

QUALITÉ DE L'AIR : DE L'ÉCHELLE LOCALE À L'ÉCHELLE PLANÉTAIRE, COMPRÉHENSION, IMPLICATIONS

Journée scientifique bi-académique du 25 janvier 2012
Académie Nationale de Pharmacie (ANP) et Académie des Technologies (AT)

Salle des Actes – Faculté des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques –
Université Paris Descartes – 4, avenue de l'Observatoire – 75006 Paris

Bernard FESTY⁽¹⁾

Cette Journée, organisée pour l'essentiel autour de trois sessions et d'une table ronde, a été préparée par un comité bi-académique dans lequel se sont fortement impliqués J.-M. Haguencør et B. Festy (APPA).

La première session, consacrée au thème **« Qualité de l'air extérieur et changements climatiques : nécessité de convergence »**, a été présidée par le Pr. Isabelle Momas (ANP).

Mme Joëlle Colosio, chef du service de l'évaluation de la qualité de l'air à l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME), a d'abord brossé un tableau général et très complet des phénomènes de Pollution Atmosphérique (PA) en plaçant la Qualité de l'Air (QA) à l'interface d'enjeux environnementaux, sanitaires et énergétiques. Elle a rappelé l'importance relative des principales sources anthropiques d'émission de polluants (industrie, transports, secteur tertiaire, habitat, agriculture), les polluants majeurs en cause, les indicateurs de PA utilisés pour suivre l'évolution des teneurs environnementales (immissions) et la situation française par référence aux directives et valeurs standards issues de la politique de l'Union Européenne (UE). Elle a aussi montré la complexité de la chimie atmosphérique qui ajoute à la PA primaire une PA secondaire plus difficile à maîtriser. Certains des polluants anthropiques sont des Gaz à Effet de Serre (GES) à longue durée de vie (dioxyde de carbone CO₂, méthane CH₄, protoxyde d'azote N₂O) qui ont un impact sur le climat ; d'autres, à durée de vie beaucoup plus courte, sont nocifs pour l'homme (et les animaux et végétaux), tels le monoxyde de carbone CO, les oxydes d'azote NO_x, les oxydes de soufre SO_x, les Composés Organiques Volatils COV ; d'autres, enfin (ozone O₃, particules ou matière particulaire PM) ont les deux types d'effets. En conséquence, la lutte contre la PA est compliquée à la fois par la chimie atmosphérique et la dualité d'action nocive des polluants : solutions techniques et action publique doivent, autant que possible, tenir compte de ces difficultés et incompatibilités. C'est actuellement un enjeu majeur que d'agir en synergie pour lutter contre le changement climatique (Cc) et amélio-

rer la QA à des fins sanitaires et environnementales, selon le concept du « double bénéfice ».

Le Dr. Sylvia Medina, coordonnateur des activités européennes et internationales au département Santé Environnement de l'Institut de Veille Sanitaire (InVS), a ensuite fait le point sur les connaissances épidémiologiques des effets de la PA. Ces effets sont indiscutables à court et long termes et s'expriment non seulement par des manifestations respiratoires mais aussi cardio-vasculaires. De nombreuses études se rapportent aux effets de la PA urbaine de fond (et de plus en plus en proximité de trafic automobile) sur les pathologies allergiques (dont l'asthme) et à des sous-populations fragilisées en termes de santé : la PA est à la fois un facteur causal, sensibilisateur et révélateur de phénomènes d'inégalités sanitaires, environnementales et sociales. Les données accumulées permettent d'évaluer l'impact sanitaire des PA et de ses indicateurs, ce qui permet en retour de définir des politiques de lutte dont les bénéfices sanitaires peuvent être anticipés voire vérifiés grâce à des études épidémiologiques encadrant les interventions technico-réglementaires, et on dispose de bons exemples dans ce cadre (Dublin, Hong-Kong, Atlanta...). Les progrès épidémiologiques résulteront sans doute d'études prenant mieux en compte les grands types d'émetteurs de pollution et leurs marqueurs polluants ; l'épidémiologie dite de « contribution de sources » pourra sans doute apporter sa pierre à une lutte plus ciblée en direction des grandes sources de pollution (industries, transports, chauffage...).

