

Les polluants acidifiants dans l'air

> Catherine BLIN et Vincent BRAHY
avec la collaboration d'Isabelle HIGUET, Sara ELOY et Paul PETIT

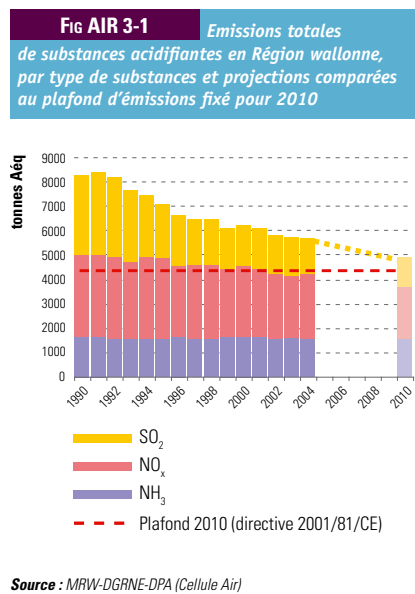
Certains polluants atmosphériques comme le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), et l'ammoniac (NH₃) peuvent se transformer en composés acides ou potentiellement acidifiants. Les réactions chimiques s'opèrent lorsque les polluants sont encore dans l'atmosphère ou bien lorsqu'ils se sont déposés au sol. Ce phénomène d'acidification, mieux connu sous le nom de « pluies acides » est susceptible d'altérer la santé des végétaux, ainsi que la qualité des sols et des eaux de surface. Une partie des émissions retombe au sol sans modification chimique (sédimentation sèche), une autre sous forme de composés acides (acide sulfurique, acide nitrique et sels d'ammonium) dissous dans les précipitations (retombées humides). L'acidification est un phénomène de pollution transfrontière à longue distance, qui se manifeste à l'échelle des continents. Les moyens de lutter contre cette pollution doivent par conséquent être envisagés non seulement au niveau wallon, mais aussi au niveau international.

Evolution des émissions totales de polluants acidifiants

Parmi les polluants acidifiants⁽¹⁾, ce sont les oxydes d'azote qui contribuent le plus au phénomène de l'acidification. En 2004, les émissions de NO_x représentaient 43 % du total des émissions de substances acidifiantes en Région wallonne.

Les émissions de polluants acidifiants en Région wallonne (exprimées en Aéq⁽²⁾) ont diminué d'environ 30 % entre 1990 et 2004. Il faut cependant souligner que le taux annuel de réduction des émissions de substances acidifiantes qui était en moyenne d'environ 280 t Aéq/an entre 1990 et 1996 est passé à 115 t Aéq/an entre 1996 et 2004, ce qui traduit une incidence moindre des efforts de réduction au cours du temps. [↗ Fig AIR 3-1]

Les émissions de dioxyde de soufre sont essentiellement liées à la combustion de combustibles fossiles soufrés (charbon, pétrole...). Les émissions d'oxydes d'azote proviennent également de phénomènes de combustion mais, contrairement aux émissions de SO₂, elles ne dépendent pas de la nature du combustible, étant donné que les NO_x sont formés essentiellement à partir de l'azote présent naturellement dans l'air⁽³⁾. Quant aux émissions d'ammoniac, elles proviennent quasi exclusivement des élevages agricoles (dégazage des fumiers et des lisiers).

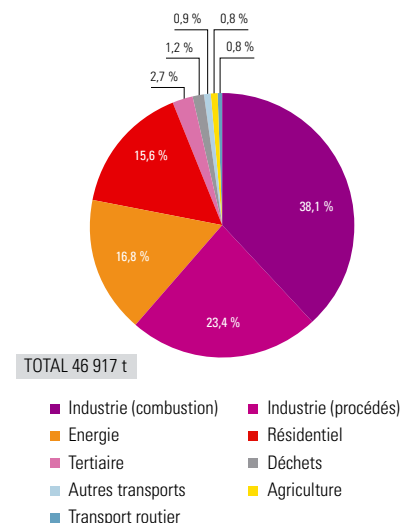


Depuis la fin des années 1970, la plupart des pays de l'hémisphère nord ont réalisé d'importants efforts pour réduire leurs émissions de SO₂. A cette époque, ce gaz représentait le principal polluant responsable des retombées acides et du dépérissement des forêts. La Région wallonne a également participé à cet effort de réduction puisque ses émissions de SO₂, qui représentaient encore 40 % des émissions totales de substances acidifiantes en 1990 n'en représentaient plus qu'un quart environ en 2004. Par conséquent, l'acidification devient un phénomène qui est associé de plus en plus aux émissions d'azote et de moins en moins aux émissions de soufre.

Réduction importante des émissions de soufre

En 2004, environ les deux tiers des émissions wallonnes de SO₂ sont d'origine industrielle. Elles proviennent essentiellement des secteurs sidérurgique (chaînes d'agglomération du minerai) et verrier, et dans une moindre mesure des secteurs produisant du ciment, de la chaux et de la dolomie [voir ENTR]. Le secteur de la production d'énergie (production d'électricité) et le secteur résidentiel contribuent à part quasi égale au solde des émissions de SO₂, via l'utilisation de combustibles fossiles contenant du soufre (fioul et charbon). [↗ Fig AIR 3-2]

FIG AIR 3-2 Répartition des émissions de dioxyde de soufre (SO₂) par secteur d'activité en Région wallonne (année 2004)



Autres transports = Transport militaire, aérien, par rail et par voie d'eau
Source : MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air)

Les émissions de SO₂ ont diminué de 55 % en Région wallonne entre 1990 et 2004. La plupart des secteurs ont contribué à cette diminution [↗ Fig AIR 3-3] :

- l'ensemble du secteur industriel, même s'il reste le principal émetteur, a réduit de 52 % ses émissions. Cette réduction est imputable en grande partie aux phénomènes de combustion (- 61 %) [voir ENTR] ;
- le secteur de la production d'électricité a réduit ses émissions de 67 %, grâce aux progrès techniques apportées aux centrales électriques, et à l'utilisation progressive de gaz naturel en remplacement du charbon [voir ENER 3] ;
- les diminutions dans le secteur résidentiel (- 34 %) et celui des transports routiers (- 96 %) sont essentiellement dues à la limitation de la teneur en soufre des combustibles (mazout de chauffage et gasoil routier), imposées via des normes de produit au niveau fédéral [voir TRANS et MEN].

