

# centre ecotox news

32. édition mai 2026

Centre Suisse d'écotoxicologie appliquée



Qualité des matières en suspension du Léman p. 3

Les routes, sources de pollution p. 4

Évaluation des sites militaires contaminés p. 6

Les rapaces suisses sont contaminés par des raticides p. 8

L'hétérogénéité de l'évaluation des substances chimiques p. 9



Dr. Etienne Vermeirssen, directeur adjoint du Centre Ecotox

Au Centre Ecotox, nous n'évaluons pas seulement les eaux de surface et les sols. Ces compartiments environnementaux pouvant être pollués par des matériaux utilisés dans la construction, les installations techniques et les transports, nous testons souvent ces matériaux directement. L'exemple des routes montre clairement à quel point une évaluation approfondie des rejets provenant des matériaux est importante.

Afin de minimiser les rejets de polluants tels que les métaux et les hydrocarbures issus du trafic routier, la Confédération a édicté dès les années 1960 des directives relatives à la protection des eaux lors de la construction routière. En 2002, un guide sur le drainage des voies de circulation a suivi, ce qui a conduit à la mise en place de près de 200 systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée le long des routes principales.

Mais la résolution de problèmes connus a soulevé de nouvelles questions : à la fin des années 1990, on a observé aux États-Unis une mortalité massive de saumons coho induite par les eaux urbaines. Pendant plusieurs années, ni les métaux, ni les polluants organiques classiques, ni les agents pathogènes n'ont pu être identifiés comme en étant la cause. Ce n'est que 20 ans plus tard qu'une percée a été réalisée : la substance responsable était la 6PPD-quinone, un produit de transformation d'un additif

très répandu dans la fabrication des pneus. Cette découverte a clairement montré que l'abrasion des pneus constitue une source jusqu'alors sous-estimée de substances pertinentes sur le plan écotoxicologique.

Nos projets de recherche abordent cette problématique : à la demande de l'industrie du pneu, nous étudions depuis 2020, en collaboration avec l'Eawag et l'EPFL, la biodisponibilité et la toxicité des particules d'usure des pneus. L'objectif est de mieux comprendre l'impact des particules de pneus et de leurs composants sur les organismes aquatiques, benthiques et terrestres. Parallèlement, nous avons étudié, pour la ville de Zurich, la toxicité des eaux de ruissellement routier. Un autre sujet d'actualité concerne l'asphalte antibruit. Ce revêtement routier phono-absorbant comporte des cavités ; il doit alors être nettoyé régulièrement pour conserver sa fonctionnalité. La pluie ou le nettoyage à haute pression peuvent mobiliser des polluants, comme nous l'avons démontré à l'aide de bioessais. Des travaux futurs viseront à montrer comment réduire les émissions de substances dangereuses lors du nettoyage des rues par le biais de l'innovation technologique et de l'optimisation des procédés.

Mais les pneus et les routes ne sont pas les seuls matériaux que nous testons. Nous avons ainsi évalué la compatibilité environnementale, entre autres, d'emballages alimentaires, de peintures pour façades, de produits anticorrosion, de laine de roche, de matériaux de construction et de revêtement,

ainsi que de produits chimiques destinés à divers matériaux, comme les bioplastiques ou les composites dentaires. Ces évaluations se sont principalement appuyées sur une méthode de l'Institut allemand de la technique de construction. À l'aide de bioessais standardisés – notamment avec des bactéries luminescentes, des puces d'eau et des algues –, on évalue si les produits de construction sont susceptibles de mettre en danger les sols et les eaux.

Nous poursuivrons ces travaux à l'avenir. De nouveaux projets sur l'asphalte antibruit et l'abrasion des pneus sont sur le point d'être lancés. L'évaluation des matériaux et de leurs composants reste une condition essentielle pour des infrastructures durables et une protection efficace de l'environnement.

