

Depuis plusieurs décennies, les agronomes et les chimistes se préoccupent des pluies acides et de leurs conséquences sur l'environnement. Les effets délétères de cette acidité étant établis, les gouvernements de nombreux pays industrialisés ont réglementé les rejets des polluants dans l'atmosphère. L'Europe, par exemple, a limité les rejets de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote au moment même où les États-Unis ont adopté une loi pour un air propre. On espérait que de telles mesures favoriseraient la régénération des forêts et des lacs, mais le problème des pluies acides demeure : pourquoi les précipitations qui atteignent certaines parties de l'Europe et le Nord des États-Unis restent-elles acides, alors que la pollution est progressivement réduite ? Et pourquoi certains écosys-

tèmes, telles les forêts, sont-ils plus endommagés qu'on ne le craignait ?

Les spécialistes de l'atmosphère ont récemment découvert que le mécanisme des pluies acides était beaucoup plus complexe qu'ils ne le soupçonnaient : ils avaient notamment sous-estimé l'effet des composés atmosphériques basiques, qui peuvent contrebalancer les effets des polluants acides. Alors qu'on s'attachait à réduire les rejets de composés acides, on oubliait de tenir compte de la raréfaction simultanée des produits basiques : la diminution de la charge basique de l'atmosphère a aggravé les conséquences écologiques des pluies acides. Ainsi, paradoxalement, les mesures prises pour améliorer la qualité de l'air figurent parmi les principales causes des atteintes écologiques récentes.

On mesure l'acidité des composés

en unités pH (c'est une mesure de la concentration en ions hydrogène) : les solutions de pH inférieur à 7 sont acides, celles de pH supérieur à 7 sont basiques, et celles de pH égal à 7 sont neutres. Le jus d'orange, le vinaigre ou le vin sont acides, tandis que l'ammoniaque, la soude et les pansements gastriques sont basiques. Dans l'atmosphère, la plupart des composés basiques sont en suspension dans les particules de poussière, car ces dernières sont particulièrement riches en minéraux tels que le carbonate de calcium ou le carbonate de magnésium, qui se transforment en composés basiques lors de leur dissolution dans l'eau.

Les poussières atmosphériques proviennent de sources variées, telles la combustion des combustibles fossiles et des activités industrielles comme la fabrication du ciment, l'extraction minière ou la métallurgie. Les industries du bâtiment et l'agriculture dégagent également beaucoup de poussières basiques, tout comme les feux de forêts ou l'érosion éolienne des régions arides.

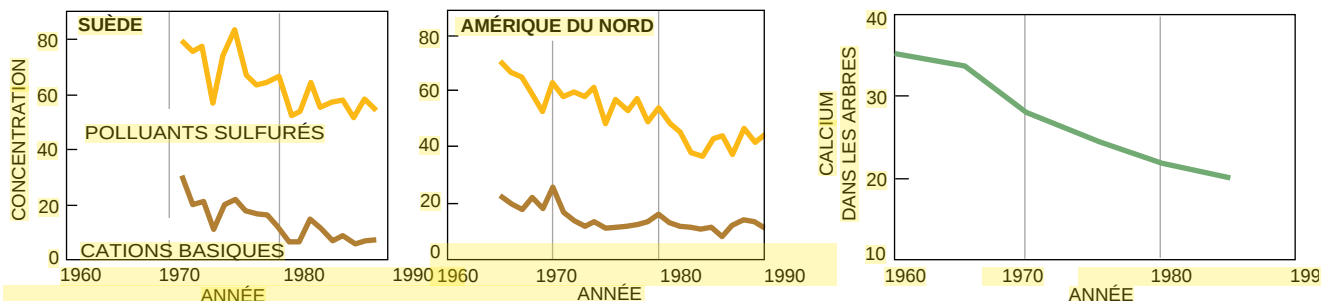
Un anti-acide naturel

Dans l'air, les particules de poussière neutralisent les pluies acides, à la façon de pansements gastriques dans l'estomac : lorsqu'un acide et une base se rencontrent, ils réagissent et engendrent un sel plus neutre. Dans l'atmosphère, cette neutralisation se produit lorsque les particules de poussière se dissolvent dans les gouttelettes acides qui constituent les nuages ou lorsqu'elles se combinent directement avec des acides sous forme gazeuse, tels le dioxyde de soufre ou le dioxyde d'azote. Ces réactions libèrent des cations, c'est-à-dire des atomes ou des groupes d'atomes qui, ayant perdu des électrons, sont char-

1. LES POUSSIÈRES de l'atmosphère (flèches brunes) contiennent des composés basiques, qui neutralisent les polluants acides (flèches jaunes) responsables des pluies acides. Les rejets des usines, l'agriculture ou la circulation sur les chemins de terre engendrent ces poussières, ainsi que les feux de forêts ou l'érosion par le vent. Les polluants acides proviennent essentiellement de la combustion des combustibles d'origine fossile dans les usines, les véhicules et les logements. Les particules de poussières apportent des éléments nutritifs aux forêts, mais elles provoquent également des troubles respiratoires quand leur concentration dans l'atmosphère est excessive.



