

---

**Cahier des charges et questionnaire pour la  
réalisation de mesures de concentration en  
poussières sans effet spécifique (PSES) en vue de la  
campagne de mesures envisagée par la Commission  
poussières**

---

**Demande « n° 2022-SA-0114 »  
Saisines liées « n° 2017-SA-0148 » et « n°2°22-SA-0127 »**

**RAPPORT  
d'appui scientifique et technique**

**Groupe de travail « PSES campagne de mesures »**

**Novembre 2022**

### **Citation suggérée**

---

Anses. (2022). Cahier des charges et questionnaire pour la réalisation de mesures de concentration en poussières sans effet spécifiques (PSES) en vue de la campagne de mesures envisagée par la Commission poussières. (Saisine 2022-SA-0114). Maisons-Alfort : Anses, 40 p.

### **Mots clés**

---

Poussières sans effet spécifique, PSES, inhalable, alvéolaire, VLEP, valeurs limites, air des lieux de travail, métrologie, méthodes de mesure, lieux de travail, milieu professionnel

Dust without specific effect, DWSE, inhalable, respirable, OEL, limit values, workplace air, metrology, measurement methods, workplaces, occupational environment

## Présentation des intervenants

**PRÉAMBULE** : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

### GROUPE DE TRAVAIL

---

#### Président]

M. Horacio HERRERA – Retraité de l'Institut universitaire romand de santé au travail – Compétences : hygiène industrielle, surveillance des ambiances de travail (métrologie, chimie analytique)

#### Membres

M. Luc BAUMSTARK – Maître de conférence (Université Lyon2) – Compétences : économie publique, économie de l'environnement, économie de la santé, calcul économique public

Mme Catherine HEDOUIN-LANGLET – Responsable du laboratoire de Toxicologie Industrielle (CRAMIF) – Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, hygiène industrielle, prélèvements et analyse de l'air

Mme Christine LE CLAINCHE - Professeure des universités (université de Lille) – Compétences : santé-travail, inégalités sociales de santé, prévention, équité et redistribution, économie comportementale

Mme Virginie MATERA – Responsable d'études au laboratoire de chimie analytique inorganique de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) – Compétences : qualité de l'air des lieux de travail, mise au point de méthodes de prélèvements et d'analyse, chimie inorganique

Mme Sophie SOBANSKA – Chargée de recherche (Centre national de la recherche scientifique (CNRS)) – Compétences : biogéochimie, particules, physico chimie, pollution de l'air

### PARTICIPATION ANSES

---

#### Coordination scientifique

M. Thomas BAYEUX – Chef de projets socio-économiques – Direction sciences sociales, économiques et société, Anses

Mme Amandine PAILLAT – Adjointe la cheffe d'unité d'évaluation des risques liés à l'air – Direction de l'évaluation des risques, Anses

#### Contribution scientifique

Mme Amandine PAILLAT – Adjointe la cheffe d'unité d'évaluation des risques liés à l'air – Direction de l'évaluation des risques, Anses

**Secrétariat administratif**

Mme Sophia SADDOKI – Anses

**AUDITION DE PERSONNALITÉS EXTÉRIEURES**

---

**Audition de la Commission Poussières, le 9 novembre 2022**

- M. Hervé LANOUZIERE – directeur de l'Institut national du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle (INTEFP) - président de la commission ;
- M. Pascal ANDUJAR – CHI de Créteil - expert médical et scientifique en pathologies respiratoires professionnelles en lien avec l'inhalation de particules – membre de la commission
- M. Bruno COURTOIS – INRS - expert de la santé et de la sécurité au travail, en particulier de la pollution des locaux de travail – membre de la commission
- 
- M. Laurent ESTEVE – MSA - expert de la prévention des risques professionnels en milieu agricole – membre de la commission
- M. Alain GEVAUDAN – CETIAT - expert technique et scientifique de l'aéroulque et des systèmes d'aération assainissement des installations industrielles – membre de la commission
- M. Jorge MUNO – Université de Brest - maître de conférences habilité à diriger des recherches, expert en sciences économiques et sociales du travail – membre de la commission
- M. Julien PIRIOU – CSTB - expert technique et scientifique des systèmes de ventilation, aéroulque et confort des bâtiments – membre de la commission

**En appui de la commission :**

- M. Gilbert DE STEFANO – Direction générale du travail (DGT) - chef du bureau des équipements et des lieux de travail (CT3), en appui de la commission
- Mme Cassandra FONTAINE – DGT - chargée de mission expertise juridique transversale
- Mme Peggy MATHIEU – DGT - Adjointe du chef de bureau des équipements et des lieux de travail (CT3), en appui de la commission

## SOMMAIRE

<b>Présentation des intervenants .....</b>	<b>3</b>
<b>Sigles et abréviations.....</b>	<b>7</b>
<b>Liste des tableaux .....</b>	<b>8</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Contexte, objet et modalités de réalisation des travaux.....</b>	<b>10</b>
1.1 Contexte .....	10
1.2 Objet de la demande .....	10
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	11
<b>2 Cahier des charges.....</b>	<b>12</b>
2.1 Objectif du cahier des charges.....	12
2.2 Stratégie de mesure .....	13
2.2.1 Organisme en charge des mesures .....	14
2.2.2 Visite préalable .....	14
2.2.3 Nombre et durées des prélèvements individuels.....	15
2.2.4 Nombre et durée des prélèvements à poste fixe.....	15
2.3 Prélèvement .....	16
2.3.1 Choix du dispositif de prélèvement de la fraction inhalable .....	16
2.3.2 Choix du dispositif de prélèvement de la fraction alvéolaire .....	17
2.3.3 Préparation des supports et dispositifs de prélèvement .....	17
2.3.4 Réalisation des prélèvements.....	18
2.3.5 Feuille de prélèvement.....	19
2.4 Transport et conservation des échantillons .....	19
2.5 Analyse.....	20
2.5.1 Conditions et réalisation de l'analyse .....	20
2.5.2 Feuille d'analyse .....	21
2.6 Rapport d'essai.....	21
2.7 Synthèse des résultats et interprétation .....	22
<b>3 Questionnaire .....</b>	<b>23</b>
3.1 Onglet « informations générales relatives à l'entreprise » .....	23
3.2 Onglet « Activité ».....	24
3.3 Onglet « prélèvement ».....	25
3.4 Onglet « analyse ».....	29
<b>4 Bibliographie.....</b>	<b>31</b>
<b>Annexe 1 : Lettre de la demande.....</b>	<b>33</b>

**Annexe 2 : Références réglementaires .....36**

**Annexe 3 : Dispositifs de prélèvements de la fraction inhalable et de la fraction alvéolaire recommandés dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020) .....38**

## Sigles et abréviations

ACGIH	: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AST	: Appui scientifique et technique
BMRC	: British medical research council
CARSAT	: Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail
CES	: Comité d'experts spécialisé
CETIAT	: Centre Technique des Industries Aéronautiques et Thermiques.
CFC	: Closed face cassette
CIP	: Capteur Individuel de Particules
CRAMIF	: Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France
DGT	: Direction générale du travail.
GSP	: Gesamtstaub-Probenahmesystem
INRS	: Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
IOM	: Institut of occupational medicine
LQ	: Limites de quantification
MMAD	: mass median aerodynamic diameter (diamètre aérodynamique médian en masse)
PSES	: Poussières sans effet spécifique
PVC	: Polychlorure de vinyle
VLEP	: Valeur limite d'exposition professionnelle

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemples de durée de prélèvement selon la configuration du poste de travail ..	15
Tableau 2 : Rappel des dispositifs de prélèvement de la fraction inhalable recommandés et limites associées dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020).....	38
Tableau 3 : Dispositifs de prélèvement de la fraction alvéolaire recommandés et limites associées dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020).....	39



## Liste des figures

Figure 1 : Structuration du cahier des charges .....13

# 1 Contexte, objet et modalités de réalisation des travaux

## 1.1 Contexte

L'Anses a publié en novembre 2019 un avis et un rapport d'expertise concernant les effets sanitaires liés à une exposition aux poussières dites sans effet spécifique (PSES) et a recommandé sur la base d'une analyse critique des rapports et expertises scientifiques internationaux déjà existants les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) suivantes (Anses, 2019) :

- VLEP-8h pour la fraction inhalable :  $4 \text{ mg.m}^{-3}$
- VLEP-8h pour la fraction alvéolaire :  $0,9 \text{ mg.m}^{-3}$

L'Anses a également publié un avis et un rapport d'expertise en septembre 2020 relatif à l'évaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail pour les PSES (Anses, 2020). Dans cette expertise, elle a notamment émis des recommandations concernant les dispositifs de prélèvements des fractions inhalable et alvéolaire à mettre en œuvre en fonction de leur niveau de conformité aux conventions inhalable et alvéolaire et de leur performance pour le contrôle réglementaire des VLEP qu'elle a recommandé en 2019.

Suite à ces avis, le décret n°2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique fait évoluer les concentrations réglementaires pour les porter aux valeurs recommandées par l'Anses au 1er juillet 2023 et a introduit au 1er janvier 2022 les valeurs intermédiaires suivantes :

- VLEP-8h pour la fraction inhalable :  $7 \text{ mg.m}^{-3}$
- VLEP-8h pour la fraction alvéolaire :  $3,5 \text{ mg.m}^{-3}$ .

Face aux difficultés avancées par les professionnels concernés pour atteindre ces nouvelles valeurs dans les environnements de travail, une commission a été créée par ce décret afin de procéder, d'une part au recensement des moyens techniques à mettre en place par les employeurs pour assurer le respect des futures concentrations en PSES dans un objectif d'effectivité de la réglementation, et d'autre part à leur réévaluation. La commission doit rendre son rapport dans les douze mois qui suivent sa mise en place, soit le 31 janvier 2023.

