

**Comité d'experts spécialisé CES Valeurs sanitaires de référence - CES VSR 2021-2024**

**Procès-verbal de la réunion  
du 17 mai 2024**

*Considérant le décret n° 2012-745 du 9 mai 2012 relatif à la déclaration publique d'intérêts et à la transparence en matière de santé publique et de sécurité sanitaire, ce procès-verbal retranscrit de manière synthétique les débats d'un collectif d'experts qui conduisent à l'adoption de conclusions. Ces conclusions fondent un avis de l'Anses sur une question de santé publique et de sécurité sanitaire, préalablement à une décision administrative.*

*Les avis de l'Anses sont publiés sur son site internet ([www.anses.fr](http://www.anses.fr)).*

**Étaient présents le 17 mai 2024 - Matin :**

- Membres du comité d'experts spécialisé

Monsieur Fabrice MICHIELS (président de séance)

Madame Michèle BISSON, Madame Anne CHEVALIER, Madame Fatiha EL GHISSASSI, Monsieur Claude EMOND, Monsieur Robert GARNIER<sup>1</sup>, Monsieur Kevin HOGVEEN, Madame Yuriko IWATSUBO<sup>2</sup>, Madame Magali OLIVA-LABADIE, Monsieur Jérôme LANGRAND, Madame Gladys MIREY, Monsieur Luc MULTIGNER, Madame Nadia NIKOLOVA-PAVAGEAU, Monsieur Benoît OURY, Monsieur Henri SCHROEDER, Monsieur Olivier SORG, Monsieur Jérôme THIREAU<sup>3</sup>, Madame Maeva WENDREMAIRE

- Expert rapporteur

Madame Bénédicte JACQUEMIN

- Coordination scientifique de l'Anses

**Étaient absents ou excusés :**

Monsieur Benoît ATGE, Monsieur Luc BELZUNCES et Monsieur Antoine VILLA

**Présidence**

Monsieur Fabrice MICHIELS assure la présidence de la séance pour la journée.

---

<sup>1</sup> Monsieur Robert Garnier était absent lors de l'examen de la saisine n°2019-SA-0198

<sup>2</sup> Madame Yuriko Iwatsubo était absente lors de l'examen de la saisine n° 2021-MPEX-0047

<sup>3</sup> Monsieur Jérôme Thireau était absent lors de l'examen de la saisine n°2019-SA-0198

## 1. ORDRE DU JOUR

Les expertises ayant fait l'objet d'une finalisation et d'une adoption des conclusions sont les suivantes :

- Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP) pour le dioxyde de titane nanométrique (TiO<sub>2</sub> nano) P25 (évaluation des méthodes de mesure) (saisine n° 2021-MPEX-0047) ;
- Valeurs Toxicologiques de Référence des particules de l'air ambiant extérieur – Faisabilité d'élaboration de VTR pour le carbone suie et pour les particules ultrafines (saisine n°2019-SA-0198).

## 2. GESTION DES RISQUES DE CONFLIT D'INTERETS

Le résultat de l'analyse des liens d'intérêts déclarés dans les DPI de la saisine n° 2021-MPEX-0047 à l'ordre du jour n'a pas mis en évidence de risque de conflit d'intérêts.

La saisine n°2019-SA-0198 faisant apparaître un lien d'intérêt induisant un risque potentiel de conflit pour Messieurs Robert GARNIER et Antoine VILLA, ces experts n'ont pas participé à l'examen de la saisine concernée.

En complément de cette analyse, le président demande aux membres du CES s'ils ont des liens voire des conflits d'intérêts qui n'auraient pas été déclarés ou détectés. Les experts n'ont rien à ajouter concernant les points à l'ordre du jour de cette réunion.