**Titre : Le Centre Ecotox étudie l'impact des systèmes d'évacuation et de traitement des eaux de chaussée (SETEC) sur les eaux réceptrices. Ici, Daniel Olbrich et Maxime Verbauwheide prélèvent des échantillons de sédiments dans le Saumgraben près de Kloten, en aval du SETEC. Les échantillons feront ensuite l'objet d'analyses chimiques et écotoxicologiques (Photo : Centre Ecotox).**

# Des vecteurs dynamiques de pollution : qualité des matières en suspension du Léman

**Les matières en suspension constituent un compartiment essentiel, et pourtant souvent sous-estimé, des milieux aquatiques. Elles fixent les nutriments et polluants à leur surface et les transportent ainsi dans la colonne d'eau. Une nouvelle étude menée dans le Léman montre à quel point la qualité chimique et écotoxicologique de ces particules peut évoluer avec le temps et quel rôle les événements météorologiques extrêmes, les apports du bassin versant et les processus biologiques jouent dans cette dynamique.**

Des particules microscopiques flottent par millions dans l'eau des lacs : ce sont les matières en suspension (MES). Elles agissent comme des collecteurs mobiles pour les substances qui les environnent : les composés dissous s'accumulent à leur surface et se déplacent ensuite avec elles. Elles assurent ainsi une liaison dynamique entre la colonne d'eau et le sédiment et c'est cette dynamique qui les rend particulièrement intéressantes pour les scientifiques : car, alors que les sédiments archivent les conditions environnementales sur la durée, les MES reflètent les changements à court terme de la charge particulaire du lac.

## **Les matières en suspension, un compartiment clé**

Les matières en suspension sont une source de nourriture pour beaucoup d'organismes, mais elles peuvent également comporter des polluants. Leur composition chimique et leur écotoxicité potentielle sont donc des indicateurs importants de l'état de santé du lac. Le Centre Ecotox a étudié la qualité des matières en suspension dans le Léman de mars 2023 à avril 2024. « Grâce à la plateforme expérimentale LÉXPLORE, nous avons pu installer des pièges à MES à différentes profondeurs pour prélever des échantillons, explique la responsable du projet, Rébecca Beauvais. Nous avons ensuite analysé les particules et observé leurs effets sur la croissance et la survie des crustacés ostracodes. »

Comme les scientifiques s'y attendaient, la teneur en MES était particulièrement élevée en été, les apports par le Rhône étant alors favorisés par la fonte des neiges. Mais des

pics de concentration ont également été observés en relation avec les fortes pluies et les hautes vagues, qui ont entraîné une resuspension des sédiments dans le lac et ses affluents.

## **Effets sur la survie et la croissance des ostracodes**

Une toxicité pour les ostracodes a été observée avec un quart des échantillons de MES. L'effet sur la mortalité avait tendance à être plus fort au printemps. La croissance des crustacés était, elle, aussi, plus ou moins affectée selon la saison, le taux de croissance étant significativement plus fort en été. Les événements météorologiques exerçaient également une influence : la croissance était fortement ralentie dans les périodes de fortes précipitations.

## **Métaux : certains dépassements des seuils de toxicité**

Les concentrations de cadmium et de plomb étaient du même ordre que dans d'anciennes analyses de sédiment, tandis que les teneurs en chrome, en nickel et en zinc dépassaient régulièrement les seuils de référence. Toutefois, aucune relation directe n'a été observée entre les concentrations en éléments métalliques et les effets enregistrés sur les ostracodes. Dans certains cas, la mortalité était accrue malgré de faibles teneurs en métaux, ce qui trahit une implication d'autres facteurs ou d'effets de mélange. Les bioessais attestent par ailleurs d'une dynamique spatio-temporelle de la qualité des matières en suspension du Léman.