## 1.2 Objet de la demande

Dans ce contexte, L'Anses a été saisie par la Direction Générale du travail pour apporter un appui à la commission instituée par le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 et un complément d'expertise sur la pertinence de la règle d'additivité mentionnée à l'article R. 4412-154 du code du travail à la suite de l'abaissement des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires prévues à l'article R. 4222-10 du même code, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2022 (Cf. Lettre de saisine en annexe 1).

Cette demande portant sur deux questions distinctes a été enregistrée sous deux numéros de saisine :

- 2022-SA-0114 pour la demande d'appui aux travaux de la commission instituée par le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 ;
- 2022-SA-0127 pour le complément d'expertise sur la pertinence de la règle d'additivité. Cette demande fait l'objet d'une expertise distincte de la demande d'appui aux travaux de la commission et n'est pas traitée dans le cadre de ce rapport.

Il est demandé à l'Anses d'apporter un appui aux travaux de la commission, en particulier dans une démarche qui vise la réalisation de campagne de mesurages par les branches professionnelles justifiée par la méconnaissance des niveaux d'exposition réels. Il lui est demandé de :

- 1) « produire le cahier des charges sur la stratégie, la méthode de prélèvement et la méthode d'analyse à mettre oeuvre, complété de recommandations méthodologiques de nature à garantir un niveau de qualité suffisant pour permettre l'exploitation des résultats et leur acceptabilité; »
- 2) « produire un questionnaire à renseigner par le laboratoire en charge des mesures permettant de décrire les conditions d'expositions (tronçonnage, sablage, supervision ... ) et les moyens de préventions (aspirations, travail à l'humide etc ... ) mis en place lors des mesures; »
- 3) « produire un questionnaire dont l'objectif est de recueillir des premières données sur le contexte technique et socio-économique des secteurs d'activité et/ou branches concernés par ces mesures qui pourront alimenter l'évaluation socio-économique mentionnée ci-après; »
- 4) « produire, sur la base de l'écart à la cible constaté et des recommandations émises en conséquence par la commission à l'issue de l'analyse des données de la campagne de mesurages, des éléments permettant d'appréhender les impacts socio-économiques consécutifs à l'abaissement des niveaux de concentrations (valeurs intermédiaires applicables entre le 1er janvier 2022 et le 30 juin 2023 et valeurs préconisées par le rapport de 2019, applicable à compter du 1er juillet 2023) pour les secteurs préalablement identifiés par la commission. »

**Le présent document constitue une réponse aux 2 premiers points (1 et 2) relatifs au cahier des charges et au questionnaire technique.** Le questionnaire à visée socio-économique (point 4) fera l'objet d'un rapport d'AST complémentaire, de même que l'analyse des impacts socio-économiques (point 5).

A noter que la campagne de mesure doit être finalisée avant le 1<sup>er</sup> juillet 2023 (date à laquelle les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires réglementaires dans les locaux à pollution spécifique devraient être établies aux valeurs préconisées par l'Anses).

### 1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

L'Anses a confié au groupe de travail (GT) « PSES Campagne de mesure » l'instruction de cette saisine. Ces travaux d'appui scientifique et technique sont ainsi issus d'un collectif d'experts aux compétences complémentaires.

L'expertise a été réalisée dans le respect de la norme NF X 50-110 « Qualité en expertise – prescriptions générales de compétence pour une expertise (Mai 2003) ».

## 2 Cahier des charges

### 2.1 Objectif du cahier des charges

L'objectif de ce cahier des charges est de proposer une stratégie de mesure à déployer lors d'une campagne de mesure dont l'objectif est d'établir un état des niveaux de concentration en PSES inhalables et en PSES alvéolaires dans certains secteurs d'activités. Les modalités de déploiement de la campagne de mesure, ainsi que le choix des secteurs d'activités ne sont pas l'objet de ce cahier des charges.

Il est rappelé que les PSES « *sont définies comme des poussières ne présentant pas d'effet autre que ceux résultant des conséquences d'une surcharge pulmonaire, à défaut d'avoir pu démontrer un effet spécifique. D'autres poussières et plus généralement d'autres substances, exclues des critères de définition des PSES<sup>1</sup>, font alors l'objet de VLEP particulières* » (Anses, 2020). **Ainsi toute substance sous forme particulaire doit, dès lors qu'elle ne dispose pas de VLEP spécifique, être considérée par défaut comme une PSES, ce qui n'exclut pas des effets spécifiques de certaines poussières ne disposant pas de VLEP propre.**

Il est également précisé que les nanoparticules manufacturées et particules ultrafines non intentionnelles sont exclues du champ de ce cahier des charges bien que ces particules peuvent être prélevées conjointement au prélèvement de la fraction inhalable et de la fraction alvéolaire des PSES si elles sont présentes dans l'atmosphère au moment de la réalisation des mesures.

Ce cahier des charges précise la stratégie générale de mesure, les méthodes de mesure à mettre en œuvre, ainsi que le choix de dispositifs de prélèvement, les modalités de préparation des supports, les modalités de réalisation du prélèvement, les conditions de conservation et de transport des échantillons et les modalités d'analyse et de restitution des résultats (Cf. Figure 1).

La stratégie proposée et le choix des dispositifs de prélèvements constituent **un compromis** permettant de réaliser une campagne de mesures **dans des délais contraints** dont l'objectif est d'obtenir une **photographie « à un instant t » des niveaux de concentrations en PSES**. Elle ne vise pas à fournir une évaluation précise des expositions professionnelles aux PSES. Si un tel objectif était recherché, il conviendrait de se référer aux modalités prescrites par le décret et l'arrêté du 15 décembre 2009 relatifs au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail.

---

<sup>1</sup> Les particules concernées par la définition des PSES présentent les caractéristiques suivantes :

- insolubilité ou très faible solubilité. Par convention, un composé sera dit « pratiquement insoluble » ou insoluble si sa solubilité est inférieure en proportion à 1/10.000 ;
- propriété de surface : les PSES ne présentent pas d'activité de surface (ex. propriété oxydoréductrice ou catalytique telle que la génération d'espèces réactives de l'oxygène) ;
- ne sont en particulier ni cytotoxiques, génotoxiques, radio-actives, immunogènes ou réactives chimiquement dans le tissu pulmonaire ; elles sont en revanche susceptibles d'exercer une génotoxicité indirecte via un processus inflammatoire ;
- forme : particulaire et non pas fibreuse ;
- taille : sont exclues, les particules ultrafines, les agrégats et agglomérats de particules nanométriques y compris s'ils sont de même composition chimique que les PSES.

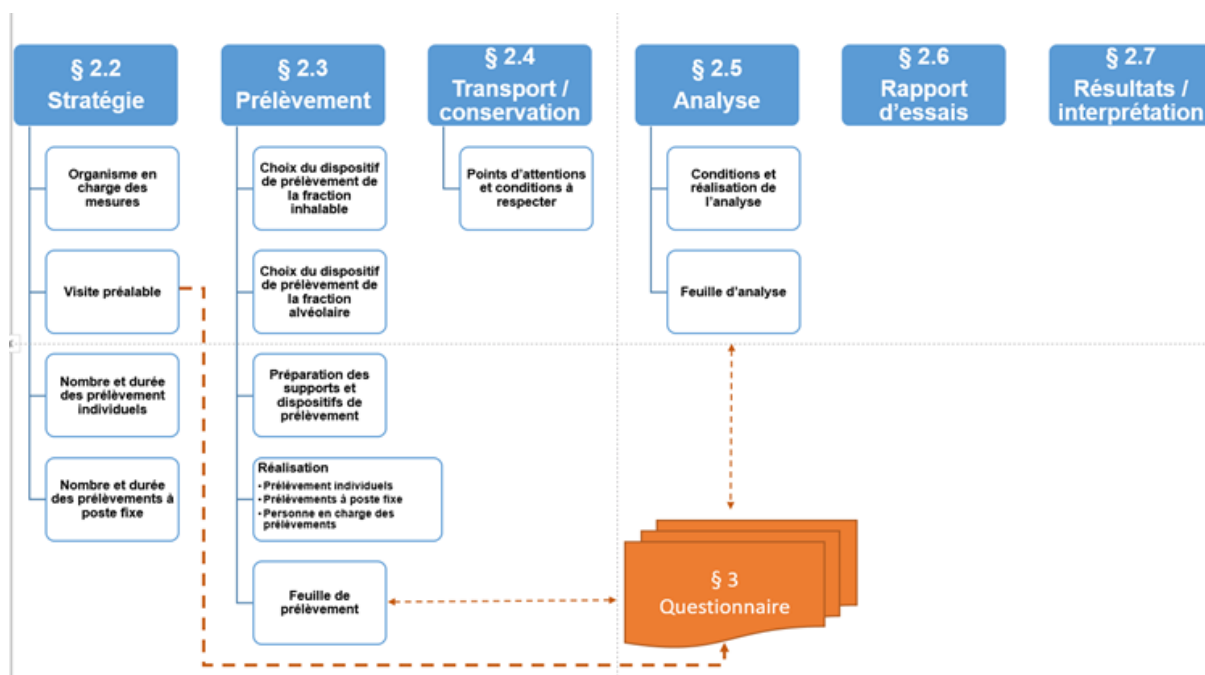


Figure 1 : Structuration du cahier des charges

## 2.2 Stratégie de mesure

L'objectif de la stratégie de mesure proposée étant de fournir dans un temps court un aperçu des niveaux de concentration en PSES afin d'identifier des situations problématiques à un instant t au regard des nouvelles VLEP de PSES, l'approche proposée consiste à combiner des prélèvements individuels et des prélèvements réalisés à poste fixe. L'utilisation de prélèvements individuels dans la zone respiratoire est l'approche la plus représentative de l'exposition réelle et est à privilégier. Les mesures d'ambiance à poste fixe ne sont quant à elles généralement pas représentatives de l'exposition des travailleurs mais sont complémentaires aux mesures individuelles et permettent d'identifier des zones qui pourraient être problématiques en matière d'exposition.

