

Comité d'experts spécialisé « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »

Procès-verbal de la réunion du « 16 mars 2018 »

*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. Conclusions qui 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).*

Adoption des travaux « Polluants émergents »

Etaient présent(e)s :

1. Membres du comité d'experts spécialisé :
 - Madame Nadif, présidente du CES.
 - Monsieur Paris, vice-président du CES.
 - Messieurs Bémer, Dewitte, Durif, Glorennec, Joubert, Mercier et Pernot.
 - Mesdames Achard, Bex, Bonvallot, Goupil, Guillemot, Jacquemin, Luce, Mandin, Monteil et Oppliger.
2. Coordination scientifique de l'Anses
3. Monsieur Blanchard, président du groupe de travail « Polluants émergents », par conférence téléphonique

Etaient excusé(e)s, parmi les membres du CES :

- Monssieur Caillaud
- Mesdames Aschan-Leygonie, Fréalle et Raherison.

Adoption des travaux « Masques antipollution »

Etaient présent(e)s :

1. Membres du comité d'experts spécialisé :
 - Madame Nadif, présidente du CES.
 - Monsieur Paris, vice-président du CES.
 - Messieurs Bémer, Durif, Glorennec, Joubert, Mercier et Pernot.
 - Mesdames Achard, Bonvallot, Goupil, Guillemot, Jacquemin, Luce, Mandin, Monteil et Oppliger.
2. Coordination scientifique de l'Anses
3. Messieurs Charpin (à partir de 14h45) et Langlois, experts rapporteurs sur la saisine « Masques antipollution », par conférence téléphonique

Etaient excusé(e)s, parmi les membres du CES :

- Messieurs Caillaud et Dewitte.
- Mesdames Aschan-Leygonie, Bex, Fréalle et Raherison.

Présidence

Mme Nadif assure la présidence de la séance pour la journée.

1. ORDRE DU JOUR

Les expertises ayant fait l'objet d'une finalisation et d'une adoption de leurs conclusions et recommandations sont les suivantes : « Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air – saisine n°2015-SA-0216 » et « Evaluation du bénéfice sanitaire attendu de dispositifs respiratoires dits antipollution – saisine n°2015-SA-0218 ».

2. GESTION DES RISQUES DE CONFLITS D'INTERETS

La présidente vérifie que le *quorum* est atteint lors de l'adoption des travaux « Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air » : 19 experts sont présents sur 23. Le *quorum* est atteint.

La présidente vérifie que le *quorum* est atteint lors de l'adoption des travaux « Evaluation du bénéfice sanitaire attendu de dispositifs respiratoires dits antipollution » : 17 experts sont présents sur 23. Le *quorum* est atteint.

L'analyse préalable des liens déclarés par les experts n'a pas mis en évidence de risque de conflit d'intérêt et aucun lien d'intérêt n'est déclaré en séance au regard des points de l'ordre du jour mentionnés ci-dessus.

3. SYNTHÈSE DES DÉBATS, DÉTAIL ET EXPLICATION DES VOTES, Y COMPRIS LES POSITIONS DIVERGENTES POUR LES TRAVAUX D'EXPERTISE IDENTIFIÉS CI-DESSOUS

3.1. Saisine n°2015-SA-0216 - « POLLUANTS ÉMERGENTS »

3.1.1. Contexte

L'évolution des technologies peut avoir comme conséquence un accroissement des émissions ou des concentrations dans l'air ambiant de certains polluants peu ou pas émis jusqu'à présent. De même, l'évolution des connaissances contribue à mettre en évidence une présence significative ou croissante dans l'air ambiant de certains polluants, ou de nouveaux effets toxiques sur la santé et/ou l'environnement. De ce fait, certains polluants atmosphériques non pris en compte aujourd'hui par les diverses réglementations relatives à la qualité de l'air en matière de surveillance des concentrations et de maîtrise des émissions peuvent constituer des polluants préoccupants au regard de leur impact potentiel sur la santé ou l'environnement.

3.1.2. Questions posées

L'Anses a ainsi été saisie afin de conduire l'expertise suivante :

- définir une méthode d'identification des polluants chimiques d'intérêt dans l'air ambiant non pris en compte à ce jour par la réglementation.
- hiérarchiser les polluants identifiés et sélectionner certains d'entre eux selon des méthodes clairement présentées, afin de dresser une liste concise de polluants d'intérêt du point de vue de leurs enjeux potentiels en termes d'impact sanitaire ou environnemental.

La saisine demandait en outre que la méthodologie mise en œuvre puisse également permettre d'identifier les besoins d'acquisition de données (concentrations dans l'air ambiant, connaissance des

effets sanitaires, etc.) pour les polluants non suffisamment documentés pour être hiérarchisés en vue d'une surveillance réglementaire.

L'objectif de l'expertise était *in fine* de proposer une liste de polluants prioritaires non réglementés actuellement, pour une future politique publique de surveillance de la qualité de l'air en France métropolitaine et dans les départements et régions d'outre-mer (DROM). En accord avec les ministères de tutelle ayant saisi l'Anses, plusieurs familles de polluants ont été exclues du périmètre de cette expertise pour les motifs suivants :

- pesticides : des travaux d'expertise récemment publiés par l'Anses (Anses, 2017a) ont en effet conduit à l'identification des pesticides qu'il serait pertinent de surveiller dans l'air ambiant ;
- pollens et moisissures : la nécessité de surveiller les pollens dans l'air ambiant a été soulignée dans un avis et un rapport d'expertise publiés par l'Anses dans un proche passé (Anses, 2014), et des travaux d'expertise devant conduire à des recommandations en matière de surveillance nationale des moisissures dans l'air ambiant sont en cours ;
- radioéléments : l'expertise de ces substances relève du champ de compétence de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ;
- gaz à effet de serre (GES) : compte tenu du calendrier de travail devant être tenu, il a été demandé à l'agence de focaliser ses travaux sur des polluants présentant des enjeux en terme d'impacts directs sur la santé humaine.

3.1.3.Observations et conclusions du CES « Air » lors de précédentes séances

Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs présentations, pour débat et commentaires, en séances de CES avant l'adoption de ce jour. Les paragraphes ci-dessous reprennent les conclusions alors formulées lors de ces séances.

- Séance du 26 novembre 2015 :

Objectif : présenter cette nouvelle saisine et les modalités d'instructions proposées par l'Anses.

Conclusions :

Le CES accepte de suivre l'instruction de cette saisine et les modalités d'instruction proposées par l'Anses, avec notamment la constitution d'un groupe de travail d'une dizaine d'experts.

L'Anses suggère que les disciplines suivantes soient représentées au sein du groupe de travail à mettre en place : connaissances générales dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'air, connaissances générales des méthodes de hiérarchisation/priorisation, toxicologie, épidémiologie, expologie, métrologie, démographie/géographie. Le CES suggère d'ajouter à cette liste : chimie de l'atmosphère, motoriste (à auditionner plus vraisemblablement) et chimie des transports.

Les questions et observations suivantes seront transmises aux tutelles :

- demande de précisions sur les objectifs de la saisine (surveillance ?), et sur le périmètre d'expertise concernant les impacts environnementaux.
- souhait de prise en compte des pesticides et particules, dans la hiérarchisation afin de les situer par rapport aux autres substances, en s'appuyant sur les expertises en cours « air et pesticides » et « particules dans l'air ambiant ».

Le CES suggère de faire une hiérarchisation en deux étapes. La première uniquement basée sur des critères sanitaires et la seconde qui prendrait en compte des critères de faisabilité métrologique.

- Séance du 30 juin 2016 :

Objectif : présenter l'avancement des travaux d'expertise engagés.

Conclusions :

La méthodologie d'expertise présentée n'est pas remise en cause par les membres du CES présents. En l'absence de *quorum*, cette méthodologie fera l'objet d'une nouvelle présentation lors d'une séance ultérieure.

- Séance du 16 décembre 2016 :

Objectif : faire un point d'avancement sur la méthodologie d'expertise.

Conclusions :

A l'issue des discussions, le CES suggère au groupe de travail d'envisager 2 phases de travail :

- la mise en œuvre d'une approche simplifiée, c'est-à-dire en partant d'un nombre restreint de polluants au départ, en se basant sur une ou 2 listes existantes et sur les retours d'auditions.
- la mise en œuvre d'une approche approfondie, en déroulant l'arbre de catégorisation présenté, avec une réflexion poussée sur les données sanitaires disponibles autres que les VTR.

- Séance du 9 mars 2017 :

Objectif : faire un point d'avancement sur la méthodologie d'expertise.

Conclusions :

Le CES approuve la méthodologie d'expertise proposée.

Le CES suggère que la pertinence de l'application de la méthodologie de catégorisation/hierarchisation aux 1500 polluants identifiés initialement puisse être discutée à l'issue des travaux sur les quelques centaines de polluants in fine considérées.

- Séance du 29 juin 2017 :

Objectif : faire un point d'avancement sur la catégorisation des polluants et le retour des AASQA.

Conclusions :

La présentation a suscité quelques demandes de précision qui ont été apportées en séance.

Le CES souligne que l'absence de VTR ne signifie pas qu'il n'y a pas de données sanitaires. L'arbre décisionnel de catégorisation de la liste socle, devrait donc différencier dans la catégorie « 2A » les substances pour lesquelles il n'y a pas de données sanitaires et donc pour lesquelles l'acquisition de données est nécessaire, des substances pour lesquelles il existe des données et pour lesquelles la construction d'une VTR serait nécessaire.

- Séance du 9 novembre 2017 :

Objectif : présenter le contexte de la saisine et la méthodologie mise en place par le groupe de travail. La validation de ces travaux est prévue pour la fin du 1er trimestre 2018, les résultats seront présentés lors des prochaines séances.

Conclusions :

Le CES a beaucoup discuté la méthode de catégorisation, notamment du fait de l'absence des PUF et du carbone suie en catégorie 1 à l'issue du déroulement de l'arbre décisionnel. Le CES craint que l'absence de ces polluants fragilise la méthode, et que d'autres polluants aient pu être exclus, alors qu'ils seraient pertinents à considérer. Sans remettre en cause toute la méthode, le CES souhaite que la méthode et ses limites soient très clairement explicitées dans le rapport.

Le CES a suggéré de consacrer du temps à l'étape de reclassement.

- Séance du 15 décembre 2017 :

Objectif : faire un retour sur la méthodologie de catégorisation suite aux échanges lors de la précédente séance et présenter les premiers résultats.

Conclusions :

Pour la re-catégorisation des PUF et du carbone suie, le CES valide le choix du groupe de travail « option 1 – re-catégorisation ».

Concernant la hiérarchisation des polluants de la catégorie 1, le CES est favorable à un seul classement pour les VTR à seuil et sans seuil, en calculant une concentration correspondant à un ERI de 10^{-5} , avec une analyse de sensibilité vis-à-vis de la situation correspondant à un ERI de 10^{-6} .

- Séance du 1^{er} février 2018 :

Objectif : présenter les résultats de l'expertise et les premières conclusions et recommandations en vue de l'adoption des travaux prévue pour la séance du mois de mars 2018.

Conclusions :

Le calcul de score pour la hiérarchisation a suscité de nombreuses demandes de précision ; le rapport devra bien expliciter ce point et son objectif.

Concernant la recommandation de campagnes de mesures à proximité de sites industriels, le CES recommande de privilégier, dans un premier temps, l'accès aux données des bureaux d'études et leur approfondissement, avant de statuer sur la nécessité ou non de conduire des campagnes de mesures complémentaires.

Concernant les polluants biologiques et les pesticides, il faudrait faire des liens, dans les recommandations, avec les précédents travaux de l'Anses conduits sur ces sujets, car les parties prenantes les ont beaucoup cités lors des auditions.

Les recommandations devraient être hiérarchisées pour faire ressortir une priorisation d'action.

3.1.4. Objectif de la séance

L'objectif est de valider les conclusions et recommandations du CES, afin d'entériner l'adoption des travaux d'expertise.

3.1.5. Adoption des travaux

Considérant les questions posées dans la saisine n°2015-SA-0216, relative à « l'identification, la catégorisation et la hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air » :

1. Définir une méthode d'identification des polluants d'intérêt dans l'air ambiant non pris en compte à ce jour par la réglementation ;
2. Hiérarchiser les polluants identifiés et sélectionner certains d'entre eux selon des méthodes clairement présentées, afin de dresser une liste concise de polluants d'intérêt du point de vue de leurs enjeux potentiels en termes d'impacts sanitaires ou environnementaux. Il est également attendu d'identifier les besoins d'acquisition de données pour les polluants non suffisamment documentés pour être hiérarchisés, en vue d'une surveillance réglementaire.

Considérant la méthodologie d'expertise présentée et validée par le CES ainsi que les échanges et débats qui se sont tenus lors des séances des 30 juin et 16 décembre 2016, 9 mars, 29 juin, 9 novembre, et 15 décembre 2017 et des 1^{er} février et 16 mars 2018,

Considérant les principaux résultats apportés, présentés au CES et synthétisés en annexe 1,

Le CES adopte, à l'unanimité des présents, les résultats de l'expertise relative aux « Polluants émergents dans l'air ambiant » et formule les conclusions et recommandations présentées ci-dessous.