## 3. SYNTHÈSE DES DÉBATS, DÉTAIL ET EXPLICATION DES VOTES, Y COMPRIS LES POSITIONS DIVERGENTES

### 3.1. Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP) pour le dioxyde de titane nanométrique (TiO<sub>2</sub> nano) P25 – Évaluation des méthodes de mesure (saisine n° 2021-MPEX-0047)

*Validation des travaux d'expertise collective, de la synthèse et des conclusions à la suite de la phase de consultation publique relative au TiO<sub>2</sub> nanométrique P25*

Le président vérifie que le quorum est atteint avec 17 experts sur 21 ne présentant pas de risque de conflit d'intérêts.

L'Anses a été saisie le 4 juillet 2017 par la Direction générale de la santé (DGS), la Direction générale de la prévention des risques (DGPR) et la Direction générale du travail (DGT) pour la réalisation de l'expertise suivante : définition d'une valeur toxicologique de référence (VTR) chronique par inhalation concernant le dioxyde de titane sous forme nanométrique. Suite à ces travaux, et conformément au protocole d'accord relatif aux valeurs limites d'exposition professionnelle et valeurs limites biologiques (VLEP et VLB) établi entre le ministère du travail et l'Anses, l'Anses a lancé les travaux pour l'élaboration de VLEP. L'Anses a publié en décembre 2020 un avis et un rapport d'expertise concernant uniquement les effets sanitaires liés à une exposition au dioxyde de titane sous forme nanométrique (TiO<sub>2</sub>-NP, P25<sup>4</sup>) (CAS n°13463-67-7) et a recommandé les VLEP suivantes :

---

<sup>4</sup> La forme « Aeroxide TiO<sub>2</sub> P25 » est une forme de référence du dioxyde de titane nanoparticulaire caractérisée de façon complète et composée d'anatase (80%) et de rutile (20%) avec un diamètre des particules primaires de 21 nm et une aire de surface spécifique de 48,08 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup>

- VLEP-8h de 0,8  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$
- VLCT-15min de 4  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$

Dans son avis de 2020, l'Anses a précisé qu' « en l'absence de fraction conventionnelle nanométrique, la fraction à considérer par défaut est la fraction alvéolaire ».

Par ailleurs, l'Anses a recommandé d'appliquer, par défaut, ces deux valeurs à toute forme de dioxyde de titane nanométrique, et pas uniquement aux P25 pour laquelle ces valeurs ont pu être dérivées. En l'absence de données robustes permettant d'évaluer les paramètres déterminant la toxicité des différentes formes de dioxyde de titane nanométrique, cette recommandation vise, dans le cas présent, à limiter les expositions à toutes ces formes, sans toutefois pouvoir garantir de protéger de leurs éventuels effets sanitaires spécifiques.

La présente expertise porte sur l'évaluation des méthodes de mesure du  $\text{TiO}_2$ -NP au regard de ces recommandations et constitue un complément à l'avis publié en décembre 2020 recommandant des VLEP.

Les travaux d'expertise ont été présentés et discutés au sein du CES « Valeurs sanitaires de référence » (CES VSR) lors des réunions du 14 avril, 22 septembre et le 9 décembre 2022.

Lors de ces séances, les discussions ont porté essentiellement sur :

- la problématique posée par le prélèvement du  $\text{TiO}_2$  nanométrique au regard des VLEP recommandées et l'absence de convention pour le prélèvement des particules de taille nanométrique ;
- les dispositifs de prélèvement existants permettant de prélever des particules de tailles se situant dans une gamme proche de l'échelle nanométrique ;
- les différents protocoles de mesure du  $\text{TiO}_2$  de taille non nanométrique dans l'air des lieux de travail recensés et regroupés en fonction des méthodes d'analyse mises en œuvre.

Le rapport ainsi que la synthèse et les conclusions de l'expertise collective ont été adoptés par le CES VSR le 9 décembre 2022.

Le rapport ainsi que la synthèse et les conclusions de l'expertise collective ont fait l'objet d'une consultation publique du 15/02/2024 au 08/04/2024. Les commentaires reçus ont été examinés et discutés par le CES VSR qui a adopté le rapport d'expertise collective ainsi que la note d'expertise collective le 17/05/2024.

