



**Conseil économique
et social**

Distr.
GÉNÉRALE

ECE/EB.AIR/WG.1/2006/15
ECE/EB.AIR/GE.1/2006/13
11 juillet 2006

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-cinquième session
Genève, 30 août-1^{er} septembre 2006
Point 5 x) de l'ordre du jour provisoire

Organe directeur du Programme concerté de surveillance
continue et d'évaluation du transport à longue distance
des polluants atmosphériques en Europe (EMEP)
Trentième session
Genève, 4-6 septembre 2006
Point 4 a) de l'ordre du jour provisoire

**ATELIER SUR LES RELATIONS DE CAUSALITÉ FAISANT INTERVENIR
L'AZOTE DANS LA SÉQUENCE DE RÉACTIONS***

Rapport établi par les organisateurs avec le concours du secrétariat

INTRODUCTION

1. L'Atelier sur les relations de causalité faisant intervenir l'azote dans la séquence de réactions a eu lieu du 21 au 23 novembre 2005 à Braunschweig (Allemagne). Il était organisé par COST Action 729 sous l'égide de la Fondation européenne de la science (FES).

* Ce document a été soumis à la date indiquée ci-dessus en raison de retards survenus dans la procédure.

2. Y ont assisté 40 experts des Parties suivantes à la Convention: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Finlande, France, Italie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni, Suède et Suisse. La Commission européenne, les programmes internationaux concertés PIC-Forêts, PIC-Eaux et PIC-Végétation, le Centre de synthèse météorologique-Ouest de l'EMEP (CSM-O) et le secrétariat de la CEE étaient représentés.

I. OBJECTIFS DE L'ATELIER

3. L'Atelier avait pour objet d'évaluer l'état des connaissances concernant les relations de causalité dans le cycle de l'azote. Une meilleure compréhension de ces relations et une moindre incertitude à ce sujet permettraient d'élaborer des politiques intégrées plus efficaces.

4. Les questions suivantes ont été abordées:

a) Quel est l'état des connaissances concernant les relations de cause à effet?

b) Dans quelle mesure pouvons-nous comprendre les différentes parties de l'enchaînement causal?

c) Dans quelle mesure pouvons-nous modéliser cet enchaînement et à quelle échelle? Les résultats sont-ils adaptés aux modèles d'évaluation intégrée?

d) Quelles sont les mesures à prendre aux fins de la recherche, de l'expérimentation et de la mise au point de modèles?

5. M. J. W. Erisman (Pays-Bas) a ouvert l'Atelier. Il en a brièvement fait l'historique et présenté les principaux objectifs.

II. CONCLUSIONS

6. Les participants ont noté que l'azote jouait un rôle majeur dans bon nombre de problèmes d'environnement. Dans la plupart des cas, cette substance était un facteur important mais non dominant. La production anthropique d'azote réactif, qui incluait l'azote inorganique (par exemple, l'ammoniac (NH_3), l'ammonium, les oxydes d'azote (NO_x)) et l'azote organique (par exemple, l'urée, les amines, les protéines), dans le cycle biogéochimique, conduisait à une exposition accrue aux polluants atmosphériques (oxydes d'azote, particules, azote organique contenant des agents toxiques), à la pollution de l'eau (nitrates), à l'acidification, à l'eutrophisation, à des modifications de la composition spécifique des écosystèmes terrestres et aquatiques, aux changements climatiques et à l'altération de la couche d'ozone stratosphérique. Outre ces effets, l'azote réactif était susceptible d'agir en cascade dans l'environnement, en ayant des effets différents dans le temps.

7. Les participants ont établi un récapitulatif des connaissances et informations actuelles sur les effets liés à la pollution atmosphérique par l'azote en Europe (voir l'annexe). Dans l'ensemble, l'observation des effets, fondée sur des relations empiriques entre les modifications du cycle de l'azote et l'impact, était suffisante, voire bonne. En raison de la complexité des systèmes et des nombreuses interactions, le degré de compréhension et la modélisation des processus laissaient à désirer.