Sans remettre en cause l'adoption des travaux, un expert exprime cependant une incompréhension relative à la recommandation n°3 formulée dans le paragraphe I des recommandations.

L'Anses prendra en compte les commentaires et modifications apportés par le CES. Les conclusions et recommandations seront soumises à une dernière relecture de la présidente et du vice-président du CES.

3.1.5.1. Conclusions du CES

L'objectif de cette expertise était de fournir aux pouvoirs publics une liste prioritaire de polluants de l'air ambiant, non pris en compte par la réglementation actuelle en matière de surveillance de la qualité de l'air, et qui présentent un intérêt du point de vue de leurs enjeux potentiels en termes d'impact sur la santé humaine. Les travaux se sont appuyés sur une méthodologie permettant également d'identifier les besoins de connaissances pour les polluants actuellement insuffisamment documentés pour être prioritaires.

Les principales difficultés rencontrées dans la conduite de cet exercice sont liées au nombre important de polluants potentiellement concernés et à l'hétérogénéité des données qui leur sont associées, aussi bien sur le plan qualitatif que quantitatif. En effet, les données disponibles portant sur l'exposition de la population et sur les dangers des polluants varient considérablement d'un polluant à l'autre : certains de ces polluants sont bien connus et bien documentés, faisant l'objet de nombreuses campagnes de mesures, et d'autres sont selon les données disponibles très peu ou jamais mesurés en France.

Pour tenir compte de cette hétérogénéité, la démarche suivie a consisté à catégoriser les polluants suivant des critères d'occurrence dans l'air ambiant et des critères sanitaires, préalablement à une hiérarchisation. Cette démarche s'appuie sur celle développée par le réseau Norman pour la priorisation de polluants émergents dans les milieux aquatiques. L'approche du réseau Norman permet notamment de prendre en compte le manque de données, qui conduit fréquemment à exclure les polluants non suffisamment documentés. De plus, il s'agit d'une méthode évolutive qui peut être appliquée à un grand nombre de polluants.

La méthode et les résultats de l'expertise sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau : Synthèse des étapes et des résultats

Étapes	Méthode	Résultats
1. Identification des polluants <i>Constitution de la liste socle de polluants non réglementés et potentiellement d'intérêt</i>	Consultation des AASQA et des laboratoires de recherche français (données mesurées en France) Audition du CITEPA Considération de listes de polluants prioritaires établies par l'OMS, l'ATSDR, l'US EPA Consultation internationale Bibliographie autour de la notion d'émergence Consultation de parties prenantes (ONG, experts spécialisés)	N = 557 (hors pesticides, GES, radioéléments, polluants biologiques)
2. Catégorisation des polluants <i>Classement des polluants en</i>	Catégorisation des polluants en fonction de : - leur fréquence de recherche en France et à l'étranger	Catégorie 1 « Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance » N = 13

<i>catégories, à partir de critères sanitaires et de concentrations dans l'air</i>	- l'existence de données sanitaires (classifications CMR/PE, VTR) - la comparaison de la VTR (lorsque disponible) avec une donnée de concentration Analyse critique des résultats et re-catégorisation éventuelle	Catégorie 2a « Polluants nécessitant l'acquisition de données sanitaires » N = 66
		Catégorie 2b « Polluants nécessitant l'acquisition de données relatives à leur occurrence dans l'air ambiant et peut être également de données sanitaires » N = 394
		Catégorie 3 « Polluants non prioritaires pour une surveillance » N = 84
3. Hiérarchisation des polluants <i>Classement des polluants de la catégorie 1</i>	Calcul d'un score de risque à partir des données de concentration dans l'air ambiant et des VTR	<u>Polluants non hiérarchisés :</u> PUF et carbone suie
		<u>Résultats de la hiérarchisation</u> 1) 1,3-butadiène 2) Manganèse 3) Sulfure d'hydrogène 4) Acrylonitrile 5) 1,1,2-trichloroéthane 6) Cuivre 7) Trichloroéthylène 8) Vanadium 9) Cobalt 10) Antimoine 11) Naphtalène

Nb : Les polluants des catégories 2a et 2b nécessitent un travail de priorisation/hiérarchisation complémentaire qui sera réalisé ultérieurement par l'Anses. Ce travail pourrait conduire à l'inclusion de polluants supplémentaires en catégorie 1.

Onze polluants ont été classés en catégorie 1 « Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance » indiquant des situations d'exposition conduisant à des dépassements de leur VTR. À ces polluants, s'ajoutent les PUF et le carbone suie, pour lesquels aucune VTR ou classification de danger n'est disponible, mais pour lesquels des études épidémiologiques montrent l'existence d'effets sanitaires. Le CES souligne que parmi ces polluants, le 1,3-butadiène, le trichloroéthylène, l'acrylonitrile, le sulfure d'hydrogène, le manganèse et le vanadium font partie de la liste des polluants priorités par l'OMS pour une mise à jour de ses valeurs guides de l'air ambiant (WHO, 2016a).

Enfin, l'analyse des données ayant conduit à la catégorisation de ces polluants montre que :

- le 1,3 butadiène fait l'objet de nombreuses campagnes de mesures en France par plusieurs AASQA et/ou laboratoires de recherche. Les résultats de ces campagnes conduisent fréquemment à des dépassements de VTR, quelle que soit la typologie des sites de mesure ;
- il est nécessaire de compléter et de pérenniser l'acquisition de données relatives aux PUF et au carbone suie compte tenu de leurs enjeux potentiels en termes d'impact sanitaire ;
- pour les autres polluants de la catégorie 1, des dépassements de VTR peuvent être observés, en lien avec des contextes particuliers (par exemple influence d'industries situées à proximité, proximité du trafic). Certains de ces polluants peuvent faire l'objet d'une surveillance dans un cadre réglementaire tel que celui des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) (manganèse, cuivre, cobalt, vanadium, antimoine). Les données relatives aux autres polluants sont plus parcellaires (trichloroéthylène, naphtalène, 1,1,2 trichloroéthane, sulfure d'hydrogène et acrylonitrile).

3.1.5.2. Recommandations du CES

Au vu des résultats de la hiérarchisation, le CES émet les recommandations suivantes considérant que les chapitres de recommandations qui suivent sont présentés par ordre de priorité d'action et que les recommandations figurant dans chaque chapitre sont numérotées par ordre de priorité le cas échéant.

I. Concernant les « Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance de la qualité de l'air » (catégorie 1), le CES recommande :

1. La mise en œuvre d'une surveillance nationale du 1,3-butadiène, associée à la proposition d'un objectif environnemental en lien avec la protection de la santé humaine ;

Le CES rappelle à ce titre que la surveillance dans l'air du 1,3 butadiène est réglementée dans d'autres pays de l'Union européenne, notamment en Hongrie et au Royaume-Uni où il existe une valeur repère de concentration dans l'air.

2. D'augmenter sur le territoire national le nombre de sites de mesures (couvrant des typologies variées d'implantation) pour les PUF et le carbone suie et en assurant un suivi continu à long terme ;

Le CES souligne le fait que différents travaux menés au sein du Groupe de Travail « PUF » du Laboratoire central de la surveillance de la qualité de l'air (LCSQA) recommandent la surveillance des concentrations des PUF par comptage, selon différentes classes de taille particulières.

3. Concernant les autres polluants de la catégorie 1, le CES rappelle que l'expertise a mis en évidence des dépassements de VTR dans des contextes particuliers, industriels ou autres. Le CES recommande donc de rechercher et d'analyser d'autres données météorologiques existantes et le cas échéant, de conduire des campagnes de mesures complémentaires pour ces polluants dans l'objectif d'étudier l'exposition des populations à proximité de sources d'émission.

II. Concernant les « Polluants nécessitant l'acquisition de données sanitaires » (catégorie 2a), et les « Polluants nécessitant l'acquisition de données relatives à leur occurrence dans l'air ambiant et potentiellement de données sanitaires » (catégorie 2b), le CES recommande de :

- Prioriser les polluants de la catégorie 2a en se basant, par exemple, sur les mentions de danger des différentes classifications retenues, le nombre de campagnes de mesures réalisées, les concentrations mesurées et les typologies associées, le calcul de VTi, etc. ;
- Prioriser les polluants de la catégorie 2b en se basant *a minima* sur les critères sanitaires pris en compte pour la catégorisation des polluants de la classe A : existence de VTR, existence de classifications CMR et/ou PE.

Le travail de priorisation aura pour but notamment d'identifier les besoins prioritaires d'acquisition de données : mise en œuvre de campagnes de mesures dans l'air ambiant, conduites d'études de toxicologie, construction de VTR, etc.

- Étudier la pertinence de prendre en compte d'autres critères d'exposition et sanitaires pour affiner la catégorisation des polluants des catégories 2a et 2b.

III. Concernant des travaux complémentaires à réaliser en matière d'expertise et de veille scientifique :

En matière d'accès aux données et afin d'améliorer la méthode d'identification, de catégorisation et de hiérarchisation des polluants, le CES recommande de :

1. Centraliser dans une base les données et métadonnées relatives aux polluants non réglementés générées lors des campagnes de mesures réalisées par les AASQA, les laboratoires de recherche, ou dans tout autre contexte de surveillance, pour en faciliter la mise à disposition et l'exploitation à des fins de recherche ou de travaux d'expertise scientifique, et ce à l'instar de ce qui existe pour les polluants réglementés ;
2. Élaborer une VTR ou autre valeur sanitaire de référence pour les PUF et le carbone suie ;
3. Réviser la VTR du cuivre étant donné le niveau de confiance faible accordé à cette valeur (VTR sub-aiguë sans information sur l'étude clé et l'effet critique retenus) ;

4. Évaluer la pertinence et la faisabilité d'affiner ou de construire des VTR pour la voie respiratoire et des expositions chroniques pour les polluants de la catégorie A « Polluants fréquemment recherchés en France et/ou à l'étranger » classés CMR/PE mais sans VTR. Cela concerne, dans le cadre de cette expertise : le benzo(e)pyrène, l'HBCDD, l'isoprène et les paraffines chlorées à chaînes courtes.

En matière de veille scientifique, le CES recommande de :

- Mettre en œuvre une veille bibliographique sur le volet « sanitaire » ainsi que sur le volet « exposition » des polluants des catégories 1 et 3. Une évaluation et l'expertise de nouvelles données recueillies pourront conduire à une re-catégorisation de certains de ces polluants. Cette veille pourrait être réalisée avec une périodicité de trois ans ;
- Prendre en compte des résultats des travaux en cours à l'Anses sur la caractérisation physico-chimique des particules, et le poids de la preuve attribuable aux différentes fractions de la matière particulaire.

Enfin le CES rappelle les recommandations de l'Anses concernant :

- La pertinence et la nécessité de surveiller les pesticides dans l'air ambiant (Anses, 2017a).
- Le renforcement et la pérennisation du système de surveillance des pollens (Anses, 2014).

XX

3.2. saisine n°2015-SA-0218 - « MASQUES ANTIPOLLUTION »

3.2.1. Contexte

La pollution de l'air est un véritable enjeu de santé publique et constitue, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), le principal risque environnemental pour la santé dans le monde. Le non-respect des valeurs guides de l'OMS pour les particules fines dans l'air ambiant est à l'origine chaque année d'environ 3,7 millions de décès prématurés.

La pollution de l'air ambiant est un terme générique regroupant toute la diversité des polluants émis dans l'atmosphère par des sources naturelles et anthropiques (sources fixes et mobiles), ou formés suite à des réactions secondaires dans l'atmosphère. Elle est suivie *via* quelques polluants traceurs réglementés (ex : NOx, ozone, SO₂, particules fines). Les PM_{2,5} sont le polluant traceur qui a été le plus étudié du point de vue sanitaire, et le plus souvent utilisé pour estimer les impacts sanitaires de la pollution de l'air ambiant.

L'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant favorise le développement de pathologies chroniques. De nombreuses études documentent un impact de la pollution de l'air ambiant sur le développement ou l'aggravation de pathologies cardiovasculaires, respiratoires ou les cancers. Ces effets se traduisent par une augmentation des recours aux soins, une diminution de la qualité de vie et de l'espérance de vie. Des travaux récents pointent également un lien entre une exposition à la pollution de l'air ambiant et l'apparition d'effets neurologiques, de troubles de la reproduction dont des effets indésirables pendant la grossesse et à la naissance sur le développement neurologique et la fonction cognitive, ou d'autres pathologies telles que le diabète.

L'exposition à la pollution de l'air ambiant peut également induire des effets aigus de type irritatif, ou décompensation de pathologies chroniques, notamment cardiorespiratoire dans les quelques heures à quelques jours suivant l'exposition. Ceci se traduit également par une augmentation du recours aux soins et de la mortalité.

C'est l'exposition à long terme à la pollution de l'air ambiant qui est à l'origine des impacts sanitaires les plus importants à l'échelle populationnelle, comparativement aux impacts sanitaires associés aux pics de pollution.

Si le principal moyen de réduire ces impacts sanitaires est d'agir à la source en limitant les émissions polluantes, des questions se posent sur l'efficacité de certains équipements de protection individuelle tels que les masques dits antipollution et sur l'intérêt de recommander leur utilisation :

- par la population générale et en particulier par les personnes les plus sensibles à la pollution de l'air dans certaines situations comme par exemple lors d'un pic de pollution,
- par certaines populations professionnelles particulièrement exposées, comme par exemple des travailleurs intervenant sur la voie publique ou des expatriés dans des zones très polluées du monde.