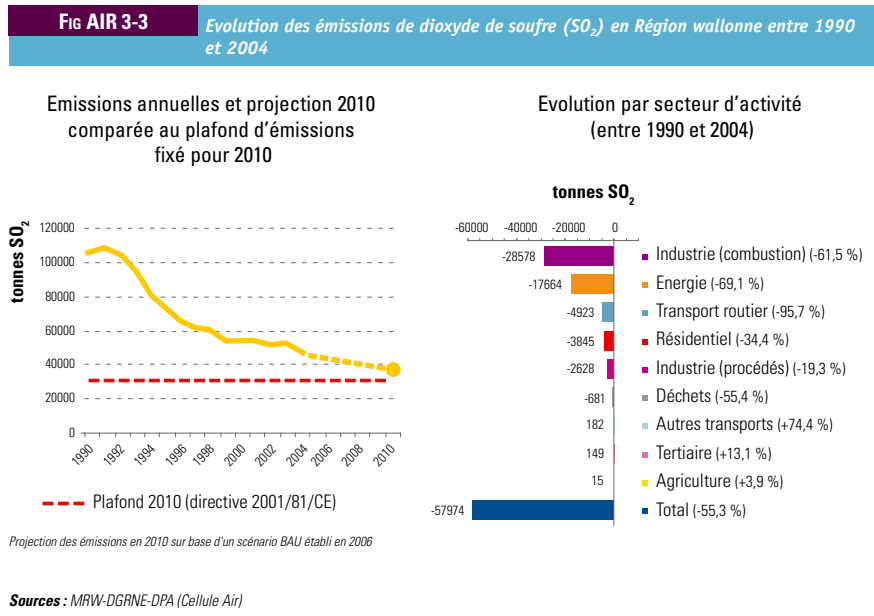
Réduction de moins en moins marquée des émissions d'oxydes d'azote

En 2004, les principales sources responsables des émissions d'oxydes d'azote (NO et NO₂) en Région wallonne sont : [↗ Fig AIR 3-4]

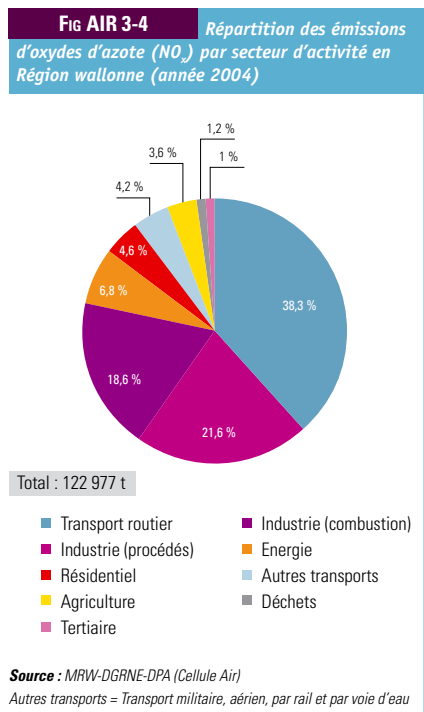
- les transports, via la combustion d'essence et de diesel dans les moteurs ;
- le secteur industriel, en particulier les sous-secteurs d'activité qui emploient des quantités importantes de combustibles (cimenteries, sidérurgie, cokeries, verreries...) et ceux qui produisent de l'acide nitrique [voir ENTR].

D'autres secteurs contribuent également aux émissions de NO_x, dès qu'un processus de combustion est mis en œuvre :

- le secteur de la production d'électricité, lorsque l'électricité est produite à partir d'énergie fossile (charbon...) ou de combustion de biomasse [voir ENER 3] ;
- les secteurs résidentiel, tertiaire et agricole, via l'utilisation de chaudières pour le chauffage des bâtiments (maisons individuelles, bureaux, serres...) ou via les moteurs des tracteurs ou d'autres engins agricoles.



Les émissions wallonnes d'oxydes d'azote (NO_x) ont diminué depuis 1990, d'environ 20 % [↗ Fig AIR 3-5]



- Un accord de branche avec les producteurs d'électricité a permis de réduire de 42 % les émissions du secteur entre 1990 et 2004 [voir ENER 3] ;

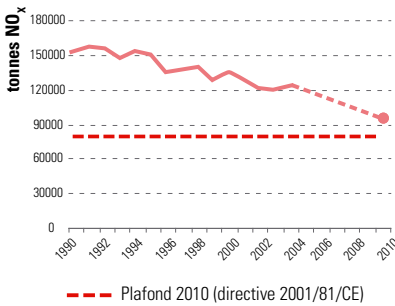
- Les émissions du secteur industriel ont été réduites, à la suite essentiellement de fermetures d'entreprises (sidérurgie) et de modifications de procédés dans l'industrie chimique et dans une cimenterie⁽⁴⁾ en particulier ;
- Les tendances dans le secteur des transports sont plus complexes à analyser. Les émissions issues des transports routiers ont diminué de 35 % entre 1990 et 2004, principalement grâce à l'introduction du pot catalytique et aux améliorations technologiques réalisées sur les véhicules neufs (cfr évolution des normes EURO p.ex.). Néanmoins, ces évolutions ne se traduiront par une amélioration de la qualité de l'air en Région wallonne que lorsque le parc de véhicules routiers en circulation aura été largement renouvelé, ce qui n'est pas encore le cas actuellement. En outre, l'augmentation ininterrompue du trafic routier⁽⁵⁾ réduit sensiblement l'impact des efforts entrepris à l'heure actuelle pour réduire les quantités émises par chaque véhicule individuellement [voir TRANS].

Malgré la diminution des émissions de NO_x en Région wallonne, on ne constate pas, jusqu'à présent, de véritables améliorations de la qualité de l'air en termes de NO₂, les niveaux de concentration étant relativement stables depuis plusieurs années (voir ci-après).

[↗ Fig AIR 3-9]

FIG AIR 3-5 Evolution des émissions d'oxydes d'azote (NO_x) en Région wallonne entre 1990 et 2004

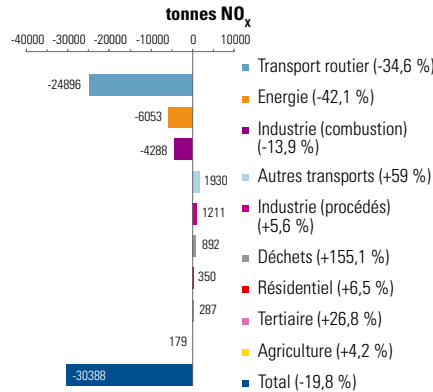
Emissions annuelles et projection 2010 comparée au plafond d'émissions fixé pour 2010



Projection des émissions en 2010 sur base d'un scénario BAU établi en 2006

Sources : MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air)

Evolution par secteur d'activité (entre 1990 et 2004)



Les polluants acidifiants causent d'autres type de phénomènes de pollution

Les polluants acidifiants sont aussi impliqués dans d'autres types de pollution atmosphérique :

- Les NO_x constituent des gaz précurseurs de la formation d'ozone troposphérique, ou pollution photochimique [voir AIR 4] ;
- Le SO₂, les NO_x et le NH₃ participent à la formation de particules secondaires qui, selon les endroits et les conditions météorologiques, peuvent constituer une fraction importante des particules présentes dans l'air ambiant [voir AIR 5] ;
- Les retombées de polluants azotés (NO_x et NH₃) représentent également une cause majeure d'eutrophisation des milieux naturels aquatiques et terrestres [voir EAU 2 et SOLS 4].

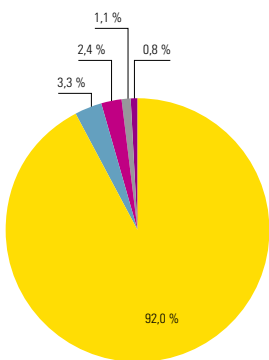
La diminution des émissions de polluants acidifiants aux niveaux régional et international est donc indispensable, non seulement à cause des impacts de ces polluants en termes d'acidification, mais aussi, et de plus en plus, pour lutter contre les autres types de pollutions qu'ils occasionnent.

