

N₂O – Protoxyde d'azote



Polluants

Fiche détaillée

Niveau ★★★

(A partir de la 1ère)

I. Introduction

Le protoxyde d'azote (N_2O), aussi appelé oxyde nitreux, a des propriétés euphorisantes (gaz hilarant). Il a de nombreuses utilisations, aussi bien en anesthésie, que comme oxydant dans certains moteurs-fusées et autres applications. Ce composé est stable dans la troposphère car sa destruction par photolyse intervient à des longueurs d'ondes inférieures à 400 nm. Il n'est donc détruit que dans la stratosphère, où il peut donner des oxydes d'azote qui interviennent ensuite dans les cycles catalytiques de destruction de l'ozone. L'autre impact important du N_2O est son rôle en tant que gaz à effet de serre. Le protoxyde d'azote est issu principalement de réactions biologiques qui accompagnent le cycle de l'azote dans la biosphère continentale ou océanique (réaction de dénitrification en anoxie).

II. Sources et puits de N_2O

Le N_2O est émis naturellement dans l'atmosphère, mais sa production dans les sols est fortement augmentée par la fertilisation azotée. Les sources naturelles de N_2O représentent 6,5 Tg (millions de tonnes) par an d'azote sous forme de N_2O , la source principale étant les sols et dans une moindre mesure l'océan (cf. tableau1). Les sources d'origine humaine sont actuellement largement supérieures aux sources naturelles. Ces sources sont les combustions de combustibles fossiles ou de biomasse, mais surtout l'utilisation d'engrais azotés. La sur-fertilisation injecte dans le sol des nitrates qui ne sont pas assimilés par la végétation. Dans les zones peu oxygénées (zones humides), l'excès de nitrates est dénitrifié, et une partie est transformée en N_2O qui est émis dans l'atmosphère, où le seul puits connu est la lente photolyse* dans la stratosphère.

Sources de N_2O	Tg (N) /an
Sources naturelles	
- Sols	4,5
- Océans	2
Total sources naturelles	6,5
Sources anthropiques	
- Combustibles fossiles	1,2
- combustions de biomasse	0,5
- Sols cultivés (fertilisation)	6,3
Total sources anthropiques	8
Total naturel + anthropique	14,5

Tableau 1 : Source du protoxyde d'azote atmosphérique

En raison de sa stabilité dans la basse atmosphère, la concentration de fond naturelle du protoxyde d'azote est élevée (270 ppbv) et uniforme dans toute la troposphère. La stabilité du N_2O a permis l'analyse de sa concentration dans les inclusions d'air des calottes polaires. Cette concentration est restée stable sur les dix mille dernières années, où l'on a observé aussi une relative stabilité de la température moyenne. En raison de l'apparition de sources d'origine humaine, la concentration de N_2O a commencé à augmenter au début du 20^e siècle, augmentation qui s'est fortement accélérée depuis les années 1950 avec le développement de l'agriculture industrielle et le recours massif aux engrais azotés de synthèse. En 2010, la concentration de N_2O est supérieure à 320 ppbv, son taux actuel d'augmentation est d'environ 0,8 ppbv/an, soit 0,25% par an (figure 1).

