

27
—
08

> Dépôts de polluants atmosphériques en Suisse

Analyses chimiques des mousses 1990–2005

*Résumé de la publication: «Deposition von Luftschadstoffen in der Schweiz»
www.bafu.admin.ch/uz-0827-d*

> Résumé

Tout comme elle l'avait déjà fait en 1990, en 1995 et en 2000, la Suisse a apporté, en 2005, sa contribution au projet européen «Monitoring of atmospheric heavy-metal deposition in Europe using bryophytes» en évaluant la déposition atmosphérique de différents métaux et métalloïdes dans des mousses (*Hypnum cupressiforme* ou *Pleurozium schreberi*) utilisées comme bioindicateurs de l'accumulation (biomonitorés). En 2005, la teneur en azote des mousses a également été déterminée pour la première fois.

Dans le cadre de cette étude, les objectifs suivants ont été atteints: les dépositions atmosphériques régionales de différents éléments ont pu être estimées à l'aide d'analyses des mousses et des comparaisons nationales et internationales ont été effectuées; les modifications par rapport aux périodes de mesure antérieures (1990, 1995, 2000) ont été enregistrées et ont servi à contrôler l'efficacité des mesures de réduction des émissions mises en œuvre; la détermination de la teneur en azote a permis d'avoir, pour la première fois, des indications concernant les dépôts azotés; l'étude a en outre également fourni des données de référence pour le programme national d'observation des sols (NABO) ainsi que pour d'autres études.

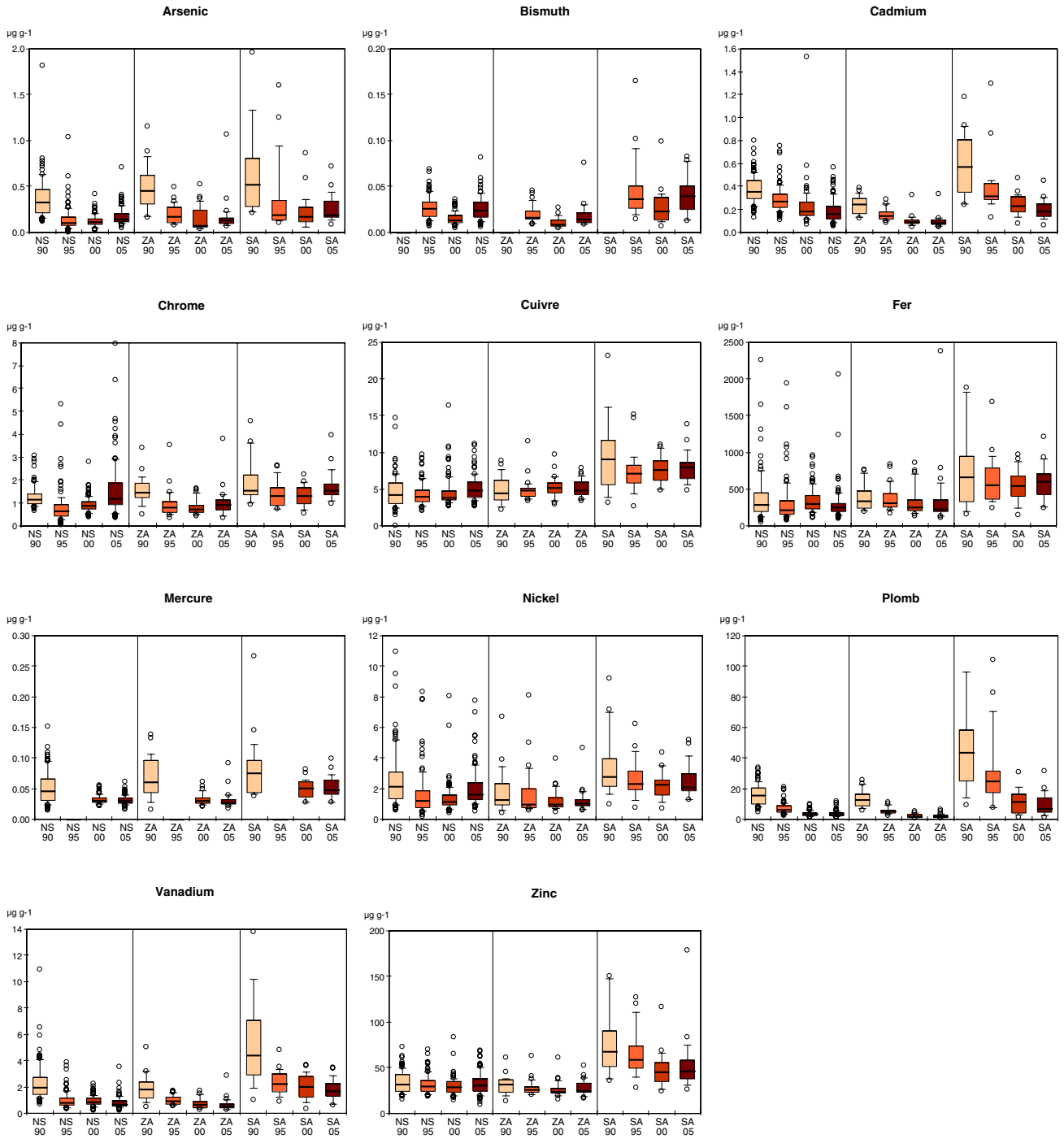
Outre la Suisse, 31 autres pays européens ont participé au projet en 2005 et 2006; la teneur en azote a été déterminée parallèlement aux concentrations en métaux dans 17 pays. Le Centre de coordination du Programme international concerté relatif aux effets de la pollution atmosphérique sur la végétation naturelle et les cultures (PIC-Végétation, <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/>), un programme partiel du «Groupe de travail sur les effets» s'inscrivant dans la Convention de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, était chargé de la coordination et du dépouillement des données européennes.

