plus de corrélation entre P_{vs} et T_{eb} .

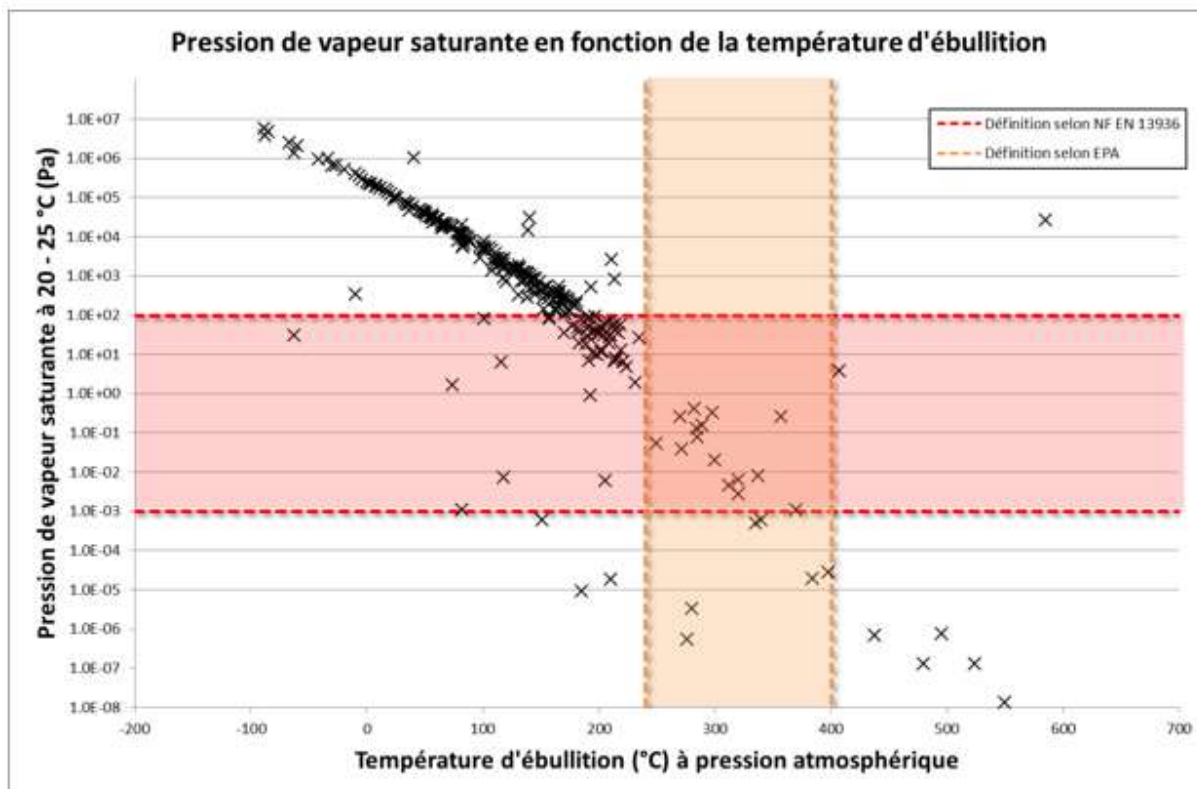


Figure 1 : Pression de vapeur saturante de 254 composés organiques enregistrés dans la base de données MétroPol en fonction de leur température d'ébullition

La norme NF EN 13936 2019 propose de définir les COSV selon leur pression de vapeur saturante, comprise entre 0.001 et 100 Pa (bande rouge représentée dans la figure 1).

Ce n'est cependant pas le seul paramètre à prendre en compte pour évaluer le caractère semi-volatil d'une substance. Lors de prélèvements individuels, la surface du filtre permettant la collecte de la fraction particulaire ainsi que le débit et le temps de prélèvement ont une incidence sur la capacité d'une substance à se vaporiser au cours du prélèvement. La concentration en vapeur à l'aval d'un filtre chargé de suffisamment de substance peut être proche ou égale à la concentration saturante théorique.

Ainsi, en maximisant le phénomène de transfert de matière qui a lieu dans le filtre colmaté et en prenant en compte le 1/10^e de la valeur limite de la substance, limite de quantification basse requise pour le développement de méthodes de prélèvement et d'analyse, un **coefficient de semi-volatilité σ** (sans unité) peut être calculé d'après l'équation suivante :

$$\sigma = \frac{m_{\max, \text{évaporable}}}{m_{\min, \text{quantifiable}}} = \frac{P_{vs} \cdot M \cdot Q \cdot t}{R \cdot T} \times \frac{1}{\frac{C_{VL}}{10} \cdot Q \cdot t} = \frac{10 \cdot P_{vs} \cdot M}{R \cdot T \cdot C_{VL}}$$

avec P_{vs} (Pa) la pression de vapeur saturante de la substance déterminée à la température ambiante du prélèvement, M (g.mol⁻¹) la masse molaire de la substance, Q (m³.min⁻¹) le débit de prélèvement, t (min) le temps de prélèvement, R (égale à 8,314 m³.Pa.mol⁻¹.K⁻¹) la constante des gaz parfaits, T (K) la température ambiante et C_{VL} (g.m⁻³) la concentration correspondant à la valeur limite de la substance.

