Pollution atmosphérique
ISSN : 2268-3798
Publisher : Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique

219 | 2013
Varia

Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report.

World Health Organization Regional Office for Europe 2013

Bernard Festy

https://www.peren-revues.fr/pollutionatmospherique/2366

DOI : 10.4267/pollution-atmospherique.2366

Electronic reference
Bernard Festy, « Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. », *Pollution atmosphérique* [Online], 219 | 2013, Online since 28 octobre 2013, connection on 25 février 2026. URL : https://www.peren-revues.fr/pollutionatmospherique/2366

Copyright
CC-BY

Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report.

World Health Organization Regional Office for Europe 2013

Bernard Festy

OUTLINE

Un aperçu des réponses données par les experts
- Les effets sanitaires des particules (PM)
- Les effets sanitaires de l'ozone
- PA de proximité des voies de circulation, NO_2, autres polluants et leurs mélanges
- Questions générales

Quelques commentaires du lecteur

TEXT

1 Ce document très imposant, de quelque 300 pages, récemment publié, fait un point scientifique des connaissances acquises sur les effets sanitaires de la Pollution Atmosphérique ambiante (PA) depuis 2005, date de la dernière publication de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS Europe) relative aux Lignes Directrices (LD) pour la qualité de l'air. Cet important travail, qui répond à 24 questions posées par l'OMS et l'Union Européenne (UE), s'est traduit par un rapport qui se présente, dans les grandes lignes, de la manière suivante :

- un résumé extrêmement (trop ?) court, et quelques annexes pour commodité de lecture ;
- une introduction explicative de 5 pages exposant objectif, procédure, sources d'information, méthodologie, reconsidération et révision des LD OMS, extension de ces données aux Valeurs Limites (VL) de l'UE, considérations générales ;
- un chapitre A relatif aux effets sanitaires des particules (*Particulate Matter* (PM)), avec les réponses à 5 questions (p. 6 à 46) ;

un chapitre B consacré à l'ozone (O_3), répondant à 4 questions (p. 47-66) ;

- un chapitre relatif à « la proximité des voies de circulation, NO_2 et autres polluants et leurs mélanges » avec les réponses à 10 questions (p. 67-181) ;
- un chapitre D se rapportant à des questions générales en réponse à 3 questions (p. 182-214) ;
- une liste des références des publications analysées (p. 215-299) ;
- la liste des experts scientifiques invités à participer à ce travail : comité scientifique consultatif (8 personnalités, dont 7 européennes et 1 USA), auteurs experts (29, soit 25 Européens dont 8 UK, et 4 d'Amérique du Nord), experts externes « relecteurs » (33, dont 20 Européens, 12 d'Amérique du Nord et 1 Chinois). Une seule personnalité scientifique française appartient à cet ensemble, Sylvia Medina de l'InVS. Ont en outre participé aux travaux 4 observateurs (2 de l'IASA, 1 du CONCAWE, 1 de l'UE) et le secrétariat de l'OMS Europe (6 personnes).

2 Le conseil scientifique, constitué de 8 scientifiques engagés dans le passé dans des travaux de l'OMS, était représentatif des grandes disciplines impliquées (épidémiologie, toxicologie, sciences de l'atmosphère). Il a guidé et revu les projets successifs et tenu deux réunions en décembre 2011 et juin 2012. La revue de littérature scientifique a été conduite par 29 experts issus de grandes institutions mondiales représentant les secteurs majeurs de la PA. Ils ont travaillé par petits groupes assurant la compilation et l'analyse des publications, préparé des projets de réponse aux questions posées et rédigé les justificatifs détaillés correspondants. Les relecteurs, tout comme les membres du comité scientifique, ont œuvré à l'exhaustivité de la littérature scientifique retenue, à la validité et la clarté des réponses fournies ; les critiques ont été prises en compte par les experts afin d'améliorer le contenu et la forme du bilan réalisé. Beaucoup des échanges ont été menés par voie électronique, des discussions directes ayant eu lieu lors de deux séminaires tenus à Bonn en août 2012 et décembre 2013, date de l'adoption définitive du rapport. L'ensemble des experts a notamment discuté de la qualité méthodologique et du poids scientifique des publications, de la consistance et de la réalité des données générées, en s'appuyant sur des études réalisées dans le monde entier, mettant en jeu différentes populations et fondées sur des

méthodes scientifiques diverses. Le bilan final est le fruit d'un consensus d'experts.