Les mousses conviennent particulièrement bien pour ce type d'analyses parce qu'elles absorbent l'eau et tous les nutriments, de même que les polluants, non pas par les racines mais directement de l'atmosphère. Le prélèvement des échantillons a été effectué à une distance d'au moins 300 m des routes ou des agglomérations, l'objectif étant de déterminer la charge à une certaine distance des sources d'émission et non les pics locaux de pollution. En montagne, les emplacements d'échantillonnage choisis se situaient à des hauteurs de 400 à 600 m au-dessus de la vallée. Cinq échantillons partiels ont été recueillis à chaque emplacement.

Les échantillons de mousse ont été préparés (enlèvement des aiguilles, etc., sélection des pousses des trois dernières années) et analysés par chromatographie à séparation ionique et détection par spectrométrie de masse resp. détection par absorption électronique (ICP-MS ou ICP-AES) (par CVAAS pour le Hg) après minéralisation dans un four à microondes. Pour le contrôle de qualité, on a analysé des valeurs à blanc, du matériel de référence ainsi que des échantillons de contrôle, et procédé par déterminations multiples.

Fig. 4 > Concentrations des métaux lourds analysés représentées sous forme de boxplots

Représentation des concentrations de métaux lourds déterminées pour les quatre périodes de mesure, 1990, 1995, 2000 et 2005. Les données ont été réparties selon trois zones définies en Suisse: NS: Suisse septentrionale (Jura, Plateau, Nord des Alpes), ZA: Alpes centrales, SA: Sud des Alpes.