3.2.2. Questions posées

L'Anses a ainsi été saisie afin de conduire une expertise visant à produire :

1. Une étude du statut réglementaire des masques dits antipollution : revue des normes existantes, obligations réglementaires, en France et si possible en Europe.
2. Une revue de la littérature sur l'efficacité des masques dits antipollution vis-à-vis des polluants chimiques et biologiques et sur les différents paramètres, notamment humains, pouvant affecter la performance antipollution des masques. Les polluants chimiques considérés sont les polluants de l'air ambiant : particules, COV... Les polluants biologiques sont les pollens et éventuellement les moisissures, en fonction des données disponibles. Les contaminants infectieux sont exclus du champ de la saisine.
3. Une revue de la littérature sur les effets sanitaires indésirables liés au port des masques dits antipollution. Les effets sur l'environnement sont exclus du périmètre de la saisine.
4. Une étude du bénéfice sanitaire potentiel lié au port d'un masque dit antipollution impliquant différents *scenarii* d'exposition à la pollution de l'air ambiant. La définition de ces *scenarii* devra considérer la population générale et les professionnels, le territoire national et la présence d'expatriés français dans des zones très polluées du monde, et enfin la nature de la pollution : chimique et/ou biologique, composition, granulométrie des particules, etc.

Les accidents industriels sont exclus du champ de la saisine, eu égard à la grande diversité des *scenarii* possibles.

Nota bene : Concernant les dispositifs revendiquant une protection individuelle contre la pollution de l'air ambiant, il est à noter que les masques chirurgicaux et les masques complets n'ont pas été pris en compte dans le cadre de cette expertise, pour les raisons suivantes :

- Masques chirurgicaux simples : Les masques anti-projections, dits « de type chirurgical », ne sont pas considérés comme des équipements de protection individuelle (EPI) ; ils n'assurent pas de fonction de protection respiratoire et leur fonction consiste à éviter que le porteur ne pollue son environnement. Ils relèvent de la directive 93/42/CEE modifiée, relative aux dispositifs médicaux.
- Masques complets, couvrant la bouche, le nez, le menton et les yeux : l'usage de ce type de masque par la population générale pour se préserver de la pollution a été considéré comme peu probable considérant l'encombrement de ces dispositifs.

3.2.3. Observations et conclusions du CES « Air » lors de précédentes séances

Ces travaux ont fait l'objet de plusieurs présentations, pour débat et commentaires, en séances de CES avant l'adoption de ce jour. Les paragraphes ci-dessous reprennent les conclusions alors formulées lors de ces séances.

- Séance du 17 décembre 2015 :

Objectif : présenter cette nouvelle saisine et les modalités d'instructions proposées par l'Anses. Un représentant de la DGS était présent.

Conclusions :

Le CES accepte de suivre l'instruction de cette saisine et les modalités d'instruction proposées par l'Anses, avec notamment une expertise conduite par l'Anses avec l'appui d'experts rapporteurs.

Toutefois certaines limites ont été identifiées. L'efficacité d'un masque, au-delà de son efficacité technique, liée à son ou ses filtres, dépend des conditions d'utilisation. L'efficacité théorique d'un masque, mesurée en laboratoire, ne reflète pas l'efficacité d'un masque utilisé en conditions réelles.

De plus, si un masque s'avérait efficace, la question du bénéfice en terme d'impact sanitaire du port d'un masque pendant une durée limitée à l'extérieur, au regard de la majorité du temps passé à l'intérieur doit se poser.

Le CES demande donc une nouvelle orientation des objectifs de la saisine en lien avec les commentaires précédents.

La question de la réglementation de ces masques et de leur contrôle sera transmise à la DGCCRF.

Les recommandations devront bien différencier la situation nationale où des recommandations d'actions collectives de réduction des émissions peuvent être formulées, des expatriés exposés à des concentrations bien supérieures ou les recommandations sont plus d'ordre individuel.

Une étude de marché visant à identifier les différents produits mis sur le marché français et leurs spécificités techniques pourrait être conduite.

- Séance du 4 février 2016 :

Objectif : présenter la nouvelle orientation de la saisine qui fait suite aux échanges avec le CES lors de la précédente séance

Conclusions :

Le CES accepte le nouveau cadrage de la saisine.

Trois membres du CES acceptent d'être experts rapporteurs pour contribuer à ces travaux d'expertise.

- Séance du 16 juin 2016 :

Objectif : faire un point d'avancement sur l'étude bibliographique, l'étude de marché, les thématiques des scénarios d'exposition envisagées et les auditions conduites.

Conclusions :

Concernant les polluants à considérer, les particules sont prioritaires.

Concernant les scénarios d'exposition, l'objectif n'est pas de multiplier les scénarios, des scénarios maximisant seront donc implémentés en première approche. Toutefois, certains scénarios pourront être mis en œuvre pour répondre précisément à certaines catégories de population comme, par exemple, les cyclistes effectuant des déplacements quotidiens.

L'étude d'un scénario automobiliste sera envisagée.

Il faudra être vigilant à l'efficacité revendiquée des masques vs l'efficacité réelle.

- Séance du 6 avril 2017 :

Objectif : présenter les résultats de l'étude de marché sur les masques anti-pollution.

Conclusions :

La présentation de l'étude de marché a suscité des demandes de précision qui ont été apportées en séance.

- Séance du 3 octobre 2017 :

Objectif : présenter la saisine et son état d'avancement aux experts de la nouvelle mandature du CES.

Conclusions :

La présentation de l'état d'avancement des travaux relatifs à la saisine « Masques antipollution » a suscité quelques demandes de précision qui ont été apportées en séance.

Concernant la méthodologie d'expertise, le CES acte les choix de ne pas considérer les masques chirurgicaux comme des masques antipollution et le fait de ne pas réaliser de calculs du bénéfice, en terme de santé, du port de masques antipollution. Ces choix devront cependant faire l'objet d'un argumentaire précis dans le rapport.

Concernant les français expatriés, le CES n'exclut pas des recommandations spécifiques, en fonction des données disponibles.

Si l'expertise ne conduit pas à une recommandation du port de masque antipollution, considérant l'efficacité théorique, de plus de 80% pour les masques FFP vis-à-vis des poussières, l'argumentaire devra être clair et bien expliciter les notions de facteurs de protection qui justifient une efficacité moindre en conditions réelles d'utilisation.

- Séance du 11 janvier 2018 :

Objectif : présenter au CES une synthèse de l'expertise conduite ainsi que des premières pistes de conclusions et de recommandations proposées notamment par les experts rapporteurs.

Conclusions :

Concernant les aspects relatifs à la réglementation, aux normes existantes, aux tests disponibles, ceux-ci devront être clarifiés dans le rapport d'expertise. Un tableau de présentation synthétique serait le bienvenu.

Les conclusions et les recommandations ici formulées devront être retravaillées, en particulier elles devront être davantage étayées ou être rédigées de façon plus spécifique pour pouvoir être endossées par le CES.

- Séance du 1^{er} février 2018 :

Objectif : présenter les résultats de l'expertise et les premières conclusions et recommandations en vue de l'adoption des travaux prévue pour la séance du mois de mars.

Conclusions :

Le CES a émis des commentaires et corrections en séance relatifs aux conclusions et recommandations. Ils seront pris en compte en vue de l'adoption des travaux lors de la séance du 16 mars 2018.

3.2.4. Objectif de la séance

L'objectif est de valider les conclusions et recommandations du CES, afin d'entériner l'adoption des travaux d'expertise.

3.2.5. Adoption des travaux

Considérant les questions posées dans la saisine n°2015-SA-0218, relative à l'évaluation du bénéfice sanitaire attendu de dispositifs respiratoires dits antipollution » demandant de produire :

1. Une étude du statut réglementaire des masques dits antipollution : revue des normes existantes, obligations réglementaires, en France et si possible en Europe.
2. Une revue de la littérature sur l'efficacité des masques dits antipollution vis-à-vis des polluants chimiques et biologiques et sur les différents paramètres, notamment humains, pouvant affecter la performance antipollution des masques. Les polluants chimiques considérés sont les polluants de l'air ambiant : particules, COV... Les polluants biologiques sont les pollens et éventuellement les moisissures, en fonction des données disponibles. Les contaminants infectieux sont exclus du champ de la saisine.
3. Une revue de la littérature sur les effets sanitaires indésirables liés au port des masques dits antipollution. Les effets sur l'environnement sont exclus du périmètre de la saisine.

4. Une étude du bénéfice sanitaire potentiel du port d'un masque dit antipollution impliquant différents scénarii d'exposition à la pollution de l'air ambiant. La définition de ces *scenarii* devra considérer la population générale et les professionnels, le territoire national et la présence d'expatriés français dans des zones très polluées du monde, et enfin la nature de la pollution : chimique et/ou biologique, composition, granulométrie des particules, etc.

Considérant la méthodologie d'expertise présentée et validée par le CES ainsi que les échanges et débats qui se sont tenus lors des séances des 17 décembre 2015, 4 février et 16 juin 2016, 6 avril et 3 octobre 2017 et des 11 janvier, 1^{er} février et 16 mars 2018,

Considérant les principaux résultats apportés, présentés au CES et synthétisés en annexe 2,

Le CES adopte, à l'unanimité des présents, les résultats de l'expertise relative aux « masques anti-pollution » et formule les conclusions et recommandations présentées ci-dessous.

Sans remettre en cause l'adoption des travaux, un expert rapporteur a exprimé une position minoritaire, partagée par 4 membres du CES, sur la recommandation relative aux voyageurs et expatriés dans les zones particulièrement polluées. Celle-ci sera présentée dans le rapport d'expertise et dans l'avis, de façon non nominative.

L'Anses prendra en compte les commentaires et modifications apportés par le CES. Les conclusions et recommandations seront soumises à une dernière relecture de la présidente et du vice-président du CES.

3.2.5.1. Conclusions du CES

Considérant les données collectées et analysées dans le cadre de ces travaux d'expertise, le CES retient que :

- Le marché des dispositifs de protection individuelle contre la pollution de l'air ambiant représente un marché de faible volume avec une estimation annuelle en 2015 comprise entre 135 000 et 150 000€ correspondant approximativement à 20 000 unités vendues. Les principaux fabricants d'équipements de protection individuelle (EPI) respiratoires restent centrés sur un usage en milieu professionnel.
- Deux cent quinze dispositifs ont été recensés alléguant une protection individuelle contre la pollution de l'air ambiant. Ils incluent principalement des demi-masques filtrants (203 références) et plus marginalement des épurateurs d'air portatifs, des sprays et des filtres intranasaux. Les demi-masques sont tous équipés de filtres mécaniques, pour la filtration des particules, et 27 % sont également équipés de filtres à charbon actif.
- Les demi-masques revendiquant une action de protection, de prévention ou de confort doivent être considérés comme des EPI respiratoires. Dès lors, ils doivent répondre aux obligations requises par la Directive européenne 89/686/CEE, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux équipements de protection individuelle comme les masques destinés aux professionnels.
- Concernant les autres dispositifs recensés dans l'étude de marché, filtres intranasaux, épurateurs d'air portatifs et sprays, ces dispositifs ne sont pas considérés comme des EPI respiratoires et par conséquent sont inappropriés en vue de protéger contre la pollution de l'air ambiant. Ils n'ont pas fait l'objet d'une évaluation dans le cadre de ces travaux.

Considérant que les objectifs de la saisine étaient d'une part d'étudier l'efficacité des masques dits antipollution revendiquant une action de protection, prévention ou de confort, et d'autre part d'évaluer le bénéfice sanitaire potentiel associé au port de masques, en conditions réelles d'utilisation par le grand public, le CES conclut que l'analyse de la littérature scientifique disponible n'a pas permis de répondre à ces questions.

Conformément à la Directive européenne 89/686/CEE, l'efficacité doit être évaluée par des organismes notifiés, suivant des normes européennes, ou des protocoles définis par ces organismes. Il est à noter que les normes prévoient des tests chez des sujets familiarisés avec le port de masque, ce qui ne correspond pas à un usage par la population générale. Par ailleurs, il est important de noter que les normes d'essais des masques ont été conçues pour des adultes sains. Ainsi, les normes d'essais ne sont pas appropriées pour les enfants notamment en raison de la taille du mannequin standardisé utilisé dans les essais, ni pour les personnes atteintes de pathologies respiratoires.

L'efficacité dite théorique d'un masque dépend des performances du média filtrant et de la conception du masque. Ainsi, si l'efficacité dite théorique d'un masque testé en laboratoire peut s'avérer élevée, elle ne reflète pas pour autant l'efficacité en conditions réelles d'utilisation qui peut être réduite voire nulle. En effet, la fuite vers l'intérieur peut être augmentée par la morphologie du visage (enfant, présence de barbe...), le comportement de l'utilisateur comme par exemple l'augmentation du débit respiratoire du fait d'un effort physique, ou encore l'absence de formation ou d'information sur les conditions d'utilisation, de stockage, de nettoyage et de renouvellement.

