

ANSES
Rapport d'expertise collective
Saisine n° 2019-SA-0075

Le SPL a été à l'initiative d'une saisine de l'ANSES pour avoir un avis scientifique éclairé sur les « Conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de ligne ». Cette démarche a duré près de 5 ans et n'est pas considérée comme achevée.

Malheureusement, le document publié¹ est loin de répondre à notre demande et comporte de trop nombreuses "erreurs". Un rapport rectificatif a été officiellement demandé.

En attendant, nous invitons toute personne qui lira ou utilisera le rapport d'expertise de l'ANSES ou l'avis qui en découle à analyser nos remarques pour se forger un avis éclairé.

Dans un premier temps, il est à signaler que le titre a été modifié (et implicitement la nature de l'expertise). La saisine concernait les « *Conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de ligne* ». Le titre du rapport est devenu « *Etat des connaissances sur les effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines d'avion* ». Avec ce titre, la notion de lien de causalité entre la pollution de l'air dans les avions de ligne et la santé des personnes exposées, coeur de notre saisine, est étonnement écarté.

Dans un contexte de pollution de l'air et dans une approche scientifique, tout un chacun aurait fait un état des lieux des connaissances en listant l'ensemble des agents chimiques retrouvés dans différentes publications. Un tableau le plus exhaustif possible, indiquant les composés ayant des Valeur Limites d'exposition Professionnelle, leur caractère Cancérogène, Mutagène, Reprotoxique, les perturbateurs Endocriniens, les organes cibles (en particulier le système nerveux). Ce travail est très sommaire dans ce rapport. Pour ne citer qu'un seul exemple, le phtalate de dibutyle, CAS 84-74-2; sa présence est confirmée dans les études citées dans ce rapport. Il est classé R1B et fait l'objet d'une VLEP, il est également Perturbateurs Endocriniens catégorie I selon l'ANSES², mais est malencontreusement oublié dans leur tableau.

Comment avoir une vision objective de la situation ?

L'ANSES n'a pas répondu à une question essentielle : est-il possible d'utiliser les VLEP alors que l'altitude dans la cabine d'un avion est de l'ordre de 2400m ?

Les anglais, eux, sont formel : non ! (EH40, point 62)³.

Dans son rapport sur le monoxyde de carbone, l'ANSES rappelle pourtant que la toxicité du monoxyde de carbone augmente avec l'altitude⁴... Mais dans ce rapport, l'ANSES fait abstraction de ses propres publications...

On peut également s'étonner de l'absence de chapitre sur les maladies neurodégénératives (Maladie de Charcot, Alzheimer, Parkinson...). Alors que cette préoccupation est soulevée dans plusieurs études⁵, et la présence de neurotoxiques confirmée.

¹ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2019SA0075Ra.pdf>

² <https://www.anses.fr/fr/system/files/REACH2019SA0179Anx-1.xlsx>

³ <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>

⁴ <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP2007sa0422Ra.pdf>

⁵ <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27184412/>

Dans ce rapport, l'ANSES néglige également "l'effet cocktail" et les expositions chroniques à faible dose, qu'elle documente pourtant par ailleurs⁶7...

Plus inquiétant encore, certains rapports cités sont déformés, allant même jusqu'à affirmer le contraire de ce qu'ont écrit leurs auteurs. Un exemple page 103 : « *Le pilote n'a pas expérimenté de Fume Event durant sa carrière, mais a senti des odeurs désagréables à plusieurs reprises. La relation cause-effet n'est cependant pas prouvée* ». On lit pourtant dans l'étude correspondante : « *Just before death the abstinent subject **attributed his symptoms to repeated exposure to engine oil fumes during the course of his employment as a commercial airline pilot.*** »

A plusieurs reprises, des phrases clés sont supprimées au milieu de paragraphes traduits. Par exemple page 100 : « *les effets apparaissent transitoires et l'activité neuronale est comparable au contrôle après 24 heures d'exposition. Cependant, une exposition prolongée peut aggraver leur potentielle toxicité, ce qui nécessite des recherches supplémentaires.* », alors qu'on peut lire dans le texte original (AVOIL page 109) « *Similarly, the effects of TCPs appeared to be transient and virtually absent following 24h exposure. **However, when exposure continued up to 48h neuronal activity was markedly decreased by the majority of TCP isomers and mixtures.** It is therefore possible that effects of pyrolysis products develop only following more prolonged (i.e. 48h and longer)* ». Nous nous interrogeons sur l'absence de la phrase soulignée dans la traduction, dont le contenu pourrait pourtant expliquer pourquoi les équipages sont généralement beaucoup plus affectés que les passagers.

Aussi, dans l'avis page 14, on peut lire : « *Les recherches récentes portent sur les effets sanitaires de certains composés de l'air de la cabine, en particulier les organophosphorés. Les données actuelles ne montrent pas d'effets sanitaires probants de ces composés aux faibles concentrations dans l'air* ». Pourtant dans le bulletin de veille scientifique de l'Anses de mars 2011, relatif aux éleveurs exposés aux organophosphorés, on peut lire « ***Au final, ces résultats suggèrent donc qu'une exposition répétée à de faibles doses de produits organophosphorés au cours de la période d'activité pourrait avoir comme conséquence l'apparition de troubles neuropsychologiques à moyen et à long terme, ce qui pose la question du risque dans d'autres populations exposées à la même famille de produits en milieu professionnel*** ». Pour mémoire à l'origine de l'identification du syndrome aérotoxique, des éleveurs et des personnels navigants développaient des symptômes similaires, alors qu'ils réalisent des activités très différentes. Leur point commun était d'être en contact de produits organophosphorés...

Les pages suivantes s'adressent à ceux qui veulent pousser plus loin leurs investigations.

⁶ Anses, Les Cahiers de la recherche No 16 - Santé, Environnement, Travail - Janvier 2021
Les contaminants chimiques seuls ou en mélange, Comprendre où en est la recherche

⁷ Anses, Bulletin de veille scientifique no 13 - Santé, Environnement, Travail - Mars 2011
Troubles neurologiques et exposition chronique à faible dose aux pesticides organophosphorés

Liste non exhaustive des erreurs relevées à la lecture du rapport

Ce document est destiné à améliorer, en toute transparence, la qualité des connaissances scientifiques sur les *conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de lignes*. Les lecteurs sont invités à se référer au rapport d'expertise collective, ainsi qu'à utiliser toutes les sources documentaires citées pour avoir un avis objectif.

Le but de ce document est d'obtenir une version corrigée du rapport d'expertise, d'en revoir les conclusions et l'avis qui en découle. Il est fondamental que l'ensemble des connaissances acquises dans tous les domaines scientifiques en lien avec les conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de ligne soient utilisées pour parvenir à comprendre cette problématique qui traîne depuis des décennies.

D'autres "erreurs" ont certainement échappé à cette analyse.

1/Erreurs utilisant, reprenant des biais, ou par omission

Page 36

*La FAA a retenu le formaldéhyde, l'acétaldéhyde et les particules ultrafines (PUF) comme marqueurs **potentiels** de contamination du bleed air à partir **de quelques** études sur l'air des cabines d'avion*

Les mots **potentiels** et **quelques** tendent à minimiser le travail de la FAA qui a un objectif bien précis, trouver des capteurs adaptés, afin de répondre à la future loi américaine Cabin Air Safety Act.

(projet VIPR de la NASA (données non publiées),

Contrairement à ce qui est indiqué, des données sont publiées dans différents rapports :

The Nature of Particulates in Aircraft Bleed Air Resulting from Oil Contamination
Byron W. Jones, PhD, PE

Aircraft Air Quality and Bleed Air Contamination Detection

Experimental Determination of the Characteristics of Lubricating Oil Contamination in Bleed Air
Space, David R.; Salgar, Anil K.; Scheer, Dale A.; et al.