Roberto Osti



Jemiffer C. Christiansen

2. LES DIMINUTIONS SIMULTANÉES des quantités de polluants soufrés acides et des cations basiques qui les neutralisent se sont compensées pour réduire à presque rien les bénéfices écologiques attendus de la diminution des émissions de polluants acides. On a

notamment observé que les cations basiques étaient raréfiés dans les arbres des forêts du New Hampshire, ces dix dernières années. De telles raréfactions affaiblissent les forêts, parce qu'elles les privent d'éléments nutritifs.

gés positivement (simultanément se forment des anions, négativement chargés).

Les cations basiques réduisent l'acidité des précipitations, et ils atténuent également les effets des pluies acides dans les sols : là, les petites particules d'argile et l'humus (composé de matière organique végétale en décomposition) contiennent des ions négatifs, qui attirent les ions calcium

ou magnésium. Ainsi, le sol est une réserve naturelle de cations basiques qui, lorsqu'il est exposé aux ions hydrogène des pluies acides, limite l'acidité de l'eau qui percole en échangeant les ions hydrogène de cette dernière contre ses cations basiques (dans certains sols, les pluies acides provoquent en outre la dissolution d'ions aluminium toxiques qui déplacent les cations basiques).

Ce mécanisme d'échanges d'ions protège normalement les forêts contre les effets néfastes des pluies acides, mais il n'agit plus lorsque les réserves naturelles en cations s'épuisent, parce que le sol a été excessivement arrosé par les pluies acides. Ainsi, dans certaines régions d'Europe et d'Amérique du Nord, les ions hydrogène et aluminium ont déplacé une grande partie des cations basiques, augmenté la concentration en aluminium et acidifié le sol. De surcroît, les sols acides ne protègent plus des ruissellements acides les écosystèmes situés en aval : l'eau qui les traverse se charge d'ions hydrogène et aluminium, qui empoisonnent les rivières, les lacs et les fleuves.

Les particules de poussière ont un autre rôle important, car elles contiennent des éléments comme le calcium, le magnésium, le sodium et le potassium, qui sont des éléments nutritifs essentiels pour de nombreuses plantes. Non seulement les pluies acides arrachent ces éléments aux argiles et aux humus, mais elles les entraînent dans les lacs et les rivières, appauvrissant ainsi l'écosystème.

Naguère, seuls le Suédois Hans Egner et l'Anglais Eville Gorham avaient imaginé que l'atmosphère puisse être la principale source de cations basiques du sol ; on supposait plutôt que les cations se renouvelaient régulièrement dans les sols en raison d'une lente dissolution des minéraux des roches profondes, lors de l'érosion. Des études récentes ont bouleversé la théorie de la régénération des cations dans les sols. Dans la plupart des cas, l'atmosphère semble être la principale source de cations, de sorte que de nombreuses forêts seraient plus sensibles à la composition de l'atmosphère que les agronomes ne le pensaient.

Les poussières en France

La France et plusieurs pays européens ont considérablement réduit leurs émissions de polluants (oxydes de soufre, d'azote, poussières) contribuant au phénomène général de retombées acides.

Les courbes ci-contre présentent les émissions de dioxyde de soufre (SO_2), d'oxydes d'azote (NO et NO_2) et de poussières en France. Les valeurs maximales sont de l'ordre de 3 900 000 tonnes par an pour le dioxyde de soufre, de 1 650 000 tonnes par an pour les oxydes de soufre, de 650 000 tonnes par an pour les poussières.

Pour le dioxyde de soufre, les émissions ont été globalement réduites de plus de quatre fois entre 1960 et 1994, essentiellement en raison des économies d'énergie, du développement de l'usage du gaz naturel et du développement de l'énergie nucléaire.

Pour les oxydes d'azote, les émissions globales n'ont diminué que

de 15 pour cent, entre 1973 et 1994. Les émissions par les sources fixes ont diminué dans un rapport 2, tandis que les émissions par le trafic automobile ont augmenté de 17 pour cent dans cette même période.

Pour les poussières, les émissions (toutes sources confondues) ont diminué dans un rapport de 3,2 : en retirant les émissions par les sources mobiles (diesel) qui ne présentent pratiquement aucun caractère basique, le rapport de réduction est alors de 5.

On estime généralement que la part de responsabilité des oxydes d'azote dans les dépôts acides est de l'ordre de 15 pour cent. Il est donc vrai que la France a considérablement diminué à la fois ses émissions acides et ses émissions de poussières.

Rémy BOUSCAREN – Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique

