

L'iodure d'argent a-t-il un impact sur l'environnement et la santé ?

La sensibilité aux questions écologiques et à leur répercussion sur la santé s'est fortement accrue ces dernières années. C'est pourquoi les interrogations sur l'impact environnemental des ensemencements en iodure d'argent peuvent sembler relever de préoccupations récentes mais, il n'en est rien. Dès 1972, le découvreur [des effets bénéfiques de l'iodure d'argent sur la grêle](#), le physicien B. Vonnegut s'est inquiété des effets possibles de cette substance sur la santé humaine. Dans les années qui suivirent, plusieurs études spécifiques ont été réalisées sur l'impact des substances glaçogènes artificielles dispersées dans l'atmosphère. Toutes ces études ont démontré l'innocuité des ensemencements en iodure d'argent sur l'environnement. Cependant, on trouve parfois sur Internet des affirmations contraires, et il est dommage que celles-ci, bien que non étayées par des références fiables soient prises plus au sérieux que des résultats publiés avec des références bibliographiques accessibles à ceux qui souhaitent vraiment avoir une réponse objective à cette question.

Il faut tout d'abord se rappeler que nous sommes entourés de produits chimiques : l'air que nous respirons (N_2 , O_2 , CO_2 ...), le sel de table ($NaCl$), les plastiques (polyéthylène, ...) les médicaments (aspirine ou acide acétylsalicylique), etc ... Parmi ces produits chimiques, certains sont naturels et d'autres sont anthropiques mais ce n'est pas cette caractéristique qui détermine leur dangerosité.

La solution acétonique d'iodure d'argent est composée à 99% d'acétone et la part d'iodure d'argent représente 1% en poids, soit 3.68 g d'argent et 4.32 g d'iode par litre. Lors d'une alerte grêle, cette solution est brûlée dans la cheminée du générateur et cette combustion libère de l'eau et du CO_2 en même temps que les particules d'iodure d'argent.

La combustion de l'acétone est à rapprocher de la combustion de l'essence et en ce sens on peut donc dire qu'un générateur pollue (émission de CO_2) autant qu'une tondeuse à gazon.

En réalité, les questions concernent surtout l'iodure d'argent émis à hauteur de 0,1 à 0,2 g/ha/an. Pour évaluer le risque encouru, il faut s'intéresser à la toxicité du composé chimique puis à la quantité ou dose susceptible de pénétrer dans l'organisme (exposition).

La principale interrogation concerne le risque pour la santé de l'homme de respirer un air contenant des particules d'iodure d'argent émises par un générateur proche ou par un réseau de générateurs. Les lois de diffusion des panaches permettent d'évaluer les concentrations en argent à différentes distances des générateurs :

- Au sol, à 100 m sous le vent d'un générateur (1) : $1 \mu g/m^3$
- Dans l'atmosphère d'un réseau de générateurs (2) : $10^{-4} \mu g/m^3$

Ces concentrations sont de **10 à 100 000 fois plus faibles que celle de $10 \mu g/m^3$** admise pour les composés de l'argent pour un risque professionnel avec exposition pendant 8h, 5 jours par semaine, tant aux Etats-Unis (3) qu'au Royaume Uni (4). Très près d'un générateur, la concentration reste acceptable par suite de la surélévation d'une dizaine de mètres du panache du générateur produite par la combustion, et il est d'ailleurs improbable qu'une même personne reste pendant 8 heures dans l'axe d'un panache qui fluctue avec le vent.

L'exposition à l'iode et à l'argent avec les ensemencements ne sont pas chroniques puisqu'en moyenne il y a 21 jours d'alerte sur 365 j annuel dans la zone du réseau Anelfa qui fonctionne le plus (Sud-Est).

Si on considère que nous respirons en moyenne $15 m^3$ d'air par jour, et en supposant que l'on aspire donc chaque jour d'alerte $15 \mu g$ d'argent (hypothèse largement surévaluée), **une personne sous le vent du générateur en aspire 315 μg dans l'année.**

Le signe de surcharge en argent de l'organisme est l'**argyrie** qui se manifeste par une intense coloration de la peau et des cheveux, mais il faut une absorption de l'ordre de **400 µg /jour sur la vie entière** pour l'apparition de cette manifestation qui n'est pas au demeurant considérée comme grave.

Avec les mêmes hypothèses hautes, on déduit que la quantité d'iode inhalée est de l'ordre de 15 µg par jour. A comparer à la quantité d'iode recommandée pour l'alimentation: 150 µg d'iode par jour pour un adulte et 90 µg pour un enfant. En effet c'est un oligoélément indispensable et c'est la raison pour laquelle, le sel de table est supplémenté en iode à hauteur de 15 à 20 mg/kg de sel. Au niveau européen, la limite supérieure de sécurité pour l'iode est de 600 µg/jour chez l'adulte, 200 µg/jour pour les jeunes enfants.