ASHRAE Winter Conference Location: Las Vegas, NV Date: JAN 28-FEB 01, 2017

2017 ASHRAE WINTER CONFERENCE PAPERS Book Series: ASHRAE Winter Conference Papers

Page 37

La FAA précise que l'analyse des données issues de ces expériences est en cours et fera l'objet d'un rapport dans le cadre du projet ASHRAE 1830.

Les données sont disponibles en ligne depuis fin avril 2022 :

http://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrpt/TC21-45_Dataset/tc21-45_Dataset.zip

En 2.6.1, il manque l'avis de l'ANSES sur la comparaison des données publiées bleed Vs non bleed, comme l'EASA n'a pas conclu sur cette question...

Cela explique probablement le fait que dans la littérature plus ancienne, aucun composé comme des isomères du phosphate de tricrésyle (TCP) n'a été trouvé.

Dans les rapports plus anciens tel ACER et Cranfield, des isomères du TCP sont pourtant détectés. Cette assertion est donc fausse.

Les travaux expérimentaux ont été réalisés à l'aide des deux marques d'huile les plus souvent utilisées : l'une pour les vols bi-couloirs ou long-courriers et l'autre pour les vols monocouloirs ou court-courriers (dont, dans ce cas, des huiles parfois déjà utilisées en opération).

En 2023, la réalité est tout autre. Est-ce nécessaire de rapporter des éléments qui ne reflètent plus la réalité ?

Page 44

les navigants de l'armée n'ont pas été écartés des requêtes bibliographiques dans l'hypothèse où des données sur cette population seraient applicables aux navigants civils. Il n'a pas été identifié de telles données.

Exemples de problèmes documentés dans l'armée

Montgomery, M.R., Wier, G.T., Zieve, F.J. and Anders, M.W. (1977) Human Intoxication Following Inhalation Exposure to Synthetic Jet Lubricating Oil. J. Toxicol. Clin. Toxicol. 11: 423-426.

United States Air Force Scientific Advisory Board

Report on Aircraft Oxygen Generation

SAB-TR-11-04 1 February 2012

https://www.airandspaceforces.com/PDF/DocumentFile/Documents/2012/AFSAB_Oxygen_020112.pdf

Page 92 du rapport:

9.1.5 Assessment of C-2, Contamination caused by Organophosphates

*Scenario: Organophosphates are chemically stable molecules – which is why they are used as engine oil additives. **The C-2 scenario involves jet engine oil leaking into the Pilot's Breathing Gas System.** Other components in the engine oil are chemically converted, primarily to carbon dioxide and water. **The organophosphates persist, migrate through the breathing gas system, accumulate in the OBOGS, and are suddenly released in relatively large concentrations when pressure/temperature/humidity conditions of the OBOGS change.***

Available evidence: In a very limited discovery analysis conducted by the NESC team, organophosphates were found on pilot's masks, and on three OBOGS inlet filters. Organophosphates were not found on pristine (not been worn) masks, suggesting that the source of organophosphates were from the breathing gas and not from mask manufacturing. There is a credible source of organophosphates – in the engine oil, and maintenance records report that some engines use more oil than others. Analyses are not quantitative, but concentration of organophosphates in the OBOGS inlet filter is 10 to 100 times higher than concentration of organophosphates found on the mask.

Page 21 du document suivant de 1972 ! :

<https://www.safety.af.mil/Portals/71/documents/Magazines/FSM/1970s/197205%20-%20AerospaceSafety.pdf>

Page 55

*Pour identifier ces cas et évènements d'intérêt, une recherche par mots-clés a été réalisée à partir du champ « commentaire » des dossiers médicaux. Cette recherche a porté sur les mots clés suivants : **cabine, aérottoxique/aerotoxique, pilote, stewart/steward, hôtesse/hotesse.***

Les mots clés excluent de facto les passagers, qui étaient pourtant dans le contrat d'expertise
« Toutefois, les passagers seront inclus dans la recherche bibliographique » De plus, les mots clés "avion", "air" et "odeur" avaient toute leur pertinence.

« (exemple : déclenchement accidentel d'extincteur à incendie). » Est-ce pertinent d'exclure ce genre d'évènement, sachant que la plupart des extincteurs à bord utilisent du Halon :

En fonction des générations d'extincteurs, 2 types de halons sont utilisés :

Fiche Tox 165 INRS:

« Toxicité sur l'Homme

L'exposition aiguë par inhalation est responsable de troubles neuropsychiques, parfois sévères à des concentrations élevées. Des troubles du rythme cardiaque ont été rapportés dans un cas. »

Fiche Tox 163 INRS

« Toxicité sur l'Homme

Lors d'une exposition aiguë par inhalation, des troubles neuropsychiques et irritatifs sont observés, s'aggravant avec la concentration. Des anomalies cardiovasculaires (troubles du rythme cardiaque) ont été rapportées pour des concentrations plus importantes. »

Il s'agit bien d'une conséquence sanitaire de la pollution de l'air dans les avions de ligne, objet de la présente saisine

Page 56

hormis le fait que ces situations étaient majoritairement rapportées par le personnel navigant

Comment en être autrement, considérant les mots clés choisis, excluant de facto les passagers !?

Page 58

Les requêtes ont été complétées à l'issue de l'étape d'éligibilité. Lors de cette étape une analyse des données disponibles dans les revues par maladie a été conduite ce qui a permis d'identifier les maladies pour lesquelles il y avait peu de données

???

Page 70

Cependant, cela n'aurait peut-être pas été le cas pour les avions de ligne opérant au siècle dernier, lorsque les niveaux d'UVA sur les ponts d'envol des compagnies aériennes auraient pu augmenter.

???

*L'autre explication des risques accrus de mélanome et de cancer épidermoïde chez les pilotes et le personnel de cabine est **l'exposition récréative aux rayons UV solaires pendant les activités récréatives,***

Page 73

Au total, si les premières méta-analyses ont mis en évidence une incidence plus importante des cancers du sein chez les femmes PNC, les dernières études récentes indiquent l'existence de facteurs de confusion, en particulier l'exposition au tabagisme passif avant l'interdiction de fumer à bord et la parité en fonction de l'âge au moment des enquêtes.

Phrase confondant dernières études et facteurs de confusions.

Les dernières études montrent également une incidence plus importante du cancer du sein chez les femmes PNC. Les facteurs de confusions sont le propre d'une étude épidémiologique.

Page 78

*En conclusion, le faible nombre d'études ne permet de conclure sur le lien éventuel entre les métiers de navigants et les **tumeurs cérébrales** mais une **attention particulière devra être portée sur la possibilité que les expositions aux CEM** puissent expliquer une incidence augmentée des tumeurs du cerveau.*

Alors que dans les cahiers de la recherche de l'ANSES Cancer et environnement
Comprendre où en est la recherche de NOVEMBRE 2014 :

*« Toutefois, certains **cancers** (ex. hémopathies malignes, peau, prostate, **cerveau**...) seraient **en excès**. Des études récentes suggèrent un rôle des expositions professionnelles dans cet excès de risque – **les pesticides représentant une hypothèse privilégiée**. »*

Quelle hypothèse scientifique permet d'écarter l'exposition aux agents (produits chimiques) dans le contexte de la saisine ?

*Les **publications** réalisées chez les pilotes d'avion de lignes commerciales et les personnels navigants commerciaux, **confirment une incidence plus basse** de certains cancers que dans la population générale, en particulier pour ce qui concerne les cancers broncho-pulmonaires, ceux de la vessie, du rein, du colon, du **cerveau***

Alors que quelques paragraphes précédents, dans 2 études citées sur 3 montrent le contraire (celle qui ne le montre pas concerne des militaires) !