Les mesures de concentrations en PSES consistent à effectuer un prélèvement de la fraction inhalable et un prélèvement de la fraction alvéolaire sur un support à l'aide de dispositifs de prélèvement conformes respectivement à la convention inhalable et à la convention alvéolaire (définies par la norme NF EN 481), puis une analyse par gravimétrie. Le type de dispositif de prélèvement et la nature du support à mettre en œuvre sont précisés aux §2.3.1 et 2.3.2. Les conditions de prélèvement, de transport et de conservation, et d'analyse des échantillons devant être respectées sont précisées aux § 2.3, 2.4, 2.5. Les informations devant être mentionnées dans les rapports d'essais sont précisées dans le §2.6.

La stratégie s'applique tant aux mesures devant être réalisées à l'intérieur de locaux qu'à celles en extérieur. En effet, même si la réglementation relative aux PSES relève de l'aération et de l'assainissement des locaux dits à pollution spécifique (Cf. annexe 2), les travailleurs peuvent être exposés à des PSES également en extérieur. Les spécificités et points d'attention particuliers pour les mesures réalisées en air extérieur sont clairement précisés dans les parties suivantes.

***Une stratégie de mesure détaillée avec un plan d'échantillonnage précis ne peut pas être proposée sans information précise sur les secteurs d'activité investigués, les tâches et métiers correspondants, les configurations des postes de travail, etc. Aussi ce cahier des charges spécifie une stratégie générale de mesure, qui sera à décliner en fonction des spécificités de chaque branche professionnelle et entreprise dans lesquelles seront effectuées les mesures.***

***De même, les secteurs d'activité dans lesquels doivent être effectuées les mesures ainsi que le nombre d'entreprises par secteur d'activité à investiguer ne peuvent pas être définis sans connaissance d'informations relatives aux secteurs d'activité (disponibilité des données de mesures existantes relatives aux niveaux de concentration en PSES, diversité des postes de travail, des conditions de travail, des configurations, etc.). Sans ces informations, la taille et le nombre d'entreprises à investiguer pour s'assurer d'une représentativité au sein d'un secteur d'activité ne peut être définie.***

### **2.2.1 Organisme en charge des mesures**

Par cohérence avec la réglementation relative aux contrôles du risque chimique et la réglementation relative à l'aération et l'assainissement des locaux de travail, les mesures objet du cahier des charges seront réalisées par un organisme accrédité pour la mesure des concentrations en PSES inhalables et PSES alvéolaires, un laboratoire des Caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) ou de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (CRAMIF) du fait de leur mission de prévention des risques professionnels.

L'organisme sera en charge de l'élaboration de la stratégie de mesures détaillée, s'appuyant sur la stratégie générale déclinée dans le présent cahier des charges, de la réalisation des prélèvements et de leur analyse.

### **2.2.2 Visite préalable**

Une visite préalable par le laboratoire en charge des mesures est indispensable pour estimer le nombre de mesures individuelles et de mesures à poste fixe à effectuer.

Les renseignements à recueillir lors de cette visite sont les suivants (adapté de INRS 2019a) :

- les résultats de mesurages antérieurs ;
- le secteur d'activité de l'entreprise ;
- les tâches et métiers rencontrés, en précisant si ces tâches sont réalisées en continu ou en séquentiel ;
- les procédés rencontrés ;
- les catégories de produits rencontrés ;
- le nombre de salariés concernés, en précisant le cas échéant si des groupes d'exposition homogène ont déjà été constitués ;
- l'organisation générale du travail (journée, week-end, 3X8, etc.) ;
- le repérage des dispositifs de ventilation et captage et leur état de fonctionnement.

Ces éléments permettront d'identifier les différentes activités exposant aux PSES et de pré-remplir le questionnaire proposé au § 3.

### 2.2.3 Nombre et durée des prélèvements individuels

Afin d'assurer un minimum de représentativité statistique de la concentration en PSES, il devra être effectué, dans la mesure du possible, pour les travailleurs réalisant la même activité le même jour un prélèvement individuel par travailleur sur 3 travailleurs différents.

Les prélèvements devront couvrir la totalité de la durée de l'activité exposante ou du poste de travail selon la configuration du poste de travail.

**Tableau 1 : Exemples de durée de prélèvement selon la configuration du poste de travail**

Configuration du poste de travail	Durée du prélèvement
Activités exposantes : 7 h	7 h
Activités exposantes : 3 h consécutives Reste du poste de travail : non exposant	3 h (à condition d'être certain que le reste du temps le travailleur n'est pas exposé)
Activités exposantes : 3 h Activité non exposante : 2h Activités exposantes : 2 h	7 h

Quelle que soit la configuration il est important de préciser que **le suivi du poste est primordial** (Cf. §2.2.4.3)

Idéalement ces mesures seraient à réaliser lors de journées différentes. Toutefois pour des contraintes de temps imposées par le calendrier de réalisation de la campagne de mesures, ces mesures pourront être réalisées le même jour.

Dans le cas où moins de 3 travailleurs sont affectés à la même activité le jour des mesures, les prélèvements seront à réaliser sur le nombre maximum de travailleurs et sur plusieurs journées de manière à obtenir au moins trois mesures par activité exposante.

Les modalités de réalisation des prélèvements individuels (positionnement des dispositifs, durée, etc.) sont précisées au §2.3.4.1.

### 2.2.4 Nombre et durée des prélèvements à poste fixe

Deux types de prélèvement à poste fixe devront être réalisés :

- 1) Prélèvements de proximité afin d'apprécier le niveau de pollution dans la zone d'activité.  
Les prélèvements seront effectués à proximité des postes de travail pour lesquels des prélèvements individuels sont également réalisés. Dans la mesure du possible 3 prélèvements devront être effectués mais *a minima* 1 prélèvement selon la configuration. Si le travailleur se déplace, le laboratoire veillera à localiser le prélèvement dans la zone la plus fréquentée par le travailleur.
- 2) Prélèvement d'ambiance générale afin d'apprécier le niveau de pollution ambiant.



Selon le volume du local, 1 ou plusieurs prélèvements d'ambiance générale seront réalisés (à définir lors de la visite préalable décrite dans le §14). Investiguer plus d'un point de prélèvement d'ambiance permettra d'approcher une moyenne des concentrations.2.2.2

La durée des prélèvements devra couvrir celle de l'activité exposante ou du poste de travail selon le type de prélèvement à poste fixe :

- La durée des prélèvements de proximité correspondra à la durée des prélèvements individuels (Cf. exemples dans le tableau 1).
- Les prélèvements d'ambiance générale seront réalisés sur la durée d'un poste de travail (par exemple 7 ou 8 h).

## 2.3 Prélèvement

Les dispositifs de prélèvement qui sont retenus dans le cadre de ce cahier des charges sont identiques pour les prélèvements individuels ou à poste fixe, que les mesures soient réalisées à l'intérieur ou à l'extérieur des locaux de travail.

### 2.3.1 Choix du dispositif de prélèvement de la fraction inhalable

A la connaissance du groupe de travail, parmi les 6 dispositifs de prélèvements de la fraction inhalable recommandés par l'Anses en 2020 (cf. Annexe 3), certains ne sont pas couramment employés sur le territoire français (Button, GSP3,5/CIS, IOM et 7-hole).

Le dispositif le plus utilisé à l'heure actuelle par les organismes accrédités, les CARSAT et la CRAMIF est la cassette fermée 37 mm (CFC) à 2 L.min<sup>-1</sup>. Toutefois ce dispositif n'est pas conforme à la convention inhalable et sous-estime la fraction inhalable en raison notamment de pertes sur les parois. Une CFC munie d'une capsule soudée permet de pallier cet inconvénient. La « CFC + capsule soudée », munie d'une membrane PVC, permet d'obtenir des limites de quantification (LQ) plus faibles qu'avec d'autres natures de membrane.

Il existe plusieurs références de capsule soudée. Il est recommandé de privilégier les capsules entièrement PVC (dôme et membrane), d'une part pour éviter les charges électrostatiques et d'autre part car ces membranes sont moins sensibles à l'humidité que les membranes en ester de cellulose. Toutefois, l'organisme peut utiliser d'autres types de capsules sous réserve d'avoir validé la méthode et de s'être assuré d'une LQ suffisante (inférieure aux dixièmes des VLEP).

Le CIP-10 I V2 est également recommandé dans l'expertise de l'Anses de 2020 pour effectuer des prélèvements de la fraction inhalable. Cependant il dispose de LQ plus élevées que les LQ obtenues avec le dispositif de prélèvement « CFC + capsule soudée ».

Dans le cadre de ce cahier des charges dont l'objectif est d'établir une cartographie homogène et cohérente des niveaux de concentration en PSES, le recours à plusieurs types de dispositifs de prélèvement pourrait, de par leurs différences métrologiques, introduire une hétérogénéité dans les résultats de mesure. C'est pourquoi, le CIP-10, ainsi que les dispositifs moins couramment utilisés en France (Button, GSP3,5/CIS, IOM et 7-hole), ne sont pas retenus.