Les experts du CES « VSR » présents valident les conclusions suivantes :

Aucune méthode de mesure de  $\text{TiO}_2$  nanométrique n'a été identifiée mais trois méthodes de mesure de particules non nanométriques de  $\text{TiO}_2$  ont été recensées.

- Prélèvement actif – minéralisation acide, analyse par absorption atomique (AA)
- Prélèvement actif – minéralisation acide – analyse par spectrométrie d'émission atomique – plasma à couplage inductif (ICP-AES)
- Prélèvement actif – analyse par fluorescence X (XRF)

Ces méthodes permettent l'analyse de l'élément titane, ne sont pas spécifiques au dioxyde de titane et mettent en œuvre un prélèvement de la fraction inhalable ou alvéolaire. Bien que les protocoles recensés ne préconisent pas tous de prélèvement de la fraction alvéolaire, les méthodes d'analyse ont été évaluées au regard des VLEP recommandées, ces données ayant été obtenues par dopage des membranes avec des solutions.

Les protocoles recensés ne présentent que très peu de données de validation. Les limites de quantification renseignées sont élevées par rapport aux valeurs limites recommandées par le CES VSR.

A noter que quelques dispositifs de prélèvement individuel permettent de prélever des particules de tailles se situant dans une gamme proche de l'échelle nanométrique, de déterminer la concentration massique de la fraction nanométrique de l'aérosol prélevé et de doser les différents éléments chimiques présents. Il s'agit de certains impacteurs (Marple ( $< 0,52\mu\text{m}$ ), le Sioutas ( $< 0,25\mu\text{m}$ ), le Mini MOUDI 135-8 ( $< 0,18\mu\text{m}$ )) et de dispositifs développés spécifiquement pour les nanomatériaux (NRD et PENS). Aucune donnée de validation relative à l'analyse de  $\text{TiO}_2$  nanométrique prélevé à l'aide de ces dispositifs n'a été identifiée.

La méthode 1 est classée en catégorie 3 pour le contrôle technique réglementaire de la VLEP-8h, de la VLCT-15min et le suivi des expositions court terme en raison d'une limite de quantification trop élevée et d'un débit de prélèvement nécessaire incompatible avec les dispositifs de prélèvement individuel, qu'il s'agisse de la fraction alvéolaire, d'impacteurs ou des préleveurs dédiés aux nanoparticules (NRD, PENS).

La méthode 2 est également classée en catégorie 3 pour le contrôle technique de la VLCT-15min et le suivi des expositions court terme pour les mêmes raisons. Elle est classée en catégorie 3\* pour le contrôle technique réglementaire de la VLEP-8h. En effet, parmi les dispositifs de prélèvement individuel de la fraction alvéolaire classés en catégorie 2 au regard de leur conformité à la fraction conventionnelle alvéolaire (Anses 2020<sup>5</sup>) seuls le FSP10 et le GK 4.162 peuvent être utilisés avec une membrane PVC (support présentant les limites de quantification les plus basses) et présentent un débit suffisant (respectivement 10 et 9  $\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$ ) qui devrait permettre d'atteindre le dixième de la VLEP-8h. Toutefois, aucune donnée de validation directement obtenue avec ces dispositifs et la membrane PVC n'est disponible, notamment les incertitudes. Par ailleurs le Sioutas est un dispositif de prélèvement pouvant collecter des particules de taille inférieure à 250 nm sur un seul et même support (filtre terminal) qui pourrait être une membrane en EC ou PVC. Il offre un débit compatible avec le débit nécessaire pour atteindre le dixième de la VLEP-8h et pourrait être mis en œuvre sous réserve d'une validation et d'une attention particulière à la gestion des pertes de charge lors du prélèvement.

