

Glyphosate : de quoi prolonger le débat !

Le glyphosate, l'herbicide le plus utilisé dans le monde, contamine tous les compartiments de l'environnement et notamment les eaux de surface. Une équipe de recherche de l'Université de Tübingen a étudié les séries chronologiques à long terme des concentrations de glyphosate (N-(phosphonométhyl)glycine) et de son principal produit de transformation, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA) dans les eaux de rivière. Leur méta-analyse portait sur une centaine de sites aux États-Unis et en Europe. Ainsi, Schwientek et al. (2024) suggèrent que le glyphosate et l'AMPA présents dans les eaux proviendraient majoritairement en Europe d'additifs (aminopolyphosphonates) utilisés dans les lessives et détergents.

Les données actuelles...

Schwientek et al. (2024) montrent que les données américaines révèlent des pics de glyphosate et d'AMPA sont liés à une mobilisation par la pluie après l'application de l'herbicide sur les terres agricoles. En revanche, les données européennes de concentration de glyphosate et d'AMPA présentent une composante cyclique-saisonnière cohérente avec la détection fréquente de ces composés dans les stations d'épuration des eaux usées.

Les eaux usées constitueraient donc en Europe la source majeure de glyphosate pour plusieurs raisons :

- La contamination des eaux ne s'explique pas par l'application agricole ou urbaine de l'herbicide,
- Le glyphosate et l'AMPA sont détectés dans les stations d'épuration raccordées à des réseaux d'égouts séparatifs recevant principalement des eaux usées domestiques,
- Les flux de masse saisonniers en glyphosate ressemblent à ceux des marqueurs des eaux usées (médicaments...),
- Les stratégies d'atténuation liés à la réglementation Européenne sur l'usage des produits phytosanitaires n'ont pas modifié les schémas d'évolution des concentrations dans les eaux de surface,
- Les profils de concentration du glyphosate et de l'AMPA sont similaires, ce qui est inattendu étant donné les différentes voies d'entrée de l'AMPA, par ruissellement de surface (à partir du glyphosate) ou aux eaux usées municipales (à partir des aminopolyphosphonates).

Schwientek et al. (2024) concluent donc, qu'en Europe occidentale, un déversement de glyphosate et d'AMPA se produit dans les cours d'eau via les stations d'épuration qui traitent les eaux usées urbaines, et ce depuis la fin des années 1990.

... En accord avec des données anciennes

Présenté dans le cadre du programme national d'écotoxicologie PNETOX en 2001, le projet « Devenir et impacts écotoxicologiques des pesticides contenus dans les boues de station d'épuration valorisées en agriculture » a été soutenu par l'ADEME, sur la période 2002-2006. Ce projet avait pour objectif principal une contribution à l'évaluation de l'impact écotoxicologique de la valorisation agricole des

boues d'épuration, en se focalisant sur quelques produits phytosanitaires. Il a privilégié le couplage entre l'étude du devenir des polluants dans les sols et les biotests destinés à évaluer leur impact.

Sur le plan analytique, les teneurs en herbicides (glyphosate, diuron, atrazine et le tensio actif nonylphénol) ainsi que leurs principaux produits de transformation ont été mesurées pendant une année dans les boues prélevées dans trois stations d'épuration urbaines et une unité de compostage franciliennes. L'étude a démontré la présence de glyphosate et d'AMPA dans tous les échantillons analysés, quel que soit le mode de traitement des matières résiduelles organiques (Ghanem et al., 2007).

Bien qu'obtenus dans des boues de stations d'épuration, quelques résultats majeurs issus de ce programme viennent renforcer les conclusions de Schwientek et al. (2024) concernant l'origine de la contamination des eaux de surface :

- Les teneurs des boues en glyphosate et AMPA (en mg.kg^{-1}) sont très supérieures à celles d'autres herbicides ou biocides (en $\mu\text{g.kg}^{-1}$) (Mougin, 2006 ; Plagellat, 2004)
- Les teneurs en glyphosate et AMPA dans les boues franciliennes suivent le même schéma de variation saisonnière que celui décrit dans la méta-analyse pour les boues Européennes, et ne semblent pas liées aux périodes de traitement herbicide
- Les teneurs sont surtout élevées pour l'AMPA avec un ratio métabolite/herbicide souvent supérieur à 10 alors qu'il est de 1 à 2 dans l'environnement
- Les teneurs les plus élevées sont mesurées dans les boues issues de stations uniquement raccordées à des réseaux séparatifs, ne recevant pas d'eaux de pluie ou de ruissellement.