**Aussi le seul dispositif de prélèvement retenu dans le cadre de ce cahier des charges est le dispositif « CFC + capsule soudée », capsule munie d'une membrane PVC, au débit de 2 L.min<sup>-1</sup>.**



A noter que la convention inhalable est établie pour des vitesses de vent  $\leq 4 \text{ m.s}^{-1}$  et que les dispositifs de prélèvements ne sont pas validés pour des vitesses d'air supérieures à  $4 \text{ m.s}^{-1}$  (Anses, 2020). Si les mesures sont réalisées en extérieur ou au niveau de postes de travail exposés à des grands courants d'air, la vitesse d'air doit être mesurée à l'aide d'un anémomètre omnidirectionnel. En présence de vitesse d'air élevée, l'interprétation des résultats de mesures sera plus délicate.

### 2.3.2 Choix du dispositif de prélèvement de la fraction alvéolaire

Parmi les dispositifs de prélèvements de la fraction alvéolaire évalués en 2020, différents modèles de cyclones ont été recommandés (cf. Annexe 3). A la connaissance du groupe de travail, certains de ces cyclones ne sont pas couramment employés sur le territoire français (Higgins-Dewell (HD), GK2.69 et 4.162, AI, GS-3).

A l'heure actuelle, le cyclone le plus utilisé en France est le cyclone Dorr-Oliver, mis en œuvre avec un débit de  $1,7 \text{ L.min}^{-1}$ , tel que décrit dans la norme NF X 43-259. Or l'expertise de 2020 a souligné qu'avec la mise en œuvre de ce débit, la concentration en particules est sous-estimée pour une valeur de MMAD (mass median aerodynamic diameter) supérieure à  $4 \mu\text{m}$  suite à la modification de la courbe conventionnelle alvéolaire<sup>2</sup>, et qu'un débit de  $1,5 \text{ L.min}^{-1}$  permettait une meilleure comparaison à la fraction conventionnelle alvéolaire en améliorant les performances de ce dispositif de prélèvement (Anses, 2020, INRS, 2019b).

Le CIP10R dédié à la fraction alvéolaire est également couramment utilisé en France, mais n'est pas recommandé en raison d'une faible efficacité de collecte des particules de diamètre inférieur à  $2 \mu\text{m}$  (Anses, 2020). Dans le cadre de ce cahier des charge le CIP-10R n'est donc pas retenu.

**Aussi, dans le cadre de ce cahier des charges et pour les mêmes raisons qu'avancées pour le choix du dispositif de prélèvement de la fraction inhalable (Cf. § 2.3.1), le seul dispositif de prélèvement retenu est le cyclone Dorr-Oliver, qu'il conviendra d'utiliser au débit de  $1,5 \text{ L.min}^{-1}$ .**

Ce dispositif peut être utilisé avec des cassettes de 25 mm ou 37 mm. Afin d'obtenir des LQ les plus basses il est recommandé d'utiliser des membranes en PVC. Il est à noter néanmoins que les membranes PVC sont électrostatiques dans certaines conditions et peuvent être aussi sensibles à l'humidité. Il convient donc d'effectuer les corrections appropriées (pesées de blancs). Pour ces membranes, les LQ peuvent être probablement significativement améliorées en se plaçant dans des conditions d'analyse gravimétrique optimales

### 2.3.3 Préparation des supports et dispositifs de prélèvement

L'organisme en charge des prélèvements suivra les lignes directrices pour la préparation des supports et dispositifs de prélèvements précisées dans les fiches INRS MétroPol « Préparation des dispositifs de prélèvement en vue d'une intervention en entreprise » (INRS, 2018),

<sup>2</sup> Le MMAD de la courbe alvéolaire initiale proposée par le BMRC et l'ACGIH était de  $3,5 \mu\text{m}$ . La courbe a été modifiée suite à une harmonisation des conventions alvéolaires en 1993.

« Prélèvement des aérosols par cassette fermée » (INRS, 2021) et « Prélèvement des aérosols par cyclone » (INRS, 2019b).

Parmi les points d'attention, il est particulièrement recommandé à l'organisme :

- d'effectuer une étude préalable pour vérifier que les LQ sont atteignables. En effet, selon les lots, les capsules soudées et les membranes PVC peuvent présenter des variations importantes de LQ. Les membranes PVC et les capsules soudées sont électrostatiques dans certaines conditions et peuvent être aussi sensibles à l'humidité. Les LQ peuvent donc être probablement significativement améliorées en se plaçant dans des conditions d'analyse gravimétrique optimales (neutralisation des charges électrostatiques, contrôle de l'humidité ou gestion des blancs).
- de veiller à la bonne étanchéité des cassettes ;
- de veiller à l'adéquation des pompes au regard des dispositifs utilisés.

Il est également rappelé l'importance de la préparation des blancs de terrain et de laboratoire. L'étape de pré-pesée des supports de collecte (membrane et capsule, y compris les supports de collecte servant de témoins) est indispensable avant l'assemblage des dispositifs de prélèvement. Ces opérations préalables sont décrites dans la fiche INRS MétroPol intitulée "Préparation des dispositifs de prélèvement en vue d'une intervention en entreprise" (INRS 2018).

## 2.3.4 Réalisation des prélèvements

### 2.3.4.1 Prélèvements individuels

Les prélèvements individuels seront réalisés dans la zone de respiration du travailleur. Les prélèvements de la fraction inhalable et de la fraction alvéolaire seront effectués simultanément, en positionnant les deux dispositifs de prélèvement (Cf. § 2.3.1 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) sur un même travailleur. Afin de limiter les biais de latéralité, les deux dispositifs devront être positionnés sur la même épaule.

Les dispositifs de prélèvement de la fraction inhalable devront être positionnés de telle sorte que le plan du support de prélèvement soit maintenu parallèle au plan du thorax et l'orifice de la cassette toujours dirigé vers l'avant. Les dispositifs de prélèvement de la fraction alvéolaire devront être positionnés de manière à ce que le support de prélèvement soit en position horizontale, l'ouverture du cyclone toujours dirigée vers l'avant.

Les prélèvements seront réalisés sur les travailleurs, pendant la totalité de la période exposante ou du poste de travail (Cf. §2.2.3), dans des conditions représentatives de leur activité habituelle, au débit de 2 L.min<sup>-1</sup> pour le prélèvement de la fraction inhalable et de 1,5 L.min<sup>-1</sup> pour le prélèvement de la fraction alvéolaire.

Le déroulement du prélèvement sera effectué conformément à la norme NF X 43-257, NF X 43-259, INRS MétroPol « Principe général et mise en œuvre pratique du prélèvement » (INRS, 2018) : vérification préalable du débit de la pompe, positionnement des préleveurs, arrêt de la pompe, etc.

L'ensemble des informations liées au prélèvement sera reporté sur le questionnaire rapporté au § 3 afin d'assurer leur traçabilité, notamment la date, le nom du travailleur, la référence du dispositif de prélèvement, pompe y compris, les heures de début et de fin de prélèvement, les valeurs de débit en début et en fin de prélèvement, les opérations effectuées par le travailleur ainsi que tous les événements qui pourraient avoir un impact sur le résultat de la mesure.

#### 2.3.4.2 Prélèvements à poste fixe

Les mesures seront réalisées à hauteur des voies respiratoires pendant la totalité de la période exposante ou du poste de travail selon le type de prélèvement à poste fixe (Cf. § 2.2.4), dans des conditions représentatives de l'activité habituelle des travailleurs. Dans la mesure du possible, les dispositifs de prélèvement de la fraction inhalable et de la fraction alvéolaire devront être positionnés à moins de 10 cm l'un de l'autre, par point de mesure.

Les dispositifs de prélèvement de la fraction inhalable devront être positionnés de telle sorte que le support de prélèvement soit en position verticale, et les dispositifs de prélèvement de la fraction alvéolaire de telle sorte que le filtre soit en position horizontale.

Le laboratoire en charge des mesures veillera à ne pas poser les dispositifs de prélèvement à même la surface de travail.

Mis à part le positionnement des dispositifs, le déroulement des prélèvements à poste fixe est identique au déroulement des prélèvements individuels.

#### 2.3.4.3 Personne responsable des prélèvements

La personne en charge des prélèvements sera présente tout au long de la durée des prélèvements afin de décrire les tâches effectuées, les conditions d'exposition, l'environnement des mesures réalisées à poste fixe et veiller au bon déroulement des mesures, et compléter le questionnaire présenté au § 3. Il veillera à rapporter tout évènement qui pourrait avoir un impact sur le résultat de la mesure.

Il prendra des photographies de l'environnement des prélèvements tant individuels qu'à poste fixe. Il localisera également les points de prélèvements sur un plan de la zone d'activité qui précisera, outre les activités de la zone, les dispositifs de ventilation.

Il veillera à stopper le prélèvement lors des pauses : arrêt de la pompe et fermeture de la cassette.

### 2.3.5 **Feuille de prélèvement**

Pour chaque prélèvement, une feuille de prélèvement permettra de renseigner des éléments sur le lieu de l'intervention, les conditions d'intervention, et les paramètres d'importance pour l'exploitation ultérieure des résultats. Ces informations seront renseignées via le questionnaire, édité sous le format d'une fiche Excel dont la trame est présentée au §3, dans l'onglet « Prélèvement » qui est à dupliquer pour chaque prélèvement, afin d'assurer leur traçabilité.

## 2.4 **Transport et conservation des échantillons**

Les fiches MétroPol « Prélèvement des aérosols par cassette fermée » (INRS, 2021) et « Prélèvement des aérosols par cyclone » (INRS, 2019) précisent les modalités de transport et de conservation des échantillons.