Les émissions d'ammoniac restent stables

Plus de 90 % des émissions d'ammoniac (NH₃) en Région wallonne proviennent des pratiques agricoles : d'une part, du stockage et de l'épandage des effluents d'élevage (fumier, lisier) et d'autre part, de l'épandage des engrais minéraux azotés et de leur transformation dans les sols.

Les émissions de NH₃ sont en diminution depuis 1990 (-7,2 %), suite à une production d'effluents d'élevage et une utilisation d'engrais minéraux moins importantes en agriculture [voir AGR]. [↘ Fig AIR 3-6] [↘ Fig AIR 3-7]

FIG AIR 3-6 Répartition des émissions d'ammoniac (NH₃) par secteur d'activité en Région wallonne (année 2004)



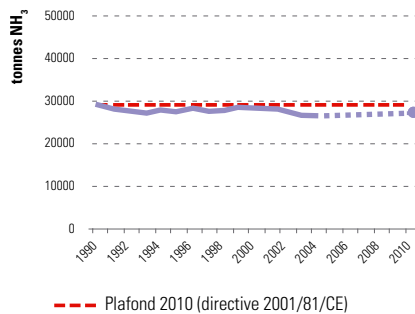
Total : 26 573 t

- Agriculture
- Industrie (procédés)
- Industrie (combustion)
- Energie (0,14 %)
- Transport routier
- Déchets
- Résidentiel (0,22 %)
- Tertiaire (0,03 %)

Source : MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air)

FIG AIR 3-7 Evolution des émissions d'ammoniac (NH₃) en Région wallonne entre 1990 et 2004

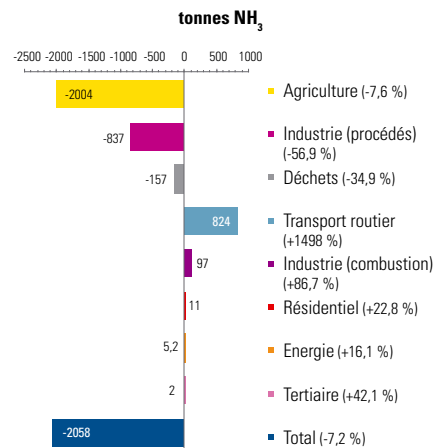
Emissions annuelles et projection 2010 comparée au plafond d'émissions fixé pour 2010



Projection des émissions en 2010 sur base d'un scénario BAU établi en 2006

Sources : MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air)

Evolution par secteur d'activité (entre 1990 et 2004)



Polluants acidifiants et qualité de l'air ambiant

Des concentrations trop élevées en dioxyde de soufre (SO₂), en dioxyde d'azote (NO₂) et en monoxyde d'azote (NO) dans l'air ambiant peuvent affecter la santé humaine, perturber le fonctionnement des écosystèmes ou encore altérer la croissance des végétaux. Des valeurs limites de concentrations -basées pour l'essentiel sur les recommandations formulées par l'OMS - ont dès lors été fixées au niveau européen (directive 1999/30/CE⁽⁶⁾).

Si les concentrations de ces polluants dans l'air ambiant ont été préoccupantes dans le passé, et jusqu'à la fin des années septante, elles le

sont beaucoup moins aujourd'hui en Région wallonne. En effet, la diminution des émissions de ces polluants au niveau de l'ensemble du continent européen a permis, de manière générale, de réduire fortement leurs concentrations dans l'air ambiant.

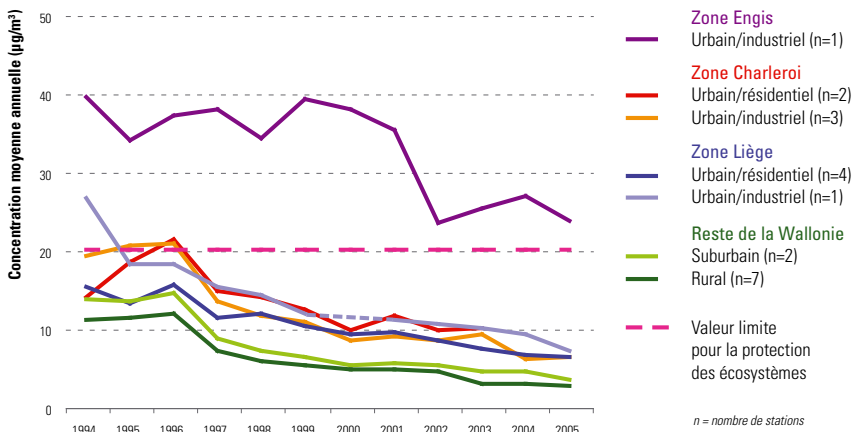
Cette réduction est très nette en ce qui concerne les concentrations en SO₂ enregistrées en Région wallonne. Entre 1994 et 2005, les concentrations moyennes annuelles dans l'air ambiant ont diminué de 40 % à 85 %, selon le type de stations de mesure. Elles se situent largement en dessous des valeurs limites pour la protection de la végétation, à l'exception des concentrations mesurées dans la zone d'Engis. [↘ Fig AIR 3-8]

Les concentrations en SO₂ dans l'air ambiant varient en fonction des saisons. En général, elles sont plus élevées en hiver car les conditions météorologiques peuvent provoquer des phénomènes d'inversion des températures, défavorables à la dispersion des polluants. Par ailleurs, les émissions de SO₂ provenant de la combustion de combustibles fossiles dans les chaudières (pour le chauffage des locaux résidentiels et du secteur tertiaire) sont concentrées pendant les mois d'hiver, et viennent donc s'ajouter aux autres émissions (industries, production d'énergie) réparties de manière régulière tout au long de l'année. Ces deux raisons expliquent que c'est en hiver que les seuils de concentration fixés pour la protection de la santé humaine risquent d'être dépassés, à savoir :

- 350 µg/m³ pendant 1 h (à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile) ;
- 125 µg/m³ pendant 24 h (à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile).

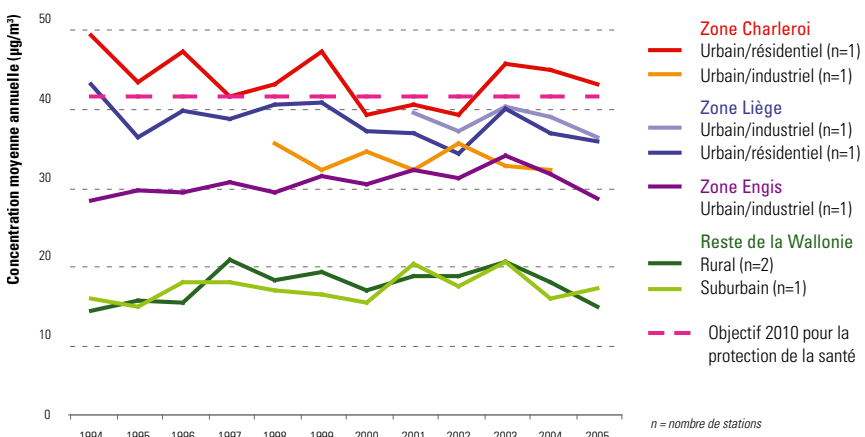
En Région wallonne, seule la station d'Engis enregistre encore des dépassements des normes, à cause de la présence de nombreuses industries dans la vallée de la Meuse et de la topographie des lieux qui influence défavorablement la dispersion des polluants. Le nombre de dépassements qui y sont observés ces dernières années reste néanmoins en dessous des valeurs exigées par la directive européenne⁽⁷⁾.

