NATIONS UNIES **E**

Conseil Economique et Social

Distr.
RESTREINTE

EB.AIR/WG.1/R.108
25 avril 1995

FRANCAIS
Original : ANGLAIS

COMMISSION ECONOMIQUE POUR L'EUROPE

ORGANE EXECUTIF DE LA CONVENTION SUR
LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE TRANSFRONTIERE
A LONGUE DISTANCE

Groupe de travail des effets
(Quatorzième session, Genève, 10-12 juillet 1995)
Point 4 de l'ordre du jour provisoire

CALCUL DES CHARGES CRITIQUES D'AZOTE NUTRITIF

Compte rendu succinct sur la constitution d'une bibliothèque des valeurs par défaut */

I. INTRODUCTION

1. L'atelier récent sur le calcul et l'établissement des cartes des charges critiques d'azote qui s'est tenu du 24 au 26 octobre 1994 à Grange-over-Sands (Royaume-Uni) a proposé une équation simple d'équilibre des masses sous la forme ci-après :

$$CL_{(N)nut}=N_{l\ (crit)}+N_{i(crit)}+N_{u(crit)}+N_{de(crit)}-N_{fix(crit)}+N_{fire(crit)}+N_{erode(crit)}+N_{vol(crit)}$$

*/ Etabli par le secrétariat avec l'assistance de M. M. Hornung (Royaume-Uni), consultant auprès du secrétariat.

La distribution des documents établis sous les auspices ou à la demande de l'Organe exécutif de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance est RESTREINTE et réservée aux gouvernements et organisations qui participent aux travaux de l'Organe exécutif. Les documents ne doivent pas être communiqués aux journaux ou revues, à moins que la RESTRICTION n'ait été LEVEE par l'Organe exécutif.

GE.95-30939 (F)

dans laquelle :

$CL_{(N)nut}$ = charge critique d'azote nutritif;

$N_{l(crit)}$ = quantité annuelle de N (NO_3 + NH_4 - N organique dissous) lessivée à partir de la zone des racines dans les conditions naturelles, en l'absence d'apports de N polluant, augmentée de toute quantité due à un lessivage accru résultant de coupes forestières et d'incendies naturels ou provoqués dans le cadre de régimes traditionnels de gestion;

$N_{i(crit)}$ = niveau annuel acceptable d'immobilisation de N dans la matière organique du sol (y compris le tapis végétal forestier) avec des apports de N égaux à la charge critique qui ne provoquent aucune modification nuisible de l'écosystème;

$N_{u(crit)}$ = enlèvement annuel net de N dans la végétation et les animaux capturés, avec des apports de N égaux à la charge critique;

$N_{de(crit)}$ = flux annuel de N vers l'atmosphère dû à la dénitrification, avec des apports de N égaux à la charge critique;

$N_{fire(crit)}$ = pertes de N dans les fumées des incendies naturels ou provoqués dans le cadre de régimes traditionnels de gestion;

$N_{erode(crit)}$ = pertes annuelles de N par érosion dans les conditions naturelles, augmentées des pertes accrues par érosion résultant de coupes forestières et d'incendies naturels ou provoqués dans le cadre de régimes traditionnels de gestion;

$N_{vol(crit)}$ = pertes annuelles de N dans l'atmosphère par volatilisation de NH_4.

2. Les bases nationales de données des valeurs mesurées des diverses variables d'entrée seront rarement disponibles. Il en résulte que l'on utilisera probablement comme données d'entrée les valeurs recommandées par défaut dans l'élaboration des cartes provisoires nationales des charges critiques. L'atelier qui s'est tenu en 1993 à Lokeberg (Suède) 1/ a proposé un certain nombre de valeurs par défaut mais a aussi recommandé que les données publiées soient rassemblées pour constituer une base servant à la mise au point d'une matrice des valeurs des variables et d'une gamme des principaux types d'écosystèmes. L'atelier de Grange-over-Sands a réitéré la nécessité d'un tel examen des données disponibles. Faisant suite aux recommandations de l'atelier, le Département de l'environnement du Royaume-Uni et le secrétariat de la CEE ont entrepris en commun la création d'une base de données des valeurs par défaut.