Une analyse non ciblée des MES, réalisée en parallèle par spectrométrie de masse haute résolution, a permis d'identifier 1473 composés organiques, dont les combinaisons variaient en fonction des saisons. Un échantillon prélevé au printemps 2023 était particulièrement frappant : de couleur verte, il présentait une forte correspondance avec des métabolites des cyanobactéries, potentiellement toxiques pour les organismes aquatiques. Or, c'est exactement à cette période que le taux de mortalité le plus élevé a été observé chez les ostracodes.

## **Importance pour la surveillance et la protection des milieux aquatiques**

L'étude montre nettement que les matières en suspension constituent un compartiment clé très dynamique, intégrant aussi bien les

apports du bassin versant que les processus biologiques internes. Un suivi à haute résolution temporelle permettrait d'identifier des périodes ou événements particuliers, comme les blooms algaux ou les extrêmes météorologiques, présentant un risque accru pour les organismes aquatiques. À long terme, il conviendrait donc d'examiner s'il y a lieu d'intégrer les matières en suspension dans les programmes de surveillance des eaux de surface.

Pour en savoir plus : Beauvais, R. et al. (2026). Qualité des matières en suspension du Léman. Évaluation écotoxicologique et chimique. *Aqua & Gas*, 106(3), 38–46

Contact : Rébecca Beauvais  
rebecca.beauvais@centrecotox.ch



Des matières en suspension ont été collectées dans le lac Léman à l'aide de pièges à matières en suspension.

# Les routes, sources de pollution : de nouveaux défis

**Lors du rejet de substances dangereuses provenant des routes dans l'environnement, les particules et polluants classiques côtoient de plus en plus souvent des composés émergents et parfois inconnus. Le Centre Ecotox étudie la toxicité environnementale des eaux de chaussée et des résidus d'usure des pneus et tente d'identifier les substances critiques.**

Les routes jouent un rôle essentiel dans notre mobilité et font partie intégrante de notre quotidien. Mais elles sont également une source importante de contamination chimique des eaux et des sols. Dès les années 1960, les premières directives pour la construction des routes visaient à protéger les eaux vis-à-vis de leurs émissions. Aujourd'hui, cette tâche s'avère hautement complexe. Si au début, les efforts se concentraient sur des polluants classiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les métaux lourds issus du bitume et de l'essence, les résidus d'usure des pneus ont rapidement attiré l'attention. Il est apparu que ces derniers constituaient une source majeure de rejet de microplastiques dans l'environnement et qu'ils contenaient de nombreuses substances chimiques. Plusieurs projets du Centre Ecotox montrent actuellement toute la diversité de la pollution issue de la circulation automobile et toute l'importance de l'étudier de façon différenciée.

## **Résidus d'usure des pneus: des additifs et produits de transformation toxiques**

Une étape décisive a été franchie dans le débat international sur la pollution d'origine routière lorsque, en 2021, des scientifiques ont constaté que la 6PPD-quinone, une substance issue de l'usure des pneus, était à l'origine de la mortalité massive de saumons coho en Amérique du Nord. Ce composé se forme à partir du 6PPD, un additif antioxydant dans la gomme des pneus. Certes, le saumon coho n'est pas présent en Europe, mais ce constat a montré de façon frappante toute l'étendue de notre ignorance quant aux produits de transformation et l'impact environnemental des substances chimiques contenues dans les pneus. Le résidu d'usure des pneus est ainsi l'une des principales émissions de la circulation automobile – à l'impact écologique potentiellement considérable.

## **Une étude pilote sur l'effet des eaux de chaussée**

Dans une étude pilote menée dans la ville de Zurich en collaboration avec le service municipal de traitement et de recyclage des déchets (ERZ), le Centre Ecotox a étudié l'influence des eaux de chaussée sur les milieux aquatiques urbains. Les écotoxicologues ont étudié deux ruisseaux du quartier de Schwamendingen présentant des types d'infrastructure différents: le Schwamendinger Dorfbach, qui s'écoule en grande partie à ciel ouvert et reçoit peu d'écoulements directs provenant des rues, et le Spitalerbach, qui s'écoule en grande partie sous terre et dont une part significative du débit est assurée par des eaux de ruissellement de la chaussée. Tous deux se déversent dans la Glatt.

