NATIONS
UNIES

E

Conseil économique
et social

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/EB.AIR/WG.1/2008/7
11 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 4 de l'ordre du jour provisoire

DERNIERS RÉSULTATS ET ÉTAT ACTUEL DES CONNAISSANCES
SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

SUIVI DES EFFETS DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE TRANSFRONTIÈRE À LONGUE DISTANCE SUR LES EAUX DE SURFACE EN EUROPE ET EN AMÉRIQUE DU NORD DEPUIS 1985

Rapport du Centre du Programme international concerté d'évaluation et de surveillance de l'acidification des cours d'eau et des lacs (PIC-Eaux)

INTRODUCTION

1. Le Programme international concerté d'évaluation et de surveillance de l'acidification des cours d'eau et des lacs (PIC-Eaux) a été créé en juillet 1985 sous l'égide du Groupe de travail des effets par l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. Depuis sa création, le PIC-Eaux a joué un rôle important dans la documentation des effets de la mise en œuvre des Protocoles se rapportant à la Convention. Nombre d'évaluations et de comptes rendus d'ateliers, de rapports et de publications consacrés aux effets de la pollution de l'air à longue distance ont été publiés pendant cette période. Le présent rapport résume les principaux résultats de ces travaux, présentés ici conformément au point 3.3 du plan de travail 2008 pour la mise en œuvre de la Convention (ECE/EB.AIR/91/Add.2) adopté par l'Organe exécutif à sa vingt-cinquième session.

GE.08-24028 (F) 290808 010908

I. PRINCIPAUX RÉSULTATS

A. Les lacs et les cours d'eau manifestent des signes clairs de régénération en réponse à la diminution des dépôts d'acides

2. La qualité des eaux de surface dans les régions sensibles à l'acidification s'est fortement améliorée en Europe et en Amérique du Nord depuis les années 80. La tendance constante à la régénération chimique (baisse des concentrations de sulfates (SO_4) (fig. 1) et l'augmentation du pH et de la salinité observée sur un grand nombre de sites constituent la meilleure preuve que les programmes de lutte contre les émissions ont les effets escomptés. Les données de surveillance du PIC-Eaux indiquent que la diminution des dépôts acides se traduit par une amélioration de la qualité de l'eau dans la plupart des régions. Dans de nombreuses régions, celle-ci est désormais suffisante pour permettre le retour des espèces de poissons, d'invertébrés et de moules sensibles à l'acidification.

