



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/EB.AIR/WG.1/2008/15
18 juillet 2008

FRANÇAIS
Original: ANGLAIS

COMMISSION ÉCONOMIQUE POUR L'EUROPE

ORGANE EXÉCUTIF DE LA CONVENTION
SUR LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE
TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE

Groupe de travail des effets

Vingt-septième session
Genève, 24-26 septembre 2008
Point 5 de l'ordre du jour provisoire

EXAMEN DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

**RAPPORT D'ENSEMBLE SUR LES EFFETS DE
LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE**

Rapport du Bureau du Groupe de travail sur les effets^{1,2}

INTRODUCTION

1. À sa réunion du mois de février 2005, le Bureau élargi du Groupe de travail des effets a décidé de préparer un plan de travail rationalisé pour 2006 pour le Groupe de travail et avec les autres principaux organes subsidiaires de la Convention. À sa vingt-quatrième session, le Groupe de travail a proposé, entre autres, deux activités communes à l'ensemble des programmes internationaux concertés (PIC), à l'Équipe spéciale des aspects sanitaires de la pollution atmosphérique (Équipe spéciale de la santé) et au Groupe mixte d'experts de la modélisation

¹ Le présent rapport a été établi en collaboration avec le Bureau élargi du Groupe de travail des effets, avec le concours du secrétariat et d'un consultant.

² Le présent document a été soumis à la date susmentionnée en raison d'un manque de ressources.

dynamique, à l'origine aux fins du plan de travail pour 2006 (EB.AIR/WG.1/2005/4/Rev.1, al. 3.1 c)):

- a) Rapport actualisé faisant la synthèse des informations actuelles sur les fonctions doses-réactions et les ressources et biens exposés;
- b) Rapport actualisé faisant le point sur les informations actuelles sur les liens entre les observations sur le terrain et les charges critiques.

2. Ces thèmes communs ont été retenus sur la base du mandat et de la stratégie à long terme du Groupe de travail, et ils sont censés englober et harmoniser toutes les connaissances accumulées dans le contexte de la surveillance, de la modélisation et des autres travaux. Compte tenu de l'importance des résultats, le Bureau élargi a décidé de préparer un rapport détaillé aux fins de la vingt-septième session du Groupe de travail. Il a coordonné la finalisation du rapport d'ensemble et du résumé reproduits ci-après, en collaboration étroite avec les PIC et l'Équipe spéciale de la santé, et avec le concours de M. H.-D. Gregor et du secrétariat. Les résultats sont présentés sous la forme d'un résumé, conformément au plan de travail de la Convention pour 2007 (ECE/EB.AIR/WG.1/2006/4/Rev.1, al. 3.1 c)), approuvé par l'Organe exécutif à sa vingt-quatrième session, et au plan de travail pour 2008 (ECE/EB.AIR/91/Add.2, al. 3.1 b)), approuvé par l'Organe exécutif à sa vingt-cinquième session. Le Groupe de travail est invité à examiner le rapport et à le soumettre à l'Organe exécutif pour examen à sa vingt-sixième session.

I. CONTEXTE

3. Dès les années 60, les préoccupations croissantes concernant les effets néfastes des polluants atmosphériques ont été à l'origine de la mise en place d'une collaboration internationale destinée à combattre la pollution atmosphérique à sa source. La Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance a été adoptée en 1979 et est entrée en vigueur en 1983. La nécessité d'entreprendre un travail scientifique solide pour étayer les futures décisions afférentes à la lutte contre la pollution atmosphérique a été reconnue dès le début. Le Groupe de travail des effets a été créé en 1981 pour étudier les effets des composés sulfureux et des autres principaux polluants atmosphériques sur la santé humaine et sur l'environnement. À l'origine, le Groupe de travail devait s'intéresser aux effets des composés sulfureux et des autres principaux polluants atmosphériques sur la santé et la visibilité, les matières, les écosystèmes aquatiques, les sols, les nappes phréatiques et la végétation. Le mandat a par la suite été précisé de façon à a) assurer l'assise scientifique en vue de l'examen des effets, y compris la restauration de l'environnement et de la santé humaine suite à la réduction des émissions conformément aux protocoles, et b) mener des évaluations des dommages et des bienfaits. Le Groupe de travail devait aussi alerter l'Organe exécutif de la Convention dès lors qu'il percevait une menace nouvelle ou une évolution des menaces existantes dues à la pollution atmosphérique et appelant des réponses politiques.