Fig AIR 3-8 Concentrations en SO₂ dans l'air ambiant en Région wallonne, selon le type de stations



Source : ISSeP (Réseau télémétrique)

Fig AIR 3-9 Concentrations en NO₂ dans l'air ambiant en Région wallonne, selon le type de stations



Source : ISSeP (Réseau télémétrique)

Les concentrations en oxydes d'azote dans l'air ambiant sont toujours au même niveau

Les tendances sont moins évidentes en ce qui concerne les concentrations moyennes annuelles en NO₂ dans l'air ambiant. Elles sont en général :

- plus faibles dans les environnements ruraux et suburbains (entre 15 et 20 µg NO₂/m³), où elles ont tendance à augmenter légèrement (d'environ 0,2 et 0,7 % par an respectivement entre 1994 et 2005) ;
- plus élevées dans les environnements urbains et résidentiels (entre 30 et 45 µg NO₂/m³), où elles fluctuent en fonction des années et des zones d'évaluation de la qualité de l'air.

[↘ Fig AIR 3-9]

L'OMS abaisse les valeurs seuils pour la protection de la santé

L'OMS vient de revoir ses recommandations concernant l'exposition humaine au SO_2 en fonction des derniers résultats d'études épidémiologiques concernant l'impact du SO_2 sur la santé humaine⁽⁹⁾. L'OMS recommande à présent une limite à ne pas dépasser de $20 \mu g/m^3$ pendant 24 h, au lieu des 125 recommandés précédemment. Cette proposition n'a cependant pas encore fait l'objet d'une transcription en droit européen.

L'objectif à atteindre d'ici 2010 pour la protection de la santé, à savoir ne pas dépasser une concentration moyenne annuelle de $40 \mu g/m^3$, est respecté sur l'ensemble du réseau de mesure de la qualité de l'air en Région wallonne⁽⁹⁾, sauf certaines années au centre ville de Charleroi, où la station de mesure est fortement influencée par le trafic automobile. Enfin, la valeur limite annuelle pour la protection de la végétation ($30 \mu g NO_x/m^3$) est respectée pour toutes les stations de mesure à caractère rural⁽¹⁰⁾.

Malgré la diminution générale des émissions atmosphériques de NO_x , tant en Région wallonne (-20 % entre 1990 et 2004) qu'au niveau européen (-25 % entre 1990 et 2003 pour les pays de l'UE des 15), on n'observe pas de diminution du même ordre de grandeur au niveau des concentrations de NO_2 dans l'air ambiant. Cela s'explique par le fait que les oxydes d'azote (NO et NO_2) interagissent entre eux, comme c'est le cas d'ailleurs pour la formation et la destruction d'ozone troposphérique [voir AIR 4]. Il n'existe donc pas de relation linéaire simple entre l'évolution des émissions de NO_x et celle des niveaux de concentration dans l'air ambiant.

Quels sont les impacts de l'acidification et des retombées acides ?

Les précipitations ou « pluies » acides sont connues pour les dégâts qu'elles occasionnent sur les sols, les forêts et les lacs. Ceux-ci ont été particulièrement importants dans la moitié nord de l'Europe au cours des années 1970-1980.

- L'acidification importante de certains lacs scandinaves a entraîné la mort de toutes les espèces vivantes associées à ce type d'écosystème. En dehors de ces situations extrêmes, l'acidification des eaux entraîne une modification de la flore et de la faune aquatique (perturbation du cycle de reproduction des poissons et des batraciens, p.ex.) avec en général une raréfaction puis une disparition des espèces les plus sensibles (salmonides p.ex.) [voir EAU 3] ;
- Le dépérissement des forêts qui s'est manifesté dans les années 1970-1980 (et de manière moins importante aujourd'hui) est également lié, en conjonction avec d'autres facteurs, aux précipitations acides et à l'appauvrissement des sols qui en résulte [voir RES FOR 3] ;
- L'acidification des sols provoque une modification des équilibres physico-chimiques qui entraîne, dans certains sols plus que dans d'autres, une mise en solution d'aluminium et de métaux lourds phytotoxiques ainsi qu'une perte d'éléments nutritifs (calcium, magnésium...) par lixiviation [voir SOLS 1 et SOLS 4] ;
- Les retombées de composés azotés, combinées à la présence de phosphates, entraînent une eutrophisation des eaux de surface. Ceci entraîne également une modification de la biodiversité dans de nombreux écosystèmes [voir EAU 2] ;
- Les précipitations acides détériorent également certains type de matériaux, en particulier les pierres calcaires⁽¹¹⁾ et corrodent les éléments métalliques. Les bâtiments, y compris les édifices et les monuments historiques, sont également atteints, et ce de manière irréversible ;
- Enfin, les précipitations et les dépôts acides peuvent, en fonction des concentrations en polluants dans l'air ambiant et de la présence simultanée d'autres polluants, avoir des effets nuisibles sur la santé humaine, notamment lors des épisodes de « smog hivernal », caractérisé par un mélange de polluants acides et de particules dans l'air ambiant [voir SANTE 2].

L'eutrophisation, un phénomène préoccupant lié aux retombées de polluants azotés.

L'eutrophisation est un phénomène qui affecte l'équilibre et le fonctionnement des sols et des eaux de surface. Il est causé par un apport excessif en nutriments (azote, phosphore) qui peut avoir plusieurs origines : rejets d'eaux usées, surfertilisation, pratiques agricoles inadaptées mais aussi retombées en azote atmosphérique [voir EAU 2]. On constate ainsi aujourd'hui que, dans bon nombre d'écosystèmes terrestres et aquatiques de l'Union européenne, les retombées en azote atmosphérique (NO_x et NH_3) interviennent également dans le phénomène car elles dépassent fréquemment la capacité d'absorption des écosystèmes [voir « charges critiques » ci-après].

Les dépôts azotés agissent comme fertilisants et favorisent la croissance de certains végétaux, au détriment d'autres espèces (dystrophie). Des retombées azotées excessives sont donc particulièrement dommageables dans les écosystèmes naturels pauvres en éléments nutritifs (comme les tourbières p. ex., voir FFH 3), où les espèces adaptées à ces milieux oligotrophes disparaissent et sont remplacées par d'autres. Les dépôts azotés contribuent par conséquent à la perte de biodiversité. Certaines populations de champignons mycorrhiziens sont par exemple en voie de disparition dans les régions fortement affectées par des dépôts azotés, comme les Pays-Bas [voir FFH 17].