Par ailleurs, la plupart des dispositifs recensés présentent une technologie de filtration visant les particules. Or la pollution de l'air ambiant se caractérise par un mélange complexe de particules et de gaz. Par conséquent, afin de pouvoir justifier d'une efficacité vis-à-vis de la « pollution de l'air », le masque doit être testé suivant les normes correspondant à chaque polluant présent dans l'air ambiant. Autrement dit, un masque revendiquant une protection vis-à-vis des particules ne protège pas des substances présentes dans l'air ambiant à l'état gazeux.

Au final, le CES statue qu'aucune donnée permettant d'évaluer le bénéfice potentiel des masques dits anti-pollution en conditions réelles d'utilisation par la population générale, n'a été identifiée dans la littérature :

- En dehors des études en milieu professionnel, seules trois études se sont intéressées au bénéfice sanitaire du port de masque filtrant les particules, composante de la pollution de l'air ambiant, mais ces études sont jugées insuffisantes pour conclure sur un bénéfice potentiel du port de masque en conditions réelles d'utilisation par la population générale, notamment en raison du nombre limité de participants et des conditions d'utilisations peu représentatives d'une utilisation usuelle.
- Concernant les pollens, une seule étude a été identifiée. Ses résultats indiquent une baisse de l'exposition avec le port d'un masque. Les limites évoquées précédemment concernant le faible effectif de participants et la formation des sujets nuancent la portée des résultats.
- Concernant la pertinence du port de masque lors de feux de végétation, les deux études identifiées en population générale sont peu descriptives notamment sur la nature et les conditions d'utilisation des dispositifs de protection employés et ne permettent pas de conclure.
- Concernant les effets néfastes potentiels du port d'un masque sur la santé, les données sont également limitées. Elles concluent que le port de masques peut occasionner une gêne, mais qu'il est toléré chez la majorité des individus y compris chez des sujets coronariens ou atteints de pathologies respiratoires modérées. Aucune étude n'a été identifiée chez des sujets atteints de pathologies respiratoires graves.

Chez les travailleurs, le port de masque peut être associé à une baisse de performance physique.

Au-delà des effets recensés dans la littérature, positifs ou négatifs, il est important de noter que le fait de porter un masque pourrait donner un faux sentiment de protection chez l'utilisateur et entraîner des comportements conduisant à une surexposition. Par exemple un cycliste portant un masque circulant sur un axe à fort trafic pourrait être, *in fine*, plus exposé qu'un cycliste ne portant pas de masque mais choisissant d'emprunter des axes moins fréquentés.

Aussi, compte tenu de ce qui précède, les éléments actuellement disponibles dans la littérature scientifique ne permettent pas de conclure clairement quant à un bénéfice sanitaire lié au port d'un masque dit antipollution vis-à-vis de la pollution de fond ou durant un pic de pollution.

Au-delà, considérant qu'en France, l'impact sanitaire des pics de pollution est très inférieur à l'impact consécutif à une exposition long terme aux niveaux de fond, le CES rappelle qu'une mesure de protection ciblant uniquement les pics de pollution ne réduirait que très faiblement le fardeau sanitaire total à l'échelle populationnelle en lien avec la pollution de l'air ambiant.

3.2.5.2. Recommandations du CES

Considérant les résultats de l'expertise, le CES émet les recommandations suivantes :

1. En vue d'une réduction de l'impact de la pollution de l'air ambiant sur la population générale :

1.1. Réduire les émissions

Le CES réitère ses recommandations à l'attention des pouvoirs publics quant à la poursuite et à l'intensification de la mise en œuvre de **toute action visant à réduire les émissions de polluants dans l'air**.

1.2. Réduire / limiter les expositions de la population générale

Lors des pics de pollution, le CES rappelle les recommandations du Ministère des solidarités et de la santé dans son arrêté du 20 août 2014 relatif aux recommandations sanitaires en vue de prévenir les effets de la pollution de l'air sur la santé¹.

En dehors des périodes de pic de pollution, le CES recommande aux pouvoirs publics d'informer également la population générale notamment en établissant des recommandations sur les comportements individuels à adopter pour réduire ou limiter son exposition quotidienne.

Considérant l'insuffisance des données évaluant le bénéfice potentiel du port de masques dits antipollution en conditions réelles d'utilisation par la population générale, le CES ne recommande pas, en l'état actuel des connaissances, le port de tels dispositifs.

Sans remettre en cause les recommandations précédentes, et considérant que le port d'un masque dit antipollution relève d'un choix individuel, le CES tient à informer les personnes qui s'équipent de tels dispositifs que :

- Les masques revendiquant une protection vis-à-vis de la pollution de l'air ou de certains de ses constituants répondent à la définition d'équipement de protection individuelle (EPI) donnée par la directive 89/686/CEE. A ce titre, ils doivent respecter la réglementation et doivent donc être étiquetés et disposer d'une notice d'utilisation. Le marquage « CE » doit être apposé sur chaque EPI ou sur l'emballage si les caractéristiques de l'EPI ne permettent pas l'apposition directe sur le produit. La notice d'instruction doit être rédigée en français et mentionner notamment les éléments suivants : les nom et adresse du fabricant ou de son mandataire établi dans la Communauté, les instructions de stockage, d'emploi, de nettoyage, d'entretien ou de désinfection, les performances et la classe de protection du produit, les limites d'utilisation, toute donnée permettant à l'acquéreur ou l'utilisateur de déterminer un délai de péremption praticable, ainsi que les nom et numéro d'identification de « l'organisme notifié », sollicité dans la phase de conception de l'EPI. Tout manquement à ces obligations constitue une infraction. Ainsi, un produit revendiquant une telle protection et ne disposant ni d'étiquetage, ni de notice d'information conformément à la réglementation en vigueur est un produit frauduleux.

¹ <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000029413664&categorieLien=id>

- Les masques dits « antipollution » disponibles sur le marché sont majoritairement des masques disposant de technologies de filtration visant les particules ; ils ne protègent donc pas des substances présentes sous forme gazeuse dans l'air ambiant, sauf spécification ad-hoc conforme aux obligations réglementaires y afférant ;
- L'efficacité revendiquée par les masques reste une efficacité théorique ; l'efficacité en conditions réelles d'utilisation sera très généralement inférieure. En effet, de nombreux facteurs peuvent affecter l'étanchéité d'un masque : absence d'information ou de formation de l'utilisateur, mauvais ajustement du masque, morphologie du visage (présence de barbe, enfant, etc.), augmentation du débit respiratoire lié à une activité physique, absence d'entretien ou de renouvellement du masque, etc.
- Le port de masque doit être assorti à un comportement limitant l'exposition à la pollution de l'air ambiant.

2. En vue d'une réduction de l'impact de la pollution de l'air ambiant sur les travailleurs :

Le CES rappelle les obligations prévues par le code du travail à l'attention de l'employeur visant à prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs.

Ces mesures comprennent :

- 1° Des actions de prévention des risques professionnels,
- 2° Des actions d'information et de formation,
- 3° La mise en place d'une organisation et de moyens adaptés.

L'employeur veille à l'adaptation de ces mesures pour tenir compte du changement des circonstances et tendre à l'amélioration des situations existantes.

Concernant l'utilisation des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) en matière de prévention du risque chimique sur les lieux de travail², le CES :

- Rappelle que le respect des VLEP doit être considéré comme un objectif minimal de prévention du risque chimique. Il convient donc de réduire l'exposition à un niveau aussi bas qu'il est techniquement possible.
- Souligne que les VLEP existantes pour les poussières réputées sans effet spécifique³ ne sont pas appropriées au contexte d'exposition à la pollution particulaire de l'air ambiant, et recommande d'initier une réflexion sur la faisabilité et la pertinence d'élaborer des VLEP spécifiques à cette problématique.

3. En vue d'une réduction de l'impact de la pollution de l'air ambiant sur les voyageurs et les personnes expatriées dans des zones géographiques particulièrement polluées⁴ :

Le CES recommande :

- Aux pouvoirs publics d'assurer l'information des voyageurs et expatriés, et plus particulièrement pour les populations sensibles⁵ sur les risques sanitaires liés à l'exposition à la pollution de l'air ambiant dans les régions du monde où des niveaux élevés de celle-ci sont observés.

² Circulaire DGT 2010/03 du 13 avril 2010 relative au contrôle du risque chimique

³ Dans les locaux à pollution spécifique (où des substances dangereuses ou gênantes sont émises), il existe des VLEP-8h pour les poussières réputées sans effet spécifique, c'est-à-dire « qui ne sont pas en mesure de provoquer seules sur les poumons ou sur tout autre organe ou système du corps humain d'autre effet que celui de surcharge » (circulaire du ministère du Travail du 9 mai 1985). La VLEP-8h est de 10 mg.m⁻³ pour la fraction inhalable et de 5 mg.m⁻³ pour la fraction alvéolaire (article R-4222-10 du code du travail).

⁴ A ce titre, l'organisation mondiale de la santé identifie les zones géographiques particulièrement polluées à travers des cartes représentant les concentrations moyennes annuelles en PM_{2.5} (<http://maps.who.int/airpollution/> ou http://gamapserver.who.int/gho/interactive_charts/phe/oap_exposure/atlas.html)

⁵ Dans son avis du 15 novembre 2013 relatif aux messages sanitaires à diffuser lors d'épisodes de pollution de l'air ambiant par les particules, l'ozone, le dioxyde d'azote et/ou le dioxyde de soufre, le HCSP donne la définition suivante des populations vulnérables aux polluants atmosphériques : femmes enceintes, nourrissons et enfants de moins de 5 ans, personnes de plus de 65 ans, sujets asthmatiques, souffrant de pathologies cardiovasculaires, insuffisants cardiaques ou respiratoires.

- Aux voyageurs et expatriés de suivre les recommandations de la présente expertise, formulées précédemment à l'attention de la population générale en vue de réduire leurs expositions.

Sans remettre en cause les conclusions et les recommandations générales de l'expertise, un des trois experts rapporteurs a formulé une position minoritaire⁶. Cette position est partagée par quatre membres du CES.

4. Vis-à-vis du marché des masques dits antipollution :

Le CES recommande :

- D'améliorer la transparence sur les revendications d'efficacité ; un masque revendiquant une efficacité contre la pollution devrait justifier d'une efficacité contre les particules, mais également contre les gaz. Un masque ne filtrant que les particules ne peut revendiquer une protection contre la pollution de l'air ambiant.
- De s'assurer que les dispositifs vendus soient conformes aux obligations requises par la Directive européenne 89/686/CEE.

5. Pour une amélioration des connaissances liées au port de masque :

Le CES recommande de documenter en conditions réelles d'utilisation chez des sujets « sains » et « sensibles » :

- l'efficacité et la tolérance du port de masques dits antipollution ;
- le bénéfice sanitaire, à court et long terme, lié au port de masques dits antipollution en incluant des situations de fortes expositions.

13 septembre 2018

Rachel Nadif,
Présidente du CES « Evaluation des risques liés aux milieux aériens »

⁶ Position minoritaire telle que rapportée par un des trois experts rapporteurs et partagée par quatre membres du CES : « Lors des discussions avec le groupe d'experts, j'ai en effet, à plusieurs reprises, fait état d'une vue un peu différente sur les recommandations à donner aux familles d'expatriés. Il s'agit bien davantage d'un sentiment que d'une position scientifique. De par ma spécialité de santé publique, je suis tout à fait en accord avec le groupe pour penser que les mesures visant à diminuer l'émission des polluants et les recommandations déjà en vigueur quant aux précautions à prendre pour limiter l'exposition individuelle sont prioritaires. Néanmoins, ma pratique médicale des consultations individuelles me laisse penser qu'il y a place pour des cas particuliers, en l'espèce des personnes expatriées et très exposées à la pollution atmosphérique ambiante. Ces personnes peuvent être très motivées pour apprendre à se servir correctement d'un demi-masque type FFP2 ou FFP3 dont l'efficacité pourrait être non négligeable si le masque est porté lorsque la personne est en extérieur. Il faut aussi tenir compte du fait que le port du masque est socialement bien accepté dans ces pays d'Asie du sud-est, ce qui n'est pas le cas dans les pays occidentaux. »

Annexe 1

Synthèse des résultats de l'expertise relative aux « Polluants émergents dans l'air ambiant » présentée au CES

CONTEXTE ET QUESTIONS POSÉES

→ Contexte et objectif

L'évolution des technologies peut avoir comme conséquence un accroissement des émissions ou des concentrations dans l'air ambiant de certains polluants peu ou pas émis jusqu'à présent. De même, l'évolution des connaissances contribue à mettre en évidence une présence significative ou croissante dans l'air ambiant de certains polluants, ou de nouveaux effets toxiques sur la santé et/ou l'environnement.

↳ Certains polluants atmosphériques non pris en compte aujourd'hui par les diverses réglementations relatives à la qualité de l'air en matière de surveillance des concentrations et de maîtrise des émissions peuvent constituer des polluants préoccupants au regard de leur impact potentiel sur la santé ou l'environnement.

→ **Objectif : Proposer une liste de substances prioritaires non réglementées actuellement pour une future politique publique de surveillance de la qualité de l'air.**

→ Questions posées par la DGS, la DGEC et la DGPR

Les demandes formulées dans la saisine étaient déclinées en deux étapes :

- Étape 1 : Définir une méthode d'identification des polluants d'intérêt dans l'air ambiant non pris en compte à ce jour par la réglementation ;
- Étape 2 : Hiérarchiser les polluants identifiés et sélectionner certains d'entre eux selon des méthodes clairement présentées, afin de dresser une liste concise de polluants d'intérêt du point de vue de leurs enjeux potentiels en termes d'impact sanitaire ou environnemental.