4. Les programmes internationaux concertés (PIC) ont été créés dans le cadre du Groupe de travail des effets pour mener des études détaillées et entamer une surveillance à long terme des écosystèmes et des matériaux touchés. Aujourd'hui, il y a six PIC, dont chacun est dirigé par un pays chef de file, organisé par une équipe spéciale et assisté par un centre spécial, l'Équipe spéciale sur les aspects sanitaires de la pollution atmosphérique, créée conjointement par

l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organe exécutif de la Convention, et le Groupe mixte d'experts de la modélisation dynamique. La plupart des programmes effectuent un travail de surveillance (PIC-Eaux, PIC-Forêts, PIC-Surveillance intégrée, PIC-Végétation et PIC-Matériaux), alors que les autres ne mènent aucun travail d'observation (PIC-Modélisation et Cartographie, Équipe spéciale de la santé et Groupe mixte d'experts de la modélisation dynamique). Les récepteurs et même certains sites sont en partie communs (par exemple, les eaux de surface entre PIC-Eaux et PIC-Surveillance intégrée, ou les sols forestiers entre PIC-Forêts et PIC-Surveillance intégrée) ou communs à des programmes coopérant sur un même thème (impacts de l'ozone sur les essences forestières communs au PIC-Forêts et au PIC-Végétation). Le PIC-Modélisation et Cartographie s'appuie sur les observations transmises par les autres programmes. Beaucoup de programmes s'appuient sur les travaux de surveillance et de modélisation des données météorologiques et des données sur les polluants réalisés par le Programme concerté de surveillance continue et d'évaluation du transport à longue distance des polluants atmosphériques (EMEP).

5. La recherche s'intéresse aux nombreux polluants atmosphériques interdépendants et aux problèmes environnementaux qui en découlent. Les réseaux d'observation et les résultats de la recherche, de la modélisation et de la cartographie couvrent l'ensemble de la région géographique de la CEE, et les données de surveillance enregistrées couvrent une période de vingt années. Les travaux sur les effets ont conduit à élaborer et promouvoir plusieurs propositions relatives à la réduction des émissions de polluants atmosphériques dans le cadre de la Convention, et certaines de ces propositions reposaient sur des modèles calculés pour les effets. Cette coopération a donné naissance à un ensemble unique de réseaux d'observation et à des projets de recherche pluridisciplinaires orientés vers l'élaboration de politiques.

II. RELATIONS DE CAUSE À EFFET

A. Acidification

6. Les travaux de surveillance du PIC-Eaux ont montré l'existence d'une corrélation négative entre les dépôts d'acides (soufre (S) et azote (N)) et le pH de l'eau et la capacité de neutralisation de l'acide (CNA), les tendances étant particulièrement marquées dans de vastes régions. En Europe, il y a une corrélation positive entre les dépôts de S et les concentrations de soufre en milieu aquatique, et entre les dépôts élevés de N ($>15 \text{ kgN ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) et les concentrations de nitrates (NO_3). Il y avait corrélation entre, notamment, ces paramètres relatifs à la chimie de l'eau observés dans le cadre de cette surveillance et les réponses biologiques. Les données norvégiennes ont établi un lien entre CNA et extinction des espèces de poissons. Des corrélations similaires ont été établies s'agissant des invertébrés des cours d'eau et des diatomées des lacs.

7. Les données produites par le PIC-Forêts pour des sites de surveillance extensive (niveau I) en Allemagne ont montré qu'une faible saturation des sols en base (inférieure à 15 %) avait conduit à une prédominance des cations acides dans la solution des sols. Il y avait corrélation négative entre la teneur des aiguilles en S et la teneur en bases, d'où une défoliation de la cime des arbres. En Europe centrale, l'azote était la principale source potentielle d'acidification des sols. Sur de nombreux sites de surveillance intensive (niveau II) d'Europe centrale, la concentration de NO_3 dépassait les critères de qualité sanitaire des nappes phréatiques. De nombreux signes indiquaient une faiblesse relative du rapport cations basiques/aluminium dans la solution des sols (inférieur à 1), un phénomène lié au risque de dégradation des racines.