La deuxième session, présidée par M. Georges Labroye, ancien directeur général de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS), a été consacrée au thème **« Qualité de l'air intérieur et des espaces confinés, économie d'énergie : nécessité de convergence »**. Mme Séverine Kirchner, responsable du programme de recherche Usage, santé, confort au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et coordinatrice de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), a montré que la qualité de l'air dans les locaux constitue un nouvel enjeu de santé publique face à la

(1) APPA – Professeur émérite à l'université de Paris VI – bernard.festy@appa.asso.fr

nécessité de réaliser des économies d'énergie dans un secteur – le bâtiment – très énergivore mais aussi très évolutif en termes de matériaux, équipements et modes de vie, et aussi très hétérogène. L'étude approfondie et très représentative du parc de logements français réalisée par l'OQAI a montré la relative spécificité de la PA à l'intérieur des logements par rapport à la PA extérieure et l'importance de multiples pollutions d'ordres physique, chimique et (micro-)biologique, avec une forte proportion de logements (10 %) présentant des situations de multipollution. Les problèmes de santé induits par la PA intérieure (PAi) sont multiples et divers, allant de véritables intoxications (par CO encore et toujours) à de l'inconfort (thermo-hygrométrie, notamment) en passant par des phénomènes d'irritation cutanée, muqueuse ou respiratoire, par des pathologies respiratoires, neurologiques ou cardio-vasculaires, selon les cas et les expositions. La France a engagé en 2001, avec la création de l'OQAI, une dynamique forte de lutte contre la PAi (« Grenelle de l'Environnement », Plans Nationaux Santé-Environnement PNSE, étiquetage des produits de construction, valeurs guides de QAI, surveillance obligatoire de l'air de certains établissements recevant des publics sensibles...). Cependant, beaucoup reste à faire face à l'évolution rapide des matériaux de construction, des produits et équipements et des polluants émergents, tels les Composés Organiques Semi-Volatils (COSV) mais aussi et surtout du vaste chantier de rénovation énergétique imposé par la lutte contre le Cc et le confinement qui risque d'en résulter.

Mme Corinne Mandin (CSTB et OQAI) a, de manière complémentaire, mis l'accent sur des lieux de vie collectifs et variés, tels les écoles, les bureaux et les espaces de loisirs pour lesquels l'OQAI a réalisé ou lancé des études particulières et plus limitées mais qui concernent plus largement l'environnement intérieur, c'est-à-dire la QAI, les confort thermo-hygrométrie, acoustique et visuel). Les écoles et les crèches se caractérisent par une densité d'occupation élevée, pendant de longues périodes et par des émissions en provenance de mobilier (ex. formaldéhyde FA), de produits pour activités scolaires (colles, peintures...) et pour entretien. La ventilation, généralement naturelle, y est très souvent insuffisante. Les bureaux se caractérisent par la présence d'équipements émetteurs de COSV, PM, ozone... selon les cas et par des émissions de produits d'entretien. La ventilation est assurée de manière mécanique ou par conditionnement d'air, mais les systèmes sont souvent très mal entretenus. Les piscines posent souvent des problèmes de contamination par des sous-produits halogénés issus de la désinfection des eaux par le chlore, qui ont été mis en cause dans l'incidence ou la prévalence de l'asthme infantile. Les patinoires peuvent être contaminées par les gaz de combustion émis par des surfaceuses à moteur thermique.

Le Pr. Frédéric de Blay, pneumo-allergologue et chef de service du nouvel hôpital civil de Strasbourg, a fait un point concernant les enjeux de santé de la

PAi, en insistant plus particulièrement sur les pathologies allergiques dont l'asthme. Les causes en sont principalement les acariens, le chat, plus rarement les blattes et des moisissures. Divers polluants interviennent en outre comme agents potentialisateurs (FA, COV, produits de nettoyage et d'hygiène, ammoniums quaternaires, par exemple). En France, on considère que 30 % des sujets nés après 1980 sont cliniquement allergiques, et la progression continue. L'éviction des allergènes et des potentialisateurs en cause s'impose et nécessite une expertise au domicile des patients que peuvent réaliser, en lien avec les médecins spécialistes, des conseiller(e)s en environnement intérieur ; leurs interventions ont été cliniquement et statistiquement validées en France et aux USA par des enquêtes médicales et constituent un complément précieux à l'expertise médicale.