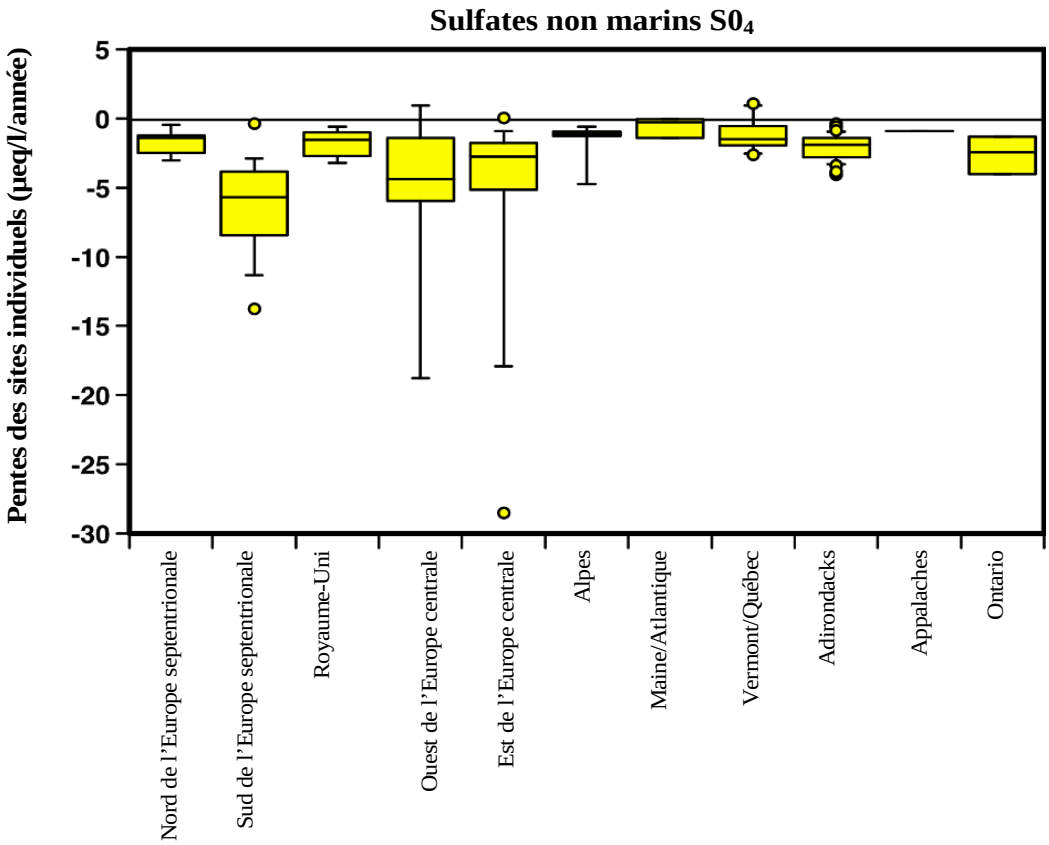

Figure 1. Rectangles et lignes verticales (filiformes) indiquant les pentes des tendances des concentrations de sulfates (SO_4) (en µeq/l/année) au cours de la période 1994-2004 dans diverses régions d'Europe et d'Amérique du Nord. Les valeurs sont calculées en soustrayant les quantités rejetées sous forme de traces provenant des pulvérisations de sels marins contribuant aux dépôts de soufre (S). Chaque rectangle décrit l'intervalle des pentes (du 25e au 75e centile, une ligne horizontale signalant la valeur médiane). Les lignes verticales (filiformes) indiquent l'intervalle des données comprises entre le quartile supérieur plus 1,5 fois l'écart interquartile et le quartile inférieur moins 1,5 fois l'écart interquartile. Les points représentent les valeurs atypiques.

B. La régénération biologique est lente et n'est pas très étendue

3. Les activités de surveillance biologique du PIC-Eaux portent principalement sur les espèces invertébrées sensibles à l'acidification. L'amélioration de la qualité chimique de l'eau s'est traduite par une régénération des biotes aquatiques au Canada, en République tchèque, dans les pays nordiques et au Royaume-Uni. Dans les régions les plus touchées par l'acidification en Europe, il est plus difficile de trouver des signes de régénération biologique, peut-être parce que la qualité de l'eau ne s'est pas suffisamment améliorée pour permettre une régénération biologique étendue. Le manque d'exemples documentés de régénération biologique est dû à la fois à la nature dynamique des réactions biologiques et au manque de données appropriées de surveillance à long terme.

C. Absence claire de régénération chimique dans certaines régions

4. Malgré une diminution des dépôts de SO_4, certaines régions n'enregistrent pas de diminution des concentrations de SO_4 dans les eaux de surface ni d'amélioration de la qualité de l'eau. Les Blue Ridge Mountains en Virginie (États-Unis) et les montagnes du Harz en Allemagne constituent des exemples manifestes de ce phénomène. Les sols situés en grande profondeur et ayant une grande capacité d'absorption du SO_4 prédominent sur ces sites et les concentrations de SO_4 dans les eaux de surface résultent de la désorption du soufre qui s'y est déposé au cours des dernières décennies.

D. Les tendances à long terme de la présence de nitrates dans les eaux de surface sont mal comprises

5. On n'a pas assisté à une diminution générale des dépôts d'azote (N) semblable à celle des dépôts de soufre. La plus grande partie de l'azote est retenue dans les sols et la végétation et n'est pas lessivée. Le nitrate (NO_3) présent dans les eaux de surface affiche des tendances positives, négatives ou neutres, contrairement à la tendance à la baisse du SO_4, dont l'évolution dépend fortement de celle des dépôts de soufre dans la majeure partie de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Certaines données indiquent une réduction des concentrations de NO_3 dans les régions où les dépôts d'azote ont diminué (fig. 2). Ailleurs, les tendances du NO_3 dans les eaux de surface semblent liées au climat, au développement des forêts ou à la saturation de l'azote, ou ne sont tout simplement pas comprises. Les écosystèmes sensibles à l'acidification sont continuellement enrichis d'azote, ce qui accroît les risques d'acidification et d'eutrophisation futures dues au ruissellement de NO_3.