La deuxième question habituelle porte sur la concentration en argent dans les précipitations issues de nuages traités. Au cours de différents programmes d'ensemencement des nuages, ces concentrations ont été mesurées, par exemple en France en en Espagne où on a trouvé des **valeurs maximales respectivement de 0,9 µg/l (6), 0,16 µg/l (7) et 0.18 µg/l (13b)**. La norme généralement admise pour l'eau du service public est de 50 µg/l (3), soit 50 à 100 fois plus que les concentrations maximales mesurées.

Le troisième point, important, porte sur les conséquences possibles à long terme des ensemencements pour l'environnement par suite des retombées des particules d'iodure d'argent au sol. Les concentrations permanentes et plus ou moins naturelles en argent dans l'atmosphère sont déjà 5 à 10 fois supérieures (8, 9, 10, 11) à celles rajoutées très occasionnellement par les ensemencements, ce qui explique la difficulté de mettre en évidence l'effet d'un apport des ensemencements qui ne peut représenter qu'un impact négligeable.

Ainsi après 50 ans d'émission d'iodure d'argent, l'accumulation d'argent dans l'eau et les sédiments de plaines et zones humides de la région de Saragosse ne sont pas significatifs. Les carottes sédimentaires ne montrent aucun pic associé aux émissions d'iodure d'argent (12a&b).

Les mesures effectuées en 2019 par le laboratoire EPOC dans un sol à proximité d'un générateur (de 0 à 100 m) n'ont pas mis en évidence de valeurs dépassant les quantités que l'on peut retrouver naturellement dans différents sols en Europe (13a). Ces valeurs se sont échelonnées entre 0,07 mg/kg et 0,37 mg/kg pour les échantillons prélevés en Bourgogne et Gironde en 2022. Cela reste comparable à la concentration « naturelle » en argent dans les sols qui varie de 0,01 à 3,15 mg/kg suivant la localisation (données FOREGS établissant la moyenne à 0.30 mg/kg en Europe - <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas>).

D'autre part, des tests de laboratoire montrent que l'iodure d'argent affecterait modérément les organismes vivants dans les écosystèmes terrestres et aquatiques si des ensemencements étaient réalisés de façon répétée dans une zone spécifique et si de grandes quantités de matériaux d'ensemencement s'accumulaient dans l'environnement (14).

Le dernier point abordé concerne les informations diffusées sur la toxicité des nanoparticules d'argent, nanoparticules utilisées pour leur effet bactéricide dans des produits de consommation courante (chaussettes, réfrigérateurs, cosmétique...). On peut qualifier les particules produites par le générateur au sol de particules submicroniques ou grosses nanoparticules car leur diamètre est de l'ordre de 80 nm (15). Mais la principale propriété de l'iodure d'argent est qu'il s'agit d'un **composé insoluble dans l'eau** (16) si bien qu'on ne le retrouve pas sous la forme d'ion cations Ag⁺, la forme biodisponible dont on craint un relargage massif dans l'environnement par accroissement de l'utilisation de nanoparticules d'argent. Ainsi, on n'a jamais observé que les particules d'iodure d'argent présentaient un danger plus élevé que les autres particules fines ou ultrafines, naturelles ou anthropiques présentent dans l'atmosphère à des concentrations dix mille ou cent mille fois plus forte.

De nombreuses études sur les effets de l'argent sur les hommes, les animaux (poissons, brebis...), les végétaux et les microorganismes ont été menées dans les années 1970-1980, et, en ce qui concerne les ensemencements, aucune atteinte appréciable à l'environnement n'a été décelée (3, 17). L'ensemble de ces études a conduit la Weather Modification Association américaine à la conclusion générale que « **l'iodure d'argent tel qu'il est utilisé dans les programmes d'ensemencement des nuages est sans danger pour l'environnement** » (18).

De même, l'Organisation Météorologique Mondiale, a conclu que « les études publiées ont montré qu'il n'y a pas d'impact significatif de l'iodure d'argent tel qu'il a été utilisé dans les opérations de modification du temps, tant sur le plan de la santé humaine que sur celui de l'environnement » (19).

Ces conclusions ne dispensent toutefois pas de poursuivre les études sur le sujet. L'Anelfa a ainsi fait doser par le laboratoire EPOC les quantités d'argent trouvées dans les grappes de raisin d'une vigne sous le vent d'un générateur. Ce dosage a montré que ces quantités ne sont pas distinguables des quantités d'argent trouvées naturellement. L'association suit aussi avec attention les nouvelles études publiées sur ce sujet compte tenu du nombre croissant de pays mettant en place des opérations de modifications du temps. Certains projets se déroulent dans des parcs naturels où les questions écologiques sont abordées avant le début des opérations (20) et l'utilisation de l'iodure d'argent acceptée.

Note rédigée par :

Claude Berthet, ingénieur agronome, Directrice de l'Anelfa ; Jean Dessens, Physicien des nuages ; Jacques Fontan, Physicien de l'atmosphère, spécialiste des pollutions atmosphériques.