4.3.1.2.8 Cancers du cerveau

*Ballard et al. (2000) a retrouvé dans sa méta-analyse une **incidence augmentée des tumeurs malignes cérébrales** chez les pilotes masculins, même après ajustement sur le SSE et correction pour tenir compte de l'hétérogénéité entre les études. Le risque attribuable à la profession de pilote était de 31 % pour la mortalité et de 43 % pour l'incidence.*

*Cette hétérogénéité se retrouve également dans la publication de Haldorsen, Reitan et Tveten (2000) chez les pilotes norvégiens : son étude avec **9 cas, contre les 8,0 attendus**, représente un résultat intermédiaire entre **7 versus 4,57** dans l'étude réalisée auparavant chez les pilotes d'Air Canada et **13 versus 18,3** dans l'étude de l'US Air Force.*

Page 80

L'augmentation du risque de thrombose veineuse notamment est évoquée depuis les années 50 mais aucune donnée n'est à ce jour venue étayer une association spécifique aux voyages en avion.

Pourtant cette publication renvoie à quelques références sur le sujet... :

Accidents thromboemboliques et voyages aériens

<https://www.elsevier.com/fr-fr/connect/arv/accidents-thromboemboliques-et-voyages-aeriens>

Et une discussion sur l'augmentation de la viscosité sanguine avec l'altitude ?

Prediction of Blood Viscosity Based on Usual Hematological Parameters in a Clinically Healthy Population Living in a High-Altitude City

Charles Huamani et Al.

<https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/ham.2021.0165>

Page 84

4.3.4 Reproduction féminine

...

Quatre études de morbidité chez les PNC (Grajewski et al. 2015; Heidecker et al. 2017; Radowicka, Pietrzak et Wielgo. 2013, 2021) ont été identifiées dans la littérature, ainsi que deux revues (Magann et al. 2010; Copeland et al. 2011).

Les études suivantes n'ont pas été considérées :

An Epidemiological Study of Reproductive Health in Female Civil Aviation Employees
Yue Yang et Al.

Estimating the health consequences of flight attendant work: comparing flight attendant health to the general population in a cross-sectional study
Eileen McNeely

*En conclusion, le risque d'avortement spontané semblerait significatif chez les PNC d'après les résultats rapportés dans certaines études, **cependant d'autres études observent des résultats contradictoires.***

Quelles études montrent que le risque d'avortement spontané est moins significatif chez les PNC ?!...
Aucune dans ce sens n'étant citée.

*En 2015, Grajewski et al., dans une étude de cas (questionnaire) comparant 673 femmes PNC et 91 institutrices, n'ont pas relevé d'augmentation du risque de fausses couches (Grajewski et al. 2015). Les fausses couches chez les PNC (**non significativement supérieures** à la population de référence) seraient associées au travail durant les heures de sommeil, et à un travail physiquement exigeant, et pourraient être liées à l'exposition au rayonnement cosmique*

4.3.5 Troubles musculo-squelettiques

7% des cas au RNV3P

Le syndrome du canal carpien est classé dans les TMS. Dans l'étude suivante :

IRSET Institut de Recherche en Santé Environnement et Travail/ Santé Publique France
Syndrome du canal carpien dans le secteur agricole : est-ce uniquement lié à l'exposition biomécanique?
Julie Bodin et Al.
<https://univ-angers.hal.science/hal-02477994/document>

on peut lire :

La prévalence du SCC était plus élevée chez les co exposés aux agents chimiques neurotoxiques et aux contraintes biomécaniques

Il aurait été intéressant d'avoir un avis de l'ANSES sur la problématique de la co-exposition avec des agents, dans le contexte des TMS !

*Concernant les **cancers** de la prostate et **du sein**, maladies cancéreuses retrouvées chez les personnels navigants et identifiées dans la littérature, **il est plus difficile de conclure sur une augmentation du risque en raison le plus souvent d'un manque d'études disponibles et de facteurs de confusion potentiels.***

Pourtant toutes les études citées dans ce rapport montrent soit une incidence légèrement augmentée, soit en excès...

En 2010, Chris Winder dans son mémoire de Santé publique consacré au « Syndrome Aérotoxique » (C. Winder 2010) a rapporté également que la proposition du terme « Syndrome aérotoxique » par Balouet et lui-même était un moyen d'attirer l'attention des pouvoirs publics et du monde de l'industrie aéronautique. Il reconnaissait cependant que cette dénomination pouvait être source de controverses : "L'existence ou non du syndrome aérotoxique en tant que condition réelle reste discutable. Le terme polarise certainement l'opinion et cela peut ne pas être utile pour les personnes qui cherchent de l'aide. Au mieux, l'affection peut être considérée comme une forme de sensibilité chimique multiple associée à des émanations de fumées lors du travail dans l'industrie aéronautique".

La phrase est sortie de son contexte + mauvaise traduction de "fumes..."

Texte original :

In 1999, an initial analysis of seven case studies from flight crew and flight attendants in four airlines operating in four countries and in three airplane models, noted that the reported symptoms had a degree of consistency. At the time, these symptoms were given the descriptive name "Aerotoxic syndrome".

*The initial study of seven cases was followed up by a second study in 2001, of fifty pilots and flight attendants. A range of general, neurological, neuropsychological, respiratory, gastrointestinal, reproductive and irritancy symptoms were reported. **There was sufficient commonality in reported symptoms to conclude a symptom basis for Aerotoxic syndrome. This is further supported by application of the Bradford Hill criteria for causation to the effects reported in this survey, and by later studies published in the literature.** Whether or not Aerotoxic syndrome exists as a real condition remains controversial. The term certainly polarises opinion and this may not be helpful for those affected individuals seeking assistance. At best, the condition can be considered a form of Multiple Chemical Sensitivity (MCS) associated with fume events when exposed by working in the aviation industry.*

Page 97

A l'origine, deux auteurs ont proposé de nommer ce « syndrome aérotoxique », listant de nombreux symptômes sans critère précis et sur la base principalement d'études de cas cliniques de faible valeur scientifique, publiés parfois dans des journaux dont la société éditrice rentre dans les critères de revues prédatrices Beall11 en 2016, aux conditions de publication très permissives.

A noter, les mêmes critiques peuvent également être formulées à l'égard des publications plus récentes s'intéressant au syndrome aérotoxique (Michaelis, Burdon et Howard 2017; C. Howard, Michaelis et Watterson 2017; CV Howard et al. 2018; Roig et al. 2021).

Il est aussi à noter que 25 ans plus tard, les autorités en charge de la santé des citoyens et des salariés n'ont toujours pas publié de critère précis, ni de protocole à suivre après un fume event, ni de critère d'évaluation de la santé des personnes exposées, ni d'un suivi, ni de dénomination officielle pour suivre les cas... malgré les différentes alertes.

*Les auteurs du rapport AVOIL, projet de l'EASA décrit dans le chapitre 2.6.2, notent que les symptômes rapportés sont nombreux et variés, et **comme seule une partie des personnes exposées en développe**, cela rend difficile leur classification dans un groupe spécifique de maladie ou de syndrome (EASA 2017a). Les auteurs indiquent qu'il est donc extrêmement difficile, voire impossible, d'établir un lien de causalité entre la qualité de l'air de la cabine et les symptômes auto-déclarés qui ressortent des différents examens et questionnaires de santé.*

Dans ce même rapport d'autres informations pertinentes ne sont pourtant pas citées, elles auraient pu apporter des explications essentielles sur le fait que les équipages sont généralement plus affectés que les passagers :

*The current data indicate that neuroactive pyrolysis products are present, but that their concentration in the presence of **an intact lung barrier** is too low to be of major concern for neuronal function.*

La discussion du groupe de travail aurait pu porter sur la notion de barrière pulmonaire intacte, dans un contexte d'exposition à de multiples agents qui affectent le système respiratoire ou encore la notion de durée d'exposition. (i.e. enchainement de plusieurs jours d'activité à bord des avions pouvant expliquer pourquoi après un fume event, les équipages sont généralement plus affectés que les passagers...