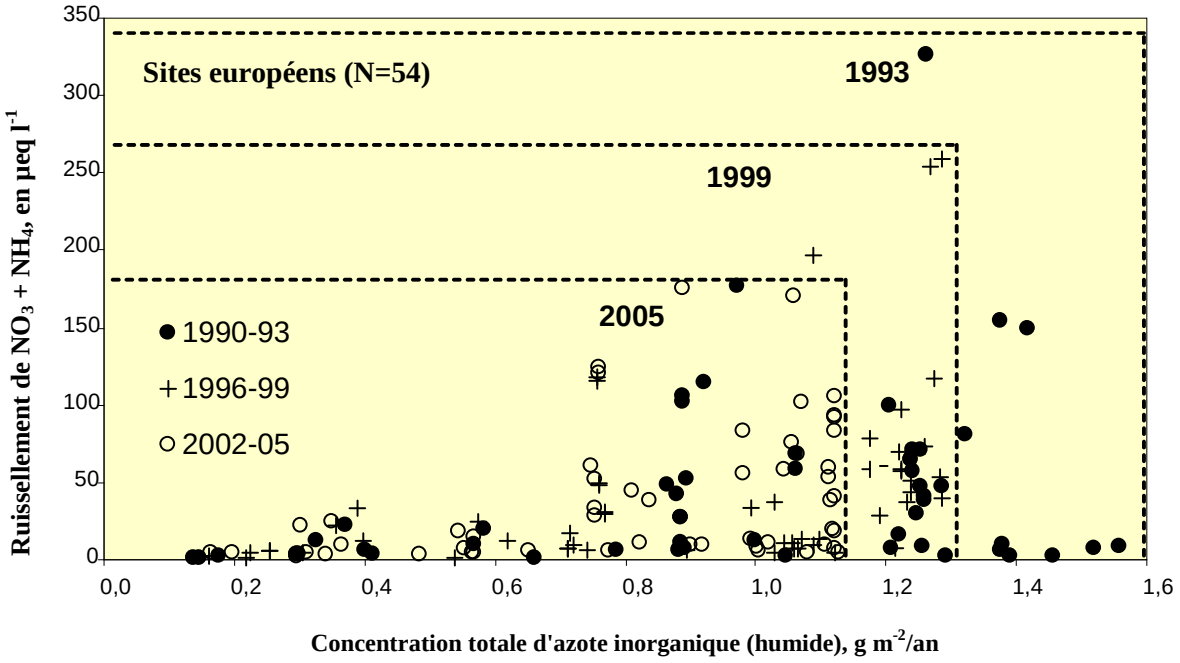

Figure 2. Concentration totale d'azote dans le ruissellement (somme des NO_3 et de l'ammoniac (NH_4)) (en µeq l^{-1}) et dépôt total d'azote inorganique (en g m^{-2} an^{-1}) pour 54 sites européens du PIC-Eaux en 1990-1993, 1996-1999 et 2002-2005 (données relatives aux dépôts seulement pour 2002-2003). Les lignes pointillées indiquent la progression des valeurs maximales des dépôts d'azote inorganique et des concentrations totales d'azote inorganique dans le ruissellement (NO_3 + NH_4) au cours du temps.

E. L'accroissement des concentrations de carbone organique dissous est lié à la diminution des dépôts de soufre

6. Les tendances enregistrées pour le carbone organique dissous (COD) ont été positives dans presque tous les sites du PIC-Eaux d'Amérique du Nord et d'Europe à partir du début des années 90, en particulier dans les régions où les dépôts acides ont été importants. Cela a conduit à un brunissement significatif de la surface des eaux. La vaste base de données constituée par le PIC-Eaux en vue d'évaluer les tendances du COD représente la plus vaste étude à l'échelle régionale (plus de 500 lacs et cours d'eau dans le nord de l'Europe et en Amérique du Nord) sur la question (fig. 3). Les tendances du COD sont liées à la baisse des charges de SO_4 dans l'atmosphère. Le brunissement des eaux est donc un signe de régénération de l'écosystème. Dans les régions proches des côtes, les dépôts de sels marins influencent également les concentrations et les tendances du COD.