Par ailleurs, dans une étude menée en 2009 dans le bassin de l'Orge, Botta et al. concluaient que le glyphosate et l'AMPA atteignaient les eaux de surface par le biais des effluents de STEP et également par les égouts pluviaux lors d'usages non-agricoles, qui sont aujourd'hui interdits.

Quel lien entre le glyphosate, l'AMPA et les lessives ?

Dans presque tous les procédés se déroulant dans un environnement aqueux, la présence d'ions métalliques est à l'origine de réactions qui aboutissent à la formation de précipités insolubles. La formation de ces précipités peut être empêchée par la complexation des cations avec des molécules organiques, des agents complexants et chélatants comme les organophosphonates.

Les aminopolyphosphonates constituent une classe d'organophosphonates variés et très utilisés dans les lessives et détergents en Europe, au contraire des Etats Unis. Depuis l'interdiction des phosphates dans les lessives en 2007, les aminopolyphosphonates sont utilisés comme-additifs en stabilisant les agents de décoloration et aidant à la désincrustation dans des eaux riches en carbonates. Une recherche rapide en 2007 (non exhaustive) a révélé la présence de DTPMP ou d'EDTMP dans au moins 70 lessives et détergents domestiques commercialisés en France.

Deux synthèses bibliographiques (déjà anciennes) concernent les aminopolyphosphonates (Knepper, 2003 ; Nowack, 2003). Les principaux aminopolyphosphonates utilisés sont les DTPMP, EDTMP, HDTMP et ATMP (ou NTMP) qui ont une structure chimique apparentée à celles du glyphosate et de l'AMPA (Figure 1).

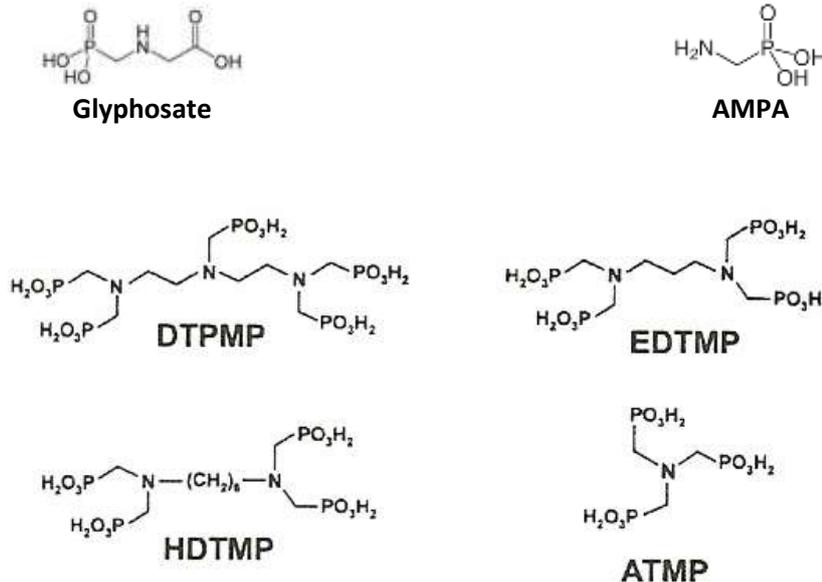


Figure 1. Structure chimique du glyphosate, de l'AMPA et des principaux aminopolyphosphonates

L'hydrolyse reste le principal mode de transformation des organophosphonates dans les sols et sédiments. Les demi-vies du DTPMP, de l'EDTMP et de l'ATMP en conditions d'hydrolyse sont de 50 à 200 jours. La dégradation aérobie des organophosphonates est lente. Ils sont cependant totalement dégradés sous conditions d'oxydation (photocatalyse, ozonation). Ainsi, le glyphosate et l'AMPA ont été identifiés comme premiers produits de transformation, notamment lors de l'ozonation de l'aminopolyphosphonate EDTMP Klinger et al. (1998).