Page 100

*En 1998, Van Netten a documenté sur une période de 4 mois les troubles ressentis par l'équipage, et les résultats de campagnes de mesure de la qualité de l'air des cabines en vol et dans des conditions expérimentales testant une fuite d'huile. Il est rapporté, d'une part les symptômes et le nombre d'individus, et d'autre part les composés présents dans la cabine et le cockpit constatant que les composés de la famille des **crésyl phosphates présents dans les huiles moteurs n'ont pas été détectés dans l'air des cabines d'avions** (Van Netten 1998).*

Texte original

*Tricresyl phosphates, known to be neurotoxic, **were identified in bulk oil samples, but could not be demonstrated in the cabin air.** Air quality measurements in a problem aircraft tested on the tarmac indicated **carbon monoxide at 3 ppm and carbon dioxide at 900 ppm.**”*

Pour un toxicologue, est-il important de savoir qu'un agent n'a pas été retrouvé, ou qu'un autre est bien présent lors de fume events ? Est-ce objectif de retirer l'information sur le monoxyde de carbone, gaz inodore, incolore et mortel, de plus, sachant que sa toxicité augmente avec l'altitude !?

Les résultats montrent que des produits neuroactifs sont présents dans les produits de pyrolyse, mais leur concentration en présence d'une barrière pulmonaire intacte est trop faible pour affecter la fonction neuronale. Les effets apparaissent transitoires et l'activité neuronale est comparable au contrôle après 24 heures d'exposition. Cependant, une exposition prolongée peut aggraver leur potentielle toxicité, ce qui nécessite des recherches supplémentaires.

Dans cette traduction, il manque une phrase primordiale qui pourraient expliquer pourquoi les équipages sont généralement beaucoup plus affectés que les passagers:

“However, when exposure continued up to 48h neuronal activity was markedly decreased by the majority of TCP isomers and mixtures.”

Texte original: AVOIL page 109

*This is in line with recent MEA data showing that neuronal function of primary cultured rat cortical cultures following acute (30 min) exposure to different TCP isomers or commercial mixtures of TCPs is not or only limitedly affected (Duarte et al., 2016). Similarly, the effects of TCPs appeared to be transient and virtually absent following 24h exposure. **However, when exposure continued up to 48h neuronal activity was markedly decreased by the majority of TCP isomers and mixtures.** It is therefore possible that effects of pyrolysis products develop only following more prolonged (i.e. 48h and longer). In line with this notion, the effects of TCPs on (glutamatergic) calcium signalling and neurite microstructure (Hausherr et al., 2014, Hausherr et al., 2016) were also observed following more prolonged exposure (1-6 days).*

Il n'existe donc actuellement pas d'étude permettant de démontrer une neurotoxicité des produits de pyrolyses des huiles de moteur d'avion.

Et donc les publications suivantes ne conviennent pas ?

- AVOIL
- THE TOXICITY OF COMMERCIAL JET OILS
Chris Winder and Jean-Christophe Balouet

...

*Les résultats montrent que des produits neuroactifs sont présents dans les produits de pyrolyse, mais leur concentration **en présence d'une barrière pulmonaire intacte** est trop faible pour affecter la fonction neuronale.*

Avis de l'ANSES sur **une barrière pulmonaire intacte** en présence par exemple d'ozone?

Fiche Tox 43 INRS⁸

Toxicité sur l'Homme

L'ozone provoque des lésions irritantes des muqueuses respiratoires (bronchopathies, emphysème, fibrose)...

Extrait page 135:

À haute altitude, notamment aux latitudes élevées, les concentrations d'O₃ dans l'air extérieur peuvent être suffisamment élevées pour que l'introduction d'air dans la cabine entraîne des concentrations en O₃ qui dépassent les valeurs préconisées par l'EASA et la FAA...

Page 101

4.4.3.2 Crétyl esters de phosphates

...

*Ces composés sont réputés d'une très **faible toxicité**, excepté pour l'isomère ortho de la famille des phosphates de tricrésyle (TCP)*

...

*Le ToCP est **10 fois plus toxique** que les isomères méta et para...*

Ce qui signifie que les isomères méta et para non pas une faible toxicité comme indiqué ?...

*Des échantillons de sang prélevés chez des passagers ont **montré un taux faible inférieur à 3% de la butyrylcholinestérase** plasmatique, et aucune inhibition d'activité significative, donc très loin des niveaux de modification pouvant entraîner des symptômes (Liyasova et al. 2011).*

??? Traduction ? est-ce un abaissement de 3% ?

Page 102

... à mettre en perspective avec un scénario du pire donnant une exposition de 5 µg/j pour un pilote (10h de vol), soit une exposition 1800 fois inférieure à la dose sans effets secondaires (de Boer et al. 2015).

Il aurait été intéressant de noter que la voie de contamination choisie dans cette étude est l'ingestion, et non l'inhalation et encore moins la voie cutanée. Donnée qui peut apporter des résultats largement différents.

⁸ Base de données FICHES TOXICOLOGIQUES

www.inrs.fr/fichetox Ozone - Fiche toxicologique n°43

Les troubles invalidants rapportés sont en très grande majorité, **pour ne pas dire en totalité**, d'ordre neuropsychologique ;

Ne correspond pas aux tableau 12 et 13 présentés.

Page 103

Abou-Donia, Van de Goot et Mulder (2014)...

...

Le pilote n'a pas expérimenté de fume event durant sa carrière, mais a senti des odeurs désagréables à plusieurs reprises. La relation cause-effet n'est cependant pas prouvée

Et pourtant dans l'étude correspondante :

<https://www.boerenlandvogels.nl/sites/default/files/autoantibody%20markers%20westgate.pdf>

“Just before death the abstinent subject attributed his symptoms to repeated exposure to engine oil fumes during the course of his employment as a commercial airline pilot.”

Page 105

Cette même méthode, avec une limite de détection rapportée de 0,1% de butyrylcholinestérase modifiée extraite de 0,5 mL de plasma, a montré l'absence d'adduits chez des pilotes d'avions de chasse F16 en bonne santé (Tacal et Schopfer 2014).

Hors sujet - Rappel du sujet de la saisine:

« **Conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de ligne** »

Page 108

*Le terme « aérototoxique » est inadéquat en l'état actuel des connaissances, car il n'a pas pu être mis en évidence de lien de causalité avec **un polluant de l'air donné**.*

Qu'est-ce qui permet d'affirmer qu'**un** seul polluant serait en cause, dans un mélange de produits chimiques ?

ANSES - CAHIERS DE LA RECHERCHE

Santé, Environnement, Travail

Les contaminants chimiques seuls ou en mélange Comprendre où en est la recherche JANVIER 2021

Édition scientifique

Les contaminants chimiques seuls et en mélange

Chaque jour, nous sommes exposés simultanément à de multiples substances chimiques différentes. Existe-t-il des interactions entre ces différentes substances ? Quels sont les effets lorsque l'on est exposé à plusieurs de ces substances en même temps ? Quels sont les effets potentiels de ces mélanges sur l'Homme et son environnement ?... Théoriquement, il est possible que certains effets imprévus deviennent observables. Ainsi, certaines de ces substances, comme les perturbateurs endocriniens, sont suspectées d'interagir ensemble ; c'est ce que l'on appelle l'effet « cocktail ».

