

Emanations délétères, précipitations acides et dépérissement de forêts

Compte-rendu d'un symposium d'information à l'Institut Gottlieb Duttweiler, le 29 novembre 1982

par Jean-Philippe Schütz, E.T.H. Zürich

Exposé du problème

Les effets néfastes des pollutions atmosphériques, notamment des émanations gazeuses sur notre environnement, sont déjà connus depuis longtemps du grand public. Que l'on songe seulement aux déprédations irréparables causées par les acides dissouts dans l'eau de pluie sur les façades des immeubles et des monuments historiques des grandes villes, au smog londonien des années 60 ou aujourd'hui à Athènes, plus récemment à la mort par acidification des biocénoses aquatiques de certains lacs alpestres.

Des dégâts d'émanations délétères à la végétation, en particulier le dépérissement de forêts, bien que manifeste depuis fort longtemps, au début du siècle déjà dans les régions houillères du Nord de l'Europe, sont restés jusqu'il y a peu en marge des grands mouvements d'information. Depuis quelques mois cependant, l'on assiste, notamment en Allemagne, à une concentration dramatique d'informations sur le dépérissement de forêts entières et d'une prise de conscience d'une catastrophe écologique potentielle d'une ampleur sans précédent. L'on estime déjà, en effet, rien que pour la République Fédérale d'Allemagne (RFA), à plusieurs centaines de milliers d'ha (1982: 560 000 ha, soit 8% de la surface forestière productive) les forêts sinistrées. Devant l'augmentation rapide des dégâts certaines Cassandres n'hésitent pas à prophétiser la disparition d'espèces d'arbres économiquement importantes telles que le sapin blanc et l'épicéa, voire la disparition totale de la forêt, avec toutes les conséquences économiques et écologiques que cela implique.

Face à de telles assertions les scientifiques n'ont pas le droit de se dérober, même si le problème est complexe, les mécanismes chimiques encore mal définis, les processus biologiques difficiles à circonscrire, et par conséquent s'il est bien hasardeux de délimiter des responsabilités et à plus forte raison de fixer des programmes d'intervention. Les principales causes du mal étant liées à notre mode de vie, énergétiquement dispendieux, il faut convenir que le problème n'a pas seulement des solutions techniques, mais qu'il s'agit bien d'un problème de société dont les solutions sont essentiellement politiques et hélas ne s'arrêtent pas aux frontières d'Etat, les pollutions, notamment les fameuses pluies acides, agissant par-delà les frontières à des distances de plusieurs centaines de kilomètres.

Il est évident d'autre part que des intérêts aussi considérables que divergents sont en présence, entre d'une part les milieux sinistrés: pour l'instant l'économie forestière, mais la forêt est sans doute le précurseur d'autres victimes potentielles, et de l'autre les pollueurs: essentiellement les centrales thermiques à charbon et au fuel ainsi que le trafic motorisé. Cette constellation d'intérêts divergents conduit plutôt à la confrontation, à l'exacerbation des débats au niveau des médias tout au moins, plutôt qu'à la recherche pondérée de solutions consensuelles. Le grand public dans tout cela, en face d'assertions apparemment contradictoires, a bien du mal à se faire une image objective et claire de la situation.

Dans ce contexte conflictuel il faut saluer l'initiative de l'Institut Gottlieb Duttweiler d'avoir réuni à Rüslikon le 29 novembre 1982 une brochette de spécialistes surtout suisses et allemands, des différents bords: forestiers, biologistes, producteurs d'énergie, représentants des of-

fices de l'environnement, pour débattre du dépérissement des forêts consécutif aux émanations nocives. Nous tenterons ci-après de relater l'essentiel des propos présentés, dans une optique des implications pour notre pays.

Même si les conférences ont cristallisé parfois des points de vues apparemment éloignés, voire divergents et ont pu déranger ainsi quelque auditeur, c'est que les problèmes sont non seulement complexes, avec des interactions multiples, mais ils doivent être analysés de façon différenciée selon les régions et les genres d'émanations. C'est ainsi qu'il n'est pas licite de transposer sans autre analyse ce qui prévaut en Allemagne par exemple, aux conditions de notre pays.

Les textes des conférences feront l'objet d'une publication au début 1983 de l'Institut Gottlieb Duttweiler.