Sur les sites de niveaux I et II, il y avait corrélation positive entre les dépôts de S et de N et la défoliation de plusieurs essences. Les dépôts de N favorisaient par ailleurs la croissance des troncs.

8. Les bilans d'acidité établis sur les sites du PIC-Surveillance intégrée ont permis d'établir un rapport clair entre les dépôts de N et l'effet acidifiant des processus azotés. S'agissant du S, les bilans ont montré que les sols libéraient le S précédemment accumulé. Il y avait corrélation négative entre les dépôts de fond de N et le nombre de lichens épiphytes sensibles à l'acide.

9. Le principal risque s'agissant des effets a été défini par le PIC-Modélisation et Cartographie comme un total des dépôts supérieur aux charges critiques. Les centres nationaux de liaison (CNL) de ce programme ont calculé les charges critiques en appliquant divers paramètres afférents aux effets. S'agissant des sols forestiers, ces paramètres comprenaient un rapport cations basiques/aluminium compris entre 0,5 et 1,7, à l'origine d'une dégradation des racines (1 a été utilisé comme valeur par défaut pour les forêts de conifères), les concentrations d'Al dans la solution des sols, et le pH, pour lesquelles les valeurs seuils dépendaient des caractéristiques des écosystèmes. S'agissant des eaux de surface, les valeurs seuils comprenaient une CNA située entre 0 et 20 meq m⁻³. S'agissant des modèles dynamiques, les seuils critiques pouvaient être choisis, entre autres, comme pour les charges critiques.

B. Eutrophisation

10. Les données du PIC-Forêts montraient que, pour les sites de niveau II en Europe, il y avait corrélation positive entre les dépôts de N résultant de l'écoulement de la frondaison et le niveau élevé de lixiviation de N lorsque le rapport carbone-azote dans les sols était inférieur à 25. Pour les sites de niveau II, il y avait corrélation positive entre les dépôts de N et la teneur des feuillages en N, les déséquilibres des éléments nutritifs entre les sols et les feuillages, et la composition des espèces. Il y avait corrélation négative entre les dépôts de S et de N et le nombre de lichens épiphytes.

11. Les données du PIC-Surveillance intégrée faisaient apparaître une corrélation positive entre le dépôt total de N, compris entre 8 et 10 kgN ha⁻¹ a⁻¹ et l'augmentation de la lixiviation de NO₃. D'autres données faisaient apparaître une concentration de N dans les matières organiques et les aiguilles de l'année courante, et un flux de N dans la couverture morte et un rapport carbone-azote dans l'horizon organique des sols. Il a été observé que le dépôt de N avait une influence sur la composition des lichens.

12. Les observations du PIC-Végétation établissaient une corrélation entre les modèles de dépôts de N et la concentration totale de N dans les mousses, qui représente un indicateur biologique applicable pour les dépôts d'azote. Les lichens et les mousses, de même que la composition de leurs espèces, sont apparus comme très sensibles à la présence d'ammoniac.

13. Le risque d'un dépôt total de N supérieur à la charge critique a été calculé par les centres nationaux de liaison du PIC-Modélisation et Cartographie. Pour les écosystèmes terrestres, une concentration de 0,2–6,5 mgN l⁻¹ dans la solution des sols avait divers effets néfastes. En particulier, une forte concentration de N risquait d'entraîner des changements indésirables dans la biodiversité. S'agissant de la modélisation dynamique, les seuils critiques pouvaient être choisis sur la base de seuils similaires.

C. Ozone

14. Sur les sites de niveau II du PIC-Forêts en Italie, un lien a été établi entre la défoliation et une concentration moyenne élevée et prolongée d'ozone (O₃) pour le hêtre commun.