Combinées, même à faible dose, certaines substances semblent capables d'agir en synergie sur nos cellules et provoquer des effets qu'elles ne peuvent produire seules. D'autres voient leurs effets nocifs se renforcer, s'amplifier...

Une liste incomplète de produits est transmise dans le rapport en annexe 16. L'approche toxicologique d'un tel mélange n'est même pas discutée.

*De plus, la voie respiratoire, même si elle doit être privilégiée, ne doit pas écarter la possibilité d'autres voies d'exposition ; par contact avec le derme ou par ingestion, **les polluants pouvant se déposer sur les surfaces.***

Cette phrase laisse à supposer que la voie d'exposition cutanée nécessite un contact direct. Ce n'est pas le cas. Cela est rappelé dans la publication de l'INRS "Hygiène & sécurité au travail N°239 de décembre 2022, intitulé " Exposition cutanée et passage percutané : de quoi parle-t-on ? " <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=DC%2035>

Page 6 : *On distingue ainsi deux types de contamination cutanée : le contact direct entre la peau et une substance suite à une projection, ou lors de l'immersion d'une partie du corps(...), et plus fréquemment le contact indirect. **Il peut s'agir du dépôt sur la peau de contaminants en suspension dans l'air (vapeurs, poussières, fumées et brouillards)** ou du contact avec les surfaces contaminées...*

La mesure sanguine de l'activité des cholinestérases dans les cas d'intoxications aiguës par les organophosphorés manque de sensibilité, dans le cas d'une exposition à de faibles doses et manque également de détermination d'une valeur basale.

La notion **de faibles doses** est inappropriée ou doit être nuancée sans avoir de données mesurées de la contamination, en particulier lors de fume events.

La valeur de référence peut être établie en suivant les recommandations réglementaires.

Page 114

Concernant la qualité de l'air des cabines/cockpit d'avions, l'EASA et la FAA ont fixé des valeurs limites pour différents paramètres de la qualité de l'air, dont trois composés chimiques : l'ozone (O3), le monoxyde de carbone (CO) et le dioxyde de carbone (CO2). Des conditions de pression sont également définies (Tableau 14).

Il aurait été intéressant de discuter ces valeurs au regard des VLEP et des connaissances de l'ANSES. Exemple le Monoxyde de carbone : valeur de certification des avions : 50 ppmv, VLEP (8h) : 20 ppm Sachant que sa toxicité augmente avec l'altitude...

Page 116

*L'objectif du groupe de conditionnement d'air est d'amener **l'air purifié** à une température et une pression appropriées pour maintenir les conditions souhaitées dans la cabine.*

Le terme "air purifié" est inapproprié et apporte de la confusion. A ce niveau, l'air n'est pas filtré.

C'est une source alternative d'alimentation électrique et également de bleed air.

Mais contrairement à l'ECS, il ne sert pas à propulser l'avion (génération de poussée20).

L'ECS ne sert pas à propulser l'avion...

Page 117

*Il n'existe pas **systématiquement** d'unité de filtration pour éliminer les particules ou les composés organiques volatils (COV) du bleed air avant qu'il ne pénètre dans la cabine.*

Aucun avion utilisé en Europe ne dispose de système de filtration du bleed air. Cette affirmation apporte une fois de plus de fausses informations au lecteur, et tend négliger la problématique et remet en cause la crédibilité du rapport et donc l'avis.

A contrario, promotion des filtres HEPA à dessein:

Toutefois, la plupart des avions sont équipés de systèmes de filtres de particules à haute efficacité (HEPA) utilisés pour filtrer l'air de recirculation (environ 40 à 60 % d'air recyclé), permettant de retenir jusqu'à 99,95% des particules de diamètre supérieur à 0,3 micromètres.

Il aurait été intéressant de préciser ce qu'il advient des particules inférieures à **0,3 micromètres, soit moins de 300 nanomètres...**

The Nature of Particulates in Aircraft Bleed Air Resulting from Oil Contamination
Byron W. Jones, PhD, PE

*The measurements showed that oil contamination in the compressor will result in a fog of very fine droplets in the bleed air under most operating conditions. **Typically these droplets are in the 10-150 nanometer range. With very low contamination rates, it appears that many of the droplets may be even smaller than 10 nanometers.** This research shows that development of sensors for detecting oil contamination in aircraft bleed air should focus on ultrafine particle detection and sensing of low contamination levels may require sensitivity to extreme ultrafine particles 10 nanometers and smaller.*

Page 122

La FAA ne propose pas de définition pour un « fume event », mais a publié une alerte de sécurité pour les exploitants c'est-à-dire une procédure de traitement des odeurs, de la fumée et/ou des émanations en vol (Odors, Smoke and/or Fumes in Flight) pour mieux identifier certaines odeurs/émanations (odor/fumes) (FAA 2020)

SAFO

*« Inflight odor, smoke and/or fume events can occur **without overt visual and/or olfactory cues** »*

Ce qui peut se traduire par : Des événements d'odeur, d'émanations et/ou de fumées en vol **peuvent survenir sans signaux visuels et/ou olfactifs apparents**

Cette alerte inclut donc les contaminations par des agents non visibles et sans odeur, tel le monoxyde de carbone. Et remet de fait en cause la détection uniquement par l'odorat.

Page 123

Dans INFO SÉCURITÉ DGAC N° 2020/05

Enfin, le caractère toxique de certaines substances conduit à prendre en compte dans la prévention de tels événements le risque de l'incapacité partielle ou totale d'une partie de l'équipage à assurer la conduite du vol.

La substance de cette note est résumée dans cette phrase. Pourquoi de ne pas l'avoir reporté ?...

L'expression « événement de contamination de l'air en cabine (événement CAC) » est considérée plus adaptée par le groupe de travail afin de désigner tout événement modifiant la qualité de l'air de la cabine peu importe la source à l'origine de cet événement ; ce type d'événement étant détecté soit via l'apparition d'odeurs inhabituelles ou de fumées, soit par des mesures.

Quid des composés qui n'ont pas d'odeur et ne sont pas visible ? exemple, le monoxyde de carbone

Événement CAC ne fait pas partie du champ lexical juridique aéronautique.

Page 124

*Lors de son audition, le service médical d'Air France a rapporté une fréquence des fume events déclarés comprise entre **120 et 140 par an** depuis 2018 (sauf années Covid), pour entre 1000 et 1300 vols par jour sous la bannière Air France (ce qui correspond à 3 évènements pour 10000 vols). Quatre-vingt-huit pourcents des évènements rapportés étaient des odeurs, 8% des fumées, 3% des feux et 2% d'autres types d'évènements. Les odeurs les plus fréquemment rapportées sont les odeurs de chaussettes mouillées et de plastique chaud.*

Comment vous est-il possible de citer une source qui par définition n'est pas neutre dans ce dossier, sans à minima croiser les informations ?

Il aurait été pertinent d'interroger aussi le service sécurité des vols pour croiser les informations transmises par le service médical.

Page 125

*L'analyse des vapeurs d'huile a révélé que les quatre isomères du TCP (**tri(o,o,o)**, tri(m,m,p), tri(m,p,p) et tri(p,p,p)) **ont été détectés dans toutes les vapeurs d'huile** dans la même composition que celle des huiles originales. **Le phosphate de tri(o,o,o) crésyle n'a pas été détecté dans les vapeurs d'huile.***

Tout et son contraire...