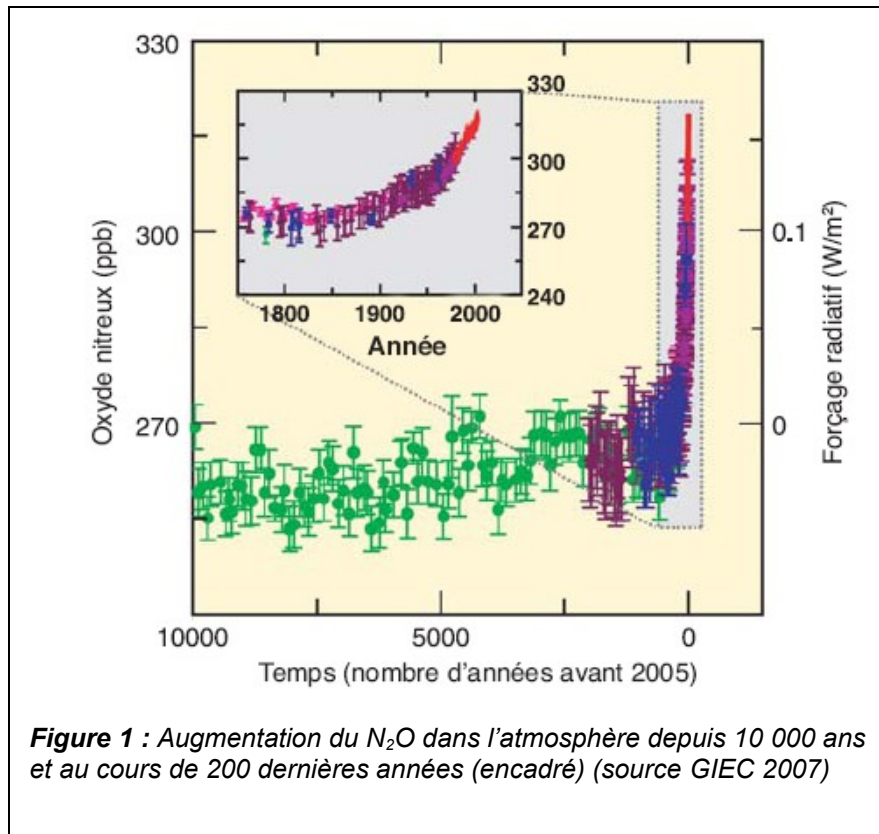


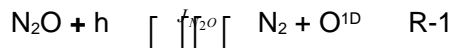
Figure 1 : Augmentation du N_2O dans l'atmosphère depuis 10 000 ans et au cours de 200 dernières années (encadré) (source GIEC 2007)

III. Rôle du N_2O dans l'atmosphère

III.I. Impact sur la couche d'ozone stratosphérique

L'importance des oxydes d'azote NO_x dans l'équilibre de l'ozone à l'échelle globale a été mise en évidence au début des années 1970 par Johnston et Crutzen (prix Nobel de chimie en 1995). La principale source de NO_x stratosphérique est effectivement le N_2O émis au niveau du sol par des processus biologiques ou liés aux activités humaines. Sa durée de vie dans la basse atmosphère est de l'ordre de 150 ans, ce qui lui permet d'atteindre la stratosphère où il est

-soit photodissocié :

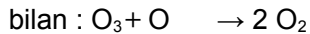
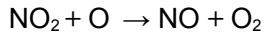


-soit détruit par réaction avec l'atome d'oxygène excité $\text{O}^{1\text{D}}$:



La réaction R-3 représente moins de 5 % de la perte totale de N_2O dans la stratosphère. Des trois mécanismes ci-dessus, c'est cependant le seul qui conduit à la formation de radicaux azotés actifs, sous la forme de monoxyde d'azote (NO), qui peut ensuite détruire l'ozone selon cycle catalytique suivant

:



Ce cycle intervient surtout dans moyenne stratosphère. Il en fait plus complexe car le NO_2 formé peut aussi se photolyser pour redonner du NO, ou bien réagir avec des espèces chlorées (voir fiche chimie hétérogène).

III.II. Le N_2O : gaz à effet de serre

Le N_2O est un gaz à effet de serre particulièrement efficace en raison de sa capacité d'absorption du rayonnement infra-rouge. Une molécule de N_2O a une capacité d'absorption 200 fois plus importante qu'une molécule de CO_2 (PRG* calculé à 100ans). Comme son temps de séjour dans l'atmosphère est comparable à celui du CO_2 , son efficacité d'absorption relativement au CO_2 , caractérisée par le potentiel de réchauffement global (PRG*) ne décroît pas avec le temps (voir fiche effet de serre). Actuellement le N_2O représente, en équivalent CO_2 , 7,9 % des émissions des gaz à effet de serre contribuant à l'effet de serre additionnel. Globalement l'augmentation du N_2O est responsable de 4% de l'effet de serre additionnel observé depuis le début de l'ère industrielle.