↳ Identifier les besoins d'acquisition de données (concentrations dans l'air ambiant, effets sanitaires, etc.) pour les polluants non suffisamment documentés pour être hiérarchisés, en vue d'une surveillance réglementaire.

→ Terminologie

↳ Polluants émergents dans l'air ambiant = polluants non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air avec des objectifs de protection de la santé humaine⁷ (directive 2008/50/CE, directive 2004/107/CE).

→ Cadrage en accord avec les ministères de tutelle

↳ Expertise circonscrite aux polluants chimiques, hors pesticides, gaz à effet de serre et radioéléments ;

↳ Prise en compte des effets sur la santé humaine uniquement ;

↳ Effets chroniques sur la santé humaine uniquement.

MÉTHODE SUIVIE

Le tableau ci-dessous résume les trois étapes de la démarche générale développée par le GT et les moyens mis en œuvre.

⁷ Sont actuellement réglementés : NO₂, NO_x, SO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, CO, benzène, ozone, plomb, arsenic, cadmium, nickel, mercure gazeux, benzo(a)pyrène et six HAP mesurés conjointement (benzo(a)anthracène, benzo(b)fluoranthène, benzo(j)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène, indéno(1,2,3,c,d)pyrène, dibenzo(a,h)anthracène).

Tableau : Synthèse des étapes

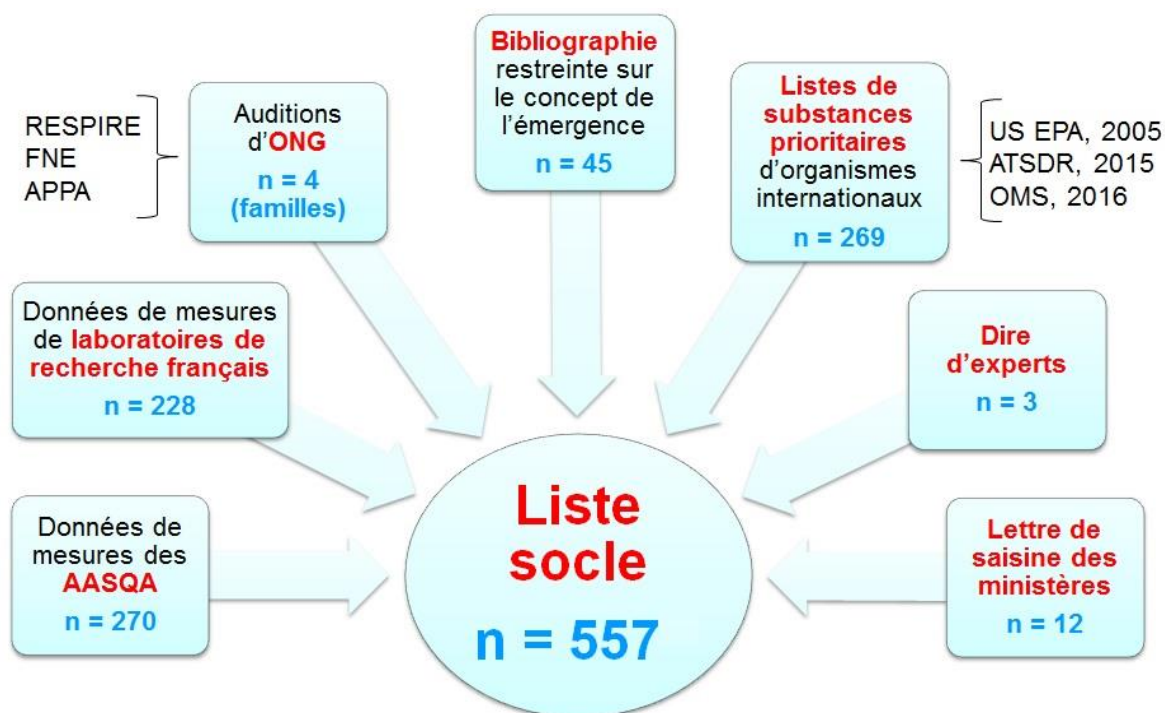
Étapes	Méthode
1. Identification des polluants <i>Constitution de la liste socle de polluants non réglementés et potentiellement d'intérêt</i>	Consultation des AASQA et des laboratoires de recherche français (données mesurées en France) Audition du CITEPA Considération de listes de polluants prioritaires établies par l'OMS, l'ATSDR, l'US EPA Consultation internationale Bibliographie autour de la notion d'émergence Consultation de parties prenantes (ONG, experts spécialisés)
2. Catégorisation des polluants <i>Classement des polluants en catégories, à partir de critères sanitaires et de concentrations dans l'air</i>	Catégorisation des polluants en fonction de : - leur fréquence de recherche en France et à l'étranger - l'existence de données sanitaires (classifications CMR/PE, VTR) - la comparaison de la VTR (lorsque disponible) avec une donnée de concentration Analyse critique des résultats et re-catégorisation éventuelle
3. Hiérarchisation des polluants <i>Classement des polluants de la catégorie 1</i>	Calcul d'un score de risque à partir des données de concentration dans l'air ambiant et des VTR

SYNTHESE DES TRAVAUX DU GT

1) Identification des polluants d'intérêt et constitution de la liste socle

→ Résultats

Le graphe ci-dessous présente chacune des sources d'information précédemment présentées avec respectivement le nombre de polluants identifiés, pour finalement obtenir une liste socle de 557 polluants d'intérêt une fois les doublons et les polluants hors champs (pesticides, polluants biologiques, GES, radioéléments) retirés.



2) Catégorisation des polluants

Deux premières catégories sont définies selon la fréquence de recherche dans l'air ambiant du polluant en France et/ou à l'étranger :

- Catégorie A : Polluants fréquemment recherchés en France et/ou à l'étranger : le polluant fait l'objet à minima de deux campagnes de mesures en environnement urbain sur la période 2012-2016 ou de deux publications post 2012 renseignant des données de mesures en France ou à l'étranger
↳ **N = 163 - 29,3 %**
- Catégorie B : Polluants peu ou pas recherchés en France et/ou à l'étranger
↳ **N = 394 - 70,7 %**

Trois catégories ont ensuite été définies en fonction du niveau de données disponibles au moment de l'expertise :

- Catégorie 1 : Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance : il s'agit des polluants suffisamment documentés en termes de données de concentrations dans l'air ambiant et d'effets sanitaires pour être hiérarchisés. Les données disponibles suggèrent un risque potentiel pour la santé de la population générale.
↳ **N = 13 - 2,3 %**
- Catégorie 2 : Polluants nécessitant l'acquisition de données : il s'agit des polluants nécessitant l'acquisition de données de concentration dans l'air ambiant et/ou sur les effets sanitaires », ou nécessitant une analyse approfondie de données supplémentaires non prises en compte dans cette expertise. Il existe deux sous-catégories dans la catégorie 2 :
 - Catégorie 2a : Polluants nécessitant l'acquisition de données sanitaires : il existe suffisamment d'informations sur leur concentration dans l'air ambiant (fréquence de recherche) mais les critères sanitaires retenus pour la catégorisation ne sont pas disponibles. Le classement des polluants dans cette catégorie ne signifie pas l'absence d'effets sanitaires.
↳ **N = 69 - 12,4 %**
 - Catégorie 2b : Polluants nécessitant l'acquisition de données relatives à leur occurrence dans l'air ambiant et peut être également de données sanitaires : il n'existe pas suffisamment d'informations sur leur concentration dans l'air ambiant

(fréquence de recherche). Du fait de la démarche de catégorisation développée dans le cadre de ces travaux, aucune recherche de données sanitaires n'a été réalisée pour ces polluants.

↳ **N = 394 - 70,7 %**

- **Catégorie 3 : Polluants non prioritaires pour une surveillance :** il s'agit des polluants suffisamment documentés en termes de données de concentration dans l'air ambiant et d'effets sanitaires ». Les données disponibles ne mettent pas en évidence de risque pour la santé de la population générale.

↳ **N = 81 - 14,5 %**

La figure ci-dessous présente ainsi l'arbre décisionnel construit dans le cadre de ces travaux :

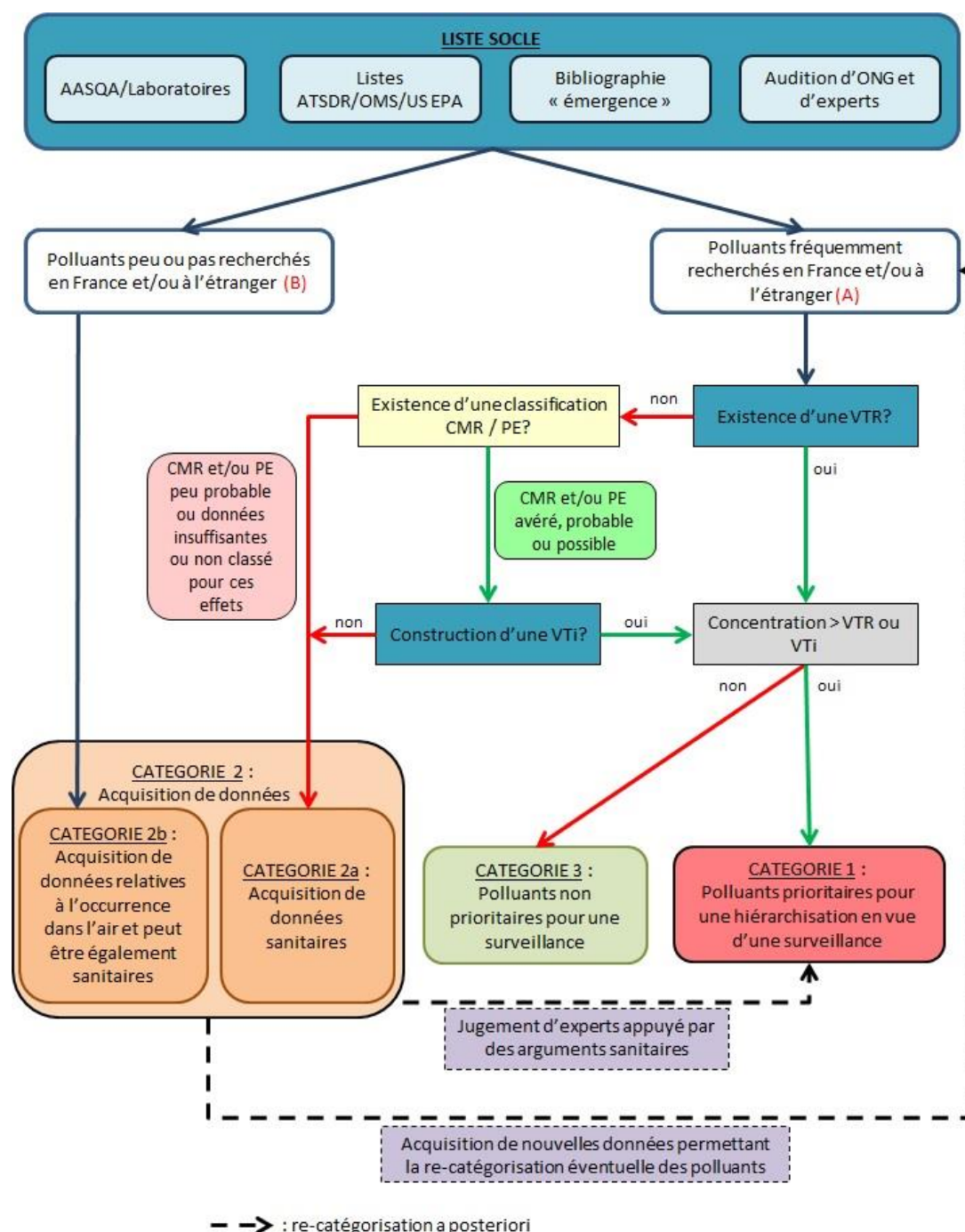


Figure : Arbre décisionnel de catégorisation des polluants de la liste socle

➔ **Focus sur les polluants de la catégorie 1**

Treize polluants sont catégorisés en catégorie 1 « Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance ». Les informations ayant conduit à la catégorisation de ces polluants sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Polluant (n°CAS)	Sources d'exposition (usages principaux)	Documentation du niveau de contamination de l'air ambiant		Données sanitaires		
		AASQA et/ou laboratoires de recherche	Bibliographie (nombre de publications pertinentes)	Classifications CMR/PE	VTR retenue (la plus protectrice)	Autres données sanitaires
1,1,2-trichloroéthane (79-00-5)	Sources exclusivement anthropiques (intermédiaire réactionnel et solvant industriel)	N _{organismes} = 2 N _{campagnes} = 17	NC	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC : cat. 3 US EPA : Possiblement cancérogène ECHA (CLP) : cat. 2 <u>Non classé mutagène, reprotoxique / PE</u>	ERU = $1,6 \cdot 10^{-5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) ⁻¹ (US EPA, 1987)	NC
1,3-butadiène (106-99-0)	Sources exclusivement anthropiques (fabrication de caoutchoucs, résines, émulsions latex-styrène-butadiène et néoprène, échappements de moteurs automobiles, fumée de cigarette, combustion des plastiques et du caoutchouc).	N _{organismes} = 7 N _{campagnes} = 44	NC	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC : cat. 1 ECHA (CLP) : cat. 1B US EPA : Cancérogène chez l'Homme <u>Mutagénicité</u> : ECHA (CLP) : cat. 1B <u>Non classé reprotoxique / PE</u>	ERU = $1,7 \cdot 10^{-4}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) ⁻¹ (OEHA, 2009)	NC
Acrylonitrile (107-13-1)	Sources exclusivement anthropiques (industrie textile, fabrication de matières plastiques, intermédiaire de synthèse)	Non	Oui (4)	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC : cat. 2B US EPA : Cancérogène probable ECHA (CLP) : cat. 2 <u>Non classé mutagène, reprotoxique / PE</u>	ERU = $6,8 \cdot 10^{-5}$ ($\mu\text{g.m}^{-3}$) ⁻¹ (US EPA, 1991)	NC