« Les filtres doivent être transportés dans leurs cassettes de prélèvement. Dès la fin du prélèvement, les cassettes doivent être correctement fermées avec des bouchons et, si possible, maintenues en position verticale. Elles doivent être transportées dans un emballage et des conditions adaptées pour éviter de les endommager et pour assurer leur identification / codification. » Les conditions de transport des cassettes avec capsules soudées sont identiques.

Il conviendra de veiller à ne pas retourner le cyclone tant que le système porte-filtre est solidaire de l'ensemble.

Toutes les manipulations du support de collecte (membrane pour la fraction alvéolaire ou capsule interne pour la fraction inhalable) seront effectuées avec précaution pour éviter de perdre les matières particulaires collectées.

## 2.5 Analyse

### 2.5.1 Conditions et réalisation de l'analyse

Les fiches INRS MétroPol M274 (aérosols en fraction inhalable, INRS 2016b), INRS MétroPol M 278 (aérosols en fraction alvéolaire à l'aide d'un cyclone, INRS 2016c) précisent les étapes de conditionnement et de préparation (neutralisation des charges électrostatiques) nécessaires avant l'analyse gravimétrique, ainsi que les conditions d'analyse.

Les données générales ci-après sont issues de l'ensemble des protocoles des fractions inhalables et alvéolaires, des normes NF ISO 15767 et NF X 43-257 et NF X 43-259. Les principaux éléments décrits dans ces normes ainsi que quelques recommandations sont rappelés ci-après :

Il convient d'être vigilant aux phénomènes responsables **d'instabilité de pesées, à savoir** :

- Adsorption d'humidité des supports ;
- Effets électrostatiques : ceux-ci étant une source fréquente de problèmes lors des pesées il est recommandé de les minimiser par l'élimination des charges électriques du substrat ;
- Détérioration due aux manipulations : utilisation de pinces, conditionnement, contaminations, transport, etc.

Ces effets peuvent être corrigés lors de la procédure mise en place pour la pesée. Les recommandations en matière de corrections à appliquer sont les suivantes :

- Effectuer au moins un blanc de terrain tous les 10 échantillons<sup>3</sup>;
- Les blancs doivent être intercalés pendant les séquences de pesées ;
- Les corrections doivent tenir compte :
  - ✓ Du conditionnement des supports,

---

<sup>3</sup> Le blanc de terrain est désigné comme étant un « substrat à blanc soumis aux mêmes manipulations que le substrat de prélèvement, incluant généralement une phase de conditionnement et nécessitant souvent une mise en place dans les échantillonneurs ou récipients de transport, ainsi que l'acheminement entre le laboratoire et le site de prélèvement, mais sans être soumis au prélèvement ». Ce blanc de terrain ne doit pas être confondu avec le blanc de laboratoire qui est un « substrat à blanc soumis aux mêmes manipulations de laboratoire que le substrat de prélèvement, incluant une phase de conditionnement et une mise en place dans les échantillonneurs ou récipients de transport, si ces opérations sont effectuées en laboratoire » (NF ISO 15767).

- ✓ Des conditions d'entreposage (notamment le stockage avant utilisation).

Les **mesures** doivent être effectuées :

- Sur une balance de précision suffisante au regard des LQ à atteindre; hors vibrations,
- Des contrôles environnementaux sont recommandés notamment en matière de stabilité de la température et de l'humidité relative, de la filtration de l'air ou encore de la ventilation.

## 2.5.2 Feuille d'analyse

Les informations liées à l'analyse seront reportées sur le questionnaire, édité sous le format d'une fiche Excel dont la trame est présentée au §3, dans l'onglet « Analyse » qui est à dupliquer pour chaque prélèvement, afin d'assurer leur traçabilité.

### Calcul des concentrations :

Pour chaque échantillon, les concentrations suivantes seront calculées :

- Concentration sur la durée du prélèvement
- Concentration pondérée sur 8h
- Le cas échéant : concentration pondérée sur 8h en tenant compte des facteurs de protection des appareils de protection respiratoire.

## 2.6 Rapport d'essai

Le rapport d'essai devra mentionner, *a minima*, les éléments suivants :

- Contexte de l'intervention
- Objectifs
- Stratégie de mesurage
- Conditions d'intervention (protection collectives, individuelles, activité)
  - Préciser notamment si le prélèvement est réalisé dans des conditions d'activité inhabituelle (Cf. questionnaire §3).
- Synthèse des résultats de mesures : nombre total de prélèvements réalisés et nombre total d'analyses validées.
- Résultats des mesures individuelles
- Résultats des mesures à poste fixe
- Conclusion et interprétation des résultats

L'ensemble du questionnaire complété, comprenant notamment toutes les feuilles de prélèvement et d'analyse, sera annexé au rapport d'essai.

## 2.7 Synthèse des résultats et interprétation

Les rapports d'essais et l'ensemble des questionnaires (données brutes) devront être transmis à la Commission en vue de leur synthèse et interprétation. Cette interprétation des résultats devra être réalisée en tenant compte des données de mesure existantes dans les bases de données Colchic et Scola pour le secteur d'activité concerné.

Pour mémoire, compte tenu de l'objectif souhaité à savoir obtenir une photographie « à un instant t » des niveaux de concentration en PSES inhalables et PSES alvéolaires. Aussi l'agence considère qu'il ne pourra pas être élaboré de conclusion sur l'exposition des travailleurs du domaine d'activité concerné ni le respect des VLEP sur la base des mesures réalisées dans le cadre de ce cahier des charges. L'Agence rappelle que, si un tel objectif était recherché, il conviendrait de se référer aux modalités prescrites par le décret et l'arrêté du 15 décembre 2009.

### 3 Questionnaire

Le questionnaire à l'appui du cahier des charges pour la réalisation des mesures est développé sous le format d'un fichier Excel qui comprend 4 onglets distincts :

- Onglet « **Informations générales relatives à l'entreprise** » : vise à recueillir les informations générales à l'entreprise dans laquelle seront effectuées les mesures. Cet onglet peut être complété au moment de la visite préalable décrite dans le § 2.2.2, en amont des mesures à réaliser.
- Onglet « **Activité** » : vise à recueillir les informations générales sur les activités qui feront l'objet des mesures. L'onglet est à dupliquer et compléter pour chaque activité à investiguer. Cet onglet peut être complété au moment de la visite préalable décrite dans le § 2.2.2, en amont des mesures à réaliser.
- Onglet « **Prélèvement** », correspondant à la feuille de prélèvement décrite dans le § 2.3.5 : vise à recueillir les éléments relatifs à l'activité objet de la mesure et les informations relatives au prélèvement en lui-même. L'onglet est à dupliquer et compléter pour chaque prélèvement.
- Onglet « **Analyse** », correspondant à la feuille d'analyse décrite dans le § 2.5.2 : vise à recueillir les éléments relatifs à l'analyse gravimétrique. L'onglet est à dupliquer et compléter pour chaque analyse.

Les éléments à renseigner dans chacun des onglets sont rappelés ci-après.

**L'ensemble des champs de chacun des onglets doit être renseigné.**

#### 3.1 Onglet « informations générales relatives à l'entreprise »

<p><b>Questionnaire campagne de mesure PSES</b>  <b>Informations générales relatives à l'entreprise</b></p>
---

	<i>Consignes pour le remplissage des champs</i>	Champs à compléter
<b>Nom de l'entreprise</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Numéro SIRET</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Code NAF (NAF 2008, 5 digits)</b>	<i>Champ libre. Renseigner le code NAF (nomenclature des activités françaises), selon la NAF rev.2 de 2008</i>	
<b>Adresse</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Code postal</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Ville</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Contact mail</b>	<i>Champ libre.</i>	
<b>Contact téléphone</b>	<i>Champ libre.</i>	

Nombre de salariés dans l'entreprise	<i>Champ fixe. Compléter la gamme correspondant à la taille de l'entreprise : 0, 1 à 9, 10 à 49, 50 à 499, 500 à 999, &gt; 1 000</i>	
--------------------------------------	--	--

### 3.2 Onglet « Activité »

Cet onglet est à dupliquer et compléter pour chaque activité.

<p><b>Questionnaire campagne de mesures PSES</b></p> <p><b>Activité</b></p> <p><b>=&gt; à dupliquer et compléter pour chaque activité devant faire l'objet de mesures de PSES</b></p>
---

	<i>Consignes pour le remplissage des champs</i>	Champs à compléter
<b>Éléments liés à l'activité</b>		
Description de l'activité	<i>Champ libre. Décrire l'activité</i>	
Nombre de salariés concernés par l'activité	<i>Champ libre</i>	
Conditions d'accès / informations générales sur l'activité	<i>Champ libre</i>	
Groupe d'exposition similaire (GES)	<i>Champ fixe. Renseigner si des GES ont déjà été constitués pour cette activité (Oui/non)</i>	
Tâches prévues	<i>Champ libre. Se baser sur la codification utilisée dans la base de données Scola</i>	
Quel est le type de produits / substances mis en œuvre, manipulé ?	<i>Champ libre</i>	
Fréquence de l'activité (heure/jour ou jour/mois)	<i>Champ libre. Renseigner la fréquence à laquelle l'activité est réalisée : en heures / jour ou jours /mois</i>	
<b>Description des mesures de protection collective (EPC) mises en œuvre</b>		
Type principal	<i>Champ fixe. Si le type d'EPC n'est pas listé (Ventilation générale, Captage à la source, (préciser), Brumisation, Arrosage (préciser), Autre), sélectionner Autre et préciser ci-après</i>	



Préciser si nécessaire	<i>Champ libre. Apporter des précisions si nécessaire sur le type d'EPC</i>	
Autre moyen éventuel (en complément ou si "Autre" a été choisi ci-dessus)	<i>Champ libre.. A renseigner le cas échéant en complément des indications précédentes</i>	
<b>Autres éléments de description</b>		
Activité réalisée en extérieur ou intérieur	<i>Champ fixe.. Préciser si l'activité est réalisée <b>en extérieur, principalement en extérieur, en intérieur ou principalement en intérieur</b></i>	
<b>Autres informations</b>		
Toute information que vous jugez utile	<i>Champ libre. Préciser toute information utile à la description de l'activité</i>	

### 3.3 Onglet « prélèvement »

Cet onglet est à dupliquer et compléter pour chaque prélèvement.