La méthode 3 nécessite, pour obtenir des performances en adéquation avec celles affichées, un contrôle du taux de charge et de la granulométrie de l'échantillon collecté. Par ailleurs les limites de quantification associées sont supérieures aux dixièmes de la VLEP-8h et de la VLCT-15min. Elle est donc classée en catégorie 3 pour le contrôle technique de la VLEP-8h, de la VLCT-15min et le suivi des expositions court terme

En conclusion, aucune méthode de mesure n'est recommandée pour le contrôle technique des VLEP recommandées pour le  $\text{TiO}_2$  nanométrique.

Le CES recommande de développer et valider une méthode de mesure permettant de prélever la fraction alvéolaire et de doser le titane avec des limites de quantification égales aux dixièmes de la VLEP-8h et de la VLCT-15min. La méthode d'analyse par ICP/MS, généralement plus sensible pour l'analyse des métaux, pourrait être une méthode d'intérêt. Il convient d'utiliser des membranes PVC ou EC pour l'optimisation de l'analyse quantitative.

Pour documenter l'exposition professionnelle au  $\text{TiO}_2$  sous forme de particules nanostructurées (incluant les agrégats et les agglomérats), le CES recommande alors de mettre en place une stratégie de mesure couplant :

- une mesure individuelle temps réel permettant d'objectiver le caractère nanométrique de l'aérosol à l'aide d'un compteur de particules

---

<sup>5</sup> Anses.2020. AVIS et RAPPORT de l'Anses relatif à la proposition de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des méthodes de mesure dans l'air des lieux de travail pour les poussières dites sans effet spécifique (PSES). <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2017SA0148-1Ra.pdf>.

avec

- un prélèvement de l'aérosol pour déterminer la teneur en titane. Ce prélèvement pourra être un prélèvement de la fraction inhalable, un prélèvement de la fraction alvéolaire, un prélèvement à l'aide d'impacteurs afin de renseigner la distribution granulométrique, ou bien un prélèvement réalisé à l'aide d'un des dispositifs de prélèvement développés pour prélever une fraction granulométrique proche de la fraction nanométrique (comme par exemple les préleveurs NRD et PENS).

Cette stratégie, contraignante car nécessitant de multiplier les dispositifs de prélèvements, permet, en l'absence de méthode de mesure validée, de documenter la présence de particules de taille nanométrique, de s'assurer de la distribution granulométrique de l'aérosol et de prendre en compte les agrégats et agglomérats.

Le président propose une étape formelle de validation avec délibération et vote. Il rappelle que chaque expert donne son avis et peut exprimer une position divergente.

Les 17 experts présents au moment de la délibération adoptent à l'unanimité les conclusions de l'expertise relative à la proposition de valeurs limites d'exposition à des agents chimiques en milieu professionnel - Evaluation des méthodes de mesure du dioxyde de titane sous forme nanométrique (TiO<sub>2</sub> NP, P25).

### **3.2. Valeurs Toxicologiques de Référence des particules de l'air ambiant extérieur – Faisabilité d'élaboration de VTR pour le carbone suie et pour les particules ultrafines (saisine n°2019-SA-0198)**

Le président vérifie que le quorum est atteint avec 16 experts sur 19 ne présentant pas de risque de conflit d'intérêts.

À l'issue de l'expertise de l'Anses visant à sélectionner les polluants à prendre en compte dans les évaluations des risques sanitaires réalisées dans le cadre des études d'impact des infrastructures routières (Anses 2012), l'Agence a souligné le besoin de VTR pour les particules de l'air ambiant afin d'estimer les impacts et permettre d'informer la population des risques potentiels sur la santé. Dans ce contexte, l'Anses s'est autosaisie afin de fixer des VTR pour les particules de l'air ambiant. Plus particulièrement, il s'agissait de déterminer la faisabilité de construction des VTR par voie respiratoire pour les PM<sub>2,5</sub>, les PM<sub>10</sub>, le « carbone suie » et les particules ultrafines et, le cas échéant, construire ces VTR.