II. OBJECTIFS ET METHODE DE TRAVAIL

3. Les objectifs du travail peuvent être résumés comme suit :

a) Rassembler et faire une évaluation critique des données disponibles en quantifiant les variables d'entrée de l'équation simple d'équilibre des masses pour calculer les charges critiques d'azote nutritif;

b) Constituer une bibliothèque des valeurs par défaut pour chacune des variables d'entrée de l'équation simple d'équilibre des masses et pour une gamme d'écosystèmes.

4. Des recherches ont été menées dans les publications en utilisant les bases de données informatisées sur la bibliographie au Royaume-Uni et aux Etats-Unis d'Amérique, pour identifier des combinaisons de mots clefs pertinents pour chacune des variables d'entrée de l'équation simple d'équilibre des masses. Les listes de titres ainsi obtenues ont ensuite fait l'objet d'une recherche manuelle pour choisir des sous-ensembles de publications concernées. On a ensuite obtenu des résumés tirés des bibliographies sur les documents pertinents choisis. Là où c'était nécessaire, on a obtenu les copies du texte intégral des documents pertinents.

5. Parallèlement avec la procédure ci-dessus, on a effectué une recherche manuelle dans les publications i) pour vérifier la reprise des combinaisons de mots clefs utilisées dans les recherches sur les bibliographies informatisées et ii) pour accéder aux documents choisis cités dans les publications identifiées dans les recherches par ordinateur.

III. PRESENTATION DES DONNEES

Listage des données pour chaque variable

6. Les valeurs pour chaque variable d'entrée sont introduites dans une base de données informatisées qui comprend aussi les informations ci-après lorsqu'elles sont disponibles : nom du site; emplacement du site (pays et comté, Etat, contrée, district, etc.); latitude et longitude; altitude; superficie du site (lorsque le site est un bassin versant); type d'habitat/d'écosystème (en utilisant les descriptions utilisées par les auteurs de la publication); métrologie utilisée pour obtenir les mesures; source de données (référence); observations générales.

Résumé des données

7. On produit actuellement un dossier résumé des données qui contient : a) la gamme des valeurs pour chaque combinaison variable-écosystème; et b) la valeur moyenne/recommandée pour chaque combinaison variable-écosystème.

Manuel de cartographie

8. On établira un tableau condensé et/ou des directives pour le calcul des valeurs par défaut destinées à être incluses dans le manuel de cartographie.

IV. PROGRES REALISES ET RESULTATS OBTENUS

9. On a constaté une grande variation du nombre des valeurs publiées des différentes variables récupérées jusqu'ici. Par exemple, il y a plus de 200 valeurs fiables pour N_l alors que les recherches actuelles ne donnent qu'une ou deux valeurs fiables pour N_{vol} à partir des sols; il y a toutefois un grand nombre de valeurs de N_{vol} provenant de déchets animaux. Environ 40 valeurs fiables pour N_{de} ont été identifiées jusqu'ici. On dispose de très peu de valeurs des niveaux actuels de N_i et les valeurs moyennes sont calculées à

partir des données sur l'accumulation de N dans les séquences chronologiques du sol et dans les systèmes perturbés, tels que des terres arables sur lesquelles on laisse se reconstituer la forêt. (Ces valeurs ne sont que des extrêmes qui peuvent servir à indiquer un ordre de grandeur des autres données et à les vérifier.) Il est surprenant que l'on n'ait trouvé jusqu'ici que peu de valeurs pour N_{erode}; il existe un grand nombre de valeurs pour la masse de matière perdue par érosion mais peu de publications indiquent la composition chimique de la matière érodée. Les données disponibles montrent que les pertes par érosion à la suite de perturbations telles que des incendies et des coupes à blanc peuvent être considérables pendant un grand nombre d'années. Les pertes dans les fumées des incendies peuvent être également importantes; il se peut que la meilleure méthode de calcul se fonde sur la proportion de la teneur en N dans la biomasse sur pied perdue. Les pertes nettes dans les animaux de pâturage à partir d'écosystèmes soumis à un pâturage intensif peuvent aussi être importantes.