<p><b>Questionnaire campagne de mesures PSES</b>  <b>Prélèvement</b>  <b>=&gt; à dupliquer et compléter pour chaque prélèvement</b></p>
---

	<i>Consignes pour le remplissage des champs</i>	<b>Champs à compléter</b>
<b>Identification du prélèvement</b>		
Référence du prélèvement	<i>Champ Libre. L'identification du prélèvement sera la même pour l'analyse de l'échantillon correspondant</i>	
Date du prélèvement	<i>Champ libre.</i>	
<b>Description / détail des tâches réalisées</b>		
Nature de l'activité / du poste de travail	<i>Champ libre. Décrire l'activité</i>	
Opérateur concerné	<i>Champ libre. Préciser le nom de l'opérateur. Veiller au respect de la confidentialité</i>	
Tâches concernées et durées associées (min)	<i>Champ libre. Se baser sur dénomination des tâches de Scola</i>	

Joindre un schéma ou des photos si mesures fixe	<i>Champ libre.</i>	
Evènements pertinents survenus pendant l'intervention (le cas échéant)	<i>Champ libre. Renseigner toute information susceptible d'avoir un impact sur la mesure : problèmes techniques liés au prélèvement, incidents au niveau de l'activité, etc.</i>	
<b>Productivité</b>		
Indication de productivité	<i>Champ fixe. Renseigner la production ou l'activité au moment des mesures était habituelle ou inhabituelle (<b>normale, sous production ou surproduction</b>).</i>	
<b>Éléments liés au prélèvement</b>		
Type de prélèvement (individuel / fixe)	<i>Champ fixe. Préciser s'il s'agit d'un prélèvement <b>individuel ou fixe</b></i>	
Si prélèvement à poste fixe : préciser le type	<i>Champ fixe. Préciser s'il s'agit d'un prélèvement <b>de proximité ou d'ambiance générale</b></i>	
Type de dispositif (inhalable/alvéolaire)	<i>Champ fixe. Préciser s'il s'agit d'un dispositif de prélèvement de la fraction inhalable (<b>CFC + capsule soudée</b>) ou alvéolaire (<b>cyclone DO + membrane PVC</b>)</i>	
Nature du support de prélèvement	<i>Champ libre. Préciser le modèle de capsule soudée (si inhalable) ou nature et dimension du filtre (si alvéolaire)</i>	
Débit avant prélèvement (L/min)	<i>Champ libre.</i>	
Débit après prélèvement (L/min)	<i>Champ libre.</i>	
Heure début de prélèvement	<i>Champ libre.</i>	
Heure de fin de prélèvement	<i>Champ libre.</i>	
Durée du prélèvement (min)	<i>Champ libre.</i>	
Volume d'air prélevé (L)	<i>Champ libre.</i>	
Vitesse de vent (m/s)	<i>Champ libre. Renseigner ce champ si le prélèvement est effectué en extérieur ou au niveau de postes de travail exposés à de grands courants d'air</i>	

Éléments liés aux conditions de l'intervention		
Prélèvement en intérieur ou extérieur	<i>Champ fixe. Renseigner si le prélèvement est effectué <b>en extérieur, principalement en extérieur, en intérieur ou principalement en intérieur</b></i>	
Si prélèvement en intérieur, précisez : Volume de la pièce/atelier (m <sup>3</sup> )	<i>Champ libre. Renseigner le volume de l'atelier ou du local si le prélèvement est effectué en intérieur</i>	
Si prélèvement en intérieur, précisez : Type de ventilation	<i>Champ fixe. Renseigner si la ventilation est <b>naturelle ou mécanique</b></i>	
Si ventilation mécanique, précisez :		
Vitesse d'air (m/s)	<i>Champ libre.</i>	
Débit d'air (m <sup>3</sup> /s)	<i>Champ libre.</i>	
Autre information utile pour la ventilation	<i>Champ libre.</i>	
Équipement de protection collectif (EPC)		
Etat fonctionnel	<i>Champ fixe. Répondre par <b>oui ou non</b> selon si les EPC présents fonctionnaient normalement ou non</i>	
Aspiration à la source	<i>Champ fixe. Répondre par <b>oui ou non</b> selon si un dispositif d'aspiration à la source était en fonctionnement au moment des mesures.</i>	
Débit d'air (m <sup>3</sup> /s)	<i>Champ libre.</i>	
Si activité à l'extérieur : description de la configuration	<i>Champ fixe. Préciser si l'activité a lieu à l'<b>air libre, dans un espace semi-confiné ou confiné</b></i>	
Équipement de protection individuelle (EPI)		
Port d'un appareil de protection respiratoire (APR) durant la tâche	<i>Champ fixe. Répondre par <b>oui ou non</b></i>	
Si oui, précisez le type	<i>Champ libre. Préciser le modèle d'APR</i>	
Si oui, précisez le facteur de protection assigné (FPA)	<i>Champ libre. Mentionner la valeur du FPA du modèle d'APR porté</i>	
Si oui, et si le FPA n'est pas connu, précisez le facteur de protection nominal (FPN)	<i>Champ libre. Mentionner la valeur du FPN relatif au modèle d'APR porté.</i>	
Si oui, précisez la durée de port de l'APR (en minutes)	<i>Champ libre.</i>	
Conditions générales		
Température min. (C°)	<i>Champ libre.</i>	
Température max. (C°)	<i>Champ libre.</i>	
% Humidité (min)	<i>Champ libre.</i>	
% Humidité (max)	<i>Champ libre.</i>	

Pression moyenne (Pa)	<i>Champ libre.</i>	
Description des conditions météorologiques	<i>Champ libre. Décrire les conditions météorologiques pour les prélèvements réalisés en extérieur</i>	
Co-activités principales présentes génératrices de poussières	<i>Champ libre. Décrire les co-activités principales génératrices de poussières à proximité de l'activité investiguée.</i>	
<b>Autres informations</b>		
Toute information que vous jugez utile	<i>Champ libre.</i>	

### 3.4 Onglet « analyse »

Cet onglet est à dupliquer et compléter pour chaque échantillon.

<p><b>Questionnaire campagne de mesures PSES</b></p> <p><b>Analyse</b></p> <p><b>=&gt; à dupliquer et compléter pour chaque échantillon</b></p>
---

		<i>Consignes pour le remplissage des champs</i>	<b>Champs à compléter</b>
<b>Blancs</b>			
Nombre de blancs		<i>Champ libre. Préciser le nombre de blancs analysés</i>	
Delta moyen (µg)		<i>Champ libre. Préciser la variation de la masse des blancs</i>	
<b>Analyse de l'échantillon</b>			
Référence du prélèvement		<i>Champ Libre. L'identification du prélèvement sera la même pour l'analyse de l'échantillon correspondant</i>	
Date de l'analyse		<i>Champ libre.</i>	
Pesée initiale (µg)		<i>Champ libre.</i>	
Pesée finale (µg)		<i>Champ libre.</i>	
Delta = pesée finale - pesée initiale (µg)		<i>Champ libre.</i>	
Delta Corrigé par rapport à la moyenne des blancs (µg)		<i>Champ libre.</i>	
Limite de quantification <u>par support</u> (µg)		<i>Champ libre. Préciser la limite de quantification en µg par support</i>	
Conditions atmosphériques du laboratoire	Température (°C)	<i>Champ libre.</i>	
	Pression (hPa)	<i>Champ libre.</i>	
	Hygrométrie (%HR)	<i>Champ libre.</i>	
Préciser si situation non habituelle pour la pesée (conditions environnementales)		<i>Champ libre.</i>	
Si prélèvement non analysé ou résultat non pris en compte, préciser pour quelles raisons		<i>Champ libre.</i>	
<b>Calcul de la concentration</b>			
Concentration sur la durée du prélèvement (mg/m <sup>3</sup> )		<i>Champ libre.</i>	
Concentration pondérée sur 8h (mg/m <sup>3</sup> )		<i>Champ libre.</i>	

Concentration pondérée sur 8h avec prise en compte des facteurs de protection des appareils de protection respiratoire (le cas échéant) (mg/m <sup>3</sup> )	<i>Champ libre.</i>	
Incertitude élargie (seuil de confiance à 95%)	<i>Champ libre.</i>	
<b>Autres informations</b>		
Toute information que vous jugez utile	<i>Champ libre.</i>	

**Date de validation du rapport :** 22 novembre 2022

## 4 Bibliographie

Afnor – NF ISO 15767 : août 2009 - Ir des lieux de travail - Contrôle et caractérisation de l'incertitude de pesée des aérosols collectés.

Afnor – NF X 43-257 : août 2016 - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement d'aérosol à l'aide d'une cassette (orifice 4 mm)

Afnor – NF X 43-259 : mai 1990 - Qualité de l'air - Air des lieux de travail - Prélèvement individuel ou à poste fixe de la fraction alvéolaire de la pollution particulaire. Méthode de séparation par cyclone 10 mm.