Les émissions de NO_x participent à l'extension du phénomène au niveau du continent européen, tandis que les émissions de NH_3 (dont les retombées ont lieu près de la source d'émission) le rendent plus aigu dans les régions d'élevage intensif. En outre, dans les régions où les retombées azotées sont importantes, l'azote qui arrive au sol peut être lessivé, lorsqu'il est en excès par rapport aux capacités d'absorption des écosystèmes, et se retrouver sous forme de nitrate dans les eaux souterraines [voir EAU 2].

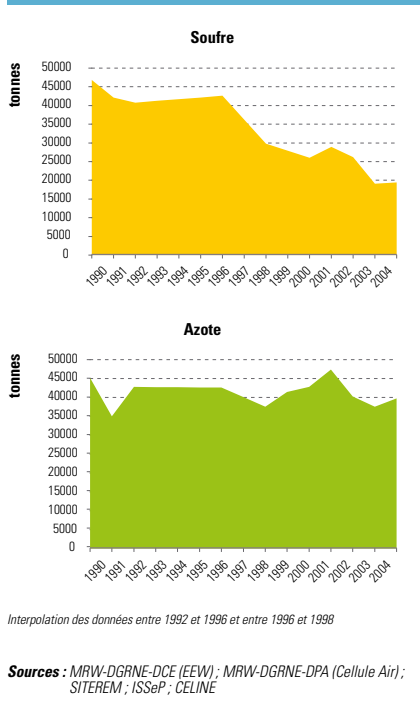
L'ampleur actuelle des retombées azotées sur le continent européen fait de ce type de pollution un problème majeur pour la protection des écosystèmes (terrestres et aquatiques) et des ressources en eau souterraine, pour lequel les mesures de réductions des émissions prises jusqu'à présent n'ont encore eu que peu d'effet.

Moins de dépôts soufrés mais toujours autant de dépôts azotés

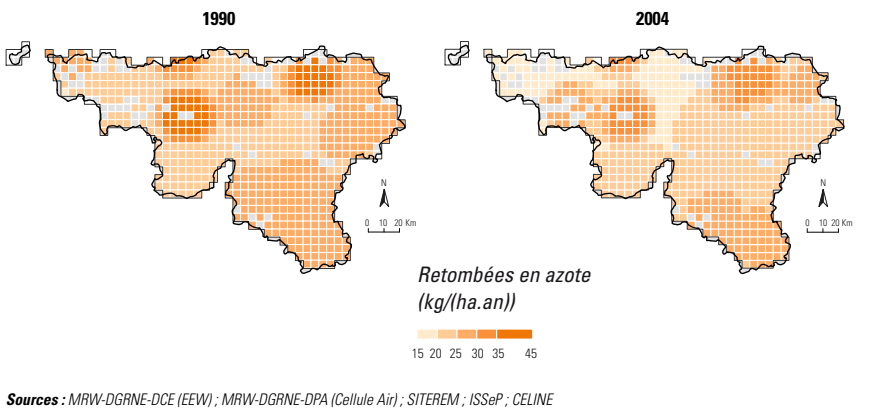
Une partie des émissions de substances acidifiantes se dépose sur le sol, soit directement sans subir de modifications chimiques (dépôts secs), soit après transformation en composés acides au niveau de la pluie, du brouillard ou de la neige (dépôts humides). Les retombées atmosphériques totales en soufre et en azote sur les sols forestiers, représentaient respectivement 20 000 et 40 000 tonnes en 2004, soit en moyenne environ 12 et 24 kg/ha de surface forestière. Les dépôts soufrés sont en nette diminution depuis 1990 (-58 %), tandis que les dépôts azotés sont restés relativement stables, suivant en cela l'évolution des émissions wallonnes de substances acidifiantes [dossier scientifique]. [voir Fig AIR 3-10]

Parmi les zones les plus touchées par des dépôts acides, les deux grands bassins industriels wallons, Liège et Charleroi et les pôles urbains qui y sont associés se distinguent nettement. Les dépôts azotés assez importants observés dans le Brabant wallon s'expliquent quant à eux par l'influence de la Région de Bruxelles-Capitale toute proche. [voir CARTE AIR 3-1] [voir CARTE AIR 3-2]

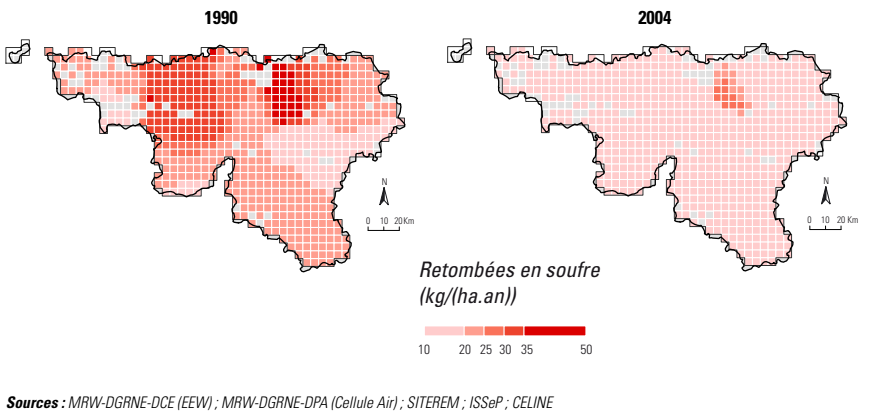
FIG AIR 3-10 Retombées totales en soufre et en azote dans les écosystèmes forestiers en Région wallonne



CARTE AIR 3-1 Répartition spatiale des retombées en azote dans les écosystèmes forestiers en Région wallonne



CARTE AIR 3-2 Répartition spatiale des retombées en soufre dans les écosystèmes forestiers en Région wallonne



Les composés acidifiants ont de moins en moins d'impacts sur la végétation... mais le risque d'eutrophisation est toujours bien présent

Les impacts des retombées acides sur la végétation dépendent des quantités de dépôts acides, du type de végétation mais aussi de la nature des sols et de leur capacité à jouer un rôle tampon vis-à-vis de cette pollution. Ainsi, les sols riches en calcaire possèdent une capacité à neutraliser l'acidité plus importante que les sols qui en sont dépourvus, comme les sols schisto-gréseux ardennais, par exemple.