15. Le PIC-Végétation a compilé plusieurs fonctions doses-réactions dans le Manuel de cartographie intitulé *Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, Risks and Trends* (Manuel des méthodes et critères de modélisation et de cartographie des charges et des niveaux critiques et des effets, risques et tendances de la pollution atmosphérique), pour les évaluations basées sur les concentrations. Trois groupes de corrélations d'AOT40 (concentration cumulée supérieure à un seuil de 40 parties par milliard (ppb)) ont été identifiés pour des cultures sur la base de fonctions doses-réactions établies à partir des concentrations, pour les diminutions de rendement: a) sensibles (blé); b) modérément sensible (pomme de terre); et c) résistant (orge). S'agissant de la végétation naturelle et semi-naturelle, un nouvel AOT40 a été établi pour les plantes pérennes. Dans le cadre de l'approche basée sur les flux, des fonctions doses-réactions ont été définies pour les cultures (blé, pomme de terre) et les essences (hêtre, bouleau (provisoirement)), et des méthodes d'évaluation des risques basées sur les flux ont été élaborées pour une culture générique et deux essences génériques, dont une essence méditerranéenne à feuilles persistantes.

D. Métaux lourds

16. Le PIC-Eaux a relevé que les concentrations de métaux lourds dans certains lacs étaient supérieures aux seuils critiques nationaux d'impacts biologiques.

17. Sur les sites du PIC-Surveillance intégrée, sont apparus les signes d'un recul de la concentration de plomb (Pb) dans les couches organiques des sols, et d'une baisse de la concentration de cadmium (Cd). Aucun signe de recul de la concentration de mercure (Hg) n'est apparu, y compris dans la couche humique.

18. L'étude des mousses réalisée par le PIC-Végétation a permis d'obtenir des données relatives à la concentration de métaux lourds en tant qu'indicateur de surveillance biologique des dépôts. Aucun lien n'a encore pu être établi entre la concentration de métaux lourds et les effets environnementaux.

19. Le PIC-Modélisation et Cartographie a cartographié les principaux risques environnementaux et sanitaires survenant lorsque les dépôts sont supérieurs aux charges critiques. En ce qui concerne les dépôts cumulés de Pb, de Cd et de Hg et la concentration de Hg dans les précipitations, les seuils critiques ont été choisis sur la base de critères écotoxicologiques pour les écosystèmes terrestres (Pb, Cd et Hg) et aquatiques (Pb, Cd). S'agissant de la santé, les seuils prenaient en compte la qualité de l'eau douce et de la nourriture (Hg), la qualité des terres cultivées et de la nourriture (Cd), et des critères concernant les écosystèmes terrestres et les nappes phréatiques (Pb, Cd et Hg).

E. Polluants organiques persistants

20. Le PIC-Eaux a constaté que la distillation globale de polluants organiques persistants (POP) risquait de contaminer les poissons dans les régions arctique et alpine, car elle donnait lieu à des concentrations élevées de polluants dans les poissons de ces régions.

F. Effets de causalité sur les matériaux

21. Dans les cas de pollution au dioxyde de soufre, les dépôts secs et humides de soufre étaient liés à de forts taux de corrosion pour tous les matériaux étudiés (Al, cuivre (Cu), bronze, pierre à chaux, grès, acier patinable et deux types d'acier peint). Les effets corrosifs ont été établis pour la quasi-totalité des matériaux. Une corrélation a été établie entre les dépôts secs de O_3 et la corrosion du Cu en Europe.

22. En Europe, dans les cas de pollution par des substances multiples, une corrélation a été établie entre les dépôts secs et humides de S et les taux de corrosion de tous les matériaux. Une corrélation a été établie entre les dépôts secs de O_3 , la concentration d'acide nitrique (HNO_3) et les dépôts cumulés de matières particulaires grossières (PM_{10}) d'une part, et, d'autre part, les taux de corrosion du Cu (du fait de l' O_3), du zinc (du fait du HNO_3), de la pierre à chaux (du fait du HNO_3 et des PM_{10}), de l'acier non allié (du fait des PM_{10}) et du bronze (du fait des PM_{10}). Les effets corrosifs du HNO_3 et des PM_{10} étaient fortement probables pour l'ensemble des matériaux spécifiés.