Les schémas de concentration de l'AMPA présentés dans les travaux précédents peuvent être expliqués par sa formation à partir d'aminopolyphosphonates. Cependant, le fait de considérer les aminopolyphosphonates comme la source dominante d'AMPA en Europe soulève l'hypothèse que le glyphosate proviendrait également de ces composés, ce qui fait des aminopolyphosphonates utilisés dans les lessives et détergents des précurseurs communs de l'AMPA et du glyphosate.

En conclusion

D'après le site notre-environnement.gouv.fr, la quantité de glyphosate vendue (et probablement utilisée) en 2009 était de 6292 tonnes en France. On peut l'estimer à **6000 tonnes** en 2007.

Le site planetoscope.fr propose une valeur de 7,3 milliards de lessives réalisées en France chaque année (20 millions par jour !). Nous émettons l'hypothèse que 6 milliards de lessives étaient faites en 2007. A l'époque, une dose de lessive de 20 g renfermait 20% de phosphonates donc 4 g. Ceci conduit à un tonnage de phosphonates relargués dans les eaux usées de **24 000 tonnes**, soit 4 fois le tonnage d'herbicide utilisé en agriculture. Si une bonne partie des résidus restent au niveau des boues d'épuration, les teneurs en glyphosate et AMPA peuvent être élevées dans les eaux épurées relarguées dans l'environnement.

Nous ne pouvons que nous réjouir d'une réglementation européenne qui limite l'utilisation des produits phytosanitaires. Cependant, si les lessives et détergents constituent une voie importante



d'entrée du glyphosate et de l'AMPA dans l'environnement, il est à craindre que la réduction d'usage agricole n'ait pas d'effet majeur sur les teneurs des eaux en résidus de ces molécules. Les recherches doivent être poursuivies pour mieux évaluer l'impact des lessives et détergents sur la contamination environnementale par les aminopolyphosphonates, et leur rôle dans la dissémination de résidus de glyphosate et d'AMPA. Et si l'agriculture n'était pas la cause majeure de la contamination des eaux de rivière par le glyphosate et ses dérivés en Europe ?

Contacts

Christian Mougin

UMR ECOSYS, 22 Place de l'Agronomie, 91120 Palaiseau



Bibliographie citée

- Botta F., Lavison G., Couturier G., Alliot F., Moreau-Guigon E., Fauchon N., Guery B., Chevreuil M., Blanchoud H., 2009. Transfer of glyphosate and its degradate AMPA to surface waters through urban sewerage systems. *Chemosphere*, 77(1): 133-139, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.05.008>
- Ghanem A., Bados P., Rua Estau A., de Alencastro L.-F., Taibi S., Einhorn J., Mougin C., 2007. Concentrations and specific loads of glyphosate, diuron, atrazine, nonylphenol and metabolites thereof in French urban sewage sludge. *Chemosphere* 69(9): 1368-1373, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.05.022>
- Klinger, J., Lang, M., Sacher, F., Brauch, H.-J., Maier, D., Worch, E., 1998. Formation of Glyphosate and AMPA During Ozonation of Waters Containing Ethylenediaminetetra-(methylenephosphonic acid). *J. Int. Ozone Assoc.* 20, 99-110, <https://doi.org/10.1080/01919519808547279>
- Knepper T.P. 2003. Synthetic chelating agents and compounds exhibiting complexing properties in the aquatic environment. *Trends in Analytical Chemistry*, 22, 708-724, [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)01008-2](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)01008-2)
- Mougin C., 2006. Devenir et impacts écotoxicologiques des pesticides contenus dans les boues de station d'épuration valorisées en agriculture. Convention de recherche ADEME/INRA N°0275048, 360 pages
- Nowack B., 2003. Environmental chemistry of phosphonates. *Water Research*, 37, 2533-2546, [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(03\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(03)00079-4)
- Plagellat C. 2004. Origines et flux de biocides et de filtres UV dans les stations d'épuration des eaux usées. Thèse de doctorat no. 3053. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.
- Schwientek M., Rügner H., Haderlein S.B., Schulz W., Wimmer B., Engelbart L., Bieger S., Huhn C., 2024. Glyphosate contamination in European rivers not from herbicide application?, *Water Research*, 263, 122140, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122140>.
- Site web notre-environnement.gouv.fr. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.05.022>
- Site web planetoscope.fr <https://www.planetoscope.com/hygiene-beaute/385-nombre-de-lessives-faites-en-france.html>