Les cartes AIR 3-3 présentent pour les écosystèmes forestiers et pour chaque maille de 5 km sur 5 km, l'excès des retombées en composés acidifiants par rapport à la charge critique en

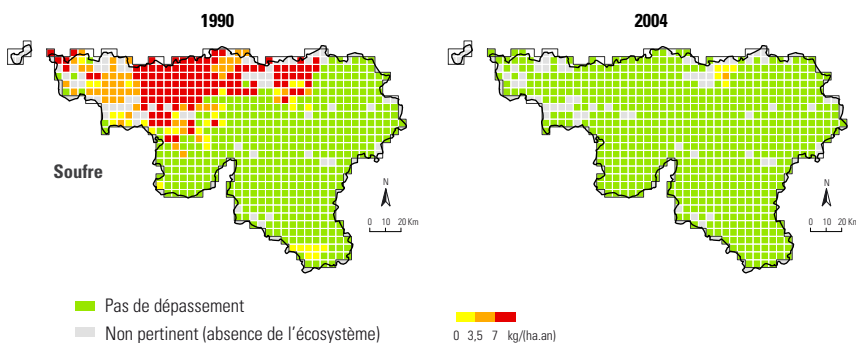
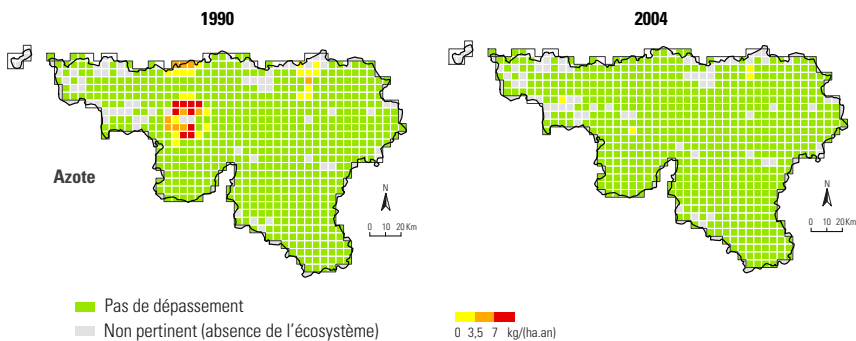
acidité. Cette dernière correspond à la quantité maximale de dépôts acides que l'environnement naturel peut tolérer sans que l'on puisse y déceler des effets indésirables à long terme, sur base des connaissances actuelles.

[voir CARTES AIR 3-3]

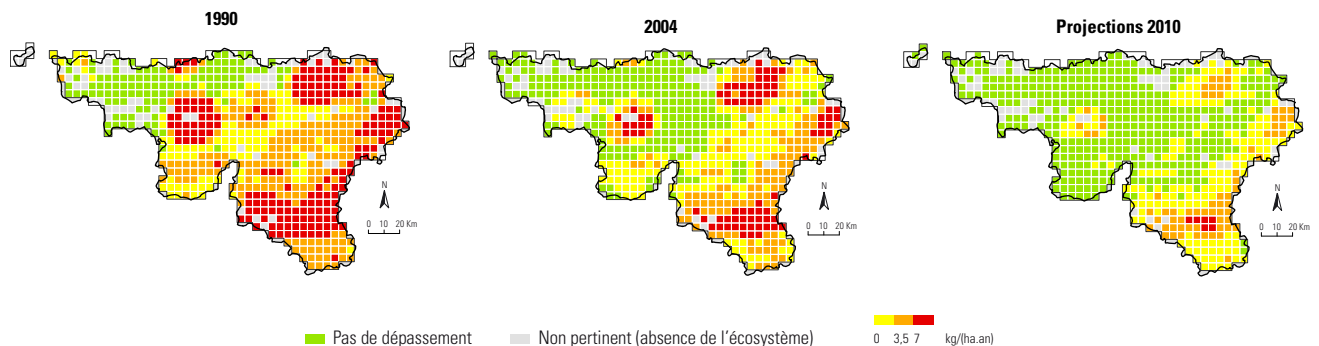
En 2004, la quasi-totalité du territoire wallon (99 %) recevait des apports acides inférieurs à la charge critique que les écosystèmes forestiers peuvent accepter, alors que de nombreux dépassements étaient observés en 1990, principalement dans les régions où se concentraient les retombées. Cette situation encourageante s'explique essentiellement par la diminution des dépôts en composés acidifiants, soufrés en particulier. [voir Fig AIR 3-10]

Charge critique en azote acidifiant et en azote eutrophisant

Le calcul de la charge critique nécessite l'établissement d'un bilan de masse à l'équilibre des entrées et des sorties des différents polluants de l'écosystème⁽¹²⁾. En particulier, pour l'azote acidifiant, le calcul de la charge critique tient compte des quantités de cations alcalins et alcalino-terreux lixiviés hors de la zone racinaire ainsi que des concentrations en aluminium phytotoxique produites suite à l'acidification du sol. Le calcul de la charge critique en azote eutrophisant n'intègre pas ce type de paramètres, mais plutôt les quantités d'azote immobilisées dans le sol, celles prélevées par la végétation et celles qui sont lessivées à travers la zone racinaire.

CARTES AIR 3-3 Dépassement des charges critiques des écosystèmes forestiers en azote et en soufre acidifiants


Sources : MRW-DGRNE-DCE (EEW) ; MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air) ; SITEREM ; ISSeP ; CELINE

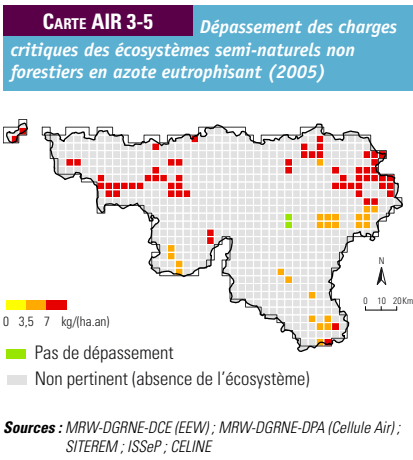
CARTES AIR 3-4 Dépassement des charges critiques des écosystèmes forestiers en azote eutrophisant


Sources : MRW-DGRNE-DCE (EEW) ; MRW-DGRNE-DPA (Cellule Air) ; SITEREM ; ISSeP ; CELINE

Si l'azote en tant que composé acidifiant ne pose plus véritablement de problèmes pour la végétation en Région wallonne, qu'elle soit forestière ou semi-naturelle des milieux ouverts (landes, tourbières, marais, pelouses calcaires...), il n'en est pas de même lorsque l'on considère le rôle joué par l'azote dans le processus d'eutrophisation [voir EAU 2].

Ainsi, en 2004, plus des trois quarts des surfaces forestières (situées essentiellement au sud du sillon Sambre-et-Meuse) et la quasi-totalité des autres écosystèmes semi-naturels en Région wallonne étaient affectés par des dépassements de la charge critique en azote eutrophisant, avec pour conséquences éventuelles des risques de lessivage en nitrates vers les nappes, des déséquilibres nutritionnels et une perte de la biodiversité [voir FFH 3 et RES FOR 3]. [↘ CARTES AIR 3-4 et AIR 3-5]

La traduction de la projection des émissions wallonnes d'azote en 2010 en termes de dépassement de la charge critique indique que, malgré les efforts de réduction qui pourraient être réalisés d'ici là, environ 45 % des surfaces forestières seront encore affectés par des problèmes d'eutrophisation. On note par ailleurs qu'aucun effet bénéfique ne sera observé au niveau de la végétation semi-naturelle, puisque plus de 96 % des surfaces seront encore affectées. Dans l'hypothèse où la Région wallonne respecterait en 2010 les plafonds d'émissions qui lui ont été attribués, on estime qu'environ trois-quarts des surfaces forestières pourraient être protégés du phénomène d'eutrophisation lié aux retombées atmosphériques, mais que cela n'aurait aucun impact positif



supplémentaire pour la végétation semi-naturelle des milieux ouverts (landes, tourbières, marais...). [↘ Fig AIR 3-11]

Des efforts importants de réduction d'émissions atmosphériques en azote doivent donc encore être accomplis en Région wallonne, mais aussi au niveau des régions limitrophes, en vue de restaurer et de protéger au maximum les écosystèmes les plus sensibles au phénomène d'eutrophisation [voir FFH 1, FFH 3 et FFH 17].