Anses (2019) - Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel - Les poussières dites sans effet spécifique (effets sanitaires) - Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective - Novembre 2019.

Anses\_ (2020) : Valeurs limites d'exposition en milieu professionnel - Poussières dites sans effet spécifique - Evaluation des méthodes de mesure - Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective - Septembre 2020:

Cofrac\_2019 : Labref27 : Exigences spécifiques pour l'accréditation des organismes procédant aux contrôles des expositions professionnelles aux agents chimiques dans l'air des lieux de travail : <https://www.inrs.fr/risques/poussieres/ce-qu-il-faut-retenir.html>

INRS (2016a) : MétroPol - Bonnes pratiques lors des interventions en entreprises – Version 1.1, mars 2016 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-intervention-relation-entreprise/metropol-intervention-relation-entreprise.pdf>

INRS (2016b) : MétroPol M-274/V01.1 : Aérosols en fraction inhalable (cassette) – septembre 2016 ([http://www.inrs.fr/dms/metropol/FicheMetropol/METROPOL\\_274-1/FicheMetropolMETROPOL\\_274.pdf](http://www.inrs.fr/dms/metropol/FicheMetropol/METROPOL_274-1/FicheMetropolMETROPOL_274.pdf))

INRS (2016c) : MétroPol M-278/V01.1 : Aérosols en fraction alvéolaire (cyclone) – septembre 2016 ([http://www.inrs.fr/dms/metropol/FicheMetropol/METROPOL\\_278-1/FicheMetropolMETROPOL\\_278.pdf](http://www.inrs.fr/dms/metropol/FicheMetropol/METROPOL_278-1/FicheMetropolMETROPOL_278.pdf))

INRS (2018) : MétroPol - Préparation des dispositifs de prélèvement en vue d'une intervention en entreprise – Version 4, octobre 2018 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-intervention-preparation/metropol-intervention-preparation.pdf>

INRS (2019a) : MétroPol - Stratégie de prélèvement – Version 2, mai 2019 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-strategie-principe/metropol-strategie-principe.pdf>

INRS (2019b) : MétroPol - Prélèvement des aérosols par cyclone – Version 2, janvier 2019 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cyclone/metropol-prelevement-cyclone.pdf>

INRS (2020) : portrait des expositions aux poussières inhalables et alvéolaires mesurées entre 2014 et 2018 – HST n°258 – Mars 2020 – pp 74-79 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/HST/TI-BD-6/bd6.pdf>

INRS (2021) : MétroPol - Prélèvement des aérosols par cassette fermée – Version 2, décembre 2021 : <https://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/metropol-prelevement-cassette/metropol-prelevement-cassette.pdf>

---

# ANNEXES

---



## Annexe 1 : Lettre de la demande

2022-SA-0114



Paris, le 16 JUIN 2022

Sous-direction des conditions de travail, de la santé et de  
la sécurité au travail  
Bureau des équipements et des lieux de travail

Le directeur général du travail

à

Monsieur Roger GENET  
Directeur général de l'agence nationale de sécurité  
sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et  
du travail (ANSES)  
14 rue Pierre et Marie Curie  
94700 Maisons-Alfort

Ref. :  
D-22-043682  
L RAR n°: 20203201 01875

Objet : Saisine portant sur une demande d'appui aux travaux de la commission instituée par le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 et un complément d'expertise sur la pertinence de la règle d'additivité mentionnée à l'article R. 4412-154 du code du travail à la suite de l'abaissement des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires prévues à l'article R. 4222-10 du même code, entré en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2022

PJ :

1. Décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique
2. Arrêté du 26 janvier 2022 déterminant la composition de la commission instituée par le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique

En réponse à la saisine du 18 novembre 2015 par mes services, votre agence a rendu, notamment le 19 novembre 2019, un rapport relatif à la proposition de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des effets sur la santé sur le lieu de travail pour les poussières dites sans effet spécifique (PSES), qui préconisait un abaissement des niveaux des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique prévus à l'article R. 4222-10 du code du travail, de 10 à 4 mg/m<sup>3</sup> d'air pour la fraction inhalable et de 5 à 0,9 mg/m<sup>3</sup> d'air pour la fraction alvéolaire.

Le décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021 portant modification des concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires dans les locaux à pollution spécifique (P.J. n° 1) fait évoluer les concentrations réglementaires pour les porter aux valeurs préconisées par votre rapport au 1<sup>er</sup> juillet 2023 et a introduit des valeurs intermédiaires au 1<sup>er</sup> janvier 2022.

Du fait des difficultés avancées par les professionnels concernés quant à l'atteinte de ces nouvelles valeurs, le décret a prévu la création d'une commission (P.J. n° 2) chargée, d'une part de procéder au recensement des moyens

Tél : 01.44.38.25.02  
Mél : pierre.ramain@travail.gouv.fr  
39-43 quai André Citroën  
75902 PARIS Cedex 15

1

techniques à mettre en place par les employeurs pour assurer le respect des futures concentrations en PSES dans un objectif d'effectivité de la réglementation, d'autre part de procéder à leur réévaluation.

Pour atteindre cet objectif, il apparaît nécessaire de compléter l'étude strictement sanitaire menée par vos services par des données techniques et socio-économiques permettant de déterminer la capacité effective des entreprises à appliquer ces valeurs et ce, dans toutes ces dimensions, ainsi que de réexaminer les différents seuils de concentration définis dans ce texte. En effet, certaines valeurs ont été maintenues, faute d'éléments techniques ou socio-économiques permettant de définir une position. C'est le cas de :

- la concentration en poussières alvéolaires, à savoir 5 mg/m<sup>3</sup>, dans la formule d'additivité en cas de présence simultanée des poussières alvéolaires de silice cristalline prévue à l'article R. 4412-154 du code du travail. Hors périmètre de la décision du Conseil d'Etat, ce maintien de la valeur de 5mg/m<sup>3</sup> est un artefact purement arithmétique visant à ne pas impacter de manière prépondérante la formule d'additivité par l'abaissement de la concentration moyenne en poussières alvéolaires.
- la concentration en poussières alvéolaires, à savoir 5 mg/m<sup>3</sup>, applicable spécifiquement aux lieux de travail en extérieur pour les mines et carrières<sup>1</sup>.

L'abaissement des niveaux de concentrations en deux temps et la création de cette commission sont le fruit d'un équilibre obtenu après un important travail de concertation avec les fédérations professionnelles les plus concernées et les partenaires sociaux au vu des difficultés soulevées par certains secteurs d'activités.

La commission, constituée de six experts dont les domaines d'expertise complémentaires permettent d'appréhender les différentes problématiques soulevées par la nouvelle réglementation, doit rendre son rapport dans les douze mois qui suivent sa mise en place, soit le 31 janvier 2023.

Compte tenu de son format, ainsi que du délai qui lui est octroyé afin de remettre son rapport, lequel ne lui permet pas de mener des études complètes, je vous demande d'apporter un **appui aux travaux de la commission**, en particulier à la démarche qui vise à faire réaliser une campagne de mesurages par les branches professionnelles justifiée par la méconnaissance des niveaux d'exposition réels.

Cet appui consiste à :

- produire le cahier des charges sur la stratégie, la méthode de prélèvement et la méthode d'analyse à mettre œuvre, complété de recommandations méthodologiques de nature à garantir un niveau de qualité suffisant pour permettre l'exploitation des résultats et leur acceptabilité ;
- produire un questionnaire à renseigner par le laboratoire en charge des mesures permettant de décrire les conditions d'expositions (tronçonnage, sablage, supervision...) et les moyens de préventions (aspirations, travail à l'humide etc...) mis en place lors des mesures ;
- produire un questionnaire dont l'objectif est de recueillir des premières données sur le contexte technique et socio-économique des secteurs d'activité et/ou branches concernés par ces mesures qui pourront alimenter l'évaluation socio-économique mentionnée ci-après ;
- apporter votre concours, le cas échéant, à l'analyse par la commission des données ainsi collectées ;
- produire, sur la base de l'écart à la cible constaté et des recommandations émises en conséquence par la commission à l'issue de l'analyse des données de la campagne de mesurages, des éléments permettant d'appréhender les impacts socio-économiques consécutifs à l'abaissement des niveaux de concentrations (valeurs intermédiaires applicables entre le 1<sup>er</sup> janvier 2022 et le 30 juin 2023 et valeurs préconisées par le rapport de 2019, applicable à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2023) pour les secteurs préalablement identifiés par la commission.

<sup>1</sup> Décret n° 2013-797 du 30 août 2013 fixant certains compléments et adaptations spécifiques au code du travail pour les mines et carrières en matière de poussières alvéolaires

Je vous demande également de mener, dans la continuité des travaux d'expertise précités, l'expertise scientifique permettant d'interroger le maintien de la règle d'additivité telle que fixée à l'article R. 4412-154 du code du travail au regard, en particulier, de l'impact sur la santé des travailleurs d'une exposition simultanée à des poussières alvéolaires non silicogènes (effet non spécifique : surcharge pulmonaire) et des poussières alvéolaires contenant de la silice cristalline (effet spécifique : cancérigène). Si cette règle devait être maintenue, vous nous indiquerez si elle permet de vérifier un risque relatif à des effets cancérigènes ou bien à des effets non cancérigènes, c'est-à-dire si la valeur limite d'exposition professionnelle correspondant à ce mélange doit être considérée comme celle d'un agent cancérigène.