Genres de pollutions atmosphériques

Les polluants atmosphériques proviennent originellement de gaz, essentiellement des composés sulfureux (SO_x) et nitreux (NO_x) auxquels peuvent s'ajouter de cas en cas en quantités moindres d'autres éléments chimiques: fluor ou chlore par exemple, et des poussières. Le tout est véhiculé dans l'atmosphère et retombe au sol sous forme de dépositions sèches (poussières) et de dépositions humides: les pluies acides, issues de la transformation chimique des composés sulfureux et nitreux en sulfates et nitrates et leur dissolution dans les nuages et les gouttelettes de pluies. Lors de la transformation chimique des composés nitreux, sous l'effet du rayonnement UV se dégagent des quantités importantes d'ozone et d'autres oxydants, que l'on retrouve en été surtout quand le rayonnement est le plus fort dans l'air de la périphérie des grandes villes et qui, déjà après une relativement courte durée d'exposition de quelques jours, exerce une action hautement toxique sur la végétation.

Action des polluants sur la végétation

Les polluants agissent en phase gazeuse, mais aussi par l'apport et l'accumulation d'acides par les poussières et les pluies.

Parmi les gaz, le SO_2 nettement plus délétère que NO_x agit directement au niveau des organes aériens des plantes sur les échanges gazeux et le métabolisme, provoquant une diminution de l'activité photosynthétique, une réduction de la vitalité de l'arbre, une chute prématurée des feuilles, conduisant à une accélération du vieillissement de la plante, la prédisposant à toutes sortes de dégâts secondaires en augmentant sa sensibilité aux agents biotiques pathogènes (virus, champignons et insectes de tout acabit) et abiotiques en augmentant la sensibilité aux gels par exemple. L'ozone comme déjà cité présente une toxicité très élevée. Bucher suggère que chez les arbres malades les perturbations constatées dans le transport des produits élaborés par la photosynthèse des feuilles jusqu'aux racines, pourraient conduire à diminuer la résistance naturelle de la plante, notamment parce qu'une réduction de l'apport d'hydrates de carbonés au niveau des racines provoquerait la diminution consécutive du manchon symbiotique mycorrhizien des racines, responsable de fonctions importantes pour la nutrition de l'arbre mais aussi de sa défense biotique. En tout état de cause l'on constate chez les arbres malades une augmentation anormale d'agents pathogènes dans le système racinaire et la plante.

Au niveau de la pédosphère, les poussières et les pluies acides s'accumulent dans le sol et peuvent à la longue conduire à une acidification considérable de celui-ci, surtout lorsqu'il n'est que mal tamponné en bases. Ce sera le cas des sols engendrés de substrats acides, cristallins. La baisse du pH provoque diverses réactions telles que la mobilisation de métaux lourds toxiques, l'augmentation du lessivage de certains éléments essentiels et la perturbation de la minéralisation des humus (Ulrich) avec pour effets, entre autres, une action néfaste sur le manchon mycorrhizien et le système racinaire et finalement les mêmes conséquences que décrites précédemment.

Comme on le constate, les mécanismes possibles sont multiples et complexes, agissant directement et de façon indirecte, entraînant avec eux un cortège de phénomènes secondaires. L'on peut

admettre que dans certaines régions ce sera l'action sur la pédosphère qui déclenchera les perturbations biotiques, dans d'autres cas ce sera l'action au niveau des organes aériens.

De plus des symptômes semblables peuvent apparaître en l'absence de pollutions à la suite de périodes de stress abiotique, notamment après des périodes de sécheresse prolongées, comme en 1976. Il est généralement bien difficile en face d'une recrudescence de dépérissement d'espèces d'arbres particulièrement sensibles comme le sapin blanc, de faire la part entre l'effet de la sécheresse et celle des émanations polluantes. Souvent d'ailleurs en réalité il y a interaction, peut-être même une action cumulative des différents facteurs de déclenchement. A la suite d'expérimentation en cabines de gazage, il apparaît certain dans les milieux forestiers que la principale cause du dépérissement des forêts est à attribuer aux pollutions atmosphériques. L'augmentation continue et rapide des dégâts en RFA, même au cours des années humides, exclut en tous cas la seule hypothèse abiotique (Schütt).

Situation actuelle des émanations (émissions) et des pollutions (immissions)

La connaissance et la mesure des émanations (émissions) sans définir de façon absolue des liens de causalités, renseigne en tous cas sur l'ordre d'importance des pollueurs et le cas échéant permet l'intervention en cas de limitation. Le tableau 1 indique la provenance des émanations de SO₂ et NO₂ pour la République Fédérale d'Allemagne et démontre le rôle prépondérant des centrales thermiques, contribuant pour près des 2/3 aux émanations de SO₂ qui sont, rappelons-le, plus délétères, c'est-à-dire agissent à des concentrations dix fois moindres que NO₂ sur les plantes.