Des plafonds d'émissions à respecter pour réduire les impacts des retombées acides

Pour répondre aux défis posés par les polluants atmosphériques, les Etats membres de l'UNECE ont adopté, dès 1979, la Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à

longue distance⁽¹³⁾. Celle-ci a depuis été complétée par plusieurs protocoles, dont :

- deux protocoles successifs relatifs à la réduction des émissions de soufre (en 1985 et 1994) ;
- le Protocole de Göteborg relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique, adopté fin 1999 et entré en vigueur le 17 mai 2005.

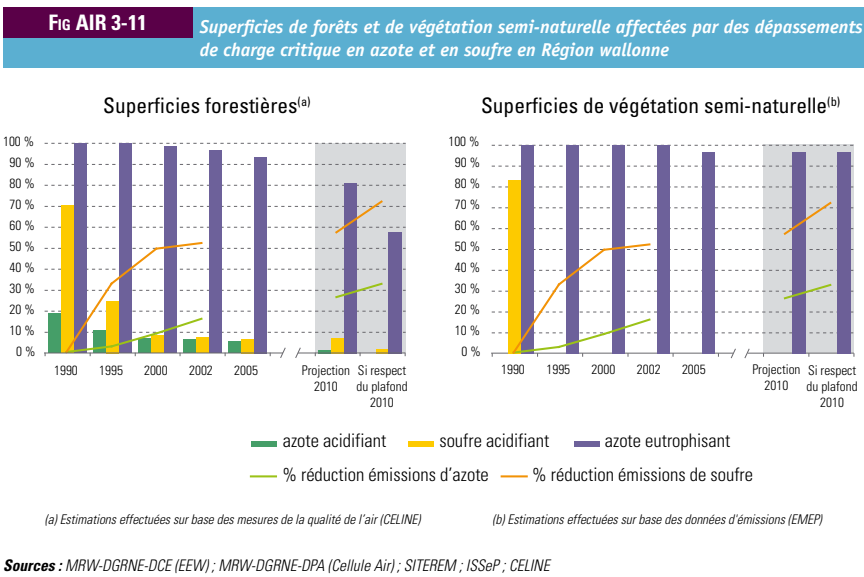
La directive européenne 2001/81/CE (directive NEC - *National Emission Ceilings*)⁽¹⁴⁾ poursuit les mêmes objectifs que le Protocole de Göteborg. Elle fixe des plafonds -quantités maximales- d'émissions pour certains polluants atmosphériques (SO₂, NO_x, COV et NH₃) que chaque Etat membre est tenu de respecter à l'horizon 2010. En Belgique, les plafonds d'émissions ont été répartis entre les régions pour les sources fixes. La répartition interrégionale ne prend pas en compte les transports pour lesquels les plafonds restent des objectifs nationaux.

La directive NEC spécifie également que les Etats Membres doivent établir des programmes nationaux pour réduire les émissions des polluants concernés. Pour la Belgique, ce programme est constitué par la juxtaposition des programmes des trois régions et de celui du fédéral, qui a seul la compétence en ce qui concerne les normes de produits (carburants...). Un programme wallon de réduction des émissions de SO₂, NO_x, COV et NH₃ a été adopté par le Gouvernement wallon le 25 mars 2004⁽¹⁵⁾.

Par rapport aux émissions de 1990, le respect des plafonds d'émissions fixés pour la Région wallonne correspond à une réduction importante des émissions atmosphériques. Une partie du chemin a déjà été effectuée, soit grâce à des mesures mises en œuvre au niveau fédéral (comme la diminution de la teneur en soufre dans le gasoil routier et de chauffage), soit grâce à des mesures prises au niveau de la Région wallonne, essentiellement au travers des permis d'environnement (conditions sectorielles relatives aux centrales thermiques fixant des limites aux émissions de SO₂ et de NO_x p.ex.).

Néanmoins, les prévisions actuelles de l'évolution des émissions wallonnes de SO₂, de NO_x et de NH₃ (scénario BAU⁽¹⁶⁾ à l'horizon 2010) montrent que les mesures déjà décidées ne suffiront pas à atteindre les objectifs fixés pour 2010. Seules les émissions de NH₃ devraient se situer très légèrement en dessous des plafonds autorisés. [↘ Fig AIR 3-3] [↘ Fig AIR 3-5] [↘ Fig AIR 3-7]

Des mesures supplémentaires doivent donc impérativement être mises en place. Certaines figurent déjà dans le programme wallon de réduction progressive des émissions⁽¹⁵⁾, mais elles doivent encore être affinées et concrétisées. La mise en œuvre de la directive IPPC [voir ENTR] permettra également, à travers la révision des permis des entreprises concernées, de réduire leurs émissions de polluants atmosphériques. Enfin, le Plan wallon de l'Air, que le Gouvernement wallon devrait adopter formellement dans le courant de l'année 2007, visera à mettre en place de manière coordonnée des mesures supplémentaires faisant appel à l'ensemble des compétences du Gouvernement wallon (aménagement du territoire, transports, énergie, fiscalité...).



Enjeux et perspectives

Malgré une diminution des émissions de polluants acidifiants en Région wallonne, la situation actuelle est encore loin des objectifs à atteindre, en particulier en ce qui concerne la contribution des retombées azotées au phénomène d'eutrophisation. En effet,

- près de trois-quarts des surfaces forestières sont soumises à des dépôts azotés supérieurs à la charge critique en azote eutrophisant ;
- la quasi-totalité (96,5 %) des écosystèmes les plus sensibles reçoivent des retombées azotées beaucoup trop importantes par rapport à leur capacité d'absorption, ce qui risque à terme de compromettre leur existence.

Alors que les politiques menées jusqu'à présent au niveau européen ont permis de réduire de manière substantielle les superficies affectées par les pluies acides, les effets des retombées azotées et leurs conséquences en termes d'eutrophisation posent toujours problèmes dans la plupart des écosystèmes naturels. De plus, il est fort probable que ces problèmes ne seront pas résolus, même si la Région wallonne respecte d'ici 2010 les plafonds d'émissions qui lui ont été attribués.

Les efforts de réduction des émissions de substances acidifiantes – en particulier azotées – doivent donc être poursuivis et amplifiés. Il s'agit à la fois d'un objectif à poursuivre à l'échelle de la Région wallonne, mais aussi d'une nécessité partagée au niveau de l'ensemble des pays de l'Union européenne. En effet :

- même si les émissions de substances acidifiantes sont en diminution, leurs effets en termes de retombées sur l'ensemble du continent européen, y compris en Région wallonne, sont encore loin d'être négligeables ;

- le problème des excédents d'azote associés aux retombées atmosphériques se pose de manière générale, mais est particulièrement critique en Belgique et aux Pays-Bas ;
- les émissions de composés acidifiants contribuent à la formation de particules secondaires dans l'air ambiant. Ce phénomène apparaît de plus en plus comme un problème majeur de santé publique, la Belgique faisant partie des pays de l'Union européenne le plus touché par cette problématique [voir AIR 5].