Un aperçu des réponses données par les experts

Les effets sanitaires des particules (PM)

3 Les effets à court terme (CT) et long terme (LT) sur la mortalité (Mt) et la morbidité (Mb) sont confirmés et renforcés mais aussi élargis : effets pulmonaires et cardio-vasculaires, mais aussi prénatals, cognitifs, neuro-développementaux, athérosclérose, diabète. Les liens de causalité et cette diversification des effets sont étayés par des mécanismes biologiques pertinents.

4 Il convient d'envisager des indicateurs PM complémentaires des $PM_{2,5}$ et PM_{10} :

- *Black Carbon* (BC) pour les phénomènes de combustion, dont le trafic routier, indicateur qui n'implique pas une causalité stricte ;
- des composants inorganiques secondaires (SO_4, NO_3) dont l'implication causale est peu probable mais qui constituent des marqueurs « secondaires » des combustions ;
- les PMc ou $PM_{10\text{-}2,5}$ qui ont des effets respiratoires et cardio-vasculaires propres et distincts des $PM_{2,5}$;
- les PM uf ou ultra-fines, peut-être, dont les effets CT et LT restent toutefois à préciser du fait d'expositions hétérogènes et imprécises.

5 Il faut se préoccuper des diverses sources d'émissions : le trafic routier, effluents moteurs bien sûr, mais autres émissions aussi (usure des routes, des pneus et des freins, en particulier) et toutes les combustions, charbon, fuel, biomasses dont le bois.

6 En matière d'exposition, les effets CT et LT sont en grande partie distincts et sans doute de mécanismes différents (?) ; il faut se préoccuper des expositions de très courte durée ayant probablement des effets immédiats. Il n'y a pas d'évidence claire de concentrations seuil pour les effets CT et LT, et la pente des relations concentration-réponse est plus marquée aux concentrations les plus faibles de PM. La quantification épidémiologique des risques (Évaluation d'Impact

Sanitaire (EIS)) peut reposer sur les $PM_{2,5}$, les PM_{10} voire BC ou autres et sur divers évènements sanitaires de Mt et Mb.

7 Dans l'immédiat, il convient d'envisager la révision et l'abaissement des Valeurs Guides (VG) (sur bases 24 h. et annuelle) des $PM_{2,5}$ et PM_{10}, pour le moins.

Les effets sanitaires de l'ozone

8 Des progrès marqués, en épidémiologie et en toxicologie, conduisent aux conclusions suivantes :

- les effets à CT sont confirmés sur la Mt (toutes causes, causes respiratoires et cardio-vasculaires), sur les admissions hospitalières, après ajustement sur les PM_{10} ;
- à LT (cohortes), des liens sont observés avec les Mt respiratoire et cardio-respiratoire, notamment pour des sujets prédisposés par des maladies chroniques (pulmonaires, cardiaques, diabète), avec l'asthme (incidence ou sévérité) et la croissance de la fonction pulmonaire chez les jeunes ;
- ces constats sont renforcés par les approches expérimentales humaine et animale : effets pulmonaires et vasculaires, modifications structurelles chroniques des voies aériennes ;
- des atteintes du développement cognitif et de la santé reproductrice sont probables ;
- des concentrations seuil d'effets ne sont guère évidentes : pas en Mt à LT en approche épidémiologique, peu probable à CT (moins de 90 g /m^3, soit 45 ppb) en études épidémiologiques et en études toxicologiques ;
- l'EIS peut être abordée à CT en privilégiant Mt et admissions hospitalières (toutes causes, causes respiratoires et cardio-vasculaires) et à LT pour les causes respiratoires et cardio-vasculaires ; l'indicateur O_3 est le maximum 8 h journalier. Les fonctions concentration-réponse sont sensiblement linéaires, encore que mal connues aux faibles concentrations de O_3.

PA de proximité des voies de circulation, NO_2, autres polluants et leurs mélanges

9 - Les effluents « moteur » sont une source conséquente de PA urbaine, surtout au voisinage des voies de circulation où les élévations des niveaux de PM sont moins marquées pour les $PM_{2,5}$ que pour d'autres marqueurs tels que PMuf, BC, CO, NOx, HAP… ; les effets résultants ne peuvent donc pas être attribués aux seules PM en masse. Mais rien ne permet de les attribuer clairement à l'un de ces polluants considérés isolément ou en mélange plus ou moins simple. En outre, il ne faut pas négliger les autres émissions « routières », hors effluents « moteur ».