La troisième session, présidée par le Pr. Bernard Festy (ANP, APPA), a porté sur « **L'expologie en matière de qualité de l'air : les nouvelles approches** ». M. Yvon le Moullec, ancien directeur adjoint du laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, a rappelé l'importance d'une bonne évaluation de l'exposition des populations ou des individus dans le cadre des diverses approches épidémiologiques, mais aussi les difficultés liées à la multiplicité des environnements fréquentés dans et hors locaux, à la diversité des polluants et à la variabilité spatio-temporelle de leurs teneurs, mais aussi à l'hétérogénéité d'exposition des individus. La plupart du temps, on se contente de données environnementales collectives (« écologiques ») issues de station(s) de mesurage plus ou moins représentative(s). Mais pour limiter les erreurs de classification, les épidémiologistes peuvent préférer des mesurages environnementaux ou personnalisés plus représentatifs mais qui ne sont applicables qu'à un nombre limité d'individus. L'orateur a ensuite présenté les diverses possibilités de mesurage environnemental ou personnalisé des polluants atmosphériques avec leurs intérêts et limites. Deux approches sont possibles. La première, dite « directe », consiste à effectuer un mesurage personnalisé d'exposition en recourant à des capteurs/analyseurs portatifs qui accompagnent l'individu dans l'essentiel de son mode de vie ; c'est la plus proche de la réalité mais elle se heurte à des limitations liées à la disponibilité de capteurs portatifs validés pour divers polluants indicateurs, à la motivation des sujets suivis et à un coût global élevé ; cette approche est réservée à des études systématiques d'exposition et à des études épidémiologiques de « panels » disposant ainsi d'évaluations réalistes de l'exposition individuelle. La seconde, dite « indirecte », plus utilisée, calcule l'exposition par une sommation des teneurs polluantes des divers micro-environnements fréquentés, pondérées par le temps qui y est passé et ceci pour chaque individu ou groupe considéré. Elle prend donc en compte les pollutions extérieures et intérieures et les activités en général, à condition de pouvoir mesurer les polluants retenus dans chacune des situations fréquentées. Cela revient donc à évaluer un « Budget

Espace-Temps-Activité » (BETA). Cette modélisation simple peut être complétée et améliorée, si nécessaire, par une modélisation des données manquantes ; elle est intéressante pour des individus ou groupes homogènes d'individus au mode de vie comparable.

Mme Laurence Rouil, responsable du pôle « Modélisation environnementale et décision » de l'INERIS, a fait un bilan des méthodes disponibles et futures de modélisation de la PA extérieure. Les enjeux réglementaires et sanitaires imposent aux décideurs de faire leurs choix en fonction des observations (bilans et tendances), d'établir des prévisions à plus ou moins long terme, d'élaborer des plans d'action en matière de maîtrise des émissions et des immissions et de les évaluer. Une mutation importante est en cours pour la gestion de la PA aux différentes échelles spatiales, du fait de l'évolution des capacités de modélisation et de prévision numérique : les observations des réseaux de mesurage (réglementaires, de recherche, voire satellitaires) sont déjà et seront de plus en plus complétées par des simulations pour les données d'émission, d'immission et de météorologie à haute résolution, dont la fiabilité va croissant. À court terme, il sera possible de simuler la QA au niveau de l'Europe entière avec une résolution géographique de quelques kilomètres, voire mieux au niveau des grandes agglomérations, à des fins d'évaluation d'exposition des populations concernées. Ce sera, dès 2014, la finalité de surveillance environnementale du GEMS (*Global Monitoring for Environment and Security*) créé par l'UE. Ces systèmes pourront aussi affiner les prédictions en tenant compte des connaissances du passé, grâce à des ré-analyses de situations des 10-20 dernières années et en tenant mieux compte, à l'avenir, du transport hémisphérique des polluants, de la composition et de la chimie des aérosols, des fluctuations des émissions et de l'impact climatique. Ces données générales ont été illustrées par des travaux actuels et futurs, français, européens ou mondiaux.

Le Dr Georges Salines, directeur du département Santé Environnement de l'InVS, a ensuite informé l'auditoire du programme de biosurveillance humaine (BSH) en cours de lancement en France. La BSH est une forme de surveillance épidémiologique qui recourt à des indicateurs biologiques ou biomarqueurs (BM), c'est-à-dire des substances chimiques (polluants ou métabolites de polluants) ou des témoins biologiques d'exposition le plus souvent, ou d'effet ou de sensibilité. Ces BM sont donc soit le reflet de l'imprégnation par un toxique, soit la trace de son effet ou de la sensibilité à son action nocive. La BSH repose sur des enquêtes en populations, éventuellement répétées à intervalles donnés, portant sur des échantillons de liquides ou tissus biologiques accessibles (sang, urine, salive, cheveux, lait maternel...) et à leur analyse ciblée sur tel ou tel indicateur. À la suite du Grenelle de l'environnement, le second PNSE (2009-2013) a confié à l'InVS le soin d'élaborer un programme national de BSH de la population française : il reposera sur un volet « prénatalité – petite