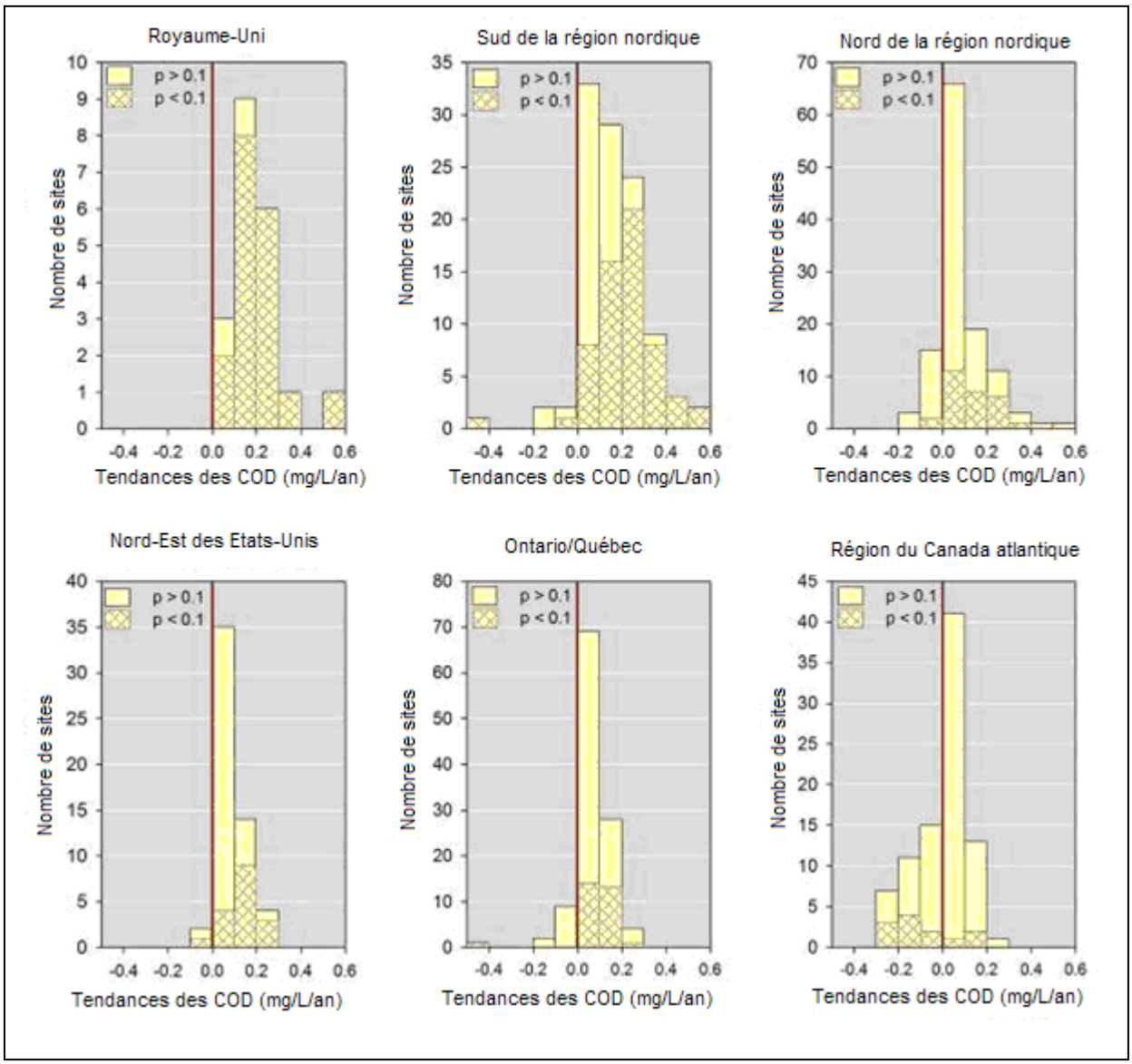

Figure 3. Les histogrammes représentant l'ampleur (et l'importance) des tendances du COD pour la période 1990-2004 dans les différentes régions d'Europe (tableaux supérieurs) et d'Amérique du Nord (tableaux inférieurs). Les barres indiquent le nombre total de sites pour chaque type de tendance; les parties hachurées des barres représentent les tendances significatives, soit $p < 0{,}10$. Dans toutes les régions, sauf au Canada atlantique, les tendances sont dominées par des pentes positives. Au Royaume-Uni, dans le sud de la région nordique et au nord-est des États-Unis, ces tendances sont le plus souvent significatives.

F. Les charges critiques modélisées pour les eaux de surface sont corroborées par les données du Programme

7. Les charges critiques pour les dépôts de composés acidifiants dans les eaux de surface ont été modélisées et reflètent la sensibilité des captages aux dépôts acides. Le calcul de la différence entre la charge critique et la charge enregistrée de dépôts de soufre détermine la valeur du dépassement de la charge critique. Cette valeur peut être positive (la charge de dépôts acides est trop élevée par rapport à la tolérance à l'acidité de l'eau) ou négative (pas de dépassement). Les mesures de la composition chimique de l'eau des lacs sur les sites du PIC-Eaux indiquent que la capacité de neutralisation de l'acide (CNA) des lacs est proportionnelle au dépassement de la charge critique calculée (fig. 4). Dans les lacs où l'on n'enregistrait pas de dépassement, la CNA était généralement supérieure à la limite critique inférieure. En revanche, dans les lacs où les charges critiques étaient dépassées, la CNA était généralement inférieure à la limite critique inférieure. La concordance entre la composition chimique de l'eau observée empiriquement et les charges critiques modélisées indique que l'évaluation des charges critiques pour les eaux de surface se fonde sur des bases empiriques fiables.