Polluant (n°CAS)	Sources d'exposition (usages principaux)	Documentation du niveau de contamination de l'air ambiant		Données sanitaires		
		AASQA et/ou laboratoires de recherche	Bibliographie (nombre de publications pertinentes)	Classifications CMR/PE	VTR retenue (la plus protectrice)	Autres données sanitaires
Antimoine (7440-36-0)	Sources anthropiques (fabrication d'alliages métalliques, combustion du charbon et des ordures) et naturelles (entraînement de particules de sol, aérosols marins, feux de forêts, émissions volcaniques)	N _{organismes} = 5 N _{campagnes} = 75	NC	<u>Non classé CMR/PE</u>	VTR = 0,3 µg.m ⁻³ (ATSDR, 2017)	NC
Carbone suie	Sources anthropiques (combustion incomplète de combustibles fossiles et de biomasse) et naturelles (incendies de forêts et de végétation)	N _{organismes} = 8 N _{campagnes} = 209	NC	<u>Non classé CMR/PE</u>	Non	Oui
Cobalt (7440-48-4)	Sources anthropiques (fumées des centrales thermiques et des incinérateurs, échappements des véhicules à moteur thermique, activités industrielles liées à l'extraction du minerai et aux processus d'élaboration du cobalt et de ses composés) et naturelles (entraînement de particules de sol, éruptions volcaniques, feux de forêts)	N _{organismes} = 6 N _{campagnes} = 75	NC	<u>Cancérogénicité :</u> CIRC: cat. 2B <u>Non classé mutagène,</u> <u>reprotoxique / PE</u>	VTR = 0,1 µg.m ⁻³ (ATSDR, 2004)	NC

Polluant (n°CAS)	Sources d'exposition (usages principaux)	Documentation du niveau de contamination de l'air ambiant		Données sanitaires		
		AASQA et/ou laboratoires de recherche	Bibliographie (nombre de publications pertinentes)	Classifications CMR/PE	VTR retenue (la plus protectrice)	Autres données sanitaires
Cuivre (7440-50-8)	Sources anthropiques (fabrication d'alliages métalliques, de matériels électriques, plomberie, équipements industriels, automobile, chaudronnerie) et naturelles (entraînement de particules de sol, éruptions volcaniques, feux de forêts, aérosols marins)	N _{organismes} = 8 N _{campagnes} = 95	NC	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC: cat. 3 US EPA : inclassable <u>Non classé mutagène, reprotoxique / PE</u>	VTR = 1 µg.m ⁻³ (RiVM, 2000)	NC
Manganèse (7439-96-5)	Sources anthropiques, principalement industrielles (production de ferro-alliages, fonderies, combustion de combustibles fossiles) et naturelles (entraînement de particules de sol)	N _{organismes} = 9 N _{campagnes} = 108	NC	<u>Non classé CMR/PE</u>	VTR = 0,3 µg.m ⁻³ (ATSDR, 2012)	NC
Naphtalène (91-20-3)	Sources exclusivement anthropiques (rejets industriels, trafic routier, combustion incomplète chauffage au bois)	N _{organismes} = 7 N _{campagnes} = 23	NC	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC: cat. 2B US EPA : possiblement cancérogène ECHA (CLP) : cat. 2 <u>Non classé mutagène, reprotoxique / PE</u>	ERU = 5,6.10 ⁻³ (mg.m ⁻³) ⁻¹ (Anses, 2013)	NC

Polluant (n°CAS)	Sources d'exposition (usages principaux)	Documentation du niveau de contamination de l'air ambiant		Données sanitaires		
		AASQA et/ou laboratoires de recherche	Bibliographie (nombre de publications pertinentes)	Classifications CMR/PE	VTR retenue (la plus protectrice)	Autres données sanitaires
PUF	Emissions via des sources primaires et secondaires anthropiques (procédés de combustion et l'émission des véhicules à moteur, etc.) et naturelles/biogéniques (feux de forêts, éruptions volcaniques, etc.)	N _{organismes} = 2 N _{campagnes} = 83	NC	<u>Non classé CMR/PE</u>	Non	Oui
Sulfure d'hydrogène (7783-06-4)	Sources anthropiques (traitement des eaux usées, hauts fourneaux, papeteries, tanneries, raffineries de pétrole, transformation de produits alimentaires) et naturelles (présence naturelle dans le pétrole, le gaz naturel, les gaz volcaniques et certaines sources chaudes (geysers), décomposition de la matière organique, déchets humains et végétaux, etc.)	N _{organismes} = 1 N _{campagnes} = 10	Oui (2)	<u>Non classé CMR/PE</u>	VTR = 2 µg.m ⁻³ (US EPA, 2003)	NC
Trichloroéthylène (79-01-6)	Sources exclusivement anthropiques (Solvant utilisé dans la fabrication des adhésifs, lubrifiants, peintures, vernis, pesticides. Intermédiaire de synthèse)	N _{organismes} = 2 N _{campagnes} = 18	NC	<u>Cancérogénicité</u> : CIRC : Cat. 1 US EPA : cancérogène pour l'Homme ECHA (CLP) : cat. 1A <u>Mutagénicité</u> : ECHA (CLP) : cat. 2 <u>Non classé reprotoxique / PE</u>	ERU = 4,1.10 ⁻⁵ (µg.m ⁻³) ⁻¹ (US EPA, 1987)	NC

Polluant (n°CAS)	Sources d'exposition (usages principaux)	Documentation du niveau de contamination de l'air ambiant		Données sanitaires		
		AASQA et/ou laboratoires de recherche	Bibliographie (nombre de publications pertinentes)	Classifications CMR/PE	VTR retenue (la plus protectrice)	Autres données sanitaires
Vanadium (7440-62-2)	Sources anthropiques (rejets industriels, combustion de fuel) et naturelles (entraînement de particules de sol, aérosols marins et émissions volcaniques)	N _{organismes} = 6 N _{campagnes} = 89	NC	<u>Non classé CMR/PE</u>	VTR = 0,1 µg.m ⁻³ (ATSDR, 2012)	NC

NC : non concerné

1) Hiérarchisation des polluants de la catégorie 1

Les résultats de la hiérarchisation sont présentés dans le tableau ci-dessous (nb : les PUF et le carbone suie ne disposant pas de VTR, ils ne sont pas hiérarchisés).

Polluant	Score de risque	Nombre de campagnes de mesure	Nombre de campagnes dont la moyenne des concentrations dépasse la VTR	Typologie associée aux campagnes dont la moyenne dépasse la VTR
1,3-butadiène (106-99-0)	5,1	45	41 (91 %)	Sur l'ensemble des environnements (urbain, périurbain et rural)
Manganèse (7439-96-5)	1,4	108	4 (3,7 %)	Relative soit à l'étude de l'impact d'une fonderie, soit à de la surveillance d'UIOM
Sulfure d'hydrogène (7783-06-4)	0,95	2 campagnes issues de la bibliographie	1 (50 %)	Les pays où les mesures ont été réalisées sont l'Italie et l'Islande, pays avec une activité volcanique, source importante du sulfure d'hydrogène
Acrylonitrile (107-13-1)	0,88	11 campagnes issues de la bibliographie	3 (27,3 %)	Les études ont été réalisées aux États-Unis et au Japon et toutes dans un environnement urbain
1,1,2-trichloroéthane (79-00-5)	0,86	18	7 (38,9 %)	Toutes en environnements urbain ou périurbain (lorsque l'information est disponible)
Cuivre (7440-50-8)	0,70	95	5 (5,3 %)	Relative soit à l'étude de l'impact d'une industrie, soit à de la surveillance d'UIOM
Trichloroéthylène (79-01-6)	0,36	18	1 (5,6 %)	Relative à une campagne réalisée dans la vallée de l'Arve, zone soumise à une pollution atmosphérique chronique du fait de son urbanisation et son industrialisation
Vanadium (7440-62-2)	0,28	89	3 (3,4 %)	Relative soit à l'étude de l'impact d'une fonderie, soit à de la surveillance d'UIOM
Cobalt (7440-48-4)	0,21	75	1 (1,3 %)	Relative à de la surveillance d'UIOM
Antimoine (7440-36-0)	0,088	75	3 (4 %)	Relative à de la surveillance d'UIOM

Polluant	Score de risque	Nombre de campagnes de mesure	Nombre de campagnes dont la moyenne des concentrations dépasse la VTR	Typologie associée aux campagnes dont la moyenne dépasse la VTR
Naphtalène (91-20-3)	0,087	23	1 (4,3 %)	Sans information sur la campagne, réalisée hors métropole

Annexe 2

Synthèse des résultats de l'expertise relative aux « Masques antipollution » présentée au CES

Objectifs des travaux d'expertise :

1. Fournir une étude du statut réglementaire des masques antipollution (revue des normes existantes, obligations réglementaires), en France, et si possible en Europe.
2. Réaliser une revue de la littérature sur l'efficacité des masques anti-pollution vis-à-vis des polluants chimiques et biologiques (pollens) et sur les différents paramètres, notamment humains, pouvant affecter la performance antipollution des masques. *Les contaminants infectieux sont exclus du champ de la saisine.*
3. Réaliser une revue de la littérature sur les effets sanitaires indésirables liés au port des masques antipollution. *Les effets sur l'environnement sont exclus du périmètre de la saisine.*
4. Réaliser une étude du bénéfice sanitaire potentiel du port d'un masque antipollution impliquant différents *scenarii* d'exposition à la pollution de l'air ambiant. La définition de ces *scenarii* devra considérer la population générale et les professionnels, le territoire national et la présence d'expatriés français dans des zones très polluées, et enfin la nature de la pollution (chimique et/ou biologique, composition, granulométrie des particules, etc.). *Les accidents industriels sont exclus du champ de la saisine.*

Note :

Masques chirurgicaux : Non considérés comme des EPI, ils dépendent de la directive relative aux dispositifs médicaux (et s'ils sont également destinés à une protection individuelle, ils doivent alors répondre aux 2 directives). Non considérés dans cette expertise.

Masques complets, couvrant la bouche, le nez, le menton et les yeux : l'usage de ce type de masque par la population générale pour se préserver de la pollution a été considéré comme peu probable considérant l'encombrement de ces dispositifs. Ils n'ont donc pas été pris en compte dans le cadre de cette expertise.

Synthèse des résultats

1) Etude de marché

L'étude de marché a permis d'identifier 215 produits revendiquant une efficacité en matière de protection contre la pollution de l'air ambiant. Ces produits sont très majoritairement (94 %) des demi-masques (203 produits), les autres produits étant six épurateurs portatifs, deux filtres intranasaux, deux sprays, un tour de cou filtrant et un masque ne couvrant que la bouche.

Il est à noter que parmi les 203 références de demi-masques identifiées, plus de la moitié ont des revendications ambiguës d'usage car ils ne sont pas initialement dédiés à la protection contre la pollution de l'air ambiant. Par exemple, certains distributeurs peuvent inclure la notion de protection contre la pollution de l'air ambiant dans le descriptif d'un produit initialement destiné à la protection contre les poussières lors de la réalisation de travaux spécifiques, comme le bricolage. Cependant ces masques ne peuvent être considérés comme des masques protégeant de la pollution de l'air ambiant puisqu'ils ne visent à protéger que de la composante particulaire de cette pollution, et non de la composante gazeuse. Ces détournements d'usages de masques non-dédiés initialement à la protection contre la pollution de l'air ambiant, qu'ils soient induits par le distributeur ou volontaires par le consommateur sont difficiles à quantifier.

Le marché des dispositifs destinés à la protection individuelle contre la pollution de l'air reste relativement restreint, de l'ordre de 135 000 € à 150 000 €. En termes de chiffre d'affaire le marché serait dominé par les demi-masques avec 83% des parts de marché.

Il existe deux types de demi-masques :

- Le **demi-masque filtrant** qui est une pièce faciale constituée uniquement ou majoritairement de matériau filtrant et qui recouvre la partie inférieure du visage (nez, bouche, menton). Il comporte des

élastiques ou des brides pour la fixation autour de la tête et, dans certains cas, une ou plusieurs soupapes expiratoires.