enfance » avec la constitution d'une cohorte (Elfe, 20 000 enfants, en cours d'inclusion) et une enquête nationale de BSH en phase préparatoire ; la première, conduite par une unité mixte INSERM-INED (le volet BSH étant confié à l'InVS) mesurera les expositions des femmes enceintes, des fœtus et des jeunes enfants aux polluants repro- et neuro-toxiques. La seconde sera une étude transversale en population générale (5 000 personnes dont 1 000 enfants métropolitains) qui sera répétée tous les six ans ; elle surveillera en même temps la nutrition et certaines maladies chroniques. La BSH, par définition, intègre l'ensemble des sources et voies d'exposition. Une partie seulement des BM mesurés concernera la PA, principalement la PAi. Outre le CO (HbCO sanguine, CO de l'air expiré), certains COV peuvent être concernés dans l'air expiré ou au travers de métabolites urinaires, mais ce dernier aspect concerne plutôt des expositions professionnelles plus marquées. On peut aussi faire appel au monoxyde d'azote (NO) dans l'air expiré en tant que témoin de l'effet inflammatoire des voies respiratoires. Cependant, globalement, la BSH est d'un intérêt limité pour l'exploration de l'exposition et des effets de la PA.

Une autre forme de biosurveillance (BS) de la QA végétale ou fongique a été abordée par le Pr. Damien Cuny, de l'université Lille-Nord de France (faculté de pharmacie). Ce type de BS, qui convient bien à l'évaluation de la nocivité de l'aérosol atmosphérique dans sa globalité, fait appel à des réponses biologiques à tous les niveaux d'organisation biologique, de la cellule à l'écosystème, en termes moléculaires, biochimiques, physiologiques et morphologiques ; elle regroupe les concepts de biomarqueur, de bioindication et de bioaccumulation, en lien étroit avec l'écotoxicologie. Elle est complémentaire de l'approche physico-chimique et météorologique de la QA ; elle permet éventuellement de mesurer des concentrations de polluants au sein des organismes utilisés mais, surtout, elle donne des indications sur la nocivité des aérosols en termes d'évolutions spatio-temporelles et d'effets cumulatifs. Plusieurs exemples ont été présentés et discutés : la bioindication par la plante « tabac » (bioindicateur de l'ozone ou de composés génotoxiques selon les souches), l'accumulation de polluants sur/dans les feuilles (métaux, COV), l'évolution des populations de lichens... Des applications à la QA ont été décrites mais, en général, c'est la QA de l'air extérieur, notamment dans et à proximité de zones industrielles ou urbaines denses, qui est le plus souvent visée. Des méthodes ont été récemment normalisées en France et en Europe dans ce sens. Il faut ajouter l'intérêt pédagogique qui caractérise cette démarche, et que quelques études épidémiologiques (de type « écologique » ou géographique) ont été menées par référence à des données cartographiques de qualité végétale dans des zones à risque atmosphérique et ont permis de rapprocher, dans une certaine mesure, effets sanitaires et altérations écologiques.

Mme Isabelle Roussel, géographe et professeur émérite à l'université de Lille 1, vice-présidente de l'APPA, a enfin entraîné l'auditoire sur le terrain sociologique en posant la question de savoir dans quelle mesure le citoyen exposé à la PA est une victime et/ou un acteur. Jusqu'à présent, la lutte contre la PA s'est essentiellement exercée vis-à-vis de la PA extérieure (déjà complexe et composite), les stratégies de réduction portant sur les grandes catégories de sources d'émission grâce à des outils de planification fondés sur des évaluations de risque et d'impact collectifs laissent peu ou pas de place aux expositions, actions ou comportements individuels : le citoyen est considéré plus comme une victime passive un peu « standard » que comme une individualité particulière et un acteur potentiel. Sa singularité tient pourtant à ses caractéristiques génétiques, son mode de vie, ses comportements, son Budget Espace-Temps-Activités (BETA), ses conditions de vie sociale ; les inégalités sociales et environnementales mettent en jeu le logement, les conditions de travail, l'alimentation, les activités... De ce fait, on constate un écart assez grand et croissant entre les grands enjeux collectifs (PA extérieure, évolution du climat, biodiversité...) et la variabilité des situations individuelles et les actions pouvant être menées à ce niveau s'agissant de prévention voire de contribution à une transition économique et écologique ; c'est d'autant plus vrai que, dans nos sociétés (post-) modernes, on assiste à un développement de l'individualisme. Tout ceci implique de mener des actions de sensibilisation en direction des individus et des familles, permettant des prises de conscience (ex. PAi, climat...) et de promouvoir des actions plus individuelles de participation à une prévention collective.