10. Il y a un groupement du nombre des valeurs disponibles des variables par pays d'origine et par type d'écosystème. Ainsi, la plupart des valeurs disponibles pour N_{de} proviennent des Etats-Unis alors que la majorité des valeurs pour N_l proviennent du nord-est de l'Europe. Les données disponibles sont aussi fortement biaisées en faveur des écosystèmes forestiers et particulièrement des forêts de conifères.

11. Dans un effort de trouver de nouvelles données sur les variables pour lesquelles on n'a trouvé jusqu'ici que peu de valeurs, on fait actuellement appel aux Etats-Unis à des bases plus grandes de données bibliographiques et des contacts à cette fin ont été établis avec les scientifiques des pays d'Europe orientale.

12. Les paragraphes ci-après présentent les résultats des travaux déjà effectués sur l'évaluation des données disponibles quantifiant les variables d'entrée de l'équation simple d'équilibre des masses servant à calculer les charges critiques d'azote nutritif, ainsi que quelques conclusions préliminaires.

Lessivage critique total annuel d'azote

13. Hauhs et al., 2/, Hornung et al. 3/ et Dise and Wright 4/ ont rassemblé les données disponibles sur le lessivage annuel total d'azote en Europe. Le présent document a utilisé ces examens mais a également rassemblé quelques données d'Amérique du Nord.

14. Les taux de perte des systèmes naturels non perturbés sont faibles mais peuvent augmenter pendant un certain nombre d'années après une perturbation telle qu'un incendie, un vent violent ou une coupe forestière. Le nombre d'années de taux accrus de perte dépend du taux de reconstitution des forêts qui dépend à son tour de la fertilité du site. Les pertes totales pendant la période de lessivage accru qui suit une perturbation devraient être subdivisées en périodes qui séparent les événements perturbants et les valeurs résultantes doivent être ajoutées à la valeur de fond du lessivage.

15. On a trouvé dans la littérature les gammes de valeurs ci-après :

i) Landes et marécages des zones boréales et tempérées : 0-0,5 kg ha^{-1} an^{-1} (N inorganique); les pertes de N organique peuvent être plus grandes et l'on rassemble actuellement des données sur ces pertes. (Il existe toutefois un besoin urgent pour plus de données sur les pertes de N inorganique à partir d'une gamme d'écosystèmes.);

ii) Forêts gérées de conifères : 0,5-1,0 kg ha^{-1} an^{-1};

iii) Plantations de conifères : 1-3 kg ha^{-1} an^{-1}. (Elles peuvent être bien plus grandes si des canaux de drainage sont creusés avant la plantation.);

iv) Forêts de feuillus de zones tempérées : 2-4 kg ha^{-1} an^{-1};

v) Prairies des zones tempérées : 1-3 kg ha^{-1} an^{-1};

vi) Forêts des zones méditerranéennes : 1-2 kg ha^{-1} an^{-1};

vii) Forêts des zones tempérées après une coupe : 5-25 kg ha^{-1} an^{-1} pendant une durée d'environ deux ans;

viii) Lande après un incendie : 2-10 kg ha^{-1} an^{-1};

ix) Forêt de zone tempérée après un incendie : 5-20 kg ha^{-1} an^{-1}.

Niveau annuel critique d'immobilisation d'azote

16. Le niveau annuel d'immobilisation d'azote est le paramètre qu'il est le plus difficile d'évaluer parmi les variables d'entrée de l'équation d'équilibre des masses de N. Très peu de valeurs des taux d'immobilisation ont été signalées mais un nombre croissant d'études appliquent les techniques de ^{15}N pour déterminer les taux à court terme.

17. Les taux d'immobilisation de N peuvent être calculés à partir des études des séquences chronologiques. La quantité totale de N accumulée dans le sol est répartie par périodes de formation du sol. Des études menées sur ce type d'écosystèmes naturels, considérant généralement des sols formés sur des moraines glaciaires ou sur des dunes montrent des taux de 0,5-1,0 kg ha^{-1} an^{-1}.

18. Des études des systèmes de reconstitution où la forêt s'est formée sur d'anciennes terres agricoles dans des zones tempérées donnent des valeurs de 3-10 kg ha^{-1} an^{-1}.