Dans un premier avis publié en janvier 2023, l'Anses fixait une VTR long terme sans seuil par voie respiratoire pour les PM<sub>2,5</sub>, également applicable aux concentrations d'exposition aux PM<sub>10</sub> après leur conversion en concentration d'exposition aux PM<sub>2,5</sub>. Dans ce même avis, l'Agence concluait à la faisabilité de construire des VTR pour le « carbone suie » à partir de données épidémiologiques<sup>6</sup>. L'avis faisant l'objet des présents travaux d'expertise a été actualisé en ajoutant :

- l'élaboration des VTR court terme par voie respiratoire pour les particules en masse (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>),
- l'élaboration des VTR court terme et long terme par voie respiratoire pour le « carbone suie ».

<sup>6</sup> Malgré les effets sanitaires mis en évidence, la construction de VTR pour les particules ultrafines n'est pas actuellement faisable à partir des données épidémiologiques disponibles à ce jour. En janvier 2024, l'Anses a mis en place un groupe de travail pour construire ces VTR sur la base de la littérature toxicologique.

Le rapport d'expertise collective a été présenté et discuté au sein du CES « VSR » lors des réunions des 14 avril, 20 mai, 30 juin et 8 décembre 2022 ; 29 juin, 14 septembre, 15 décembre 2023 et 17 mai 2024.

Les discussions du CES ont porté sur :

- la méthode de recherche bibliographique réalisée par le GT,
- l'adaptation de la méthode de dérivation des VTR aux particules et au carbone suie de l'air ambiant et en particulier :
  - l'existence ou l'absence d'un seuil pour les effets induits par ces particules et le carbone suie,
  - le choix de différents effets néfastes pour proposer des VTR candidates,
  - l'analyse et la sélection des fonctions expositions-risques, de la méthode de construction de la relation concentration-ERI<sup>7</sup> (choix de la forme de la relation dose-réponse, méthode simple vs. par table de survie).

▪ **VTR court terme et long terme pour les PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> de l'air ambiant extérieur**

Pour la **VTR court terme des PM<sub>2,5</sub>**, le CES a retenu l'ERU le plus protecteur pour la santé parmi toutes les valeurs candidates :

- l'ERU de  $1,65 \cdot 10^{-7} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$  pour des concentrations moyennes journalières [PM<sub>2,5</sub>] inférieures ou égales à  $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,
- et l'ERU de  $7,69 \cdot 10^{-9} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1} + 1,56 \cdot 10^{-6}$  pour des concentrations moyennes journalières [PM<sub>2,5</sub>] supérieures à  $10 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Ces ERU sont fondées sur les hospitalisations de causes cardiaques (tous âges observés dans l'étude de Wagner *et al.* de 2023) (niveau de confiance fort).

Pour la **VTR court terme des PM<sub>10</sub>**, le CES a retenu l'ERU le plus protecteur pour la santé parmi toutes les valeurs candidates :

- l'ERU de  $7,34 \cdot 10^{-8} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$  pour des concentrations moyennes journalières [PM<sub>10</sub>] inférieures ou égales à  $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,
- et l'ERU de  $7,71 \cdot 10^{-9} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3})^{-1} + 1,33 \cdot 10^{-6}$  pour des concentrations moyennes journalières [PM<sub>10</sub>] supérieures à  $20 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Ces ERU sont fondées sur les hospitalisations de causes cardiaques (tous âges observés dans l'étude de Wagner *et al.* de 2023) (niveau de confiance fort).

En conclusion, le CES recommande deux VTR court terme et long terme par voie respiratoire pour les PM<sub>2,5</sub> (Tableau ci-dessous). Pour les PM<sub>10</sub>, le CES recommande une VTR court terme, et pour le long terme, la conversion en concentration de PM<sub>2,5</sub> puis l'application de la VTR long terme élaborée pour les PM<sub>2,5</sub>. Il s'agit des ERU les plus protecteurs pour lesquels le niveau d'intérêt de la fonction concentration-risque associée est le plus élevé. Un niveau de confiance fort a été attribué à ces VTR.