Le coefficient de semi-volatilité σ permet de déterminer la limite entre la non-volatilité et la semi-volatilité d'une substance. Cette limite peut être fixée à $\sigma = 0,1$, correspondant à une perte massique maximale acceptable de 10 % d'une masse correspondant à 1/10^e de la valeur limite.

La limite entre semi-volatilité et volatilité ne peut pas être fixée par σ . En revanche, le temps de vie d'un aérosol libre avant évaporation totale est à mettre en relation avec le temps de transfert de celui-ci depuis sa source jusqu'au salarié potentiellement exposé. Lorsque le temps de vie est inférieur au temps de transfert,

l'aérosol généré peut être considéré comme volatil et seule la phase vapeur peut être prélevée. Dans le cas contraire, les deux phases doivent être prélevées.

Le temps de transfert d'un aérosol peut être extrêmement variable en fonction de la distance entre la source et le salarié et des conditions de ventilation de l'air du lieu de travail. Néanmoins, en première approximation, le temps de transfert est de l'ordre de la seconde lorsque le salarié est très proche de la source et peut aller jusqu'à plusieurs heures, voire à l'infini, dans le cas de grands halls non ventilés.

Ainsi, dans un cas très général, nous pouvons considérer qu'une particule de 100 µm d'un composé pur possédant un temps de vie d'une seconde constitue une limite entre volatilité et semi-volatilité.

Sur la base de simulations d'évaporation de substances peu volatiles, les calculs du temps de vie d'une particule composée de telles substances ($P_{vs} \leq 100$ Pa) peuvent être simplifiés par l'équation suivante qui donne un ordre de grandeur du temps de vie de la particule lorsque celle-ci est portée par un air exempt de vapeur :

$$t_{vie} = \frac{dp^2 \cdot \rho \cdot R \cdot T}{8 \cdot D \cdot P_{vs} \cdot M} = \frac{dp^2}{P_{vs}} \cdot 0,36$$

avec t_{vie} (s) le temps de vie d'une particule, dp (µm) le diamètre de la particule, ρ ($g \cdot m^{-3}$) la densité de la substance à l'état liquide ou solide, D ($m^2 \cdot s^{-1}$) le coefficient de diffusion des vapeurs de la substance dans l'air, et la constante de conversion égale à $0,3587$ Pa.s.m⁻².

Pour résumer et en généralisant :

- ▶ si le temps de vie d'une particule de 100 µm est inférieur à une seconde, la substance est volatile. Le prélèvement de la seule phase vapeur est préconisé ;
- ▶ si le temps de vie d'une particule de 100 µm est égal ou supérieur à une seconde, la substance peut être semi-volatile ou non volatile. Il faut alors considérer la valeur de σ ;
- ▶ si $\sigma \geq 0,1$: la substance doit être considérée comme semi-volatile. Les fractions particulaires et vapeurs doivent être prélevées et collectées par le dispositif de prélèvement ;
- ▶ si $\sigma < 0,1$: la substance est considérée comme non volatile. Le prélèvement de la seule phase particulaire est préconisé.

Dans certains cas, pour des molécules nouvelles ou peu utilisées, P_{vs} , indispensable à ces calculs, n'est pas disponible. Il est alors nécessaire de procéder à un test de distribution.

Un test de distribution tel que décrit dans le [protocole de mise au point](#) des prélèvements et analyse des aérosols organiques semi-volatils, peut apporter des éléments de décision supplémentaires quant au choix de la méthode de prélèvement. Si un doute subsiste, la méthode de prélèvement d'un aérosol semi-volatile doit être employée *a priori*.

Prélèvement et collecte d'un aérosol semi-volatile

Le prélèvement de l'aérosol qui consiste à prélever dans l'atmosphère un échantillon représentatif de l'aérosol doit être différencié de la collecte qui consiste à piéger et retenir l'échantillon prélevé sur un ou des supports de collecte.

Prélèvement

Le prélèvement et donc la sélection des fractions granulométriques d'intérêt (inhalable, thoracique ou alvéolaire) est réalisé selon les méthodes décrites par les fiches méthodologiques sur le prélèvement d'aérosols¹. En effet, un aérosol semi-volatile obéit aux mêmes lois d'efficacité de captage et de collecte que

¹ <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-analyse-validation-gaz-particules/metropol-analyse-validation-gaz-particules.pdf>
<https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cyclone/metropol-prelevement-cyclone.pdf>
<https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cip10/metropol-prelevement-cip10.pdf>
<https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cathia/metropol-prelevement-cathia.pdf>

son homologue non volatil.

Concernant la fraction vapeur, quel que soit le dispositif de prélèvement actif utilisé, l'efficacité de prélèvement est considérée comme maximale et égale à 100 %.