La sensibilité du sujet et l'entrée en vigueur au 1<sup>er</sup> juillet 2023 des valeurs préconisées par votre rapport de 2019 justifie une priorisation de ce sujet afin de formuler dans les meilleurs délais des recommandations à la lumière de l'évolution des connaissances scientifiques acquises depuis la fixation de cette règle.

Enfin, je vous demande de préciser si, en termes de prévention, les valeurs préconisées par votre rapport de 2019 ont vocation à s'appliquer aussi bien en intérieur, quelle que soit la nature des locaux (à pollution spécifique ou non), qu'à l'extérieur.

Au regard du délai précité, je vous remercie de faire diligence pour produire le cahier des charges susmentionné, comprenant idéalement le questionnaire relatif aux données de contextualisation socio-économiques pour le 30 septembre 2022 afin que la campagne de prélèvement puisse être lancée au début du 4<sup>ème</sup> trimestre 2022 et que l'analyse des résultats puisse être effectuée avant la fin de l'année 2022. Si nécessaire, au regard des contraintes rencontrées par vos services, le questionnaire relatif aux données de contextualisation socio-économique pourra être envoyé au plus tard le 30 novembre 2022. Par ailleurs, vous voudrez bien me faire parvenir pour le 31 janvier 2023, les résultats de votre analyse des impacts socio-économiques. Enfin, je vous remercie de me remettre votre avis et rapport d'expertise scientifique sur le maintien de la règle d'additivité assorti de recommandations pour le 31 décembre 2023.

*Merci de votre appui sur ce sujet sensible.*

Le directeur général du travail



Pierre RAMAIN

## Annexe 2 : Références réglementaires

### Code du travail / Aération assainissement :

#### Article R4222-3

Pour l'application du présent chapitre, on entend par :

- 1° Air neuf, l'air pris à l'air libre hors des sources de pollution ;
- 2° Air recyclé, l'air pris et réintroduit dans un local ou un groupe de locaux. L'air pris hors des points de captage de polluants et réintroduit dans le même local après conditionnement thermique n'est pas considéré comme de l'air recyclé ;
- 3° Locaux à pollution non spécifique, les locaux dans lesquels la pollution est liée à la seule présence humaine, à l'exception des locaux sanitaires ;
- 4° Locaux à pollution spécifique, les locaux dans lesquels des substances dangereuses ou gênantes sont émises sous forme de gaz, vapeurs, aérosols solides ou liquides autres que celles qui sont liées à la seule présence humaine ainsi que locaux pouvant contenir des sources de micro-organismes potentiellement pathogènes et locaux sanitaires ;
- 5° Ventilation mécanique, la ventilation assurée par une installation mécanique ;
- 6° Ventilation naturelle permanente, la ventilation assurée naturellement par le vent ou par l'écart de température entre l'extérieur et l'intérieur ;
- 7° Poussière totale, toute particule solide dont le diamètre aérodynamique est au plus égal à 100 micromètres ou dont la vitesse limite de chute, dans les conditions normales de température, est au plus égale à 0,25 mètre par seconde ;
- 8° Poussière alvéolaire, toute poussière susceptible d'atteindre les alvéoles pulmonaires ;
- 9° Diamètre aérodynamique d'une poussière, le diamètre d'une sphère de densité égale à l'unité ayant la même vitesse de chute dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative.

### Section 3 : Locaux à pollution spécifique (Articles R4222-10 à R4222-17)

#### Article R4222-10

Dans les locaux à pollution spécifique, les concentrations moyennes en poussières totales et alvéolaires de l'atmosphère inhalée par un travailleur, évaluées sur une période de huit heures, ne doivent pas dépasser respectivement 7 et 3,5 milligrammes par mètre cube d'air.

*Conformément au B du IV de l'article 4 du décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021, ces dispositions entrent en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2022.*

#### Article R4222-13

Les installations de captage et de ventilation sont réalisées de telle sorte que les concentrations dans l'atmosphère ne soient dangereuses en aucun point pour la santé et la sécurité des travailleurs et qu'elles restent inférieures aux valeurs limites d'exposition fixées à l'article R. 4412-149.

Lorsque les limites des concentrations mentionnées à l'article R. 4222-10 ne peuvent être respectées en tout point d'un local à pollution spécifique, l'employeur met en œuvre les mesures



organisationnelles nécessaires pour que l'exposition des travailleurs ne dépasse pas en moyenne ces limites sur une période de huit heures.

Les dispositifs d'entrée d'air compensant les volumes extraits sont conçus et disposés de façon à ne pas réduire l'efficacité des systèmes de captage.

Un dispositif d'avertissement automatique signale toute défaillance des installations de captage qui n'est pas directement décelable par les occupants des locaux.

*Conformément au II de l'article 4 du décret n° 2021-1763 du 23 décembre 2021, ces dispositions entrent en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 2022.*

### Annexe 3 : Dispositifs de prélèvements de la fraction inhalable et de la fraction alvéolaire recommandés dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020)

Tableau 2 : Rappel des dispositifs de prélèvement de la fraction inhalable recommandés et limites associées dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020)

Button	Sur-échantillonnage plus important aux vitesses d'air faibles Légère augmentation de l'efficacité de prélèvement aux vitesses d'air $\geq 1$ m.s-1 Gravimétrie : utilisation de filtre PVC 25 mm - Nécessité de réaliser 2 prélèvement de 4h.
CFC capsule interne +	Effet de l'inclinaison non étudié. Sous-estimation de la fraction conventionnelle inhalable au-dessus de 40 à 50 $\mu$ m Biais moins important avec la courbe conventionnelle inhalable aux vitesses d'air faibles. L'efficacité de prélèvement n'a pas été étudiée pour des vitesses d'air $\geq 1$ m.s <sup>-1</sup>
CIP-10 I V2	Sous-estimation de la fraction conventionnelle inhalable au-dessus de 40 à 50 $\mu$ m Diminution de l'efficacité de prélèvement aux vitesses d'air faibles (sous-estimation plus importante). Augmentation de l'efficacité de prélèvement à 1 m.s-1 (diminution du biais vis-à-vis de la fraction conventionnelle inhalable). Gravimétrie : le dixième de la VLEP-8h est obtenu avec la limite basse de la LQ.
GSP-3.5 CIS /	Sous-estimation de la fraction conventionnelle inhalable au-dessus de 40 à 50 $\mu$ m. Suréchantillonnage plus important aux vitesses d'air faibles Aux vitesses d'air $\geq 1$ m.s-1, augmentation ou diminution de l'efficacité de prélèvement selon l'orientation (face au flux d'air ou moyennée) Dépôt sur les parois pouvant être important pour les diamètres aérodynamiques équivalents les plus élevés. Nécessité de réaliser 2 prélèvements de 4h
IOM	Possible captation de grosses particules émises dans certains procédés via l'ouverture du dispositif Sur-échantillonnage des particules de diamètre supérieur à 70 $\mu$ m Sur-échantillonnage plus important aux vitesses d'air faibles. Aux vitesses d'air $\geq 1$ m.s-1, augmentation ou diminution de l'efficacité de prélèvement selon l'orientation (face au flux d'air ou moyennée)
7-hole	Légère sousestimation de la fraction conventionnelle inhalable au-delà de 30 $\mu$ m à 0,5 m.s-1 mais surestimation à des vitesses d'air plus faibles. Surestimation dans des conditions d'orientation face au flux d'air

**Tableau 3 : Dispositifs de prélèvement de la fraction alvéolaire recommandés et limites associées dans l'expertise Anses relative aux PSES (Anses, 2020)**

Cyclone AI	Surestimation pour des particules de tailles de 1 à 4 µm et sous-estimation pour les particules de tailles comprises entre 4 et 10 µm Pas d'influence du dépôt sur les parois, ni du type, concentration et charge électrostatique de l'aérosol
Cyclone GS3	Surestimation pour les particules de diamètre inférieur à 4 µm et une sous-estimation pour les particules de diamètre entre 4 et 10 µm Pas de différence en fonction de l'orientation du dispositif ↑ Biais à une vitesse d'air très élevée Pas d'effet de dépôt sur les parois ni de charges électrostatiques Nécessité de réaliser 2 prélèvements de 4h.
Cyclone HD (FSP10, SIMPEDS-FSP2, SKC plastic)	Surestimation pour les particules de diamètre inférieur à 4 µm et une sous-estimation pour les particules de diamètre entre 4 et 10 µm Pas d'études concernant des vitesses d'air élevées, ni l'influence de l'orientation du dispositif, de l'humidité relative ni du type, concentration et charge électrostatique de l'aérosol. Préconisation de pesée filtre + cassette. Nécessité de réaliser 2 prélèvements de 4h. pour le FSP10 : Perte de charge du fait du haut débit
Cyclone GK (GK 2.69, GK 4.162)	Surestimation pour les particules de diamètre inférieur à 4 µm et une sous-estimation pour les particules de diamètre entre 4 et 10 µm Pas d'études concernant des vitesses d'air élevées, ni l'influence de l'orientation du dispositif, de l'humidité relative ni du type, concentration de l'aérosol. Perte de charge du fait du haut débit. Nécessité de réaliser 2 prélèvements de 4h
Cyclone Oliver Dorr-	Surestimation pour des particules de tailles de 1 à 4 µm et sous-estimation pour les particules de tailles comprises entre 4 et 10 µm ↓ D50 et ↑ Biais avec des vitesses d'air élevées et des orientations du dispositif à 90 et 180°. Problématique de dépôt sur les parois, d'effet de charges électrostatiques. Gravimétrie : optimisation des LQ nécessaires pour atteindre 0,1*VLEP-8h.