Il aurait été intéressant de noter que l'étude AVOIL de l'EASA ne mentionne pas les isomères les plus toxiques du TCP (mono et diortho cresylphosphate)... Ce qu'on est en droit d'attendre pour une étude sur ce sujet !

Page 130

*Parmi les composés mesurés, **la présence de TBP est probablement due aux conditions expérimentales elles-mêmes** (modifications des systèmes hydrauliques sur l'avion test).*

Page 14 du rapport FACTS

*The highest concentrations of TBP were measured **during descent and landing, for both the baseline flight and the test flight**. In all OPC measurements, TBP covered at least 51% and at most 90% of the total measured sum concentration of OPCs.*

Page 143 du rapport FACTS

*...while **TBP is known to be a substance used in hydraulic fluids**. This would also explain the greater occurrence in the cabin and cockpit, due to emissions from local sources (hydraulic leakages, contaminated gear pins, contaminated clothing of mechanics).*

*Les méthodes en temps réel basées sur la spectrométrie de mobilité ionique ont permis, dans les conditions des essais, de détecter les évènements CAC provoqués, **cependant ces méthodes ne permettent pas d'identifier les composés générés lors de ces évènements.***

Alors que dans le rapport FACTS page 14 :

*The online measurement using the PTR-MS (Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry) directly at the fresh-air supply ducting to the cockpit indicates that the mass-to-charge ratio curves recorded exhibited a high peak correlating to the contamination event. **Corresponding substances identified from the offline sampling were used for substance identification.***

Pages 131-132

5.4.5.3 Désinsectisation

Il manque des informations importantes concernant l'effet synergique (effet cocktail / potentiation) entre les produits utilisés pour la désinsectisation et les produits issus de l'huile moteur.

Analysis and implications of aircraft disinsectants

C.van Netten

*“The **known synergistic effects** between organophosphates and pyrethrins, based on carboxyesterases inhibition, can be expected in the presence of Tricresylphosphates (TCPs), constituents found in jet engine oils and in some hydraulic fluids”*

Page 141

Dans le tableau manque la valeur maximale >500 000 pour la ligne associée à :

Crump, Harrison et Walton

2011a, 2011b

Pourtant reporté sur la même page...

...avec des valeurs maximales dépassant la portée de l'instrument, à savoir 5.10^5 particules/cm³.

*Crump, Harrison et Walton, ont mesuré en 2011 des concentrations de particules « ultrafines » en nombre au cours de 100 vols **pendant lesquels aucun événement de contamination de l'air de la cabine ne s'est produit.***

Pourtant dans le rapport original page 38, on peut lire par exemple :

***Figure 3 is an example of a flight with a reported air quality event**, described in this instance as an oily odour during engine start. In this case the highest particle count occurred in the immediate phase and before engine start which was at 13:48 h.*

Page 145

*Toutefois, du fait des méthodes utilisées, les particules mesurées ne correspondent pas toujours uniquement à des PUF, mais englobent des particules de tailles pouvant aller **jusqu'à 25 µm.***

Les études citées traitent des PUF, soit inférieur à 0,1µm. Même si les instruments peuvent détecter de plus grosses particules...

Des concentrations en nombre de particules plus importantes sont rencontrées lors de la traversée de nuages ou lors de turbulences.

Il manque des informations essentielles pourtant reportées dans le rapport de Crump, Harrison et Walton, de 2011 :

Page 38

*Figure 3 is an example of a flight with a reported air quality event, described in this instance as an oily odour **during engine start.** In this case the highest particle count occurred in the immediate phase and before engine start which was at 13:48 h.*

Ou encore

Ultrafine particle levels measured on board short-haul commercial passenger jet aircraft

Susan Michaelis et Al.

*Results: UFP concentrations showed maximum concentrations ranging from 31,300 to 97,800 particles/cm³ when APU was selected on as a source of air on the ground and with engine bleed air and the air conditioning packs selected on during the climb. In 2 of the 4 flights the peaks were associated with an engine oil smell. **Increases in UFP particle concentrations occurred with changes in engine/APU power and air supply configuration changes***

D'autre part, le rapport suivant n'est pas cité :

The Nature of Particulates in Aircraft Bleed Air Resulting from Oil Contamination
Byron W. Jones, PhD, PE

The measurements showed that oil contamination in the compressor will result in a fog of very fine droplets in the bleed air under most operating conditions. Typically these droplets are in the 10-150 nanometer range. With very low contamination rates, it appears that many of the droplets may be even smaller than 10 nanometers. This research shows that development of sensors for detecting oil contamination in aircraft bleed air should focus on ultrafine particle detection and sensing of low contamination levels may require sensitivity to extreme ultrafine particles 10 nanometers and smaller.

A mettre en perspective avec les conclusions du rapport...

Page 145

5.4.5.3 Désinsectisation
5.5.1.7 Biocides / désinsectisation

Pourquoi 2 chapitres, un mentionnant de multiples mesures et études et l'autre mentionnant qu'il y a peu d'études... ?

Page 149

(50 $\mu\text{g m}^{-3}$ sur les revêtements de sol (tapis) et 20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour les autres surfaces de la cabine)

On parle de surface ou de volume ?!

Page 151

Comparées à celles mesurées depuis une trentaine d'années, elles sont toutefois en décroissance légère mais constante, ce qui tend à prouver que le taux de renouvellement d'air augmente et que la qualité de l'air en cabine s'améliore.

Manque la traduction du mot "potentially" qui vient une fois encore déformer l'esprit du rapport initial.
*This suggested a slightly increased ventilation rate and **potentially** superior air quality on board.*

Page 150

Globalement, les concentrations moyennes en CO2 sont comprises entre 1000 ppm et 2000 ppm. Une concentration maximale, supérieure aux 5000 ppm établis pour la qualité de l'air dans les avions (Cf. partie 5.3), n'a que très rarement été mesurée.

Il aurait été intéressant de comparer et de donner un avis, en utilisant les connaissances du rapport suivant :

Concentrations de CO2 dans l'air intérieur et effets sur la santé
Avis de l'Anses
Rapport d'expertise collective

Le titre III des Règlements sanitaires départementaux (RSD) fixe ainsi, pour les bâtiments non résidentiels, un seuil en CO2 de 1000 ppm dans des conditions normales d'occupation, avec une tolérance à 1300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer...

...

Cependant, une étude récente a montré un effet propre du CO2 sur la performance démarrant à environ 0,1% (1000 ppm) par rapport à 0,06% (air extérieur et respiration des sujets) et s'accroissant à 0,25% (Satish et al, 2012).

Page 154

L'hypothèse la plus couramment investiguée d'après la littérature est celle d'une contamination du bleed air par de l'huile moteur ou de fluide hydraulique (surremplissage, fuite, joint défectueux, etc.) ou des sous-produits issus de la combustion ou de la pyrolyse de cette huile moteur ou fluide hydraulique. C'est ce qui a dirigé les recherches d'organophosphates dans l'air en lien avec leur présence dans les huiles moteurs en tant qu'additif. Néanmoins, cette hypothèse n'est pas encore réellement objectivée.

Que faut-il de plus pour objectiver l'hypothèse ? Cette hypothèse est également retenue dans les documents interne de plusieurs compagnies.

En comparant les quantités publiées dans CAQ EASA, de chaque agent chimique sur avion équipé de bleed air Vs Boeing 787, on aurait constaté des quantités moindres sur Boeing 787 pour quasiment tous les composants.