- Le **demi-masque** qui recouvre également la partie inférieure du visage mais qui est constitué d'un matériau souple et étanche. Il se fixe autour de la tête à l'aide de brides, il comporte toujours une ou plusieurs soupapes expiratoires. Le demi-masque seul n'est pas protecteur, l'élément filtrant est fixé sous forme de filtre sur le demi-masque.

Les masques peuvent être à usage unique ou multiple. D'après l'étude de marché, les demi-masques à usages multiples se distinguent en trois catégories :

- Les demi-masques dont le filtre doit être changé,
- Les demi-masques dont le filtre peut être lavé, mais doit être remplacé après une certaine durée d'utilisation,
- Les demi-masques, composés d'une pièce filtrante, qui peut être lavée, mais qui doit être jetée après une certaine durée d'utilisation.

Les demi-masques référencés sont tous équipés de filtres mécaniques, pour la filtration des particules, et 27% sont également équipés de filtres à charbon actif censés protéger contre des gaz et des odeurs sans que plus de précisions ne soit données dans la majorité des cas.

Concernant les revendications d'usages, les masques revendiquent une filtration contre les particules⁸ (80% des masques), les biocontaminants (virus, bactéries, moisissures, pollens...) (27%) et les polluants organiques (COV, odeurs...) (26%).

Les cyclistes ou motocyclistes, les personnes fragiles (personnes âgées ou atteintes de pathologies chroniques, femmes enceintes, enfants), les personnes allergiques, en particulier aux pollens et les voyageurs en partance pour des zones géographiques fortement polluées sont les cibles principales de ces produits. Les fabricants de dispositifs destinés aux professionnels ne s'intéressent pas ou peu à ce marché grand public.

D'après les retours des fabricants et distributeurs, les professionnels particulièrement exposés à la pollution de l'air ambiant sont un public peu ciblé. Seul un fabricant a évoqué la possible utilisation par des agents de la voie publique.

Suite à cette étude de marché, une enquête complémentaire, par questionnaire en ligne, a été conduite auprès des adhérents de la Fédération des usagers de la bicyclette (FUB). Bien que cette étude ne soit pas représentative de l'utilisation des masques par la population générale ou même par les cyclistes, elle apporte toutefois des informations : parmi les 1 284 répondants, 5,9% ont déclaré porter régulièrement ou occasionnellement des dispositifs antipollution et 8% ont déclaré avoir testé un dispositif, sans l'adopter. Parmi les répondants qui ont essayé des dispositifs dits antipollution mais ne les ont pas adoptés, beaucoup déclarent n'avoir pas été convaincus par le confort du dispositif (85,5 %) ou sont sceptiques quant à leur efficacité (43,5 %).

Les cyclistes qui n'en ont jamais porté avancent plusieurs raisons, dont les principales sont le manque de confort et de certitude quant à leur efficacité. Un grand nombre d'entre eux indiquent manquer d'informations ou n'avoir même jamais pensé à en porter. Au-delà de ces raisons pratiques, certains cyclistes estiment que le port de masques dits antipollution n'est pas une solution satisfaisante et qu'il est nécessaire de traiter la problématique de la pollution de l'air à sa source.

Enfin, si les utilisateurs de masques dits antipollution indiquent les porter pour se protéger de la pollution, un tiers d'entre eux indiquent également les porter pour se prémunir des odeurs.

2) Réglementation

Les masques dits antipollution pour le grand public doivent être considérés comme des équipements de protection individuelle (EPI) au même titre que ceux utilisés en milieu professionnel. En effet, ils répondent à la définition d'EPI donnée par la directive 89/686/CEE⁹ stipulant que ce sont des dispositifs ou des moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de menacer sa santé ainsi que sa sécurité ; destinés aussi bien à l'usage professionnel que privé (sports, loisirs, usage domestique).

Ils doivent donc respecter les obligations requises par cette même directive, transposée dans le droit français dans le Code du travail et le Code du sport. Cette directive sera abrogée à compter du 21 avril 2018, et remplacée par le Règlement (UE) 2016/425 du parlement européen. Elle continuera de produire

⁸ Dans le cadre de l'étude de marché, le terme « particules », dans les revendications d'efficacité regroupe plusieurs termes utilisés par les fabricants et distributeurs : particules, particules inertes, PM₁₀, PM_{2,5}, poussières, nanoparticules.

⁹ Directive du Conseil du 21 décembre 1989 concernant le rapprochement des législations des Etats membres relatives aux équipements de protection individuelle (89/686/CEE)

ses effets durant une période transitoire d'un an pour la mise sur le marché des produits. Les obligations pour les EPI respiratoires sont équivalentes entre la directive et le règlement.

La directive fixe les conditions de la mise sur le marché des EPI et de leur libre circulation, ainsi que les exigences essentielles auxquelles ils doivent répondre afin de préserver la santé et la sécurité des utilisateurs.

Les procédures de certification et de contrôle diffèrent en fonction des types d'EPI. Elles peuvent concerner :

- une simple auto-certification pour les EPI de conception simple (ex : lunettes de soleil, gants de jardinage),
- un examen « CE de type », assorti d'un système de garantie de qualité CE ou d'un système d'assurance qualité CE de la production avec surveillance par un organisme notifié, pour les EPI de conception complexe.

Les EPI respiratoires, et donc les masques dits antipollution, appartiennent à la catégorie d'EPI de conception complexe, c'est-à-dire les EPI dits de classe III. Ils sont destinés à protéger contre des dangers mortels ou pouvant nuire gravement et de façon irréversible à la santé et dont le concepteur présume que l'utilisateur ne peut déceler à temps les effets immédiats.

La directive définit les règles techniques de conception, majoritairement reprises dans des normes européennes harmonisées, et les obligations en termes d'étiquetage et d'information à inclure dans la notice d'utilisation.

Concernant l'étiquetage, il est à noter que l'étude de marché a souligné que le principal réseau de vente pour les masques était la vente en ligne et que les informations étaient rarement disponibles auprès du consommateur dans le descriptif des produits. Cette absence d'information dans le descriptif du produit, qui serait pourtant utile à l'acquéreur dès la vente en ligne sur le site internet, ne présage pas de sa non-disponibilité avec le produit qui relève là d'une obligation dans le cadre de la réglementation. Cependant, d'après l'enquête conduite par la FUB auprès de ses adhérents, plus de 30 % des répondants ont indiqué soit l'absence de notice, soit son manque de précision ou sa rédaction dans une langue étrangère.

Il est à noter qu'un produit entrant dans le champ d'application de la directive EPI ne peut être exonéré des contraintes de la réglementation sur les EPI en faisant valoir qu'il apporte seulement au porteur un confort personnel ou une protection individuelle limitée. Il appartient certes en priorité au fabricant de déterminer la destination de ses produits et de leur attribuer une revendication d'usage, sous réserve toutefois que cette revendication (ou une revendication partielle, voire l'absence de revendication) ne soit pas trompeuse ou contradictoire avec les attentes légitimes du consommateur ou encore la nature, la conception ou l'apparence du produit. Ainsi un masque commercialisé avec une allégation « antipollution », mais ne revendiquant qu'une amélioration du « confort », ne peut se soustraire aux obligations de la directive.

3) Efficacité des masques dits antipollution

L'efficacité des masques est définie par la combinaison de l'efficacité du média filtrant et de l'étanchéité (ou fuite) au visage. Il est important de distinguer l'efficacité dite théorique et l'efficacité en conditions réelles d'utilisation évaluée pour cette expertise au sein de la population générale en conditions usuelles d'utilisation.

Ainsi, l'efficacité dite théorique est évaluée lors de tests en laboratoire ou sur le terrain dans des conditions contrôlées chez des individus formés au port de masques et utilisant correctement, après contrôle, un appareil bien entretenu et bien ajusté.

L'efficacité en conditions réelles d'utilisation correspond à l'efficacité évaluée chez des individus de la population générale dans des conditions d'utilisation usuelles, ou chez des travailleurs en conditions de travail réelles. Par conséquent, cette efficacité est dépendante de nombreux autres critères tels que l'ajustement au visage, l'entretien du dispositif, l'information et la formation ou l'activité de l'utilisateur, etc. Par exemple, l'activité physique va augmenter le débit respiratoire, ce qui va augmenter la perte de charge, ou résistance à l'écoulement d'air, et entraîner une augmentation de la fuite au visage. Le colmatage du filtre entraînera également une augmentation de la perte de charge.

Au final, un masque, défini par une efficacité dite théorique très élevée, peut présenter une efficacité en conditions réelles d'utilisation de mise en œuvre réduite voire nulle au sein de la population générale. Par ailleurs, même avec un masque adapté et efficace utilisé par une personne formée au port de masques, la protection revendiquée est souvent inférieure à la protection réelle.

La plupart des dispositifs recensés présentent une technologie de filtration visant les particules. Or la pollution de l'air ambiant se caractérise par un mélange complexe de particules et de gaz. Par conséquent, afin de pouvoir justifier de son efficacité, le masque doit donc être testé suivant les normes correspondant à chaque polluant visé.

Dans la pratique, l'étude de marché indique que les masques dits antipollution visent et présentent des technologies de filtration concernant principalement les particules. L'efficacité des demi-masques filtrants contre les particules, peut être testée suivant la norme NF EN 149 + A1 qui définit les exigences, essais et marquage pour ces dispositifs. Cette norme définit trois classes d'équipement dit FFP (*filtering facepiece particles*, en anglais) : FFP1, FFP2 et FFP3. Ces classes sont définies d'une part en fonction de l'efficacité du média filtrant et d'autre part de la fuite totale vers l'intérieur maximale (conjugaison de la pénétration par le média filtrant et de la fuite au visage de la pièce faciale) (voir tableau ci-dessous). Les masques peuvent être à usage unique, leur utilisation est alors limitée à une journée de travail et le masque est alors marqué « NR ». Ou bien ils peuvent être réutilisables, sur plusieurs journées de travail, le masque est alors marqué « R ».

Tableau : Critères de classification de demi-masque filtrant les particules en fonction de la pénétration du matériau filtrant et de la fuite totale vers l'intérieur (d'après norme NF EN 149 + A1)

classification	Pénétration maximum des aérosols d'essai		Fuite totale vers l'intérieur
	Essai au chlorure de sodium (diamètre médian en masse de 0,6 µm)	Essai à l'huile paraffine (distribution suivant loi logarithmique normale avec un diamètre de Stokes moyen en nombre de 0,4 µm et un $\sigma=1,82$)	Essai au chlorure de sodium (répartition granulométrique entre 0,02 et 0,2 µm de diamètre aérodynamique équivalent avec un diamètre moyen en masse de 0,6 µm)
	95 L.min ⁻¹	95 L.min ⁻¹	
	%	%	%
	Max.	Max.	
FFP1	20	20	22
FFP2	6	6	8
FFP3	1	1	2

Dans les études scientifiques, des masques de type N95 sont souvent utilisés. Ces masques, homologués par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) aux Etats-Unis d'Amérique, sont testés contre des gouttelettes en suspension de 0,3 µm à 85 L.min⁻¹. Concernant le marquage, la lettre renvoie au degré de résistance à la perte d'efficacité d'un filtre lorsqu'il est exposé à différents types de particules aéroportées : « N » pour non résistant à l'huile, « R » pour quelque peu résistant à l'huile et « P » pour fortement résistant à l'huile. Le chiffre renvoie aux degrés d'efficacité du filtre – 95 % (N95), 99 % (N99) et 99,97 % (N100).

Les conditions de tests entre les masques certifiés par le NIOSH et les masques certifiés par la norme NF EN 149 + A1 diffèrent, avec notamment un diamètre médian de l'aérosol et un débit supérieurs dans la norme européenne, par conséquent il n'existe pas d'équivalence entre les catégories de masques européennes et nord-américaines. Toutefois, il est généralement admis qu'un masque N95 possède des performances proches du masque FFP2 et que celles d'un N99 sont proches d'un masque FFP3.

Enfin, il est à noter que certaines études indiquent que la performance de filtration des particules peut être affectée, en présence d'émissions diesel, en posant l'hypothèse d'une influence des gaz sur cette performance de filtration. L'efficacité des masques contre les particules de l'air ambiant pourrait donc être inférieure à l'efficacité mesurée en laboratoire.

4) Bénéfice sanitaire potentiel lié au port de masques dits antipollution

L'expertise avait pour objectif d'évaluer si le port de masques dits antipollution en conditions réelles d'utilisation par la population générale pouvait présenter un bénéfice sanitaire. Les travaux conduits ne permettent pas de conclure sur cette question. La recherche bibliographique n'a permis d'identifier qu'un nombre limité d'études comparant des marqueurs sanitaires de personnes exposées avec ou sans port de masques, généralement des masques anti-poussières N95. Ces études, majoritairement conduites dans des pays d'Asie, ciblent la population générale ou des travailleurs exposés à la pollution de l'air ambiant.

Concernant les professionnels exposés à l'air ambiant, seules quatre études, recensées en Asie du Sud-est, s'intéressent aux conséquences sanitaires de l'exposition de personnes exposées au trafic routier et équipées de masques recommandés dans le cadre du travail (Anurekha, Devaki, et Saikumar 2015, Ruchirawat et al. 2002, Wongsurakiat et al. 1999, Wertheim et al. 2012).