23. Il y avait corrélation positive entre les PM_{10} et le noircissement des pierres blanches, de l'acier peint, des plastiques blancs et des polycarbonates. Les valeurs des pertes acceptables de réflectance étaient directement liées aux valeurs des PM_{10} .

G. Liens de causalité entre pollution atmosphérique et santé

24. Le niveau de risque concernant le dioxyde d'azote a été fixé, dans la Directive sur la qualité de l'air de l'OMS de 2005, à une moyenne annuelle de $40 \mu g m^{-3}$. Il n'a pas été possible d'établir avec plus de précision des rapports de cause à effet à partir des informations existantes.

25. Antérieurement, les Directives fixaient pour le O_3 la valeur de $120 \mu g m^{-3}$ (ou AOT60). Dans le cadre de la nouvelle Directive de 2005 de l'OMS sur la qualité de l'air, le niveau a été fixé à $100 \mu g m^{-3}$ pour une durée moyenne maximale de huit heures par jour, seuil au-delà duquel la mortalité pourrait augmenter de 1 à 2 %. Sur la base de la méta-analyse des études épidémiologiques menées selon des séries chronologiques, la hausse de la mortalité a été évaluée à 0,3 % pour $10 \mu g m^{-3}$ pour une exposition moyenne maximale de huit heures par jour. Il a été recommandé de calculer les impacts sur la base de concentrations supérieures à $70 \mu g m^{-3}$ (soit 35 ppb).

26. Les études menées sur de longues périodes concernant les particules fines ($PM_{2,5}$) ont montré que le risque de mortalité, quelle qu'en soit la cause, augmentait de 6 % pour $10 \mu g m^{-3}$. Cette augmentation linéaire du risque a été observée pour tous les niveaux de $PM_{2,5}$ étudiés dans le cadre des études épidémiologiques, à savoir entre 7 et $40 \mu g m^{-3}$. L'exposition à des PM grossières et fines induit de nombreux effets non mortels sur la santé. Parmi ces effets, on relève l'incidence des maladies cardiorespiratoires chroniques, des hospitalisations pour des problèmes

cardiorespiratoires, d'asthme et autres symptômes respiratoires. Cependant, les estimations concernant les effets de ces résultats étaient moins cohérentes que les éléments d'information concernant les effets des PM sur la mortalité. La Directive de l'OMS sur la qualité de l'air a fixé à $10 \mu\text{g m}^{-3}$ le niveau annuel moyen de $\text{PM}_{2,5}$.

27. Aucun seuil n'a été observé pour le Cd. Il a été montré que le plomb était nuisible au-dessus de $100 \mu\text{g l}^{-1}$ de sang. S'agissant du Hg, le niveau de $0,5 \text{ mg kg}^{-1}$ pour l'eau douce et les poissons et mammifères marins ne doit pas être dépassé pour prévenir les impacts sur la chaîne alimentaire. Pour éviter les effets sanitaires, il convient de prévenir de nouvelles émissions de Cd dans l'atmosphère et dans les sols, de réduire la concentration de Hg dans les poissons et de limiter au minimum les émissions atmosphériques de Pb.

28. Des niveaux d'exposition nuisibles ont été fixés pour plusieurs POP. Le risque de ces substances pour la santé humaine a été confirmé. Le risque de certaines substances a été quantifié à partir de l'extrapolation des études toxicologiques animales.

III. RESSOURCES EXPOSÉES

29. Les stocks de poissons ont été quantifiés pour les lacs de Norvège, de Suède et de Finlande. Il a été estimé que des stocks de poissons étaient présents dans 103 715 lacs (soit 82 % d'un total de 126 482 lacs). Plus de 10 000 truites brunes, perches et ombles chevaliers avaient disparu du fait de l'acidification. D'autres espèces anadromes ont également diminué, en particulier le saumon, présent dans plus de 200 cours d'eau d'Europe du Nord.