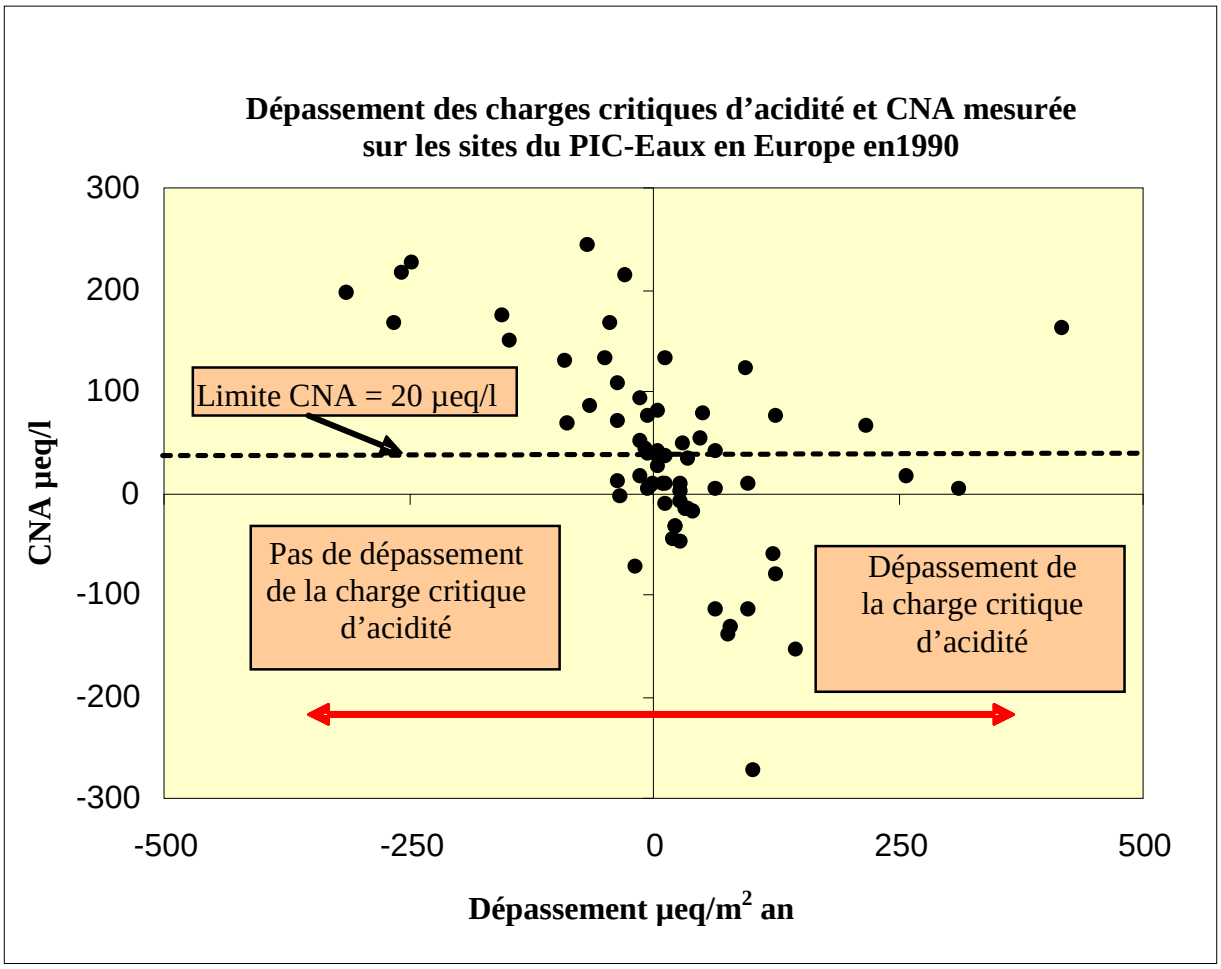

Figure 4. Dépassement de la charge critique d'acidité (en meq m^{-2} an^{-1}) et CNA (en µeq l^{-1}) en 1990 sur les sites du PIC-Eaux en Europe. Les sites situés dans le rectangle inférieur droit enregistrent des dépassements de charge critique et une CNA inférieure à la limite (CNA_{limit}). Les charges critiques ne sont pas dépassées sur les sites représentés dans le rectangle supérieur gauche, et la CNA est supérieure à CNA_{limit}. Les sites qui se trouvent dans ces deux rectangles ont enregistré les valeurs prévues pour la charge critique, le dépassement et la réaction de la chimie de l'eau. Les sites situés dans le rectangle supérieur droit ont enregistrés des dépassements mais leur CNA est supérieur à CNA_{limit}. Il se peut que la réaction aux dépôts de soufre soit retardée sur ces sites.