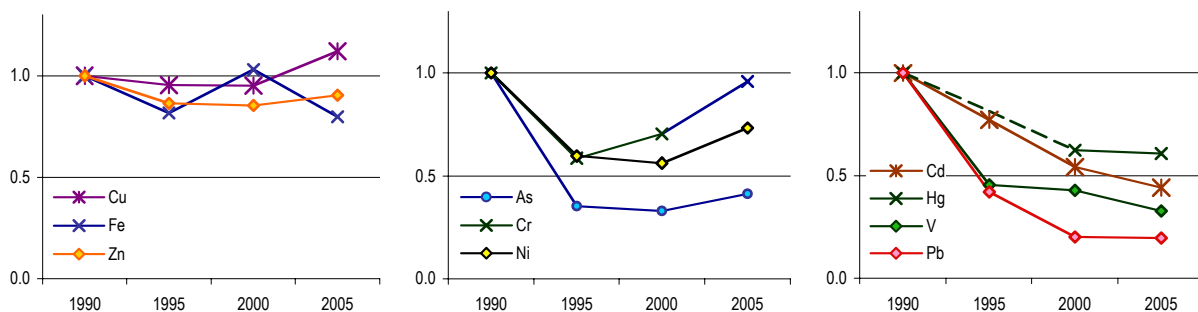


Les analyses ont porté sur les éléments suivants: arsenic, bismuth, cadmium, chrome, cuivre, fer, mercure, nickel, plomb, titane, vanadium et zinc, le titane n'ayant toutefois été utilisé qu'en tant qu'indicateur des poussières ou de la contamination par de la terre. Pour le cadmium, le plomb, le cuivre et le zinc, les concentrations dans la mousse ont pu être comparées aux dépositions; on a ainsi obtenu un facteur empirique permettant de convertir les concentrations mesurées dans les mousses en dépositions atmosphériques.

Comme cela avait été le cas pour les trois périodes de mesure antérieures, il s'est également avéré en 2005 que tous les éléments examinés atteignaient la médiane la plus élevée au sud des Alpes (Fig. 4). Les raisons en sont non seulement les émissions produites en Suisse, mais aussi les fortes précipitations, la topographie et les polluants provenant de l'agglomération milanaise. Les différences relevées entre le Jura, le Plateau et le Nord des Alpes étaient généralement faibles, raison pour laquelle ces régions sont regroupées dans ce chapitre en tant que région de Suisse septentrionale. Bien que le Nord des Alpes et le Jura soient peu urbanisés, les valeurs mesurées sont très proches de celles relevées sur le Plateau. Ceci est probablement principalement dû aux précipitations plus élevées enregistrées sur le Nord des Alpes et le Jura, qui entraînent des dépôts plus importants et qui ont ainsi une influence sur les concentrations de métaux lourds similaire à celle de l'urbanisation du Plateau. Les Alpes centrales présentent les médianes les plus basses pour la plupart des éléments, cette région étant moins affectée par le transport à distance de par sa situation protégée.

Fig. 5 > Evolution des concentrations de métaux lourds entre 1990 et 2005, par rapport à 1990

La figure montre les médianes des métaux lourds analysés, groupés en fonction de leur comportement. Le cuivre, le fer et le zinc (à gauche) sont restés à peu près stables sur les quatre périodes de mesure. L'arsenic, le chrome et le nickel (au milieu) ont diminué jusqu'en 2000 et sont, depuis, à nouveau en augmentation. Le cadmium, le mercure, le vanadium et le plomb (à droite) sont en recul constant depuis le début des mesures.



Au cours des dernières décennies, le cadmium, le plomb et le mercure ont fait l'objet de mesures de réduction des émissions, notamment l'assainissement des usines d'incinération des ordures ménagères et des crématoires et l'introduction de l'essence sans plomb, ce qui se reflète également sur les concentrations mesurées dans les mousses. Ces éléments, ainsi que le vanadium, enregistrent une baisse significative sur les quatre périodes de mesure de 1990 à 2005: de 55 % pour le cadmium, de 40 % pour le

mercure, de 80 % pour le plomb et de 67 % pour le vanadium (Fig. 5). L'arsenic, le chrome et le nickel ont tout d'abord diminué jusqu'en 1995. Cette baisse peut être imputée à la fermeture ou à l'assainissement de nombreuses installations industrielles, principalement en Europe de l'Est mais aussi en Suisse. Les concentrations de ces trois éléments sont restées relativement stables en 1995 et en 2000 mais ont à nouveau augmenté en 2005. Cette nouvelle augmentation pourrait être imputable à la croissance économique générale après le passage du millénaire. Le cuivre, le fer et le zinc sont restés à peu près constants au cours des 15 dernières années; ces éléments n'ont d'ailleurs pratiquement pas fait l'objet de mesures spécifiques de réduction des émissions. Le cuivre et le zinc accusent une tendance à la hausse en 2005, qui pourrait aussi être due à la croissance économique.