Les écotoxicologues ont prélevé des échantillons d'eau dans les deux ruisseaux et y ont recherché trois substances: la 6PPD-quinone, la 1,3-diphénylguanidine (DPG) (un activateur de vulcanisation) et l'hexa(méthoxyméthyl)mélatamine (HMMM) (un agent d'ad-

hérence entre les couches de pneu). « Ces composés servent de marqueurs de rejets d'eaux de chaussée, explique Alan Bergmann, le responsable du projet. À eux trois, ils nous livrent une signature chimique caractéristique des eaux de ruissellement impactées par la circulation routière et nous permettent d'évaluer l'influence des résidus d'usure des pneus dans les échantillons environnementaux complexes. »

## **Des rejets plus importants d'eau de chaussée après les pluies**

Deux campagnes de prélèvements, menées en novembre 2024 et en mai 2025, ont révélé une image cohérente: le Spitalerbach présentait systématiquement des concentrations des trois marqueurs beaucoup plus élevés que le Schwamendinger Dorfbach. D'autre part, ces concentrations augmentaient particulièrement après les pluies, ce qui révèle un lien étroit entre les précipitations, le ruissellement sur les routes et la pollution chimique. En dehors des substances issues des pneus, la présence du diuron, utilisé comme algicide dans les revêtements de façades, a été détectée à des concentrations parfois supérieures au critère de qualité chronique. Ces analyses montrent donc non seulement que le Spitalerbach est davantage contaminé par les eaux de chaussée, mais aussi que les cours d'eau urbains sont exposés à des pollutions d'origines très diverses.

## **Les analyses fondées sur les effets aident à identifier les substances dangereuses**

Des bioessais, couplés à la chromatographie en couche mince haute résolution, ont également été utilisés pour évaluer l'écotoxicité des échantillons d'eau. Les effets mesurés étaient la toxicité pour les bactéries, l'action œstrogénique et l'activation du récepteur d'aryl hydrocarbure, qui témoigne la présence de substances apparentées aux HAP. « Ces méthodes permettent de détecter la présence de substances biologiquement actives, sans que nous connaissions nécessairement leur structure, explique Alan Bergmann. Nous pouvons ainsi mettre en évidence les composés toxiques inconnus et entreprendre de les identifier. »

Dans cette approche également, les eaux du Spitalerbach présentaient la plus forte activité biologique, ce qui correspondait bien aux teneurs plus élevées en marqueurs d'eau de chaussée. En même temps, des substances bioactives ont également été détectées dans les échantillons moins chargés en ces polluants. « Cela suggère qu'en plus des composés issus de l'usure des pneus, d'autres substances encore inconnues contribuent à l'action toxique », explique Alan Bergmann. Certains des profils de bioactivité observés correspondaient à ceux d'extraits de pneus, ce qui suggère une implication de substances entrant dans leur composition.

« L'étude de cas zurichoise montre à quel point les eaux de ruissellement routières affectent les milieux aquatiques urbains, commente Alan Bergmann. Cependant, suivant les circonstances exactes des rejets, on observe de grandes différences entre les cours d'eau. » Le risque pour les cours d'eau collecteurs comme la Glatt dépend ensuite de la dilution, de la présence de sources supplémentaires de pollution et de la sensibilité des organismes aquatiques qui y vivent. Beaucoup des substances détectées sont



Alan Bergmann lors d'un prélèvement d'échantillons dans le Schwamendinger Dorfbach.

d'autre part nouvelles ou insuffisamment caractérisées, si bien que les éléments nécessaires à une évaluation font encore défaut.