8. Les participants à l'Atelier n'ont pas été en mesure de proposer des indicateurs ou des seuils bien définis pour l'élaboration de modèles d'évaluation intégrée. Ils disposaient néanmoins de modèles (dynamiques) pour la végétation naturelle ou semi-naturelle de l'Europe du Nord-Ouest et de modèles pour les écosystèmes d'eau douce. Les connaissances se limitaient aux facteurs déterminants (dépôts, lessivage des nitrates et cycles de l'azote par exemple) dans les différents systèmes, aux différents rôles de l'azote réduit et de l'azote oxydé, aux mécanismes de rétroaction et au lien avec d'autres cycles biogéochimiques.

9. Les participants sont convenus que les émissions des principales sources isolées d'azote réactif pouvaient être évaluées et modélisées. Ils ont estimé que l'agriculture était la source d'émissions la plus complexe concernant tant la compréhension des processus responsables de la production (nette) et de l'émission de composés azotés que les mesures antiémissions envisageables, leur coût et leur efficacité. C'était le secteur le plus important s'agissant des émissions d'ammoniac, qui égalaient les émissions d'oxydes d'azote provenant du secteur de l'énergie. Les sources agricoles étaient responsables de 10 % des émissions de gaz à effet de serre (méthane et oxyde nitreux (N₂O)) et de 66 % des émissions d'oxyde nitreux en Europe.

10. Les participants ont noté que les mesures de lutte contre les émissions d'ammoniac, d'oxyde nitreux et de nitrates comprenaient des mesures d'ordre nutritionnel, la conception des bâtiments d'élevage et du stockage du fumier, les pratiques de fertilisation et la planification des cultures et de l'utilisation des terres. Il était nécessaire de mener une réflexion novatrice par branche d'activité, notamment d'optimiser le cycle de vie de l'azote (sur le plan de l'efficacité de l'azote), afin que ces mesures portent leurs fruits dans le cadre de politiques mieux intégrées. Puisque l'azote traversait en cascade les divers stades des systèmes de production agricole avant d'être finalement rejeté, des mesures d'atténuation à un stade précoce auraient des effets (positifs ou négatifs) sur les émissions aux stades ultérieurs. Ces interactions n'étaient pas toujours simples et devaient être évaluées au moyen d'un modèle de bilan massique. La généralisation dans le temps et dans l'espace s'imposait, en particulier pour les sources agricoles et les sources diffuses.

11. Les participants ont noté que l'azote passait facilement en cascade d'un milieu environnemental à l'autre, son état d'oxydation pouvant être modifié de nombreuses fois. L'azote pouvait être entreposé en divers endroits. Tant la quantité entreposée que la durée de stockage pouvaient varier. Les stocks comprenaient notamment l'azote organique présent dans les sols, les forêts (où le cycle de l'azote faisait intervenir l'absorption par les arbres, les feuilles, la couverture morte et le sol) et les sédiments des lacs, rivières et zones maritimes. Des déperditions d'azote au cours de la séquence de réactions pouvaient éventuellement se produire sous une forme gazeuse non réactive (diazote (N₂)) après dénitrification.

12. Les participants ont admis qu'il fallait évaluer les quantités entreposées, les temps de séjour et les déperditions d'azote réactif tout au long de cette cascade. La modélisation de l'azote nécessitait de meilleures descriptions du transport dans l'atmosphère aux différentes étapes et par le biais de l'échange atmosphère-biosphère, des échelles temporelles et spatiales et d'autres interactions (émission-concentration-dépôt, chimie). D'autres observations devaient aussi être faites pour comprendre les différents processus selon lesquels l'azote était transporté à travers le système (à savoir l'atmosphère, le sol, l'eau, la biosphère) et pour vérifier les modèles décrivant ces mécanismes de transport en vue de quantifier les flux totaux d'azote.

III. RECOMMANDATIONS

A. Effets

13. Les participants ont recommandé que des travaux de recherche soient effectués pour:

- a) Rassembler et faire connaître les sources de données de surveillance et de modélisation en vue d'élaborer des modèles, des indicateurs et des critères d'impact;
- b) Préciser davantage les effets majeurs, en fonction de seuils d'effet nocifs et d'indicateurs intermédiaires;
- c) Inventorier et faire connaître les relations dose-réaction existantes en se fondant sur des études de cas et des programmes de surveillance de grande ampleur;
- d) Comparer les modèles aux observations en vue de leur validation ultérieure et étudier les possibilités d'application à des échelles géographiques plus grandes.