Aux points d'échantillonnage pris en considération (emplacements éloignés des sources d'émission), les valeurs limites des dépôts de cadmium, de plomb et de zinc, estimés à l'aide de facteurs de conversion déterminés de manière empirique, n'ont pas été dépassées. Font exception quelques emplacements de Suisse méridionale où les concentrations de plomb mesurées en 1990 et en 1995 étaient supérieures aux valeurs limites de l'OPair.

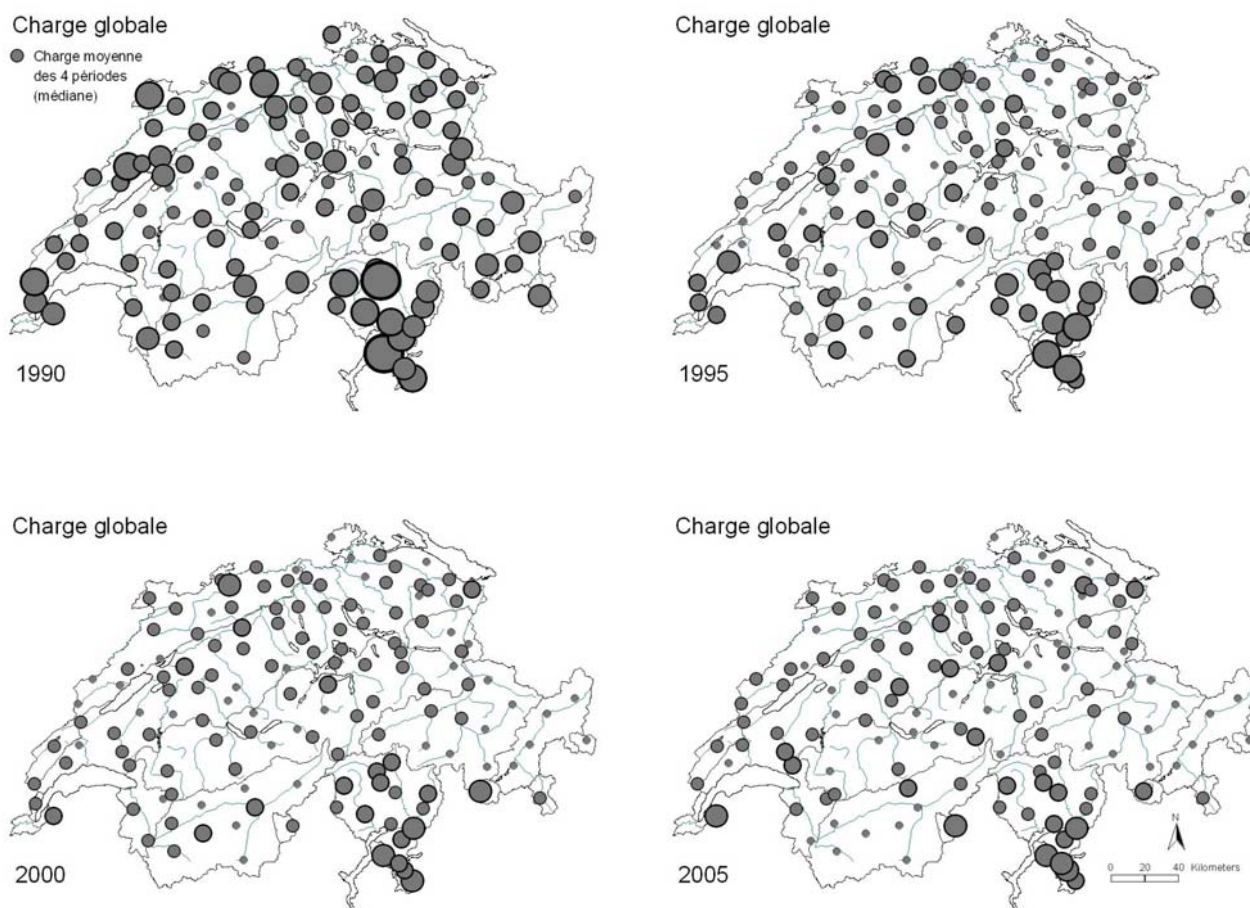
En comparaison européenne, les valeurs mesurées en Suisse sont plutôt basses pour pratiquement tous les éléments. Des concentrations similaires ont souvent été enregistrées en Autriche; en Norvège, les concentrations de cadmium principalement étaient nettement plus faibles qu'en Suisse mais celles de mercure nettement plus élevées. En Allemagne, les teneurs en cuivre et en zinc étaient élevées; en Tchéquie, c'était le cas pour la plupart des autres éléments. Sur l'ensemble de l'Europe, on enregistre une baisse au cours des 15 dernières années pour presque tous les éléments.