En analysant l'étude suivante, on aurait pu avoir une idée précise de la taille et de la nature des particules... :

The Nature of Particulates in Aircraft Bleed Air Resulting from Oil Contamination
Byron W. Jones, PhD, PE

The measurements showed that oil contamination in the compressor will result in a fog of very fine droplets in the bleed air under most operating conditions. Typically these droplets are in the 10-150 nanometer range. With very low contamination rates, it appears that many of the droplets may be even smaller than 10 nanometers. This research shows that development of sensors for detecting oil contamination in aircraft bleed air should focus on ultrafine particle detection and sensing of low contamination levels may require sensitivity to extreme ultrafine particles 10 nanometers and smaller.

En étudiant les rapports de sécurité des vols, on aurait pu trouver des défaillances contaminant le circuit d'air par de l'huile...

Oil Fumes, Flight Safety, and the NTSB
Judith Anderson and Dieter Scholz

There is enough evidence that pilots can be impaired by inhaling oil fumes to motivate more stringent design, operation, and reporting regulations to protect safety of flight.

Page 154, quasi copier/coller de la page 125 avec même erreur :

Les études expérimentales visant à analyser la composition des huiles/fluides hydrauliques et la composition des produits issus de leur chauffage/pyrolyse mettent en évidence la présence des quatre isomères de TCP ((tri(o,o,o), tri(m,m,p), tri(m,p,p) et tri(p,p,p)) dans toutes les huiles et vapeurs d'huile. Le phosphate de tri(o,o,o) crésyle n'a pas été détecté ni dans les huiles ni dans les vapeurs.

Page 155

La revue de la littérature effectuée n'a pas permis d'identifier d'études permettant de comprendre les processus d'émission des polluants retrouvés dans l'air des cabines ni les transformations physico-chimiques subies par les polluants potentiellement émis dans l'ensemble du système d'alimentation

en air, depuis les parties basse et haute pression des moteurs en passant par le système de contrôle environnemental et les conduits, jusqu'au cockpit/cabine.

*L'expression « fume events » est habituellement utilisée pour désigner des émanations ou odeurs inhabituelles identifiées attribuées à une contamination de l'air de la cabine par des huiles des moteurs. **Considérant que l'origine de ces odeurs attribuées aux huiles moteurs n'est pas établie**, il convient de ne pas restreindre la problématique d'une potentielle contamination de l'air de la cabine à cette notion de « fume events »*

Il suffit pourtant de lire les études citées, fournies, ainsi que les rapports d'incidents publiés par les organismes d'état, les services sécurité des vols des compagnies aériennes ou simplement se questionner sur la "mystérieuse" disparition de milliers de litres d'huiles quotidiennement...

Page 156

Cependant, le groupe de travail a jugé, au regard des données disponibles, qu'il n'était pas pertinent de réaliser une comparaison avec une quelconque valeur limite ni mettre en regard les composés détectés dans les cabines d'avions avec les composés détectés dans d'autres environnements intérieurs ou d'autres moyens de transport, afin de ne pas sur-interpréter les résultats de cette comparaison.

Ou comment ne pas traiter les vraies questions :

- Peut-on utiliser les VLEP françaises dans un milieu hypobare (2400m d'altitude) ? La réponse des anglais est non (documentée dans EH 40). L'avis de l'ANSES ?
- Prise en compte et avis sur la multi exposition (INRS – Mixie).

Compte tenu des conditions environnementales particulières rencontrées dans les avions, la question de l'applicabilité de valeurs de référence aux conditions rencontrées dans les avions se pose et a fait l'objet d'une discussion dans le rapport FACTS de l'EASA (European Commission 2020a).

ET donc l'avis de l'ANSES ?!

Page 157

*La réponse naturelle à une faible disponibilité d'oxygène (hypoxie) consiste à **augmenter la profondeur et la fréquence de la respiration**, ainsi que le rythme cardiaque. ...*

*L'EASA rapporte que l'effet sur le volume d'air inhalé est limité ou que **le volume d'air inhalé est moindre** dans un environnement hypobare.*

Comment le volume d'air inhalé peut être moindre en augmentant la profondeur et la fréquence des respirations ?

L'EASA n'a identifié aucune étude expérimentale qui se concentre sur les différences d'absorption des produits chimiques inhalés à des altitudes plus élevées.

En conclusion, l'EASA rappelle que les propriétés toxiques intrinsèques d'un produit chimique ne sont pas dépendantes de l'environnement, et qu'il n'a pas été prouvé que les conditions hypobares rencontrées dans la cabine de l'avion influencent l'exposition interne aux produits chimiques lorsqu'ils sont exposés à la même concentration externe dans l'air au niveau du sol. Sur cette base, l'EASA a conclu qu'il n'est pas nécessaire d'ajuster les valeurs de référence existantes pour qu'elles soient applicables à l'environnement de la cabine.

Sans aucun avis de l'ANSES sur cette question, alors que dans le rapport d'expertise collective de l'ANSES sur le monoxyde de carbone, on peut lire :

Ceci signifie qu'une pression partielle même très faible de CO au niveau des alvéoles suffit pour saturer pratiquement toute l'hémoglobine par CO au lieu de O2.

La quantité de HbCO absorbée dépend essentiellement de :

...

- *La pression partielle de l'O2 dans l'air (la toxicité du CO va augmenter en altitude).*

La question avait pourtant été soulevée en réunion intermédiaire, soulignant même que les VLEP anglaises ne peuvent pas être utilisées dans ce contexte, à causes des plages de pression réglementaires définie (EH40). Quid des VLEP françaises ? L'avis éclairé de l'ANSES est absent du rapport.

Page 158

...la prise en charge des personnels navigants se disant avoir été exposés à un évènement de contamination de l'air de la cabine.

Le terme "se disant" dénigre la réalité. Si il y a contamination, il y a évidemment exposition. Cette phrase va alors jusqu'à remettre en cause les évènements de contaminations pourtant documentés. Et rappelés dans le chapitre 6.5.1 *Interventions sur les avions*. On peut aussi rappeler la publication du BFU, bureau d'enquêtes et analyses allemand :

Study of Reported Occurrences in Conjunction with Cabin Air Quality in Transport Aircraft

Page 159

Des échanges ont également eu lieu avec les opérateurs et les constructeurs pour réduire les risques de fumées / émanations.

Il manque "poursuites judiciaires concernant les "entre "de "et "fumées"

Accord confidentiel signé entre opérateurs et constructeurs...

http://bleedfree.eu/wp-content/uploads/2016/10/Tabled_documents_13August-highlights.pdf

Page 160

La DGAC a publié une « Info Sécurité » en 2020, sur la prévention des émanations ou des odeurs de fumées dans les cabines d'avions ou le poste de pilotage d'avions.

Il aurait été pertinent de rappeler le contexte de cette info sécurité ; extrait :

*Enfin, le caractère toxique de certaines substances conduit à prendre en compte dans la prévention de tels évènements le **risque de l'incapacité partielle ou totale d'une partie de l'équipage à assurer la conduite du vol.***

Page 165

A noter, la source n'étant pas toujours identifiée, il n'y a pas de données précises sur le nombre de contaminations de l'air de la cabine qui pourraient être dû au système de conditionnement de l'air.

Il y a des données précises sur le nombre de contaminations de l'air, celles rapportées par les équipages et déclarées à l'autorité. En revanche, si une partie est due à une contamination du système de conditionnement, une partie à des origines autres, une large part a une source non déterminée.

Page 167

*La mise en place de filtre anti-COV est proposée au niveau de l'entrée d'air recyclé **dans les packs.***

L'air recyclé n'est pas renvoyé dans les packs. (schéma page 212)

Ce type de dosage n'est pas préconisé dans la seconde, en raison des limites de ce dosage aux faibles niveaux d'exposition, et de la variabilité intra et interindividuelle de l'ordre de 30% qui rendent difficile toute interprétation.