Collecte

Dans la majorité des cas, un élément filtrant associé à un adsorbant permet de collecter efficacement l'aérosol prélevé par le dispositif. L'élément filtrant peut aussi être imprégné de telle sorte que les particules et les vapeurs soit retenues sur le même support de collecte.

L'efficacité de collecte des particules par l'élément filtrant est identique pour les aérosols semi-volatils et non volatils.

La différence majeure entre les aérosols semi-volatils et non volatils réside dans la capacité des particules collectées à s'évaporer au cours de la réalisation du prélèvement. Ainsi, les vapeurs produites par les particules collectées sont ensuite transportées à l'aval de l'élément filtrant ou réagissent avec le réactif d'imprégnation en fonction du type de dispositif de prélèvement utilisé. Dans le cas d'un élément filtrant non imprégné, un tube adsorbant est nécessairement placé à l'aval pour collecter les vapeurs issues de l'évaporation des particules collectées, mais aussi les vapeurs associées aux particules dans l'aérosol prélevé.

Les techniques actuelles de prélèvement ne permettent pas de différencier la part des vapeurs issues de l'aérosol avant prélèvement et la part des vapeurs issues de l'évaporation des particules collectées au cours du prélèvement. De même, il n'est pas possible de calculer la fraction de la phase particulaire prélevée qui s'évapore au cours du prélèvement.

Pour ces raisons, il n'est pas possible de différencier la fraction particulaire de la fraction vapeur d'un aérosol semi-volatil.

Seul un résultat exprimant la somme des deux fractions peut être rendu.

Des solutions de prélèvement dichotomiques sont en cours de mise au point et permettront probablement d'apporter ce détail dans les résultats d'analyse dans les prochaines années.

Certaines substances, du fait de leur faible volatilité, sont présentes dans l'atmosphère à la fois sous forme vapeur et sous forme liquide, voire solide. C'est le cas notamment des phtalates dans la plasturgie, des fumées de bitumes et de soudage, de certains pesticides, etc.

Le prélèvement de ces substances doit donc associer le prélèvement de particules et le prélèvement de gaz, avec toutes les contraintes liées à ces deux modes de prélèvements. Le moyen le plus couramment utilisé est l'association en ligne d'une cassette et d'un support adsorbant, les particules liquides ou solides sont captées sur le filtre et les gaz traversent le filtre pour être adsorbés sur le support, comme l'illustre la figure 2. Au cours du prélèvement, les particules captées sur le filtre vont avoir tendance à s'évaporer sous l'effet du débit d'air qui circule dans la cassette, ou à se sublimer dans le cas de certains solides. Par conséquent, les vapeurs émises à partir du filtre seront également collectées sur le support en aval du filtre. Il est important de noter que ce phénomène d'évaporation –ou de sublimation– empêche une caractérisation séparée des fractions collectées. En effet, l'évaluation ne pourra être faite que de manière globale du fait de l'évolution de la phase particulaire vers la phase vapeur au cours du prélèvement. Le résultat de l'exposition ne pourra donc être exprimé que sous la forme totale, aérosol et vapeur, car la nature de la phase n'est pas conservée lors du prélèvement.

D'un point de vue pratique, la contrainte de débit liée à l'utilisation d'une cassette pour la phase particulaire, de 1 ou 2 litres par minute, oblige à utiliser un support adsorbant de grande capacité et implique par ailleurs, une perte de charge de l'ensemble élevée selon les supports utilisés. Il est parfois intéressant d'avoir recours à un diviseur de débit en aval de la cassette afin de ne pas être limité par la capacité du support ou par sa perte de charge importante pour un débit élevé.



Figure 2 : dispositif de prélèvement pour un mélange particules-gaz associant un filtre et un support adsorbant en série.

BIBLIOGRAPHIE

NF EN ISO 13137 - Air des lieux de travail – Pompes pour l'échantillonnage individuel des agents chimiques et biologiques – Exigences et méthodes d'essais

NF EN 1076– Exposition sur les lieux de travail – procédures pour le mesurage des gaz et vapeurs à l'aide de dispositifs de prélèvement par pompage – Exigences et méthodes d'essai

NF EN 482+A1– Exposition sur les lieux de travail – Exigences générales concernant les performances des procédures de mesure des agents chimiques

NF EN 13936 - Exposition sur les lieux de travail – Mesurage de l'agent chimique sous forme de mélange de particules aériennes et de vapeur - Exigences et méthodes d'essai

NF X43-215 - Air des lieux de travail. Prélèvement et analyse des aérosols semi-volatils – Exigences et méthodes d'essai

HISTORIQUE

Version	Date	Modifications	Auteurs/Contributeurs
1	Octobre 2015	Création	E.Langlois, C.Lemaçon, B.Sutter, B.Oury
2	Mars 2021	Refonte de la fiche	E.Langlois, C.Lemaçon, B.Sutter, B.Oury

CONTACT

INRS, Métrologie des polluants (metropol@inrs.fr)