G. De nombreux sites en Europe continueront d'être touchés par l'acidification après 2010

8. La régénération chimique de nombreux sites du Pic-Eaux ne sera pas suffisante pour assurer leur régénération biologique d'ici à 2010, selon les modèles dynamiques de l'acidification. Le calcul des charges critiques pour les composés acidifiants est l'une des principales activités menées dans le cadre de la Convention. Les modèles dynamiques viennent compléter les modèles utilisant les charges critiques fixes dans la mesure où ils permettent de prévoir le temps nécessaire à la régénération chimique liée aux réductions des émissions. Ils peuvent également être employés pour déterminer les niveaux de dépôts requis pour obtenir, dans un délai donné, un état chimique cible déterminé dans les eaux de surface et sont donc directement utilisés pour déterminer quelles futures réductions des émissions seront nécessaires pour protéger les écosystèmes aquatiques. Le PIC-Eaux mettra à profit les compétences de son réseau pour appuyer des travaux de modélisation entrepris en vertu de la Convention et évaluer les possibilités d'appliquer la modélisation dynamique aux eaux de surface en Europe et en Amérique du Nord.

H. Les changements climatiques auront un impact sur l'acidification et la régénération

9. L'évolution future en matière de régénération suite à une diminution de l'acidification peut être influencée par un certain nombre de facteurs autres que les émissions de composés acidifiants. En particulier, les changements climatiques peuvent avoir une influence significative sur l'évolution des écosystèmes terrestres et aquatiques, sous la forme de sécheresses plus fréquentes et de pics de précipitations plus élevés, de tempêtes plus fréquentes (et donc de dépôts de sels marins plus importants) et de températures plus élevées. Les séries de données à long terme montrent que les épisodes de dépôts de sels marins retardent de plusieurs années la régénération biologique. Le niveau de rétention de l'azote (N) dans un climat plus chaud, et, partant, l'incidence future de cet élément sur l'acidification des eaux de surface, font planer une grande incertitude sur le processus de désacidification.

I. Des métaux lourds et des polluants organiques persistants peuvent être présents dans le poisson, les sédiments et les eaux dans les régions reculées

10. En général, les concentrations de métaux lourds sur les sites du PIC-Eaux qui ne sont pas influencés par les sources de pollution locale sont faibles. Toutefois, on enregistre sur un certain nombre de sites des concentrations de métaux lourds supérieures à la limite critique établie par les directives nationales (par exemple suédoises) relatives aux effets supposés de ces niveaux sur les biotes aquatiques. Le nombre de sites du PIC-Eaux ne permet pas d'effectuer une évaluation géographique complète des niveaux de métaux lourds dans les eaux de surface en Europe et en Amérique du Nord.

11. Les résultats d'une évaluation des niveaux de polluants organiques persistants (POP) dans l'environnement aquatique confirment les études réalisées précédemment indiquant que les processus de distillation atmosphérique à l'échelle mondiale (également appelé «effet sauterelle» ou de répercussion) sont à l'origine des concentrations élevées de contaminants dans les poissons des régions arctiques ou alpines. Il existe très peu de sites pour lesquels on dispose de données concernant ces tendances, mais on constate généralement une diminution des niveaux des POP plus anciens (c'est-à-dire de tous les POP recensés par la Convention de Stockholm sur les POP et la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance). Les niveaux de certaines substances étudiées depuis peu, telles que les agents ignifuges bromés (pentabromodiphényléther ou PBDE) et le sulfonate de perfluorooctane (PFOS) sont probablement en hausse.

J. Base de données de haute qualité rassemblant des données à long terme provenant de 200 sites pour les eaux de surface dans 16 pays

12. Les eaux de surface réagissent beaucoup plus que les sols ou la végétation terrestre aux changements touchant le transport à longue distance des polluants acidifiants. Les lacs et les cours d'eau présentent aussi l'intérêt de réagir à l'échelle de tout le bassin hydrographique. Le réseau du PIC-Eaux couvre une vaste région géographique et a établi des séries de données à long terme (dix à vingt ans) pour plus de 200 sites. Il est donc en mesure de suivre les changements qui résultent de l'application des protocoles. Les séries de données complètes à long terme provenant des sites de surveillance de fond dans les écosystèmes (semi-)naturels établies par le PIC-Eaux sont également utiles pour détecter les effets des changements climatiques et mondiaux. Ces données sont, et seront, utilisées pour élaborer des modèles de l'acidification et de la régénération du point de vue chimique et biologique.