Tableau 1: Emissions de SO₂ et NO₂ et leur provenance en République Fédérale d'Allemagne (émanations en kt par an, état en 1978)

	SO ₂		NO ₂	
	kt/an	%	kt/an	%
Centrales thermiques	2000	63	940	35
Processus industriels	620	20	270	10
Ménages et petits consommateurs	450	14	140	5
Trafic motorisé	99	3	1340	50
Total	3169		2690	

d'après: 2. Immissionsschutzbericht der Bundesregierung; Bundesministerium des Innern; März 1981 (Seeliger)

Ce sont surtout les grandes centrales thermiques fonctionnant pour 85% en RFA au charbon, qui chargent la balance des émanations de SO₂. Le trafic motorisé quant à lui est le grand pollueur en NO₂, moins dommageable comme gaz, mais responsable de la libération d'ozone très toxique, particulièrement en présence de SO₂. Une telle répartition des rôles de pollueur ne vaut bien sûr qu'au niveau des émanations gazeuses. Au niveau des pluies acides des travaux américains attribuent l'acidité pour environ 60% au SO₂, 30% au NO_x et 10% environ au Cl (Führer).

Pour la Suisse où la production d'énergie ne provient que pour une part relativement minime de centrales thermiques, les émanations de SO₂ devraient être moindres, imputables essentiellement aux chauffages ménagers et aux processus industriels (industries chimiques, fabrication du papier, cimenteries, etc.). Il faut bien constater que, à la suite de l'amélioration des brûleurs de chauffage et de sévères mesures de contrôle des chaudières, les émanations de SO₂ ont diminué nettement depuis les années 60. Les émanations de NO_x sont par contre en constante progression.

Au niveau des pollutions (immissions) l'on mesure des concentrations de SO₂ relativement faibles en Suisse, de l'ordre de 10-30 µg/m³ d'air en moyenne annuelle, 60 dans les villes, avec des

pointes de courte durée parfois plus élevées, notamment en périodes de stagnation météorologique hivernales (200–300 µg) ce qui n'est pas grave en soi. Nous sommes en Suisse encore en-dessous des limites d'apparition des dégâts à la végétation arborescente fixées à 60 µg/m³ d'air par l'Institut fédéral de recherches forestières de Birmensdorf (EAFV). Jusqu'ici on serait en droit de ne pas être trop préoccupé et pourtant nos sapins dépérissent aussi, certes pas dans une même mesure que chez nos voisins, mais tout de même de façon anormale dans certaines régions.

C'est vers les pollutions dues au trafic motorisé qu'il faut en rechercher les causes. Les immissions de NO_x mesurées en Suisse sont de l'ordre de 40–60 µg/m³ d'air en moyenne annuelle, nettement en-dessous du seuil d'apparition de dégâts situé vers 550 µg. Par contre, les concentrations d'ozone issu de la transformation photochimique des NO_x sont déjà toxiques pour des expositions de courtes durées (de quelques jours) de l'ordre de 200–300 µg. De telles concentrations sont déjà dépassées aujourd'hui d'après les mesures effectuées à Birmensdorf. Bucher estime d'ailleurs l'ozone comme un des principaux responsables potentiels du dépérissement des arbres en Suisse.

Voilà pour les pollutions par les gaz. Quant aux apports d'acides par les précipitations, notamment les pluies, il faut en rechercher l'influence à longue distance, à plusieurs centaines voire milliers de kilomètres. En tous cas une part importante de ces pollutions nous vient de l'extérieur du pays. L'apport global d'acides faibles par les pluies dépend surtout de la quantité totale des précipitations. Les régions les plus arrosées d'Europe, particulièrement vers les contreforts des chaînes de montagne, devraient être les plus touchées.

Conséquences pour l'économie forestière

Un relevé exact du dépérissement de forêts dans notre pays fait encore défaut, par manque surtout de critères objectifs de délimitation des symptômes de l'affection. A part quelques régions, touchées par des émanations particulières, il faut reconnaître ne pas encore avoir des dégâts aussi dramatiques que ceux annoncés en Allemagne. Certes dans certaines régions on assiste à une diminution assez inquiétante de la vitalité des sapins blancs et à l'augmentation des dégâts isolés, mais nous sommes encore bien loin d'un dépérissement par surfaces entières ou de l'extension du mal à d'autres espèces que le sapin, notamment à l'épicéa: ce qui ferait craindre alors pour nos forêts de montagne. Nous le devons pour l'instant peut-être à la pauvreté en charbon de notre sous-sol! L'expérience des pays avoisinants ne doit en tous cas pas nous laisser indifférents et peut laisser craindre une aggravation possible des phénomènes.