10 - Pour NO_2, l'épidémiologie montre, à CT, des associations avec Mt, admissions hospitalières et symptômes respiratoires et, à LT, avec Mt respiratoire et cardio-vasculaire et Mb pulmonaire chez l'enfant, le tout pour des concentrations de NO_2 proches voire inférieures aux actuelles VL de l'UE. À CT, les associations subsistent après ajustement sur les PM en masse ou BC. Cependant, NO_2 pourrait être le marqueur d'un mélange actif de polluants non pris en compte ; l'approche toxicologique donne néanmoins quelques indications favorables à un rôle causal de NO_2. La démarche d'EIS peut s'appuyer, à CT, sur la moyenne horaire de NO_2 (très corrélée à la moyenne 24 h.) et, à LT, sur la moyenne annuelle. Les évènements sanitaires utilisables sont, à CT, les admissions hospitalières pour causes respiratoires voire la Mt toutes causes, à LT, la symptomatologie bronchitique de l'enfant asthmatique ou la prévalence de l'asthme, ou encore la fonction cardio-respiratoire, avec ajustement, dans tous les cas, sur les effets des PM.

11 - Pour les métaux étudiés, il n'y a guère de nouveautés, sauf pour le plomb dont la nocivité est confirmée et accrue vis-à-vis du système nerveux central de l'enfant et précisée pour le système cardio-vasculaire de l'adulte.

12 - Pas de nouveautés non plus pour les HAP : ce sont des agents génotoxiques potentiellement cancérogènes à LT mais dont on voit néanmoins des effets biologiques à CT sous la forme d'adduits à l'ADN.

13 - Le SO_2 fait l'objet d'un léger renforcement de nocivité à très court terme (10 min.), sans plus.

14 - La notion d'interactions physico-chimiques, mais surtout biologiques, des polluants, réglementés ou non, donne lieu à une discussion assez pessimiste. Si l'on met à part les interactions connues entre PA et température, ou entre PM et allergènes, les résultats sont décevants, essentiellement parce que les approches méthodologiques sont extrêmement difficiles (voire impossibles), tant en épidémiologie qu'en expérimentation humaine ou animale : en raison de difficultés, dans le premier cas, à dissocier des effets spécifiques de polluants par ailleurs modérément à fortement intercorrélés, difficultés, dans le second cas, à reconstituer des mélanges atmosphériques représentatifs. Tout au plus cite-t-on quelques évidences de synergie d'effets entre PMuf et métaux de transition, ou entre PM et COV (Composés Organiques Volatils) adsorbés ou non sur les particules. On n'a pas de données sur l'association NO_2-allergènes et, en général, la réduction d'un seul composant PA (ex. SO_2) ne se traduit pas par une augmentation du risque sanitaire. On a aussi du mal à dissocier les effets des PM et des produits qui leur sont liés par adsorption.

15 - S'agissant des déficiences de connaissances, les experts retiennent les points suivants : pour la plupart des polluants couverts, des insuffisances se manifestent en termes de nocivité et de fonctions concentration-réponse ; il est essentiel de favoriser, en épidémiologie, les approches méta-analytiques afin de diminuer les incertitudes et de mieux quantifier les risques ; il faut améliorer les connaissances sur les sources (notamment la source majeure que constitue le trafic routier, avec ses émissions « moteur » et autres), la composition des émissions, la caractérisation des immissions ; il convient de mieux évaluer les expositions et de mieux caractériser les groupes sensibles au sein des populations. Cependant, en épidémiologie, on est face au handicap des corrélations élevées entre polluants réglementés (ou non), et il est, au fond, critiquable d'évaluer la nocivité des polluants indépendamment les uns des autres. La PA est un mélange complexe qui va largement au-delà de quelques polluants réglementés ; il faudrait revenir à un concept « une atmosphère » , c'est à dire un ensemble de polluants, plutôt que de rechercher à tout prix la responsabilité de composés (ou ensembles de composés) de plus en plus nombreux, considérés isolément les uns des autres. Cette démarche implique donc une autre vision mais aussi des progrès en modélisation.

16 - D'autres composantes de l'exposition atmosphérique sont enfin brièvement évoquées pour leur poids respectif dans le risque sanitaire atmosphérique global. Le tabagisme (TB) (aspects actif et passif) est source de nombreux polluants envisagés dans le cadre de la PA ambiante ; les deux formes de TB font l'objet de réglementations spécifiques, et celle concernant le tabagisme passif a démontré un impact positif sur la santé des populations exposées. D'autres expositions, très variables, jouent un rôle important selon les individus et les microenvironnements fréquentés : il s'agit des transports, source majeure et très variable d'exposition aux polluants envisagés pour la PA ambiante, les conditions professionnelles, très marquées en pollutions de nature diverse mais qui font l'objet de surveillance spécifique pour des populations plus ou moins particulières ; la PA intérieure aux locaux (fumée de tabac, NOx, CO, PM, benzène, HAP…) très variée selon le type de locaux, leurs équipements et les comportements des individus ou collectivités les fréquentant. PM et NO_2 sont fréquemment associés en termes de transports, de PA ambiante et de PA intérieure aux locaux ; dans ce dernier cas, une place importante est à faire aux systèmes de chauffage par combustion, à bois notamment.