---

<sup>7</sup> Excès de risque individuel

VTR par voie respiratoire pour les PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub> de l'air ambiant

Polluant	Type de VTR	Effet (étude clé)	Fonction Concentration-Excès de risque ou concentration(s) équivalente(s)	VTR
PM <sub>2,5</sub>	VTR court terme	Hospitalisations de causes cardiaques (I00-I52)  Wagner <i>et al.</i> (2023) : analyse poolée de 17 villes françaises, lag 0-1	Fonction linéaire par morceaux (risque relatif)*	<p><b>Pour [PM<sub>2,5</sub>] ≤ 10 µg.m<sup>-3</sup> :</b> ERU = 1,65.10<sup>-7</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup></p> <p><b>Pour [PM<sub>2,5</sub>] &gt; 10 µg.m<sup>-3</sup> :</b> ERU = 7,69.10<sup>-9</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> + 1,56.10<sup>-6</sup></p> <p>Niveau de confiance : Fort</p>
	VTR long terme	Décès toutes causes non accidentelles  Strak <i>et al.</i> (2021) : analyse poolée de 8 cohortes européennes réalisée dans le cadre du projet ELAPSE	Fonction non linéaire (hazard ratio)**	<p>ERU = 1,28.10<sup>-2</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup></p> <p><i>Pour affiner, utiliser la fonction paramétrique ci-dessous :</i></p> <p><b>ELR = 2,19.10<sup>-5</sup> x [PM<sub>2,5</sub>]<sup>3</sup> - 1,51.10<sup>-3</sup> x [PM<sub>2,5</sub>]<sup>2</sup> + 3,61.10<sup>-2</sup> x [PM<sub>2,5</sub>] - 8,83.10<sup>-2</sup></b></p> <p>Niveau de confiance : Fort</p>
PM <sub>10</sub>	VTR court terme	Hospitalisations de causes cardiaques (I00-I52)  Wagner <i>et al.</i> (2023) : analyse poolée de 17 villes françaises, lag 0-1	Fonction linéaire par morceaux (risque relatif)*	<p><b>Pour [PM<sub>10</sub>] ≤ 20 µg.m<sup>-3</sup> :</b> ERU = 7,34.10<sup>-8</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup></p> <p><b>Pour [PM<sub>10</sub>] &gt; 20 µg.m<sup>-3</sup> :</b> ERU = 7,71.10<sup>-9</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> + 1,33.10<sup>-6</sup></p> <p>Niveau de confiance : Fort</p>
	VTR long terme	Décès toutes causes non accidentelles  Strak <i>et al.</i> (2021) : analyse poolée de 8 cohortes européennes réalisée dans le cadre du projet ELAPSE, concentrations moyennes annuelles d'absorbance	Fonction non linéaire d'hazard ratio**	<p>Il est recommandé de convertir la concentration d'exposition aux PM<sub>10</sub> ([PM<sub>10</sub>]) en concentration PM<sub>2,5</sub> ([PM<sub>2,5</sub>]) avec le ratio [PM<sub>2,5</sub>] : [PM<sub>10</sub>] propre à la zone géographique évaluée ou avec tout autre modèle plus sophistiqué, puis d'utiliser la VTR long terme recommandée pour les PM<sub>2,5</sub></p>

[PM<sub>2,5</sub>] : concentration moyenne journalière en PM<sub>2,5</sub>. [PM<sub>10</sub>] : concentration moyenne journalière en PM<sub>10</sub>. \* Fonction piecewise-linear (modèle « 3 »). \*\* Fonction SCHIF - Shape-Constrained Health Impact Functions, modèle « ensemble ». ELAPSE : Effects of Low-Level Air Pollution: A Study in Europe ; ELR : excès de risque vie entière (excess lifetime risk).

- **VTR court terme et long terme pour le « carbone suie » de l'air ambiant extérieur**

Le CES recommande deux VTR court terme et long terme par voie respiratoire correspondant aux ERU les plus protecteurs :

- pour la VTR court terme, l'ERU 1,48.10<sup>-6</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup> fondé sur les hospitalisations de causes cardiovasculaires dérivé de l'étude de Basagaña *et al.* (2015),
- pour la VTR long terme, l'ERU de 5,29.10<sup>-2</sup> (10<sup>-5</sup> m<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup> fondé sur les décès toutes causes non accidentelles dérivé de l'étude de Strak *et al.* (2021).

**VTR court terme et long terme par voie respiratoire pour le « carbone suie » des particules de l'air ambiant**

Type de VTR	Effet (étude clé)	Fonction Concentration-Excès de risque ou concentration(s) équivalente(s)	VTR
VTR court terme (exprimée en carbone élémentaire (EC))	Hospitalisations toutes causes cardiovasculaires  Basagaña <i>et al.</i> (2015) : méta-analyse d'études dans 3 villes en Espagne et en Italie, carbone élémentaire dans la fraction PM <sub>2,5</sub> , lag 0	Variation relative du risque (%change)	<b>ERU = 1,48.10<sup>-6</sup> (µg.m<sup>-3</sup>)<sup>-1</sup></b>
			Niveau de confiance : Fort
VTR long terme (exprimée en absorbance (Abs))	Décès toutes causes non accidentelles  Strak <i>et al.</i> (2021) : analyse poolée de 8 cohortes européennes réalisée dans le cadre du projet ELAPSE, concentrations moyennes annuelles d'absorbance	Fonction non linéaire d'hazard ratio*	<b>ERU = 5,29.10<sup>-2</sup> (10<sup>-5</sup> m<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup></b>  <i>Pour affiner, utiliser la fonction paramétrique ci-dessous :</i>
			<b>ELR = 2,86.10<sup>-4</sup> x [abs]<sup>3</sup> - 8,24.10<sup>-3</sup> x [abs]<sup>2</sup> + 8,00.10<sup>-2</sup> x [abs] + 4,49.10<sup>-3</sup></b>  Niveau de confiance : Fort

ERU : excès de risque unitaire ; ELAPSE : *Effects of Low-Level Air Pollution: A Study in Europe* ; ELR : excès de risque vie entière (excess lifetime risk).

Pour une concentration moyenne annuelle en « carbone suie » entre 5,0.10<sup>-5</sup> et 12,5.10<sup>-5</sup> m<sup>-1</sup>, la VTR long terme pourrait surestimer le risque du fait de la forme (non linéaire) de la relation entre concentration et risque sur cette gamme. Pour affiner le calcul sur cette gamme, l'ERU peut être remplacé par la fonction paramétrique. En revanche, pour des concentrations supérieures à 12,5.10<sup>-5</sup> m<sup>-1</sup>, il n'est pas recommandé d'utiliser la fonction paramétrique en raison des fortes incertitudes sur la forme de la relation entre concentration et risque.

Le cas échéant, le GT et le CES rappellent qu'il existe des facteurs de conversion permettant de convertir les concentrations entre les trois métriques du « carbone suie ». Néanmoins, ces facteurs pouvant varier dans le temps et l'espace, il est recommandé d'utiliser, si disponible, un facteur de conversion propre à la méthode de mesure utilisée, à la zone géographique évaluée et à la période de temps considérée.

Le président propose une étape formelle de validation avec délibération et vote. Il rappelle que chaque expert donne son avis et peut exprimer une position divergente.

Les 16 experts présents au moment de la délibération adoptent les conclusions de l'expertise relative aux Valeurs Toxicologiques de Référence des particules de l'air ambiant extérieur.

M. Fabrice MICHIELS  
Président du CES VSR 2021-2024