Ces trois sessions ont été suivies de temps de discussion avec l'auditoire. Puis les représentantes des deux ministères concernés, Mme Isabelle Derville, chef du bureau « Qualité de l'Air » (Environnement) et Mme Corinne Drougard, au nom de M. Emmanuel Briand, chef du bureau « Air Intérieur » (Santé), ont donné les points de vue de leur administration respective, en prenant appui sur les enjeux, apports et actions du Grenelle de l'Environnement et des deux PNSE successifs. L'accent a été mis, par exemple, sur la création des ZAPPA (Zones d'Action Prioritaire contre la PA) dans plusieurs villes de France ne respectant pas les valeurs limites de l'UE (PM, NO_x) et sur les réglementations récentes concernant la PAi de locaux collectifs sensibles.

Une table ronde s'est ensuite tenue concernant « **Le point de vue des parties prenantes sur la gestion de la PA en relation avec la santé de l'homme et le risque planétaire** », co-animée par Mme I. Momas (ANP), M. Pierre-Étienne Bost (AT) et M. Hervé Suty (Veolia Environnement).

M. Christian Cochet (CSTB) a mis l'accent sur l'évolution en cours concernant le bâtiment en termes de nouveaux matériaux, d'économie (voire de pro-



Académie de pharmacie.

duction) d'énergie mais, dans ce contexte, du souci majeur de gérer efficacement la QAI et, plus largement, l'environnement intérieur dans sa globalité. Ceci implique de sensibiliser tous les professionnels concernés par la construction et la gestion des bâtiments et locaux. J.-M. Haguénœr (APPA) a rappelé le rôle important de l'APPA et décrit son évolution depuis le mesurage des polluants et la mise en évidence et l'évaluation des effets sanitaires de la PA extérieure vers la PAi, puis vers une vision sociopolitique des phénomènes confluents de PA de l'échelle individuelle vers les « territoires », puis la planète ; le souci de l'APPA est d'œuvrer à la sensibilisation des individus et des collectivités aux phénomènes, gestes et actions susceptibles d'avoir un impact local et global dans l'amélioration de la situation, qui passera par une mutation de « durabilité ». Mme Dominique Allaume-Bobe (UNAF) a insisté sur le rôle que peut jouer et joue l'Union Nationale des Associations Familiales à l'interface des instances scientifiques et politiques et des familles (les « usagers ») grâce aux messages émis dans les deux sens ; un exemple particulièrement fructueux concerne la PAi en matière de sensibilisation, de perception et de comportements, mais il peut en être de même avec la PA extérieure et le risque climatique au travers des problèmes énergétiques. Enfin, Mme Valérie Pernellet-Joly, responsable de l'unité Évaluation des Risques liés à l'Air (ANSES), a développé le rôle de cette agence en matière d'évaluation scientifique collective des dangers et risques et de la définition de valeurs standards/limites pour les polluants ou indicateurs de PA (dernièrement dans le domaine de la PAi), vis-à-vis des polluants émergents et dans le cadre d'une vision élargie des PA jusqu'à l'échelle planétaire.

Puis Mme I. Momas a présenté et commenté un projet de recommandations suggérées par les deux académies au regard de la situation actuelle et des apports des intervenants à cette Journée. La clôture officielle et institutionnelle en a été faite par M. Laurent Michel, directeur général de la Prévention des Risques au ministère chargé de l'environnement : il a mis l'accent sur les temps forts qu'ont été le

Grenelle de l'Environnement et les PNSE face à une nécessaire vision multiscalaire et globale des phénomènes de PA, sous les angles environnemental, économique et sanitaire, en harmonie avec un développement réellement durable.

Enfin, les présidents des deux académies, M. Bruno Revellin-Falcoz (AT) et le Pr. Jean-Paul Chiron (ANP) ont conclu en mettant respectivement

l'accent sur l'importance fondamentale des connaissances scientifiques pour la compréhension de phénomènes aussi complexes que les PA et des progrès technologiques pour en prévenir autant que possible les manifestations et conséquences adverses, et sur la nécessité d'élargir la culture pharmaceutique de la notion de bénéfice/risque, attachée de longue date au médicament, à la problématique de la santé environnementale.