Questions générales

17 Le rapport revient sur de nombreux aspects développés en parties A, B et C et fait le bilan des suggestions proposées à propos des grands indicateurs de PA donnant lieu à réglementation : connaissances nouvelles ou confortées, existence ou non de seuils d'effets, caractéristiques des fonctions concentration-réponse, paramètres à utiliser pour les EIS dans chaque cas de figure (polluant, durée d'exposition, évènements sanitaires), durcissement ou élargissement des valeurs guides ($PM_{2,5}$, PM_{10}, NO_2, O_3), prise en compte éventuelle de nouveaux indicateurs de PA (BC/EC, PMuf).

18 Un chapitre nouveau est en outre consacré à des situations manifestant d'évidents bénéfices sanitaires et résultant d'interventions programmées ou non, ayant conduit à une maîtrise accrue de certaines sources de pollution et à l'abaissement des niveaux de PA. Un bilan historique et critique en est fait qui montre bien la réalité de ces bénéfices et des choix et efforts qui ont pu y conduire, en cas de programmation délibérée.

Quelques commentaires du lecteur

19 Ce rapport est le fruit d'un travail très important de mise à jour, de compilation et d'analyse scientifique de centaines de publications mené par un collectif d'experts très compétents dans le champ des pollutions atmosphériques, des sciences de l'atmosphère, de l'épidémiologie environnementale et de la toxicologie clinique ou expérimentale. Le rapport reflète aussi un très grand effort de synthèse de la part des experts, afin de répondre au mieux aux questions posées par l'OMS Europe et l'UE. C'est le résultat d'un consensus d'experts concernant une thématique extrêmement complexe et difficile à analyser. La présentation du rapport sous forme de questions-réponses est étayée par des justificatifs riches et développés. C'est donc un apport tout à fait essentiel et précieux pour les spécialistes de la PA ambiante quels qu'ils soient, tout particulièrement pour ceux qui sont directement intéressés par les effets sanitaires de la PA, physico-chimistes, ingénieurs, métrologistes, biologistes, cliniciens, environnementalistes ou « régulateurs ».

20 Ayant abordé il y a quelques années, avec d'autres (Segala *et al.*, ADEME 2006, 2007), une problématique plus modeste relative aux indicateurs PM au travers de nombreuses publications épidémiologiques de l'époque, je formulerai néanmoins quelques observations concernant ce rapport.

- Il repose, certes, sur un consensus d'experts mais, pour les aspects épidémiologiques notamment, on ne connaît pas précisément les critères de qualité méthodologique qui ont conduit à la sélection des publications analysées, notamment à propos de l'évaluation des immissions/expositions (données environnementales ou autres, aspects métrologiques, nombre de sites de mesurage et représentativité des sites, modélisation…), des évènements sanitaires et, surtout, de la qualité des modélisations utilisées pour la recherche des associations exposition-effet et des contrôles s'y rapportant en termes de robustesse et de sensibilité.
- On note bien, dans la partie C en particulier, une prise de conscience des limites des modélisations appliquées à la recherche des relations

exposition-réponse, qui résultent des fortes corrélations entre polluants, réglementés ou non, et les difficultés en résultant pour dissocier les effets attribuables à chacun d'entre eux en propre, en dépit des ajustements entre polluants réalisés grâce à des modèles multi-polluants.

- Un point n'est pas abordé dans cette discussion, à savoir l'importance de la précision du mesurage (ou de l'évaluation) des expositions (le plus souvent, il s'agit, en fait, de concentrations atmosphériques des polluants) sur la mise en évidence et la robustesse des associations décelées (Smith *et al.* 2009, Dominici *et al.* 2010, Festy 2011) : un exemple typique est fourni par l'indicateur SO_4 ; c'est un des meilleurs marqueurs atmosphériques en termes de force d'association aux effets de la PA particulaire, alors que sa nocivité expérimentale est faible ou nulle. Il est certes un bon indicateur de la qualité atmosphérique particulaire dite secondaire mais il est aussi très facilement et bien mesuré ; en outre, sa répartition atmosphérique est relativement homogène. Sans être directement en cause au plan biologique et sanitaire, il est précieux car on maîtrise bien et son mesurage et l'évaluation de son exposition.