19. Actuellement on étudie d'urgence d'autres méthodes de calcul des taux d'immobilisation.

Enlèvement annuel critique d'azote

20. Les méthodes de calcul de l'absorption nette par les plantes sont décrites dans le manuel de cartographie. Une méthode applicable aux forêts répartit le N de la biomasse selon l'âge de la forêt; en l'absence de bases de données nationales sur des sites particuliers, on peut utiliser le grand nombre de données publiées citées au paragraphe 25 ci-après concernant les pertes d'azote dans les fumées des incendies N_{fire}. L'absorption nette à partir d'écosystèmes naturels ou semi-naturels autres que les forêts est négligeable à moins que les systèmes ne soient utilisés pour le pâturage extensif d'ovins, de caprins ou de bovins (ou de rennes ?). L'enlèvement net par les ovins à partir d'espaces de pâturage intensif aux Etats-Unis se situe entre 0,5 et 2 kg ha^{-1} an^{-1} selon la fertilité du site et l'intensité du pâturage.

Flux annuel critique d'azote vers l'atmosphère

21. Le flux annuel d'azote vers l'atmosphère peut être calculé à l'aide des méthodes mises au point par Sverdrup et Ineson et par de Vries. En l'absence des données d'entrée exigées par ces méthodes, on peut utiliser une valeur par défaut. Dutch et Ineson 5/ ont examiné les données disponibles sur les taux de dénitrification et l'exercice actuel a utilisé leur étude comme point de départ. Environ 40 valeurs séparées ont été rassemblées dans les publications, surtout pour des sites d'Amérique du Nord mais englobant aussi une gamme d'études européennes. Ces études comprennent à la fois des mesures directes de la dénitrification sur le terrain généralement pour de courtes durées et qui sont ensuite extrapolées pour des durées plus longues et des mesures faites en laboratoire. Elles comprennent aussi des mesures des taux réels et des taux potentiels. Ces dernières valeurs sont généralement plus élevées que les taux réels mesurés sur le terrain.

22. Les pertes de N par dénitrification sont généralement faibles dans les systèmes naturels non perturbés où les apports de N aux niveaux de fond sont faibles. Toutefois, les taux de dénitrification peuvent augmenter après une perturbation. L'accroissement des taux durera de un à trois ans. Les pertes accrues totales après une perturbation doivent être réparties par période de temps entre les événements perturbants et ajoutées aux valeurs de fond.

23. Les valeurs ci-après ont été considérées :

i) Ecosystèmes des zones boréales et tempérées : 0,1-3,0 kg ha^{-1} an^{-1} pour la majorité des valeurs signalées, particulièrement pour les systèmes forestiers où la valeur est inférieure à 1 kg ha^{-1} an^{-1}; les valeurs supérieures s'appliquent aux sols humides; les taux pour des sols biens drainés sont généralement inférieurs à 0,5 kg ha^{-1} an^{-1}.

ii) Après une coupe : 2,0-30,0 kg ha^{-1} an^{-1} pendant les deux années qui suivent la coupe; les valeurs supérieures s'appliquent à des sites riches en nutriments avec des concentrations importantes de nitrate dans la solution du sol, les valeurs plus basses s'appliquant aux sols acides à faibles concentrations de nitrate. Le taux de 30 kg ha^{-1} an^{-1} est une valeur potentielle.

Pertes critiques d'azote dans la fumée des incendies

24. Les pertes d'azote dans les fumées et les gaz ne sont importantes que dans quelques écosystèmes naturels (tels que les maquis et les forêts boréales), et dans les systèmes semi-naturels où l'incendie fait partie intégrante des activités servant à gérer l'écosystème (tel que la lande de Calluna au Royaume-Uni). (On utilise aussi de plus en plus le feu pour la gestion des forêts dans les zones boréales et tempérées d'Amérique du Nord pour maintenir la diversité.)

