

Chronique chimiophile :

La chimie par référendum et la mort des forêts

Ayant lu récemment les travaux dont je vais vous rendre compte*, j'ai fait un test auprès de mes amis, chimistes ou laïcs : je leur ai demandé s'ils connaissaient la cause du dépérissement des forêts ? Ce référendum a donné un résultat écrasant : "les pluies acides". Les autres réponses ("l'ozone" ou "les gaz d'échappement des autos") étaient très minoritaires. Aucun de mes interlocuteurs, même les chimistes, n'avait la moindre idée des expériences ou des mesures éventuellement réalisées, ni même de la faisabilité éventuelle de telles mesures, pour vérifier une hypothèse ou une autre. Chacun, simplement, savait comment il devait voter.

La pratique de la chimie par référendum (peut-être faudrait-il plutôt dire "par confiance dans l'information journalistique" - mais cela faisait un titre moins attrayant) n'est pas limitée au dépérissement des forêts : c'est aussi par conviction non scientifique, parce que nous n'avons généralement lu que les journaux, que nous savons qu'il y a peu d'hélium sur Jupiter (comment l'a-t-on mesuré ?), que les CFC sont la cause du trou d'ozone (d'ailleurs, le comité Nobel l'a confirmé), ou que Seveso a été une catastrophe.

Trêve de généralités. Ma source récente étant allemande, les données que je présenterai sont largement relatives à nos voisins ; je ne doute pas qu'il y ait des travaux français (ou américains, ou suédois...) comparables dans ce

domaine, mais je ne chercherai pas à faire ici une revue équilibrée.

Que sait-on sur le dépérissement des forêts ?

D'abord, que la forêt européenne est en pleine croissance. Une surexploitation intensive (bois, charbon de bois, cendres pour la potasse) avait ramené sa surface des 90 % d'origine à 20 % environ en Allemagne vers 1800 ; aujourd'hui, on en est à plus de 30 %. Dans le musée du Parc régional des Vosges du Nord, des photographies aériennes prises à quelques dizaines d'années d'intervalle montrent l'envahissement spectaculaire de nombreux terrains découverts. Et sur chaque parcelle, sauf celles qui sont trop gravement atteintes par le "mal des forêts", la productivité en bois augmente régulièrement.

Ensuite, il est exact que, dans les années 70, on a commencé à observer des dégâts inhabituels : jaunissement ou chute des aiguilles ou des feuilles, éclaircissement des couronnes, et mort de nombreux arbres. Ces dégâts ont été dramatiques dans certaines régions d'Europe centrale, et nous avons tous vu les photos de pentes entières couvertes de squelettes de pins. Mais en même temps, même les arbres présentant des symptômes apparemment graves (chute de près de 50 % des aiguilles) n'en poussaient pas moins : toutes les forêts européennes ont une productivité accrue depuis une vingtaine d'années, et si les "dégâts" sont parfois évidents, le "dépérissement" n'est marqué que quand ces dégâts finissent par tuer l'arbre.

Enfin, on a pu retrouver tous les symptômes de ces dégâts sur des peintures du début du XIXe siècle ainsi que

sur des photographies du début du XXe siècle. Il ne faut pas, ou pas seulement, rechercher des causes modernes pour les effets observés : ils pouvaient, dans des localités particulières, se produire sans automobiles.

On a d'abord incriminé SO₂. Avec raison, pour les dégâts observés à proximité des usines métallurgiques, et, avec une acuité particulière, autour des centrales à lignite d'Europe de l'Est. L'établissement de normes limitant l'émission de SO₂ était nécessaire. Elle a permis de réduire partout les teneurs mesurées, qui étaient parfois jusqu'à près de dix fois supérieures aux teneurs actuellement acceptées. Mais, dans des régions où sont observés des dégâts, la teneur en SO₂ peut être pourtant dix fois inférieure aux normes, qui ont été établies expérimentalement après qu'on eut pu démontrer le seuil au-dessous duquel on n'observait plus d'effet chronique sur les arbres (on peut combiner des observations prolongées *in situ*, sur des forêts adultes ou des arbres de ville, sur des sites où les teneurs en polluants sont suivies régulièrement, ou avec des cages d'exposition - mais les arbres observés sont alors plus jeunes).