30. Le PIC-Forêts s'intéresse à l'ampleur de la défoliation en pourcentage de la perte de feuilles ou d'aiguilles pour certaines essences. La superficie forestière totale, évaluée pour 37 pays, couvre 75 millions d'hectares. L'épicéa représente 19,9 % des 130 000 arbres retenus aux fins de l'échantillon, le hêtre 8,3 %, le chêne commun et le chêne rouvre 6,5 %, le chêne vert 3,6 % et le pin maritime 2,1 %.

31. Les sites du PIC-Surveillance intégrée sont constitués d'écosystèmes naturels terrestres et aquatiques. Ils se situent principalement dans les zones protégées, essentiellement dans les espaces Natura 2000 de l'Union européenne (UE). Ils ont une valeur particulière aux yeux de la société, et leur superficie est souvent réduite.

32. Le PIC-Végétation a évalué les effets de l' O_3 sur les cultures à partir de la base de données de l'Institut de l'environnement de Stockholm, pour les cultures comprises sur une étendue de $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$, en Europe. Les pertes de rendements engendrées par l' O_3 correspondaient à 2 % de la production agricole européenne en 2000. S'agissant de la végétation semi-naturelle, sur les 54 communautés de niveau 4 suivant la classification EUNIS, quatre ont été identifiées comme potentiellement sensibles à l' O_3 .

33. Le PIC-Modélisation et Cartographie et son Centre de coordination pour les effets (CCE) gère les données relatives aux seuils critiques et aux caractéristiques des récepteurs calculés et empiriques pour 37 pays, principalement d'Europe, pour les classes EUNIS à diverses résolutions, agrégées suivant un maillage de $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$. Il regroupe également les séries de données combinées des centres nationaux de liaison et une base de données de fond, qui couvrent d'autres pays, dont ceux d'Europe orientale, du Caucase et d'Asie centrale (EOCAC).

La superficie couverte en Europe est de 4 226 443 km². Les écosystèmes des sols forestiers et des réservoirs d'eau douce retenus aux fins de la modélisation dynamique couvrent 683 000 km². Les métaux lourds sont cartographiés pour 18 pays.

34. Le PIC-Matériaux a cartographié les ressources exposées, pour quelques pays, à savoir l'Allemagne, la France, l'Italie, la République tchèque et la Suisse. Pour certains de ces pays, les pertes imputables à la corrosion au km² ont été comptabilisées. Aucune évaluation à l'échelle européenne n'a encore été réalisée. Le programme a participé à plusieurs études consacrées aux ressources exposées, en particulier au récent inventaire réalisé sur un site du centre parisien inscrit sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO.

35. Les travaux de l'Équipe spéciale des aspects sanitaires couvrent l'ensemble des populations européennes susceptibles d'être exposées aux impacts de la pollution atmosphérique, à savoir quelque 700 millions de personnes pour le champ de modélisation de l'EMEP.

IV. LIENS ENTRE LES OBSERVATIONS ET LES CHARGES CRITIQUES

A. Acidification

36. Le PIC-Eaux a relevé une relative convergence entre les dépassements de charge critique pour l'acidification et la CNA mesurée dans les eaux de surface. La CNA est un bon indicateur des effets biologiques. Les sites sur lesquels on note un laps de temps important entre l'évolution des dépôts de S et de N et la réaction correspondante dans la chimie de l'eau étaient des exceptions.

37. Les données produites par le PIC-Forêts pour les sites de niveau I en Allemagne ont fait apparaître une corrélation négative entre les dépassements de charge critique pour l'acidification et le pH et la base. Il existait par ailleurs un lien avec la présence de S dans les feuillages et, dans un deuxième temps, avec la défoliation.

B. Eutrophisation

38. Plusieurs PIC avaient entrepris des études sur les sentiers et les processus afférents à l'azote nutritif. Les résultats du PIC-Modélisation et Cartographie indiquaient que, dans une partie importante de la région de la CEE, les charges critiques pour l'eutrophisation étaient dépassées, ce qui constituait une menace pour la diversité des espèces végétales.

C. Ozone

39. Le PIC-Végétation a mené une étude destinée à mettre en évidence les dommages causés par le O₃, portant sur plus de 500 prélèvements réalisés dans 16 pays d'Europe. Il a conclu que des symptômes visibles étaient apparus pour plus de 30 cultures et 80 espèces végétales naturelles et semi-naturelles. L'indice générique de flux stomatique pour les cultures était plus efficace pour prévoir l'apparition massive de dégâts causés aux cultures par l'O₃ que pour prévoir l'indice d'AOT40 basé sur les concentrations, qui sous-estimait les impacts dans toute l'Europe.

D. Métaux lourds

40. Les sites de niveau I du PIC-Forêts en Europe ont montré que les charges critiques de métaux lourds dans l'humus et les sols minéraux étaient dépassées dans 2,15 % des parcelles. La concentration de Cu dans les feuillages dépassait le seuil critique pour les hêtres communs dans 8 % des sites.

41. Les bilans réalisés sur les sites du PIC-Surveillance intégrée ont montré que les dépôts de Cd, de Pb et de Hg avaient entraîné des accumulations et des captages dans les sols.

42. L'étude des mousses réalisée par le PIC-Végétation a montré que les concentrations élevées de métaux lourds dans les mousses coïncidaient avec les régions dans lesquelles les charges critiques, déterminées à partir des effets écotoxicologiques et sanitaires, avaient été dépassées.

E. Polluants organiques persistants

43. Aucune information concernant le niveau des dépassements pour les POP n'était disponible s'agissant des écosystèmes récepteurs.

F. Matériaux

44. Le PIC-Matériaux a utilisé son réseau de sites expérimentaux pour observer les relations doses-réactions. Des niveaux acceptables ont été fixés pour l'acier non allié ($20 \mu\text{g an}^{-1}$), le zinc ($1,1 \mu\text{g an}^{-1}$) et la pierre à chaux ($8 \mu\text{g an}^{-1}$). Ces niveaux étaient fréquemment dépassés dans les zones urbaines. Les taux de corrosion de fond, acceptables et maximum ont été définis pour trois matériaux appartenant au patrimoine culturel (l'acier non allié, le zinc et la pierre à chaux). Les sites de surveillance ont été classés en trois groupes, selon que le niveau d'un ou de plusieurs de ces trois matériaux était ou non dépassé.

G. Évaluation des impacts sur la santé

45. Les estimations des effets sanitaires reposent sur des modèles et/ou des mesures de la charge corporelle des polluants. Les fonctions exposition-réaction déterminées dans le cadre des études épidémiologiques ou toxicologiques sont également utilisées.

46. Les pics de O₃ ont diminué en Europe. Toutefois, dans l'UE, environ 21 000 décès prématurés sont imputés chaque année à l'exposition à l'O₃. Aucune diminution de ces effets n'est attendue dans les dix prochaines années.

47. Les effets des PM sur la santé sont définis comme la diminution de l'espérance de vie. Dans l'UE, la diminution de l'espérance de vie a, en moyenne, été estimée à 8,6 mois, avec des moyennes nationales oscillant entre 3,1 et 13,6 mois.

48. En dépit de la baisse des émissions de Cd, l'accumulation s'est poursuivie et aucune baisse de la charge corporelle de Cd n'a été observée. Une diminution importante de la charge corporelle de Pb a été relevée, due principalement à la généralisation de l'essence sans plomb. Les concentrations atmosphériques de Pb avaient diminué, mais il existait encore des risques, principalement dus aux sources locales. Les effets se produisent à travers les sols et la

végétation, ou par dépôt direct sur les cultures. Les dépôts de Hg avaient diminué, mais pas sa concentration dans les poissons.

49. Un certain nombre de POP, tels que le dichloro-diphényl-trichloroéthane (DDT), les hexachlorobenzène (HCB) et les polychlorodibenzo-p-dioxines et les dibenzofuranes (PCDD/PCDF) peuvent, par le biais du transport à longue distance, continuer à engendrer une exposition humaine et les effets sanitaires associés.

V. CONCLUSIONS

50. Depuis le début des années 80, le Groupe de travail des effets offre un cadre unique, à la fois fondé scientifiquement et orienté vers l'action, de surveillance et de recherche approfondies sur les effets de la pollution atmosphérique. Ces travaux, qui reposent en grande partie sur l'observation, ont permis d'en savoir plus sur les effets directs de la pollution atmosphérique d'une multiplicité de récepteurs en Europe et en Amérique du Nord. Les études ont été mises à profit pour identifier les impacts potentiels et évaluer les risques, à une époque où la surveillance et la modélisation ne pouvaient être envisagées en raison de leurs coûts élevés, de méthodes non encore au point ou d'autres considérations.