25. Il existe des données publiées sur les pertes dues aux incendies mais leur examen suggère qu'elles devraient être calculées à partir de la teneur de N dans la biomasse au-dessus du sol et dans les couches de couverture morte. Les pertes atteindront 60 à 80 % de N, le pourcentage variant avec la température des flammes, soit 60 % de pertes dans les feux à faible température et environ 80 % dans les feux à température élevée. Dans ces derniers, il peut y avoir aussi quelques pertes de l'azote du sol à partir des niveaux organiques superficiels. Les pertes dues aux incendies devraient être réparties selon l'intervalle de temps entre leurs apparitions. Le temps de récupération après les incendies pour la végétation du maquis méditerranéen est voisin de 20 ans (R. Guardans, obs. pers.) et de 100 à 200 ans pour la forêt boréale.

26. Il y a peu de données publiées sur la teneur de N dans la biomasse de différents écosystèmes et types de forêts et l'on en inclura un échantillon dans la base de données. Les valeurs ci-après donnent une indication de la teneur moyenne et de la fourchette des teneurs dans les principaux types de forêts :

i) Forêt boréale : 447 kg ha^{-1} (174-1 915 kg ha^{-1});

ii) Forêt de conifères de zone tempérée : 664 kg ha^{-1} (375-1 327 kg ha^{-1});

iii) Forêt de feuillus de zone tempérée : 1 085 kg ha^{-1} (406-1 608 kg ha^{-1});

iv) On a signalé que les pertes dues aux incendies dans la lande de Calluna ont été de 20-45 kg ha^{-1}.

Pertes annuelles critiques d'azote dues à l'érosion

27. Il y a relativement peu de données publiées sur la perte de N par érosion mais bien plus de données sur la perte totale de masse et ces dernières peuvent servir à calculer les taux approximatifs de perte de N.

28. Les pertes par érosion sont très faibles dans les écosystèmes naturels non perturbés mais elles peuvent avoir une augmentation spectaculaire après une perturbation telle qu'un vent violent, un incendie et/ou une coupe à blanc. Les taux accrus de perte ne dureront qu'un faible nombre d'années après une perturbation, leur durée dépendant du rythme de reprise de la végétation : il est rapide, jusqu'à un an, sur des sites riches en nutriments et lent, de deux à cinq ans (ou plus dans les systèmes de toundra) sur des sites

pauvres en nutriments. Les pertes totales résultant de la période d'érosion accrue après une perturbation devraient être réparties par intervalle de temps entre les perturbations et les valeurs résultantes devraient être ajoutées au taux de fond des pertes.

29. Les ordres de grandeur des pertes après une perturbation sont indiqués ci-après pour quelques écosystèmes :

i) Systèmes naturels non perturbés : < 0,5 kg ha^{-1} an^{-1};

ii) Plantations de zone tempérée : 1-3 kg ha^{-1} an^{-1};

iii) Lande après un incendie : 80-150 kg ha^{-1} an^{-1} pendant une à trois années, la variation dépendant des différences de pente du terrain et des chutes de pluie;

iv) Forêt de zone boréale et tempérée après un incendie : 50-200 kg ha^{-1} an^{-1}; le taux pour un site donné dépend de l'intensité du feu, de la pente et du climat (surtout de la hauteur pluviométrique et de l'intensité des chutes de pluie);

v) Forêt de zone tempérée après une coupe à blanc : 5-10 kg ha^{-1} an^{-1} pour une durée de deux à cinq ans.

Références

1/ P. Grennfelt et E. Thornelof (Eds), Critical loads for nitrogen, (Copenhague, Conseil des ministres des pays nordiques, 1992).

2/ M. Hauhs et al. "Summary of European data", dans The rôle of Nigrogen in the Acidification of Soils and Surface Waters, édité par J.L. Malanchuk et J. Nilsson (Copenhague, Conseil des ministres des pays nordiques, 1989).

3/ M. Hornung, P. Roda et S.J. Langan, "A review of small catchment studies in Western Europe producing hydrochemical budgets", Air Pollution Research Report, 28 (Bruxelles, Commission des Communautés européennes, 1990).

4/ N.B. Dise et R.F. Wright, "Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition", Forest Ecology and Management, 71 (1995) p. 153 à 161.

5/ J. Dutch et P. Ineson, "Denitrification of an upland forest site", Forestry, 63 (1990) p. 363 à 377.