Les données concernant les emplacements suisses ont été contrôlées statistiquement et la plupart des assertions des cartes et des boxplots ont pu être confirmées. On a en outre tenté d'expliquer l'évolution des concentrations de métaux lourds à l'aide de certains facteurs d'influence. Les facteurs suivants ont été examinés: précipitations, urbanisation (concentration de NO₂ dans l'air), proximité et état de l'usine d'incinération des ordures ménagères la plus proche (facteur UIOM/KVA) et proportion de voitures sans catalyseur (VTsC/PWoK). Le facteur VTsC n'a été utilisé que pour les données concernant le plomb. La concentration de NO₂ a été utilisée comme indicateur du trafic et de l'urbanisation. Les facteurs VTsC et UIOM ont permis d'expliquer 40 % de la variance des données concernant le plomb. Ainsi, la diminution des concentrations de plomb est fortement liée au trafic et à l'introduction du catalyseur et de l'essence sans plomb. Le facteur UIOM et la concentration de NO₂ ont permis d'expliquer 39 % de la variance des données concernant le cadmium et 18 % de la variance des données concernant le mercure. Les émissions de cadmium et de mercure proviennent en majeure partie des UIOM – c'était du moins le cas dans les années 1990 – et ont pu être fortement réduites avec l'introduction d'une épuration plus poussée des effluents gazeux, ce qui se reflète également dans les résultats des analyses de mousses.

Afin de permettre une vue d'ensemble de la charge globale en métaux lourds, les éléments qui sont avant tout d'origine anthropogénique et qui ont été mesurés au cours des quatre périodes ont été représentés de manière cumulée sur une carte. Pour ce faire, les valeurs obtenues pour les différents éléments (As, Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) ont été normées en faisant la moyenne géométrique des quatre périodes, puis additionnées pour chaque emplacement et converties en logarithmes. Les cartes montrent clairement la «zone posant problème», la Suisse méridionale, mais mettent aussi en évidence la baisse constatée en Suisse au cours des 15 dernières années, qui est particulièrement marquée entre 1990 et 1995 (Fig. 6).

Fig. 6 > Charge globale de métaux lourds en Suisse

Représentation de la charge globale pour les quatre périodes de mesure, 1990, 1995, 2000 et 2005. Les valeurs des éléments influencés par l'activité anthropogénique (As, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) ont été normées, additionnées et converties en logarithmes. La grandeur des points est proportionnelle à l'intensité de la pollution.



En 2005, pour la première fois, des prélèvements supplémentaires de mousse ont été effectués afin de déterminer leur teneur en azote. Dans le cadre du programme PIC-Végétation, des échantillons prélevés au cours de la période de mesure 1995 ainsi que des échantillons de l'herbier de l'université de Zurich (Herbar Z), dont certains datent de plus de 100 ans, ont également été analysés. Ces données ont permis de déterminer la concentration naturelle d'azote dans les mousses et d'estimer les dépôts azotés. Les concentrations obtenues sont fortement corrélées aux précipitations et à l'activité agricole. Une augmentation de la concentration d'azote dans les mousses au cours des 130 dernières années a été mise en évidence.

Cette étude a une fois de plus montré que la méthode des mousses permet, à relativement peu de frais, d'avoir une bonne estimation des différences régionales ainsi que de l'évolution des dépôts d'un grand nombre d'éléments au cours du temps. Elle a également permis de documenter l'effet des mesures de réduction des émissions mises en œuvre. La méthode utilisée peut donc être recommandée pour le suivi des résultats en matière de protection de l'environnement.

En Europe, l'étude sera vraisemblablement reconduite en 2010. S'agissant de la Suisse, il serait utile que la détermination de l'azote s'effectue sur un réseau aussi dense que celui des métaux lourds et que la détermination du soufre, qui avait déjà été effectuée en 1990, soit également incluse dans les analyses.