K. Méthodes harmonisées et contrôle de qualité

13. Chaque pays fournit les données recueillies par ses programmes de surveillance. Un contrôle de qualité entre laboratoires est nécessaire pour identifier clairement les biais des analyses effectuées par chacun et en tenir compte. Ces biais peuvent être dus à l'utilisation de différentes méthodes d'analyse, à des erreurs d'étalonnage, ou à un contrôle de qualité inapproprié. Le nombre de laboratoires a augmenté, passant de 9 en 1987 à 72 répartis dans 28 pays en 2007, lors de la vingt et unième comparaison internationale de la chimie des eaux de surface. Cette comparaison a

confirmé que les résultats sont généralement comparables d'un laboratoire à l'autre. L'objectif de l'interétalonnage biologique annuel est d'évaluer la qualité de l'identification taxonomique. Le onzième interétalonnage biologique a été effectué en 2007. Douze laboratoires y participent de manière régulière.

L. Les données de surveillance établissent la vérité sur le terrain

14. Les données de surveillance à long terme sont à la base de toutes les activités du PIC-Eaux. Ce sont sur ces données que reposent tous les travaux de modélisation, tels que la modélisation des charges critiques. Il est indispensable de continuer les programmes nationaux de surveillance des effets de la pollution sur les écosystèmes pour disposer d'informations fiables concernant l'impact des mesures prises en vue de réduire la pollution de l'air.

II. DÉFIS POUR L'AVENIR

15. Depuis plus de vingt ans, le PIC-Eaux fournit des données empiriques fiables et réalise des recherches de grande qualité établissant les fondements scientifiques des politiques générales visant à réduire les émissions de polluants acidifiants. Le PIC-Eaux a participé à l'examen de plusieurs protocoles se rapportant à la Convention, en particulier des deux Protocoles relatifs aux réductions des émissions de soufre de 1985[1] et 1994[2] et du Protocole de Göteborg de 1999[3]. Il a également contribué à l'examen du Protocole de 1998 relatif aux métaux lourds. L'avenir du PIC-Eaux est étroitement lié à la nécessité de disposer d'informations permettant de mieux comprendre les effets des protocoles mis en œuvre et d'élaborer de nouveaux protocoles, notamment de poursuivre la révision en cours du Protocole de Göteborg. Ces informations se répartissent en plusieurs catégories.

A. Acidification future des eaux de surface

16. On prévoit actuellement de nouvelles réductions importantes des émissions d'azote en Europe, mais pas des émissions de soufre. En Amérique du Nord, les émissions continueront de baisser, mais probablement moins rapidement qu'au cours des dernières décennies. Il est important de noter que de nombreux lacs et cours d'eaux dans le sud de la Norvège, le sud de la Suède, les Tatras en Slovaquie, les Alpes italiennes, et le sud des Pennines au Royaume-Uni, ainsi que dans certaines régions de l'est des États-Unis et du Canada sont toujours touchés par une acidification des eaux de surface suffisamment forte pour porter atteinte aux biotes. La modélisation dynamique de l'acidification laisse supposer que ces régions continueront à être sujettes à l'acidification à l'avenir. Il est important que le PIC-Eaux continue de sensibiliser l'opinion au problème de l'acidification dans ces régions.

---

[1] Protocole d'Helsinki de 1984 relatif à la réduction des émissions de soufre ou de leurs flux transfrontières d'au moins 30 %.

[2] Protocole d'Oslo de 1994 relatif à une nouvelle réduction des émissions de soufre.

[3] Protocole de Göteborg de 1999 relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique.

17. Les effets des dépôts d'azote resteront une source de préoccupation. Les difficultés actuelles concernant les prévisions de la rétention de l'azote, et les multiples facteurs confondants (acidification, climat, variabilité naturelle) affectant le cycle de l'azote permettent de penser que l'azote restera une incertitude majeure en ce qui concerne la régénération future des eaux de surface touchées par l'acidification. Une grande partie des travaux du PIC-Eaux sur les effets de l'azote ont été consacrés à l'acidification. Étant donné que l'azote est aussi un élément nutritif, des dépôts élevés d'azote peuvent également perturber les communautés biologiques aquatiques dans des lacs oligotrophes (pauvres en éléments nutritifs). Le PIC-Eaux examinera prochainement ce problème.