### **Un projet d'envergure sur l'écotoxicité du produit d'usure des pneus**

Ces résultats s'inscrivent dans le cadre d'un projet de longue durée sur l'écotoxicité des résidus d'usure des pneus mené par le Centre Ecotox, l'Eawag et l'EPFL sur mandat de l'industrie du pneumatique. L'objectif du projet est de mieux comprendre la biodisponibilité et la toxicité des polluants issus de l'usure des pneus, ainsi que l'effet direct des particules de pneu sur les organismes. Ces particules contiennent des substances potentiellement oestrogéniques, génotoxiques et toxiques pour les bactéries, qui peuvent être libérées dans l'environnement. Des essais réalisés avec des cellules branchiales et intestinales de truites arc-en-ciel suggèrent que dans l'environnement, les particules d'usure des pneus ne présentent pas de toxicité aiguë pour les poissons. D'autres essais ont cependant montré que les vers de terre évitaient les sols fortement contaminés par ces particules.

### **Le nettoyage des rues en point de mire**

Plusieurs autres projets menés en collaboration avec les cantons ont mis l'accent sur le nettoyage des chaussées. En Suisse, leur revêtement est de plus en plus souvent constitué d'asphalte antibruit, dont la structure poreuse permet d'atténuer les nuisances acoustiques dues à la circulation. Toutefois, à long terme, ses alvéoles se colmatent et le bénéfice acoustique peut s'estomper. Pour restaurer les fonctions antibruit de l'asphalte, les rues sont souvent nettoyées avec de l'eau sous haute pression. Dans le canton de Genève, le Centre Ecotox a testé les effets de divers procédés de nettoyage de l'asphalte antibruit. « Nous avons constaté que les procédés à haute pression et les pluies simulées pouvaient les uns comme les autres induire une mobilisation des polluants,

révèle le responsable du projet, Etienne Vermeirssen. Cela s'est manifesté directement dans les résultats des bioessais que nous avons réalisés pour caractériser l'action toxique. »

À l'avenir, le Centre Ecotox souhaite étudier comment réduire les émissions de substances dangereuses lors du nettoyage des rues par le biais de l'innovation technologique et de l'optimisation des procédés. Ces résultats sont importants non seulement pour la protection des eaux mais aussi pour l'évaluation de la durabilité et des besoins d'entretien des différents types de revêtement. D'autre part, la toxicité des eaux de chaussée est étudiée en détail au niveau des installations de traitement de ces eaux de ruissellement.

Le rôle des routes en tant que source de pollution occupe ainsi une place croissante dans les discussions sur la protection des eaux. « L'approche combinant analyse chimique et détection des effets par les bioessais nous permet de considérer en même temps les substances connues et inconnues et de fixer des priorités pour des analyses plus poussées », explique Etienne Vermeirssen. Le Centre Ecotox ambitionne de combler systématiquement les lacunes et de créer une base solide pour les autorités, les décideurs politiques et le monde professionnel – afin que la mobilité et la protection des eaux restent conciliables à l'avenir.

Informations supplémentaires: Bergmann, A.J., Vermeirssen, E.L.M. (2025) Bioactive chemicals in Zürich streams in context of road runoff and tire wear particles <https://www.centrecotox.ch/news-publications/rapports>

Contact: Etienne Vermeirssen  
etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch,  
Alan Bergmann  
alanjames.bergmann@oekotoxzentrum.ch

# Sites militaires contaminés : évaluation de la dangerosité réelle des sols pollués

**Les sites militaires contaminés peuvent contenir de nombreuses substances chimiques potentiellement toxiques pour l'environnement. Une étude de cas montre qu'une évaluation des risques fondée uniquement sur des analyses chimiques est insuffisante pour prédire la toxicité. Il est donc nécessaire de les compléter par des bioessais et des mesures de biodisponibilité afin d'évaluer la qualité des sols dans leur ensemble.**

Les activités militaires et les accidents impliquant des munitions ou des explosifs laissent des résidus dans l'environnement partout dans le monde, menacent ainsi la qualité des sols et des eaux de surface et souterraines. Selon les données du Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports, la Suisse compte plus de 2000 sites pollués par l'armée. En plus des métaux provenant des douilles et des détonateurs, ces sites contiennent des résidus d'explosifs, du perchlorate, ainsi que des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) produits lors d'une combustion incomplète.