L'interprétation n'est absolument pas difficile, et elle est même définie dans le tableau RG34 des maladies professionnelles. En revanche, elle nécessite l'établissement d'une valeur individuelle de référence décrite par exemple dans les textes de l'INRS

https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox/dosage.html?refINRS=Dosage_237

L'activité cholinérasique de base individuelle sera déterminée avant exposition comme la moyenne de deux dosages, à au moins 3 jours d'intervalle, après une période sans exposition d'au moins 30 jours, selon la même méthode et par le même laboratoire (une différence de moins de 20 % entre les 2 résultats devra être trouvée). Les mesures ultérieures, après exposition, peuvent être exprimées en pourcentage de l'activité enzymatique de base individuelle ou en pourcentage d'inhibition (par exemple, 70 % de l'activité de base individuelle correspond à 30 % d'inhibition de l'activité). Une diminution en dessous de 70 % de l'activité de base pour l'ACHé (60 % pour la BuChE) ou la présence de signes cliniques (quel que soit le niveau d'activité) impose une éviction jusqu'au retour à 80 % de l'activité de base. Le délai du retour à la normale est variable selon les composés (quelques jours, en moyenne 1 % par jour).

Page 168

*Concernant les maladies non cancéreuses, aucune augmentation du risque de maladies cardiovasculaires et respiratoires, de troubles psycho-sociaux et de troubles musculo-squelettiques **ni d'effets sur la reproduction de la femme chez les personnels navigants** n'a été mise en évidence à ce jour.*

Il est dommageable d'évincer par exemple l'étude suivante :

An Epidemiological Study of Reproductive Health in Female Civil Aviation Employees

Yue Yang et Al.

Page 262

Mélange entre CAP et RNV3P

Alors que cette partie concerne le : *Annexe 9. Rapport du Réseau national de vigilance des pathologies professionnelles* , la synthèse proposée en page 262 concerne les CAP centres anti-poisons:

Page 263

Les troubles de santé allégués étaient non spécifiques et sans gravité, ne se rattachant pas à un toxidrome connu.

Un toxidrome peut désigner un type d'effet; par exemple, le « toxidrome d'un agent asphyxiant varie d'effets très graves(convulsions, coma, hypotension, bradycardie et apnée) à des manifestations moins graves (maux de tête, vertiges, fatigue, tachycardie, dyspnée, nausées et vomissements) **ou un type d'agent chimique toxique.**

... ce qui est le cas des PN évacués par les pompiers vers les hôpitaux / intoxication au CO, ou autres agents.

... sans gravité ? Quid des ARRETS MALADIES de plusieurs mois avec Perte de licence temporaire, définitive pour certain.

Pages 289-290

La conclusion ressemble beaucoup à la synthèse...

Page 289, et donc 290

Le syndrome aérotoxique n'est actuellement pas désigné par aucun code/libellé spécifique de la CIM-10 ou propre au RNV3P

Le réseau RNV3P est, entre autres, dédié à la détection et l'émergence de nouvelle pathologie émergente; donc *de facto* une nouvelle pathologie détectée, correspondant aux effets sur la santé d'une population donnée (ex: les PN) exposée à des agents, ne pourra exister, puis être codifiée qu'après étude exhaustives des cas détectés par le GT EMERGENCE. L'extraction proposée par l'ANSES ne correspond pas à cette procédure prévue en tel cas !

Page 291

Inverse de la page 262: alors que cette annexe 10 concerne les CAP, le lexique proposé est celui du RNV3P !

2/Erreurs contractuelles

Page 1 :

Etat des connaissances sur les effets sur la santé liés à la profession de personnels navigants et sur la qualité de l'air dans les cabines d'avion

Le titre n'est pas contractuel ; contrat :

Conséquences sanitaires de la pollution de l'air dans les avions de ligne

Saisine « n° 2019-SA-0075 – Avions »

La référence de saisine ne correspond pas au contrat « 2019-SA-0075 »

Page 2

La citation ne correspond pas au titre de la saisine

Page 11

Manque des chapitres en 4.3

Atteintes du système nerveux⁹

Maladies neurodégénératives¹⁰

Atteintes du système rénal

(en page 89 du rapport , on peut lire :

Une étude plus spécifiquement réalisée chez des pilotes de ligne Néo-Zélandais entre le 2009 et 2010

...

*En revanche, deux maladies ont été plus prévalentes chez les pilotes : le mélanome (19 pour 1000 vs. 0.4 pour 1000 dans la population générale Néo-Zélandaise) et les **affections rénales** (3.3 % vs 0.6 % dans la population générale).*

⁹ TCP (tricresyl phosphate): pilot, aircrew and passenger safety and secondary myalgic encephalomyelitis

Byron M. Hyde

Cognitive impairment and associated loss in brain white microstructure in aircrew members exposed to engine oil fumes

Liesbeth Reneman et Al.

¹⁰ Mortality From Neurodegenerative Diseases in a Cohort of US Flight Attendants

Lynne E. Pinkerton, MD, MPH1 et Al.

Page 22

Manque la partie contractuelle
« Identification de populations sensibles. »

3/Erreurs syntaxiques et grammaticales

Pages 16 et 22

SNPNC-FO : Syndicat national du personnel navigant manque "commercial – Force Ouvrière"

Page 23

"Collectée "manque un "s"

Page 37

CAQ I et CAQ II (EASA 2017b)
le 1^{er} rapport s'appelle CAQ

Page 124

fluides hydraulique.
"S" ?

Page 145

Concernant les mesures de particules, la méthodologie expérimentale et la stratégie instrumentale ne permettent pas de caractériser la phase particulaire en suspension dans l'air des cabine d'avions.

Manque un " S" à cabine

Page 163

Autre observations (tous le incidents)
A remettre en français

4/Erreurs de contexte

Page 33

« **Le service de maintenance d'Air France** a également été auditionné, sur les thématiques suivantes, pour compléter les données :

- Le fonctionnement et la maintenance du système de ventilation des cabines
- Les fume events et le **syndrome aérotoxique** »

Est-ce au service de la maintenance de répondre à une question médicale ?!

Page 34

Il s'agit du projet FACTS (European Commission 2020a) qui a fait l'objet de plusieurs rapports publiés en 2020.

N'y a-t-il pas qu'un rapport ?!

résultant d'une fuite d'huile de moteur ou de l'alimentation d'air (Auxiliaire de puissance - APU - cf. partie 5.4.1)

Techniquement incompréhensible

Erreurs de traduction

Page 32

événements de fumées.
Erreur de traduction

Page 38

*la température dans un compartiment moteur d'avion, où les vapeurs d'huile et les produits de pyrolyse peuvent se former, peut atteindre des températures supérieures à 500°C et que, par conséquent, des **fumées** plus toxiques (contenant du monoxyde de carbone (CO) et du phosphate de triméthylolpropane (TMPP)) peuvent être générées.*

Mauvaise traduction de "fumes..."

Texte original :

*Further, it showed that the temperature in an aircraft engine compartment, where oil vapour and pyrolysis products may be formed, can reach temperatures above 500°C and therefore **more toxic fumes** (containing carbon monoxide (CO) and trimethylolpropane phosphate (TMPP)) may be generated.*

Page 40

*Évaluation de six **fumées** générées avec mini-BACS :*

*Caractérisation du mélange **fumées**/aérosols par la concentration en nombre de particules ...*

*...potentiel neurotoxique des fumées d'huile hydraulique de 4 à 10 fois. Pour les **fumées** d'huile moteur*

Mauvaises traductions du terme anglais "fume"

Page 42

*Provocation d'événements contrôlés et réalistes de contamination par l'huile de l'air de **purge** afin de caractériser de manière approfondie la composition des **fumées***

Mauvaise traduction du terme anglais "fume" et "bleed"