B. Réaction biologique

18. Les travaux futurs devraient également comprendre des études des réactions biologiques dynamiques dans le contexte du processus de régénération. L'amélioration à large échelle de la qualité des eaux de surface au cours des quinze à vingt dernières années devrait se traduire par une régénération biologique. Jusqu'à présent, toutefois, il y a relativement peu d'exemples documentés de la régénération biologique. Cela peut s'expliquer par la nature dynamique de la réaction biologique, mais aussi par un manque de données appropriées de surveillance à long terme. Le PIC-Eaux poursuivra ses travaux visant à élaborer des modèles de la réaction biologique pour évaluer la régénération. Dans le cadre de ces travaux, la continuation des activités de surveillance biologique et chimique sur les mêmes sites est essentielle.

C. Modèles dynamiques et charges critiques

19. La cartographie des charges critiques pour les polluants acidifiants constitue une activité essentielle au titre de la Convention. Les modèles dynamiques viennent compléter la méthode des charges critiques dans la mesure où ils permettent de prévoir le temps nécessaire à la régénération chimique consécutive aux réductions des émissions. Ils peuvent également être employés pour déterminer le niveau de dépôts permettant de parvenir dans un délai donné à un état chimique cible et sont donc directement utiles pour déterminer les futures réductions nécessaires des émissions. Le PIC-Eaux peut mettre à profit les compétences dans le cadre de son réseau pour appuyer les travaux de modélisation entrepris en vertu de la Convention et pour évaluer les possibilités d'appliquer la modélisation dynamique aux eaux de surface en Europe et en Amérique du Nord. Il dispose également de la plupart des données nécessaires pour effectuer l'étalonnage de ce type de modèles.

D. Métaux lourds et POP

20. Les métaux lourds (en particulier le plomb, le cadmium et le mercure) et les POP présents dans la pollution à longue distance n'ont pas encore été étudiés avec la même attention que les polluants acidifiants. À l'avenir, le PIC-Eaux envisage d'élaborer des recommandations en ce qui concerne les activités de surveillance et le calcul des relations doses-réponses, et de participer aux travaux concernant les méthodes fondées sur les effets pour ces substances.

E. Effets des changements climatiques et d'autres facteurs inconnus

21. L'évolution future en matière de régénération suite à une diminution de l'acidification peut être influencée par un certain nombre de facteurs confondants. On estime généralement que le climat est entré dans une phase d'évolution à long terme dont la direction et l'ampleur pourraient avoir une influence notable sur le comportement des écosystèmes terrestres et aquatiques. Les activités de surveillance futures, en particulier en combinaison avec l'utilisation des modèles dynamiques, joueront un rôle important dans la compréhension des effets des changements climatiques et d'autres facteurs inconnus sur l'acidification et les émissions de métaux lourds et de POP.

F. Contribution à d'autres politiques de l'environnement

22. Les travaux du PIC-Eaux, les activités actuelles de surveillance des eaux et les importantes bases de données portant sur de longues séries temporelles fournissent aux pays participants des informations importantes sur l'environnement, qui peuvent contribuer à l'élaboration de politiques nationales et internationales sur l'environnement. Par exemple, dans la région de la CEE, des mesures telles que la Directive-cadre relative à l'eau, la Directive sur la biodiversité et la Directive sur les habitats de l'Union européenne peuvent bénéficier des travaux du PIC-Eaux. Celui-ci peut également jouer un rôle dans les travaux entrepris dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et du Protocole de Kyoto s'y rapportant.

G. Facteurs de succès

23. Le succès futur du PIC-Eaux est lié aux facteurs qui ont conduit à son succès dans le passé: a) la collecte et la présentation de données de haute qualité provenant de nombreux pays; b) les contacts étroits qu'il entretient avec les décideurs politiques et d'autres PIC; et c) une bonne collaboration scientifique au sein du programme ainsi qu'avec d'autres projets internationaux et réseaux de surveillance. Le Centre du programme du PIC-Eaux a constaté que le succès de ce programme repose sur la rigueur scientifique et le dynamisme de l'Équipe spéciale, sur les objectifs ciblés et la gestion cohérente du programme, l'évaluation fréquente des données, le manuel détaillé du programme et de fréquentes comparaisons entre laboratoires.

24. La poursuite des programmes nationaux de surveillance qui communiquent leurs données au PIC-Eaux et les opérations annuelles d'interétalonnage chimique et biologique sont essentielles, et elles demeurent les activités les plus importantes inscrites à son programme de travail futur.