14. Les participants ont recensé les priorités ci-après en matière de recherche dans l'optique d'impératifs de politique générale:

- a) Poursuivre l'élaboration de modèles permettant de relier l'état du sol à la biodiversité afin d'évaluer, pour des scénarios différents de dépôt, les tendances passées et à venir des modifications des espèces au niveau régional. Il faudrait pour cela élargir les travaux de surveillance et d'expérimentation en vue de fournir les données nécessaires pour comprendre les processus ainsi que pour construire et mettre à l'essai des modèles;
- b) Quantifier et élaborer des modèles qui admettent des interactions avec d'autres facteurs (ozone, émissions de gaz à effet de serre, changements climatiques, y compris l'augmentation du taux de dioxyde de carbone (CO₂), gestion de l'azote, par exemple dans les exploitations agricoles et dans les forêts, etc.), afin d'être en mesure d'interpréter et de prévoir des tendances spatiales et temporelles se manifestant dans les milieux écologiques;
- c) Quantifier les effets de rétroaction entre les composantes des écosystèmes, y compris les modifications de la diversité végétale (plus particulièrement des mousses et des lichens en raison de leur sensibilité), de la macro et de la microfaune, des microbes du sol, ainsi que les conséquences du point de vue du fonctionnement biogéochimique et de la résistance des écosystèmes aux contraintes;
- d) Dissocier les effets de l'azote oxydé de ceux de l'azote réduit dans tous les milieux écologiques;
- e) Élaborer, par étapes, un modèle d'évaluation intégrée des exigences de réduction des émissions, y compris des méthodes d'adaptation à plus grande échelle dans l'espace et dans le temps;
- f) Recenser les principales trajectoires dans l'enchaînement causal des émissions, du transport dans l'atmosphère et des effets sur des récepteurs donnés.

B. Émissions

15. Les participants ont recommandé que des travaux de recherche soient effectués pour:

a) Recueillir des données expérimentales de qualité en vue d'analyses statistiques et de la validation des modèles;

b) Relier les modèles dont les frontières sont bien définies et adapter les modèles réduits à une échelle régionale;

c) Regrouper les données de gestion agricole (gestion des exploitations par exemple) et les informations sur les possibilités de réduction des émissions;

d) Élaborer un modèle d'évaluation intégrée pour différents problèmes d'environnement et différents aspects socioéconomiques à des échelles spatiales et temporelles variables;

e) Mener une réflexion novatrice sur la production agricole et sur les possibilités d'atténuation à l'échelle régionale.

C. Transport et échange de surface

16. Les participants ont pris note des impératifs ci-après en matière de recherche:

a) Meilleure connaissance des sources d'émissions diffuses manquantes ou mal évaluées (émissions d'ammoniac provenant des cours d'eau, émissions d'oxyde nitreux provenant des marais, etc.);

b) Élargissement des études du bilan de l'azote à l'échelle du bassin;

c) Meilleure compréhension de l'état et de l'évolution des relations entre les émissions et les concentrations;

d) Étude des conséquences de l'adaptation à plus grande ou à plus petite échelle dans l'espace et dans le temps du cycle de l'azote;

e) Incorporation dans les modèles régionaux de mécanismes récemment observés, notamment les effets de la triade monoxyde d'azote-dioxyde d'azote-ozone dans le couvert végétal, les effets de la conversion gaz-particules au niveau de ce couvert, le point de compensation de l'ammoniac et la météorologie en tant que facteur déterminant dans les émissions d'azote, en particulier l'ammoniac.