Mise à jour le 9/10/25 par C.Berthet

Références :

- (1) Fontan, J., 2015. Professeur émérite de l'université de Toulouse. Spécialiste de la pollution atmosphérique. Communication à Jean Dessens, physicien des nuages.
- (2) Dessens, J., J.L. Sanchez, C. Berthet, L. Hermida, A. Merino, 2016. Hail prevention by ground-based silver iodide generators: results of historical and modern field projects. *Atmos. Res.*, 170, 98-111.
- (3) U.S. National Library of Medicine, National Institutes of Health, 2016. Hazardous Substances Data Bank, H.S.D.B.: Silver Iodide, 20 p. (toxnet.nlm.nih.gov).
- (4) Carson, P., C. Mumford, 2002. Hazardous Chemical Handbook, Butterworth-Heinemann, Elsevier Science, 608 p. (ccc.chem.pitt.edu).
- (5) Site de l'Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail [Site de l'Anses consulté le 3/10/25](#)
- (6) Lacaux, J.P., 1972. Dosage de l'argent dans les précipitations par spectrométrie d'absorption atomique sans flamme. *J. Rech. Atmos.*, 6, 329-333.
- (7) Sanchez, J.L., J. Dessens, J.L. Marcos, J.T. Fernandez, 1999. Comparison of rainwater silver concentrations from seeded and non-seeded days in León, Spain. *J. Wea. Modif.*, 31, 87-90.
- (8) Shah, M.H., N. Shaheen, 2010. Seasonal behaviours in element composition of atmospheric aerosols collected in Islamabad Pakistan. *Atmos. Res.*, 95, 210-223.
- (9) Alleman, L.Y., L. Lamaison, E. Perdrix, A. Robache, J.C. Galloo, 2010. PM₁₀ metal concentrations and source identification using positive matrix factorization and wind sectoring in a French industrial zone. *Atmos. Res.*, 96, 612-625.
- (10) Enamorado-Baez, S.M., J.M. Gomez-Guzman, E. Chamizo, J.M. Abril, 2015. Levels of 25 trace elements in high-volume air filter samples from Sevilla (2001-2002): Sources, enrichment factors and temporal variations. *Atmos. Res.*, 155, 118-129.
- (11) Wang, J., Y. Pan, S. Tian, X. Chen, L. Wang, Y. Wang, 2016. Size distributions and health risks of particulate trace elements in rural areas in northeastern China. *Atmos. Res.*, 168, 191-204.
- (12a) Causapé, J., Pey, J., Orellana-Macías, J.M., Reyes, J. 2021. Influence of hail suppression systems over silver content in the environment in Aragón (Spain). I: Rainfall and soils, *Science of The Total Environment*, Volume 784, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147220>.
- (12b) Causapé, J., Pey, J., Orellana-Macías, J.M., Reyes, J., 2021. Influence of hail suppression systems over silver content in the environment in Aragón (Spain). II: Water, sediments and biota, *Science of The Total Environment*, Volume 779, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146403>.

- (13a) EPOC, 2020. Rapport de résultats de campagne d'analyses pour le compte de l'Association ANELFA UMR EPOC, Unité Mixte de Recherche Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux, Bordeaux.
- (13b) EPOC, 2023. Résultats des campagnes de prélèvement pour le compte de l'association ANELFA: Caractérisation des eaux de pluie et des sols et évaluation du risque de relargage en argent à la suite d'un essai de lixiviation .
- (14) Fajardo, C., Costa, G. , Ortiz, L.T., Nande, M. Rodríguez-Membibre, M.L., Martín, M., Sánchez-Fortún, S., 2016. Potential risk of acute toxicity induced by AgI cloud seeding on soil and freshwater biota. *Science of The Total Environment*, Vol 473–474,254-261 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.12.043>.
- (15) Dennis, A.S., 1980. *Weather modification by cloud seeding*. Academic Press, international Geophysics Series, Volume 24, 267 pages.
- (16) ATC, 2010. Fiche résumée toxico écotoxico chimique FRTEC N° 15 (rédacteur : A. Picot). Iodure d'argent. <http://atctoxicologie.free.fr>
- (17) Klein, D.A., 1978. *Environmental impacts of artificial ice nucleating agents*. Academic Press, ISBN 0-87933-334-0, 256 p.
- (18) WMA, 2009. *Weather Modification Association position statement on the environmental impact of using silver iodide as seeding agent* (<http://www.weathermodification.org>).
- (19) WMO, 2010. *Executive summary of the WMO statement on weather modification*. WMO documents on weather modification, Abu Dhabi, 22-24 March, 13p.
- (20) Williams, B.D., J.A. Denholm (2009). *Assessment of the Environmental Toxicity of Silver Iodide-With Reference to a Cloud Seeding Trial in the Snowy Mountains of Australia*. . *J. Weather Mod.*, 41, 75-96.