Devant la complexité des processus biologiques et le manque de connaissances exactes de l'étiologie et de l'évolution du mal, le forestier est bien mal armé pour entreprendre quoi que ce soit. D'abord il constate des dégâts lorsqu'il est déjà trop tard et se contente pratiquement de récolter des cadavres, ou presque. Une quelconque action thérapeutique n'est pas envisageable, encore moins de définir exactement la ou les causes du mal. En réalité il s'agit presque toujours de combinaisons de facteurs primaires et de causes secondaires. Pour éviter le risque d'épidémies secondaires, il convient parfois de réaliser prématurément des peuplements en perte de vitalité. Les conséquences financières et sylvicoles pour l'économie forestière sont importantes, sans parler des conséquences sur les prestations de protection, de délassement et autres.

Le sapin blanc se trouve disséminé aux environs des agglomérations et dans le Plateau suisse de façon éparse et ne forme guère de peuplements purs de grande étendue: son dépérissement ne conduit pas à ouvrir de larges blessures dans nos forêts: mais à l'étage montagnard il peut occuper une bonne part des massifs. Qu'advierait-il si le mal empirait ou s'étendait à l'épicéa qui lui alors recouvre des versants entiers?

Au niveau prophylactique également l'action forestière est restreinte. Il ne semble pas qu'un traitement sylvicole puisse exercer un effet très pertinent sur le déroulement du mal. Dans les zones sinistrées les arbres aussi bien dominants que dominés sont atteints, les forêts denses aussi bien que jardinées également. Par contre, lors de la création de peuplements, des mesures telles que le choix d'essences peu sensibles et surtout la création de peuplements mélangés, assurant une meilleure répartition des risques et garantissant une certaine diversité dans l'écosystème sont

envisageables, mais ce sont des mesures toutes relatives et sans diminution des émanations bien illusoires.

Solutions possibles

La seule solution bien sûr consiste dans la réduction des différentes émanations à leurs sources et leur limitation à un niveau tolérable. Cela implique non seulement l'utilisation et l'amélioration des différentes mesures techniques, mais aussi une attitude générale d'économies énergétiques. Des mesures techniques efficaces existent ou sont en voie de développement: amélioration des processus même de combustion, installations de désulfuration des gaz et de récupération des poussières, récupération d'une bonne partie des produits soufrés dans les cendres (brûleurs à pulvérisation d'argiles), diminution de l'échappement des gaz des véhicules motorisés; mais de telles mesures sont coûteuses et demandent généralement des délais de mise en œuvre assez longs, surtout pour les grosses installations industrielles. Seeliger admet par exemple pour la RFA un délai de 20 à 30 ans pour garantir la désulfuration et le dépoussiérage complet des centrales thermiques. En matière d'économies d'énergies de nombreuses possibilités existent: utilisation des possibilités d'isolation, de récupération de chaleur, de chauffage à distance notamment ainsi que des économies directes au niveau de la consommation ménagère par exemple que l'on estime en RFA à plus de 40%.

Tout le monde s'accorde pour reconnaître la nécessité d'intensifier la recherche dans les différents domaines concernés: mesures techniques, connaissance des phénomènes biologiques, au niveau des plantes et du sol, de l'étiologie du dépérissement, des limites de tolérance aux polluants, de la caractérisation des symptômes et de leur évolution, des mesures sylvicoles, etc. Il y a évidemment du pain sur la planche.

La solution des problèmes demande également l'adaptation rapide des réglementations nationales concernant les émanations et la volonté de coopération internationale pour leur limitation. Les choses sont en pleine évolution puisque 34 pays, dont la Suisse, ont signé à Genève en 1979 dans le cadre de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies une convention internationale sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, ratifiée déjà par 23 d'entre eux, la Suisse devant le faire prochainement, ce qui entraînera l'entrée en vigueur de cette première charte internationale sur les pollutions atmosphériques. Certes la convention est encore trop peu contraignante pour les pays, et les fabricants d'énergie allemands se plaignent amèrement d'être les seuls à devoir réaliser à pas de géants un programme général fort coûteux de désulfuration des centrales thermiques sous la pression de leur opinion publique et des autorités, alors que les principaux autres pays industriels d'Europe, y compris la France et la Grande-Bretagne, n'ont encore rien entrepris.