- La discussion des auteurs à propos du concept « une atmosphère » pour privilégier la prise en compte du « mélange atmosphérique » de préférence à des indicateurs supposés représentatifs étudiés indépendamment les uns des autres, est tout à fait justifiée. Certes, on peut être tenté de rechercher le (ou plus vraisemblablement les) responsable(s) des effets adverses observés, d'une part afin de mieux comprendre la mécanistique de ces effets et de les valider expérimentalement, d'autre part pour mettre en place une politique de prévention des risques au niveau de la (des) source(s) et du traitement éventuel de leur(s) émissions ; mais les faits sont rarement simples dans cette optique et il faut sans doute ne pas être obsédé par une telle démarche et revenir à une vision plus globale des responsabilités toxiques, d'autant que des associations de polluants sont plus que probables en termes physico-chimiques, biologiques et physiopathologiques. C'est dans cet esprit du « retour aux sources » que des auteurs sont tentés et réalisent des approches épidémiologiques dites de « contribution de sources » en faisant appel à des polluants marqueurs de sources aussi performants que possible. C'est pourquoi la notion historique de « marqueurs » ou « indicateurs » doit être à nouveau privilégiée afin de mieux prendre en compte sources, émissions, immissions puis effets. Si les différents indicateurs PM sont, par essence, des marqueurs complexes de l'aérosol atmosphérique (et vecteurs, aussi, de produits adsorbés), il convient de redonner à NO_2 (pourquoi pas NOx d'ailleurs, pris en compte dans les effluents automobiles) et à O_3 leur signification réelle d'indicateurs (respectivement des phénomènes et produits de combustion et de PA atmosphérique photo-oxydante) plutôt que celle de deux molécules isolées de leur contexte atmosphérique habituel. Si l'approche épidémiologique prend forcément en compte l'ensemble des constituants de la PA étudiée, il n'en est généralement pas de même pour les approches expérimentales pour lesquelles on a le plus grand mal à reconstituer des atmosphères réalistes, ce qui limite fortement la comparaison des données épidémiologiques et toxicologiques dans la plupart des cas, sans parler des différentes conditions et durées d'exposition, de la diversité des activités humaines et de l'hétérogénéité des populations. Dans ce contexte, on peut d'ailleurs être étonné que l'approche épidémiologique par « panels » ne soit pas plus utilisée pour suivre des effets à court ou moyen termes, en situation intermédiaire entre exposition humaine contrôlée et séries chronologiques classiques, du fait d'un

meilleur contrôle des expositions et de la prise en compte et d'effets cliniques plus précoces et diversifiés.

- Au total, sans revenir aux temps « anciens » où l'on évaluait la qualité de l'air ambiant par l'acidité forte et les fumées noires, deux indicateurs primitifs des pollutions de combustion, un retour raisonnable vers le concept d'indicateur de PA serait plus conforme à la réalité et à la complexité des mélanges atmosphériques et à l'évaluation de leur nocivité par une approche épidémiologique qui est, par nature, globalisante. Ce « retour aux sources » sera sans nul doute difficile « culturellement » pour bon nombre d'épidémiologistes, très engagés dans une exploration toujours plus analytique, sans fin et décevante, des effets des constituants de l'aérosol atmosphérique global.

-

BIBLIOGRAPHY

Segala C, Le Moullec Y, Festy B. La pollution atmosphérique particulaire : les données épidémiologiques actuelles peuvent-elles aider aux choix métrologiques en termes de surveillance de la qualité de l'air ? Rapport terminal, volume I (140 p., dont annexes 1, 2, 4 et 5) et volume II (annexe 3, 443 p.), ADEME Paris, 19 août 2006. Voir aussi la revue *Pollution Atmosphérique* 2007; 196 : p. 351-68.

Smith KR, Jerrett M, Anderson HR *et al.* Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: health implications of short-lived greenhouse pollutants. *Lancet* 2009 ; 374 : 2091-103.

Dominici F, Peng RD, Barr CD *et al.* Protecting human health from air pollution. Shifting from a single-pollutant to a multi-pollutant approach. *Epidemiology* 2010 ; 21 : 187-94.

Festy B. Connaissance et gestion de la pollution atmosphérique: stratégie uni-polluant ou multi-polluant ? *Pollution Atmosphérique* 2011 ; 209 : 115-21.

AUTHOR

Bernard Festy