51. La modélisation des effets et des risques est devenue un outil important, en liaison étroite avec les modèles d'évaluation intégrée. En particulier, l'évaluation des risques à partir des charges critiques a été grandement facilitée par l'établissement de liens quantitatifs avec les effets observés. Des modèles, des systèmes de modèles et des méthodes sophistiqués permettent désormais d'évaluer simultanément plusieurs polluants et leurs effets, et d'en prévoir l'évolution à long terme.

VI. DÉFIS

52. La surveillance de récepteurs multiples sur une multiplicité de sites a apporté des connaissances à long terme concernant les effets néfastes de la pollution atmosphérique. Il faut poursuivre les efforts entrepris pour faire connaître les principaux résultats de la surveillance et de l'évaluation, afin de faciliter la réalisation de modèles d'évaluation intégrée. L'étude des effets est le seul moyen d'évaluer l'efficacité et la suffisance des politiques de réduction des émissions. Il faut par conséquent continuer à rendre compte périodiquement du niveau, de l'ampleur et de l'évolution des effets de la pollution atmosphérique.

53. La surveillance a permis d'établir avec certitude l'existence de divers effets néfastes. Reste toutefois à confirmer les relations de cause à effet pour l'ensemble des zones surveillées et modélisées. En particulier, les risques liés à l'eutrophisation méritent que des améliorations soient apportées à l'évaluation des principaux processus touchant à l'azote et de leurs liens avec les effets observés.

54. Les activités sur les effets ont permis d'identifier les ressources les plus exposées. Il faut poursuivre l'amélioration des inventaires, particulièrement dans les secteurs intéressant plus spécifiquement la région de la CEE.

55. Certains effets néfastes de la pollution atmosphérique peuvent, à l'image des graves effets de l'O₃ sur la santé, apparaître presque immédiatement, alors que d'autres, tels que l'évolution

des espèces liée à des dépôts excessifs d'azote pendant des périodes prolongées, ne peuvent survenir qu'après plusieurs dizaines d'années. Le travail d'évaluation du niveau et de l'ampleur des effets doit porter davantage sur les liens entre les polluants atmosphériques et les charges critiques calculées ou déterminées de façon empirique, y compris leur dépassement, notamment l'évolution au fil du temps.

56. La collecte et l'analyse des données de surveillance renferment toujours un certain degré d'incertitude, au même titre que la construction et l'utilisation de modèles. La présence de certains polluants a été réduite. La solidité ou la fiabilité des conclusions des études n'en est que plus importante. Les programmes en charge des effets doivent continuer à coopérer aux travaux sur les modèles d'évaluation intégrée, afin de produire des données quantitatives concernant le degré de pérennité des effets de la pollution atmosphérique.

57. De nouvelles évaluations permettront peut-être d'harmoniser davantage les aspects techniques des activités de surveillance et de modélisation, de sorte que la Convention puisse disposer plus aisément de l'information et des connaissances requises. Le projet de lignes directrices sur la façon de rendre compte des travaux de surveillance et de modélisation des effets de la pollution atmosphérique, actuellement en cours de préparation, pourrait contribuer à améliorer la surveillance des activités consacrées aux effets.

58. Les activités sur les effets menées dans le contexte de la Convention ont, pour une bonne part, eu lieu dans les pays industrialisés appartenant à la CEE. La collaboration avec les pays de l'EOCAC et d'Europe du Sud-Est devra être renforcée pour prendre en compte le rôle croissant du transport à longue distance des polluants atmosphériques et répondre aux besoins prioritaires de ces pays s'agissant de la réduction des impacts. Il faut encourager toutes les Parties à participer aux réunions organisées dans le contexte de la Convention et inciter les pays de l'EOCAC et d'Europe du Sud-Est à soumettre des données sur les effets de la pollution atmosphérique.