Il semble clair que SO₂ ne peut pas être incriminé, en tout cas pas comme le coupable principal.

L'ozone a ensuite été mis en cause. En effet, les teneurs mesurées en pleine Forêt-Noire dépassaient en été (de peu - beaucoup moins qu'à Strasbourg !) les teneurs maximales jugées admissibles pour une exposition permanente. Mais il a été impossible, au cours d'expériences soignées, de démontrer quelque effet que ce soit de ces teneurs en ozone sur la photosynthèse ou sur le métabolisme des

* H. Mohr, *Verhdigen Ges. Deutsch. Naturforsch. Arzte*, 117. Versamml., Aachen 1992 (Stuttgart, 1992).
H. Mohr, *Votr.*, N 417, Nodr.-Westfäl. Akad. Wissenschaft, Westdeutscher Verlag GmbH (Opladen, 1995).

pins. Le seul effet observable, aux teneurs maximales mesurées, était une ouverture anormale des stigmates, avec accroissement de la transpiration et par conséquent, aggravation de l'effet négatif d'une déficience en eau.

Et les pluies acides ? Depuis plus de dix ans, on sait qu'il n'existe en fait aucune corrélation entre les dégâts observés et l'apport d'acides par les pluies (à l'exception sans doute des forêts détruites sous le vent de fortes concentrations industrielles proches, conduites sans aucune protection). Les mêmes dégâts sont d'ailleurs observés sur terrains calcaires, neutralisant les acides introduits, et il a été formellement démontré qu'il n'y a aucun effet mesurable des ions Al^{+++} libérés par ces acides.

Alors, qu'y a-t-il de changé ?

On dispose maintenant de mesures précises et suffisamment rétrospectives pour avoir pu démontrer, sur un ensemble de 12 stations près de Stuttgart que, si l'apport atmosphérique d'ions sulfate et d'acidité a diminué régulièrement de 1987 à 1990, et si l'apport de

nitrate est resté à peu près constant, par contre l'apport de sels d'ammonium n'a cessé de croître, et a en fait à peu près compensé l'apport d'acidité. Ces tendances ont été confirmées ailleurs.

J'ai personnellement été fort surpris d'apprendre en effet que l'apport atmosphérique d'azote a énormément augmenté. Il était typiquement de 1 kgN/ha.an, et était complété par l'apport des cyanobactéries fixatrices d'azote du sol aux 5-12 kg N/ha.an environ que peut assimiler une forêt saine, dans nos conditions climatiques. Actuellement, les quantités déposées sont souvent bien supérieures : 8,5-72 kg N/ha.an ont ainsi été mesurés en Allemagne sur trois sites éloignés, 40-80 kg N/ha.an aux PaysBas, 12-50 en Autriche. L'azote ammoniacal prédomine largement dans ces teneurs excessives. On peut d'ailleurs l'observer simplement en se promenant, sans analyses chimiques, par le grand développement que prennent les surfaces couvertes de plantes ammoniophiles comme les orties ou le sureau. Cette surproduction d'azote assimilable provient de l'excédent d'engrais ammoniacaux utilisés en agriculture, des usines de traitement des eaux usées, et

des dépôts d'ordures, contrôlés ou non.

La conséquence de l'excès d'azote ammoniacal conduit à une alimentation déséquilibrée, la croissance étant dopée sans que soient fournies les quantités nécessaires de cations (K^+ , Mg^{++} , Ca^{++}) d'oligo-éléments (Mn^{++}), et surtout d'eau. En outre, le coup de fouet donné à la croissance conduit à retarder la dormance en fin de saison. Les forêts de feuillus jaunissent plus tard et sont plus sensibles aux premiers gels ; chez les conifères, la croissance accrue augmente les besoins en eau, et la chute d'aiguilles tend à compenser l'évaporation trop importante ; bien sûr, si les conditions deviennent extrêmes, et si plus de 60 % des aiguilles sont victimes de ce mécanisme compensatoire, l'arbre souffre, et peut finir par mourir. Les arbres jeunes résistent, parce qu'ils sont physiologiquement mieux adaptés à profiter de l'aubaine d'une surabondance d'azote assimilable. Mais l'ensemble des symptômes observés sont maintenant interprétés comme un syndrome de dessiccation.

Au prochain référendum sur la mort des forêts, votez donc : "l'ammoniac".

G.O.