En majorité, ces études sont de faible qualité ou peu concluantes. Les auteurs ont comparé certaines réponses biologiques ou cliniques de personnes exposées à proximité du trafic portant des masques à

celles de personnes non exposées ou exposées à proximité du trafic, sans port de masque. Les études ont ainsi évalué pour deux publications des mesures de biomarqueurs urinaires d'exposition aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) (adduits à l'ADN), et dans les deux autres, la fréquence de symptômes respiratoires et/ou des paramètres de la fonction pulmonaire. Trois de ces études (Anurekha, Devaki, et Saikumar 2015, Ruchirawat et al. 2002, Wongsurakiat et al. 1999), conduisant à des résultats non significatifs, présentent de fortes limites en termes d'interprétation compte-tenu notamment du manque d'information sur les masques portés et leur condition d'utilisation, des faibles effectifs étudiés, et du manque de pertinence des indicateurs sanitaires mesurés pour identifier un éventuel impact du port du masque. L'étude la plus récente et la plus robuste de Wertheim et al. (2012) a comparé des biomarqueurs urinaires d'exposition aux HAP chez des travailleurs exposés au trafic, portant ou non un masque. Les participants portaient un masque anti-particules R95, et avaient été formés à son utilisation, en cohérence avec les recommandations de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA- USA). Sur deux semaines, les masques étaient portés ou non deux jours consécutifs pendant les heures de travail. Un nouveau masque était fourni chaque jour d'utilisation. Cette étude ne met pas en évidence d'influence du port du masque sur les marqueurs d'exposition aux HAP, en soulignant que les masques testés permettaient avant tout de filtrer les particules et non les gaz. L'étude met également en évidence l'inconfort lié à l'utilisation du masque rapporté par les participants.

Concernant la population générale, seules trois études (Langrish et al. 2012, Langrish et al. 2009, Shi et al. 2017), de bonne qualité, ont été identifiées dans la littérature. Ces trois études quasi expérimentales réalisées en Chine visaient à explorer l'influence à court terme du port d'un masque de type FFP1 ou N95 par des sujets lors d'épreuves de marche ou en continu. Les participants étaient selon les études, soit des étudiants non-fumeurs en bonne santé, soit des patients coronariens. Les paramètres investigués dans les trois études incluaient des constantes cardio-vasculaires et une évaluation de la tolérance au port du masque.

Concernant les étudiants non-fumeurs en bonne santé, les résultats (Langrish et al. 2009, Shi et al. 2017) sont difficilement interprétables. Les auteurs concluent quant à l'observation d'améliorations statistiquement significatives de certains paramètres cardiovasculaires comme la diminution de la pression artérielle systolique ou l'augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque. Cependant, les experts considèrent que ces améliorations peuvent être interprétées comme des modifications physiologiques cardiovasculaires adaptatives de court terme. De plus la vitesse des marcheurs dans les études n'est pas renseignée or la pression artérielle et la variabilité de la fréquence cardiaque sont des paramètres très sensibles.

Concernant les patients coronariens, les résultats de l'étude de Langrish et al. (2012) vont dans le sens d'une meilleure performance myocardique, avec une amélioration statistiquement significative de certains paramètres cardiovasculaires : comme la diminution du sous-décalage du segment ST, la diminution de la pression artérielle systolique ou l'augmentation de la variabilité de la fréquence cardiaque. D'autres paramètres cardiovasculaires mesurant également le degré d'ischémie ne sont toutefois pas modifiés significativement.

Toutefois, bien que ces trois publications présentent des résultats originaux et intéressants, leur interprétation présente des limites, notamment quant à leur généralisation et leur extrapolation d'une part pour l'ensemble des masques dits antipollution, et d'autre part pour l'ensemble de la population générale. En effet, les limites concernent notamment :

- le faible effectif de participants ;
- le faible nombre de jours considérés avec une évaluation uniquement d'une exposition à court terme sur des paramètres physiologiques ;
- Le protocole des études n'est pas représentatif d'une utilisation potentielle d'un masque dit antipollution par la population générale (port du masque en continu à l'extérieur et autant que possible à l'intérieur, 24 heures avant le jour de l'épreuve de marche et 24 heures le jour de l'épreuve, formation au port de masque (Shi et al. 2017), un seul type d'activité expérimenté (épreuve de marche de 1 à 2 heures en milieu urbain dans une zone ciblée), un seul type de masque dit antipollution testé) ;
- Seuls certains paramètres de la fonction cardio-vasculaire ont été évalués alors que la littérature scientifique souligne l'atteinte de différents systèmes ou organes, en particulier respiratoires, liée à l'exposition à la pollution de l'air ambiant ;
- La question de l'inefficacité des masques sur les gaz de la pollution de l'air ambiant et leurs conséquences possibles sur la santé n'est pas discutée par les auteurs ;

- L'absence d'éléments objectivant la présence de modifications et ou bénéfices à long terme du port de masques dans les populations étudiées.

Au final, les experts ont jugé que ces études étaient insuffisantes pour conclure sur un bénéfice potentiel du port de masque, en conditions réelles d'utilisation par la population générale.

Par ailleurs, s'il a été envisagé au cours de l'expertise, de réaliser une évaluation quantitative des impacts sanitaires incluant différents *scénarii* d'exposition, et ce afin de quantifier le bénéfice sanitaire lié au port de masque, le CES estime *in fine* qu'il n'est pas possible de réaliser cette évaluation. En effet, réaliser une telle quantification reviendrait à implicitement reconnaître une efficacité en conditions réelles d'utilisation du masque pour réduire l'exposition, alors que les données disponibles sur l'efficacité des masques en situation réelle d'utilisation sont insuffisantes pour permettre une telle conclusion.

Concernant les pollens, une seule étude quasi expérimentale portant sur 10 sujets a été identifiée (Gotoh, Okubo, and Okuda 2005). Des volontaires sains équipés d'un masque chirurgical et de lunettes enveloppantes et des sujets témoins ont été exposés aux pollens en conditions réelles. Les auteurs indiquent que la fraction de pollen atteignant le nez et les yeux est plus faible quand les sujets ont porté le masque. Les limites évoquées précédemment concernant le faible effectif et la formation des sujets nuancent la portée des résultats.

Concernant la pertinence du port de masque lors de feux de végétation, les deux études identifiées ne permettent pas de conclure à l'intérêt de ces dispositifs dans ces situations (Künzli et al. 2006, Mott et al. 2002). Ces études sont peu informatives, la nature des masques utilisés et les durées de port ne sont pas décrites. D'autre part, leurs conclusions ne sont pas convergentes.

Concernant les effets néfastes potentiels du port d'un masque sur la santé, les données sont également limitées. Quatre études de la même équipe (Bansal et al. 2009, Harber et al. 2009, Harber et al. 2010b, a) ont suivi des protocoles similaires pour évaluer la tolérance du port de masque, demi-masque à cartouches et demi-masque filtrant N95, lors d'activités physiques faibles à modérées. Les études portent sur la population générale et incluent toutes des sujets sains et des sujets présentant des pathologies respiratoires modérées (rhinite allergique, asthme modéré, broncho pneumopathie chronique obstructive (BPCO) modérée).

Dans l'étude de (Bansal et al. 2009), tous les sujets ont effectué toutes les tâches et aucun sujet n'a été conduit à enlever son masque. Les résultats de l'étude sont moyennés sur l'ensemble des sujets, il n'est donc pas possible de conclure spécifiquement sur les effets physiologiques du port de masque chez les sujets sensibles. Les auteurs concluent que les deux types de masques testés (demi-masque filtrant N95 et demi-masque muni de cartouches filtrantes) peuvent être portés par la majorité des individus, y compris chez des personnes atteintes de pathologies respiratoires modérées. Toutefois, ils soulignent qu'il est possible qu'un petit nombre d'individus ait des réactions physiologiques indésirables. Dans l'étude de (Harber et al. 2009), les effets secondaires notés ont été plus marqués avec le demi-masque à cartouches mais globalement peu importants. Ils consistent en une gêne, une sensation d'inconfort respiratoire, une transpiration et sensation de chaleur. (Harber et al. 2010b) ont cherché à évaluer les caractéristiques personnelles qui pouvaient influencer la tolérance de ces masques. Les auteurs concluent qu'il n'existe pas de masque universel bien toléré mais que la tolérance dépend de la pathologie sous-jacente. Enfin la dernière étude de (Harber et al. 2010a), avait pour objectif d'évaluer l'adaptation physiologique au port de masques chez des sujets atteints de pathologies respiratoires modérées. Cette étude indique que la tolérance diffère selon le type de masques et la pathologie. Les résultats montrent que les personnes souffrant d'asthme et de BPCO pourraient avoir des difficultés d'adaptation aux masques à cartouches.

Ainsi, d'après ces études, le port de masque peut avoir des effets indésirables mais il est toléré chez la majorité des individus y compris chez des sujets atteints de pathologies respiratoires modérées. Toutefois, la tolérance dépend des pathologies des personnes qui portent les masques.

La recherche bibliographique n'a pas permis d'identifier d'études chez des sujets atteints de pathologies respiratoires graves, ni chez des sujets atteints de pathologies cardio-vasculaires. Toutefois, dans l'étude de

Langrish et al. (2012) relative aux effets bénéfiques du port de masques sur le système cardiovasculaire chez des patients coronariens, les sujets ont rapporté avoir bien toléré le port du masque.

Enfin, deux revues de la littérature sur les paramètres physiologiques impactés lors du port de masques ont été identifiées. L'objectif de la première était de faire une revue des études sur les facteurs humains et l'ergonomie des masques. Elle conclut que les éléments à prendre en compte pour le développement de nouveaux masques et l'amélioration de leurs performances sont l'ergonomie, la visibilité, les performances physiques, cognitives et psychomotrices des utilisateurs, les odeurs, l'ajustement à la taille et à la morphologie du visage, le poids, le confort pour la peau et l'anxiété générée par le port d'un masque. La seconde étude, chez des travailleurs, a passé en revue les impacts métaboliques, respiratoires et cardiovasculaires du port d'un masque chez le travailleur. Elle a recensé des résistances inspiratoire et expiratoire, des augmentations de la thermogénèse responsable de sudation, vasodilatation et émission de vapeur d'eau. Si l'entraînement au port de masque peut améliorer les capacités d'adaptation aux conditions de travail, les réponses physiologiques et psychologiques induites par le port de masque, qui peuvent limiter les performances lors de l'accomplissement de tâches (diminution de l'intensité, limitation de la durée de travail...), ne peuvent être éliminées.

- Bansal, S., P. Harber, D. Yun, D. Liu, Y. Liu, S. Wu, D. Ng, and S. Santiago. 2009. "Respirator physiological effects under simulated work conditions." *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 6 (4):221-227. doi: 10.1080/15459620902729218.
- Gotoh, M., K. Okubo, and M. Okuda. 2005. "Inhibitory effects of facemasks and eyeglasses on invasion of pollen particles in the nose and eye: A clinical study." *Rhinology* 43 (4):266-270.
- Harber, P., S. Bansal, S. Santiago, D. Liu, D. Yun, D. Ng, Y. Liu, and S. Wu. 2009. "Multidomain subjective response to respirator use during simulated work." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 51 (1):38-45. doi: 10.1097/JOM.0b013e31817f458b.
- Harber, P., S. Santiago, S. Wu, S. Bansal, Y. Liu, and D. Yun. 2010a. "Respirator physiologic impact in persons with mild respiratory disease." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 52 (2):155-163. doi: 10.1097/JOM.0b013e3181ca0ec9.
- Harber, P., S. Santiago, S. Wu, S. Bansal, Y. Liu, and D. Yun. 2010b. "Subjective response to respirator type: Effect of disease status and gender." *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 52 (2):150-154. doi: 10.1097/JOM.0b013e3181cfcf09.
- Künzli, N., E. Avol, J. Wu, W. J. Gauderman, E. Rappaport, J. Millstein, J. Bennion, R. McConnell, F. D. Gilliland, K. Berhane, F. Lurmann, A. Winer, and J. M. Peters. 2006. "Health effects of the 2003 Southern California wildfires on children." *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 174 (11):1221-1228. doi: 10.1164/rccm.200604-519OC.
- Langrish, J. P., X. Li, S. Wang, M. M. Y. Lee, G. D. Barnes, M. R. Miller, F. R. Cassee, N. A. Boon, K. Donaldson, J. Li, L. Li, N. L. Mills, D. E. Newby, and L. Jiang. 2012. "Reducing personal exposure to particulate air pollution improves cardiovascular health in patients with coronary heart disease." *Environmental Health Perspectives* 120 (3):367-372.
- Mott, J. A., P. Meyer, D. Mannino, S. C. Redd, E. M. Smith, C. Gotway-Crawford, and E. Chase. 2002. "Wildland forest fire smoke: Health effects and intervention evaluation, Hoopa, California, 1999." *Western Journal of Medicine* 176 (3):157-162. doi: 10.1136/ewjm.176.3.157.
- Shi, J., Z. Lin, R. Chen, C. Wang, C. Yang, J. Cai, J. Lin, X. Xu, J. A. Ross, Z. Zhao, and H. Kan. 2017. "Cardiovascular benefits of wearing particulate-filtering respirators: A randomized crossover trial." *Environmental Health Perspectives* 125 (2):175-180. doi: 10.1289/EHP73.