Enfin, chaque région européenne exporte et importe une certaine quantité de polluants acidifiants, en fonction notamment des conditions atmosphériques et du type de polluants. On estime en général que la Région wallonne exporte plus de polluants acidifiants qu'elle n'en reçoit sur son territoire⁽¹⁷⁾. Etant donné l'importance de ces bilans importations-exportations dans le calcul des plafonds d'émissions alloués à chaque Etat membre, il est indispensable que la Région wallonne s'investisse davantage dans les négociations internationales, afin d'aboutir à des réductions d'émissions qui soient à la fois équitables et efficaces en Région wallonne.

L'Union européenne prévoit d'abaisser les plafonds d'émissions

Les plafonds d'émissions tels qu'ils ont été calculés et mis en place dans le cadre de la directive NEC visent, en ce qui concerne l'acidification, à atteindre pour 2010 l'objectif suivant : réduire d'au moins 50 % par rapport à 1990 les superficies soumises à des dépôts acides excédentaires par rapport à la charge critique que les écosystèmes peuvent accepter. Cet objectif est un objectif intermédiaire. L'Union européenne prépare d'ores et déjà, dans le cadre de la stratégie thématique sur la pollution de l'air, une révision des plafonds d'émissions actuels et la fixation de nouveaux plafonds pour une période s'étendant au delà de 2010. L'objectif recherché est de continuer à réduire la pollution atmosphérique de manière à ce que les niveaux de concentration ne dépassent plus jamais les seuils fixés pour la protection de la végétation et de la santé humaine à long terme (avec 2020 comme année de référence).

Remerciements

Nous remercions pour leur collaboration et/ou relecture :

Claude DEMUTH, Annick FOURMEAUX,
Vincent GUISSARD, Catherine HALLET,
Thierry HOSAY, Jean-Paul LEDANT,
Andrée MARIJNS, Olivier PARKS,
Charles PASSELECQ, Christian TRICOT,
Vincent VANDERHEYDEN, Didier VERHEVE
et Edwin ZACCAI

Sources principales

SITEREM, CELINE et ISSeP. 2006. Analyse spatio-temporelle du dépassement des charges critiques en polluants acidifiants en Région wallonne. Analyse selon le type d'écosystème et mise en relation avec les quantités émises de substances acidifiantes. Rapport final de Convention MRW-DGRNE. 193 p.

European Environment Agency. 2005. *The European environment — State and outlook 2005*, Copenhagen.

MRW-DGRNE. 1998. Atlas de l'air de la Wallonie. 36 p.

World Health Organization. 2003. *Health Aspects of Air Pollution with particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*. Report on a WHO Working Group, Bonn, Germany, 13-15 January 2003.

World Health Organization. 2005. *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global Update 2005, Summary of risk assesment*. Bonn, Germany.

<http://ec.europa.eu/environment/air/ambient.htm>

<http://ec.europa.eu/environment/air/ceilings.htm>

<http://www.acidrain.org/>

<http://air.wallonie.be>

- (1) L'ammoniac n'est pas un acide : dissous dans l'eau de pluie, il s'agit même d'une base qui peut partiellement neutraliser l'acidité de la pluie. Cependant, sous certaines conditions, l'ammoniac peut se transformer dans les sols en acide nitrique. Le NH₃ est donc un composé potentiellement acidifiant, au même titre que les oxydes d'azote.
- (2) Afin d'évaluer globalement l'impact acidifiant des émissions de SO₂, de NO_x et de NH₃, les quantités de chaque polluant sont converties en équivalent acide (Aeq) sur base de la quantité de protons susceptibles d'être produits par chacun de ces trois gaz.
- (3) L'atmosphère terrestre est composée à 78 % d'azote, 20,6 % d'oxygène et 1,4 % d'autres gaz (dioxyde de carbone, vapeur d'eau, ozone...)
- (4) Arrêt d'un four et installation d'un nouveau précalcinateur sur les installations existantes.
- (5) Le parc automobile belge a augmenté en moyenne de 1,9 % par an entre 1980 et 2005. Le nombre de véhicules-km sur les autoroutes et les routes wallonnes a quant à lui augmenté d'environ 140 et 60 % respectivement entre 1985 et 2005.
- (6) Directive 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour l'anhydride sulfureux, le dioxyde d'azote et les oxydes d'azote, les particules et le plomb dans l'air ambiant. Journal officiel des Communautés européennes. L 163.
- (7) La valeur de 350 µg/m³ pendant 1 h a été dépassée 7 fois à Engis en 2004 et 3 fois en 2005. La valeur de 125 µg/m³ pendant 24 h y a été dépassée 2 fois en 2004. Aucun dépassement de cette valeur n'a été constaté en 2005.
- (8) World Health Organization, 2005 : WHO air quality guidelines global update – Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005.
- (9) Le réseau de surveillance de la qualité de l'air est géré par l'ISSEP (<http://www.issep.be>) et les concentrations en SO₂ et NO_x dans l'air ambiant peuvent être consultées en direct sur le site de la cellule CELINE (<http://www.ircel.be>)
- (10) Les rapports relatifs aux réseaux de surveillance de la qualité de l'air peuvent être consultés à l'adresse suivante : <http://mrw.wallonie.be/dgrne/rapports/dpa/2005/index.html>
- (11) Le carbonate de calcium présent dans les pierres réagit avec l'acide sulfurique pour former du gypse qui se désagrège facilement.
- (12) SITEREM, CELINE et ISSeP. 2006. *Analyse spatio-temporelle du dépassement des charges critiques en polluants acidifiants en Région wallonne. Analyse selon le type d'écosystème et mise en relation avec les quantités émises de substances acidifiantes*. Rapport final de Convention MRW-DGRNE. 193 p.
- (13) En anglais, Convention LRTAP (*Long-Range Transboundary Air Pollution*) : <http://www.unece.org/env/lrtap/>
- (14) Directive 2001/81/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques. Journal officiel des Communautés européennes. L 309.
- (15) Arrêté du Gouvernement wallon du 25 mars 2004 portant programme de réduction progressive des émissions de SO₂, NO_x, COVphot et NH₃ (M.B. 20.08.2004). <http://mrw.wallonie.be/dgrne/legis/air/air041.htm>
- (16) Scénario BAU (*Business as usual*) c-à-d le scénario d'évolution le plus probable en l'absence de mesures de réduction prises par les pouvoirs publics (fédéral ou régional), autres que celles qui sont déjà décidées l'année de réalisation des projections (2006).
- (17) Sur base des résultats de modélisation actuellement disponibles : pour une tonne de soufre émise en Région wallonne, on estime que 0,7 tonne se dépose sur le territoire wallon dont 0,4 tonne proviendrait des pays et des régions avoisinants. Pour une tonne d'azote émise en Région wallonne, ce serait 0,59 tonne qui se déposerait sur le territoire wallon dont 0,29 tonne proviendrait des régions et pays avoisinants (SITEREM et al., 2006).