

Les oxydes d'azote, gaz mineurs aux impacts forts

L'atmosphère est essentiellement composée d'azote et d'oxygène sous forme moléculaire stable à basse température. Lors de combustions, ces molécules se combinent (oxydation des atomes d'azote). Trois principaux oxydes d'azote sont ainsi formés.

Propriétés des 3 principaux oxydes d'azote :

Le monoxyde de diazote (N_2O , oxyde nitreux appelé aussi protoxyde d'azote). C'est un gaz incolore, peu soluble dans l'eau à basse température (autour de 20°C). Il entretient la combustion ce qui réduit sa durée de vie. Sa teneur moyenne dans l'atmosphère est 1000 fois moindre que le dioxyde de carbone (CO_2). Cette teneur, avec les activités industrielles augmente de 0.2 à 0.3% par an (répartition non homogène dans la troposphère). A dose plus forte, il provoque chez les hommes un état euphorique (gaz appelé « gaz hilarant »).

Le monoxyde d'azote (NO) : Gaz incolore, toxique et incombustible. Il n'est pas, cependant, stable car facilement oxydable pour former du NO_2 ($NO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow NO_2$) à basse température ($< 200^\circ C$). Sa teneur moyenne dans l'atmosphère est quelques centaines de fois moindre que le N_2O et voisine de celle du monoxyde de carbone (CO).

Le dioxyde d'azote (NO_2) : Gaz rouge-brun, toxique et très odorant. Très réactif en fonction du milieu ; à partir de $150^\circ C$, il se décompose en monoxyde d'azote et oxygène ($NO_2 \rightarrow NO + \frac{1}{2} O_2$). Cette transformation sera complète au dessus de $650^\circ C$. A basse température, en présence d'eau et d'oxygène, Le NO_2 forme de l'acide nitrique très polluant ($3 NO_2 + H_2O \rightarrow 2 HNO_3 + NO$ et encore $2 NO_2 + \frac{1}{2} O_2 + H_2O \rightarrow 2 HNO_3$).

Les sources d'oxyde d'azote :

De façon naturelle, le monoxyde de diazote (N_2O) apparaît lorsque des bactéries décomposent la biomasse en milieu humide. Cette transformation (dénitrification) a lieu dans les sols, les océans et les points d'eau terrestres. De même, des bactéries anaérobies transforment des nitrates (de potassium KNO_3 et de sodium $NaNO_3$) en monoxyde et dioxyde d'azote et en azote libre (N_2). C'est la dénitrification. Sauf conditions de température très élevées ($> 150^\circ C$), le N_2O est relativement stable (durée de vie de 150ans) dans les couches basses de l'atmosphère. Dans la troposphère ce gaz peut se décomposer par des réactions photochimiques (formation de molécules d'azote N_2 et d'oxygène atomique O^*). Il n'y a que très peu d'émission de NO et NO_2 directe et naturelle (sauf dénitrification, volcanisme et incendie de forêt liés à la foudre). Le flux planétaire approximatif de ces émissions est de 20 millions de tonne par ans. Il est d'environ 10 millions pour le N_2O .

De façon anthropogénique (activités humaines), les 3 types de gaz sont émis. Les durées de vie du monoxyde d'azote (NO) et dioxyde d'azote (NO_2) sont très courtes, du à leur sensibilité à l'oxydation (de l'ordre de l'heure). Comme ils sont toxiques, leur transformation partielle en N_2O (non toxique) dans un délai court est bénéfique pour la santé. L'émission anthropogénique de N_2O est faible, de l'ordre de 2 millions de tonnes par an. Par contre les émissions de monoxyde et dioxyde d'azote dépasse les 31 millions de tonne par an. La quasi-totalité de monoxyde et dioxyde d'azote est émis par l'oxydation de l'azote

atmosphérique lors de la combustion des combustibles fossiles. C'est pourquoi la teneur de ces deux NOx est jusqu'à 10 000 fois plus élevée au dessus des terres que des mers. Au dessus des terres, cette teneur n'est pas homogène. Les fortes teneurs sont à proximité des sources (transports, centrales thermiques ...).

Les puits de NOx (NO et NO2) :

A faible température et en présence de radicaux OH et ozone (O_3), la transformation de NO en NO_2 s'effectue en quelques minutes avec l'ozone et plusieurs heures en présence de radicaux OH. Par contre le résultat de ces transformations produit des éléments polluants, tel les acides nitriques, sources à leur tour de nitrates et pluies acides. Si des transformations chimiques par oxydation transforme du monoxyde en dioxyde d'azote, la photolyse (action de rayonnement de longueur d'ondes inférieure à 420 nanomètres) transformera du dioxyde en monoxyde. Un équilibre (local) s'établi dans l'atmosphère.

Il n'y a donc pas de capture directe de ces gaz dans l'atmosphère, mais une transformation chimique en acides et nitrates qui sont alors « lessivés » par les pluies et absorbés par le feuillage et le sol.

Influence des NOx sur les organismes vivants :

Les deux gaz (NO et NO_2), dans l'atmosphère sont toxiques à des teneurs volumiques importantes. Un effet d'accoutumance peut en masquer l'odeur. Dans le système respiratoire de l'homme (et animaux), le NO_2 en présence d'eau (H_2O) se transforme en acide nitrique (HNO_3), très irritant pouvant aller jusqu'à un oedème pulmonaire. Sur les plantes, le NO_2 ralenti la croissance donc affecte les rendements.

L'impact principal sur l'équilibre du vivant vient des pluies acides (morts d'arbres, nécrose de plantes...) et des nitrates qui polluent les sols et les nappes phréatiques. Les sols deviennent acides (PH < à 5.6) entraînant les dépérissements forestiers. L'eau acide entraîne en profondeur les ions nutritifs des plantes (K^+ , Mg_2^+ et Ca_2^+) qui assurent la formation de la chlorophylle. Avec le dioxyde de soufre(SO_2) et l'acide chlorhydrique (HCl), les NOx seraient les principaux contributeurs aux pluies acides et au dépérissement des sols. Bien que n'étant pas le principal composé du smog, les NOx y ajoutent un effet polluant supplémentaire.

Conclusions :

Les impacts sur la santé et le climat des NOx est lié à la teneur volumique dans l'atmosphère. La nature avait trouvé une stabilité entre les sources et les puits naturels, avant l'émission par les activités humaines. Cette adaptation des cycles de vie du végétal, animal et humain est modifiée depuis l'apparition des nouvelles sources liées aux activités humaines. Certes, la teneur est faible dans l'atmosphère (sauf à proximité des sources) et une bonne part de ces gaz finit dans les sols. C'est à ce niveau là qu'une transformation des cycles débute. Sans intervention humaine pour régénérer les sols, l'évolution deviendrait irréversible.

Il est important, soit d'éliminer la génération de ces gaz, soit de les capter au niveau des sources. N'oublions pas que ce ne sont pas les seuls polluants et que l'accumulation, avec les COV (Composés Organiques Volatils), dioxyde de soufre (SO_2) et les PM10-2.5, impacte directement la santé humaine.

Auteur : Francis MISSE
francis.misse@cegetel.net