Annexe

État des connaissances actuelles et degré de compréhension des effets liés à la pollution atmosphérique par l'azote en Europe (à l'exception des systèmes agricoles). L'échelle varie de l'élément non connu (--) à l'élément bien connu (++); la mention «Manuel» renvoie au «Manual on Methodologies and Criteria for Modelling and Mapping Critical Loads and Levels and Air Pollution Effects, Risks and Trends» de la Convention

Effet	Effet constaté	Niveau des processus	État de la modélisation	Indicateur d'impact	Valeur critique et indicateur	Échelles spatiale et temporelle	Lacunes dans les connaissances	Observations
Écosystèmes terrestres et diversité des espèces								
Végétation (semi-) naturelle (végétation semi-tempérée, forêt naturelle non productive)	++	+	+ charges critiques empiriques, +/- dynamique	- charges critiques empiriques et obtenues par simple bilan massique (Manuel); indicateurs qualitatifs (directives, listes rouges, etc.)	Charges critiques empiriques et obtenues par simple bilan massique; - aucun niveau quantitatif pour la protection de l'habitat	Principalement en Europe du Nord-Ouest et en Amérique du Nord; effet dans le temps déterminé par un apport intensif ou chronique	Application régionale; données manquantes pour l'Europe orientale, le Caucase et l'Asie centrale	Modélisation en cours, applications en suspens, validation requise
Microbes du sol	+	-	--	--	--	--	Modifications de la diversité dans le fonctionnement, la résistance et la capacité de récupération des écosystèmes	

Effet	Effet constaté	Niveau des processus	État de la modélisation	Indicateur d'impact	Valeur critique et indicateur	Échelles spatiale et temporelle	Lacunes dans les connaissances	Observations
Micro et macrofaune	+	+/- (- pour les processus)	-	Aucune évaluation	--	--	Recensement des effets directs et indirects (par exemple, dans la chaîne alimentaire)	
Qualité des sols								
Bilan nutritionnel	++	+	+	+ charges critiques pour les forêts (Manuel)	+ voir le Manuel	En fonction de la charge		Connu uniquement pour les forêts et peut-être pour les cultures; à étendre aux autres espèces
Acidification des sols	++	++	++	+ rapport des cations basiques à l'aluminium (Al), pH et [Al]	En abondance	Lente (de quelques décennies à un siècle); effets étendus dans l'espace		
Production des forêts	+ pour la croissance	+	+	+ rendement	Effet positif	Répartition complexe dans l'espace, rapide dans le temps		Interaction avec d'autres facteurs

Effet	Effet constaté	Niveau des processus	État de la modélisation	Indicateur d'impact	Valeur critique et indicateur	Échelles spatiale et temporelle	Lacunes dans les connaissances	Observations
Production de la végétation (semi-) naturelle	+/-	+/-	+/-	Oui, qualitatif	-	Rapide dans le temps		Nombreux systèmes employés pour la production peu intensive; adaptés à la quantification du piégeage du carbone
Sensibilité à divers phénomènes (gel, sécheresse, maladies, gestion)	+	+	+/-	Études de cas	-	Développement de la sensibilité au fil des années		Arbres et végétation; études de cas relatives aux effets nocifs (risque) sur les arbres
Eaux								
Eaux de surface	++	++	Nombreux modèles d'acidification; liens avec la biologie	pH et PNA pour l'acidité; également pour l'eutrophisation	Oui pour l'acidification; pour l'eutrophisation, varie suivant les pays visés par la Directive-cadre sur l'eau	Lent déroulement; données plus nombreuses pour l'Europe du Nord-Ouest	Application régionale; données provenant principalement de l'Europe du Nord-Ouest	Aussi biologique
Eau de mer	++	+						Compétence insuffisante du groupe

Effet	Effet constaté	Niveau des processus	État de la modélisation	Indicateur d'impact	Valeur critique et indicateur	Échelles spatiale et temporelle	Lacunes dans les connaissances	Observations
Climat								
Oxyde nitreux	++	+	++	Équivalents CO ₂	Inexistant			
Méthane	+/-	+/-	+/-	Équivalents CO ₂	Inexistant		Données provenant de régions, de sols et d'habitats plus nombreux	
Flux de dioxyde de carbone provenant de la matière organique du sol	+/-	+/-	-	CO ₂	-	Effets directs rapides; effets indirects lents (modification de la qualité de la couverture morte)	Les effets signalés sur la décomposition doivent être dûment vérifiés	
Particules fines	+	+	+	-	-			Lien avec d'autres aérosols secondaires

Note: Les problèmes de santé publique, notamment la présence de nitrates dans l'eau potable, la pollution atmosphérique, l'ozone et les oxydes d'azote, les particules fines et la production de pollen, étaient des questions dépassant les compétences du groupe et n'ont pas été examinées.