## **Une multitude de composants toxiques**

Les concentrations élevées de métaux lourds peuvent avoir des effets toxiques sur de nombreux organismes du sol, par exemple en réduisant la croissance des végétaux et la reproduction des collemboles. Les HAP sont également problématiques, car ils sont génotoxiques, persistent longtemps dans le sol et s'accumulent dans les organismes. Des valeurs de référence écotoxicologiques existent pour les métaux et les HAP, qui sont réglementés tant au niveau national qu'international. En Suisse, les sols sont concernés par trois ordonnances différentes: l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol), l'ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (ordonnance sur les sites pollués, OSites) et l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), qui définissent différentes valeurs limites pour ces classes de polluants. Malgré leur large utilisation, les substances explosives ne disposent pas encore de tels seuils. Les perchlorates sont, quant à eux, des perturbateurs endocriniens potentiels et sont surtout réglementés dans l'eau potable.



Les activités militaires peuvent entraîner la contamination de sols par des métaux lourds et d'autres polluants (photo : VBS/DDPS – Nicola Pitora).

Mais dans quelle mesure les sols pollués par ces substances sont-ils dangereux pour la végétation et la faune du sol? Les valeurs limites de concentration permettent-elles vraiment d'appréhender le risque écologique? Pour répondre à ces questions, des scientifiques du Centre Ecotox, mandatés par l'Office fédéral de l'armement armasuisse, ont étudié des matériaux d'excavation d'un site militaire suisse par une approche combinant analyses chimiques et essais écotoxicologiques.

## **Plus que des dépassements de seuils**

Les échantillons de sol ont tout d'abord été soumis à une extraction puis à des analyses. Les résultats ont révélé une forte contamination métallique. Les teneurs en cuivre, en zinc, en plomb, en cadmium et en antimoine étaient très supérieures aux valeurs de référence internationales. De même, des HAP ont été détectés à des concentrations inquiétantes. Selon les législations en vigueur (notamment l'ordonnance suisse sur les atteintes portées aux sols), de tels dépassements de seuils entraînent la mise en œuvre de mesures d'assainissement, telles qu'une excavation et une mise en décharge. « Ces valeurs de référence sont en général fondées sur l'évaluation de substances individuelles en conditions

standard de laboratoire, explique Mathieu Renaud le responsable du projet. Elles ne tiennent donc pas compte ni des effets de mélange, ni de la biodisponibilité réelle sur le terrain. »

Afin d'évaluer les implications écologiques de la contamination, les écotoxicologues ont étudié les effets du matériel d'excavation sur différents groupes d'organismes dans une série de bioessais standardisés. Les tests comprenaient des essais avec des collemboles, des enchytréides, des plantes telles que le cresson et l'oignon, ainsi que des bactéries nitrifiantes. Le matériel d'excavation contaminé a été dilué progressivement avec du sol de référence non pollué afin de déterminer les seuils d'effet toxique.

## **Peu d'effets malgré une forte contamination**

« Étant donné les fortes teneurs en métaux et en HAP mesurées, nous nous attendions à des effets écotoxicologiques importants, confie Mathieu Renaud. Mais les résultats nous ont surpris: la reproduction des collemboles et des enchytréides n'était inhibée qu'avec le matériel d'excavation non dilué; et seuls les échantillons non dilués ont provoqué des effets significatifs. » Les bactéries nitrifiantes se sont avérées un

peu plus sensibles. « Toutefois, leur inhibition pourrait être en partie due à des effets indirects de la dilution, indépendants de la toxicité chimique, tempère le chercheur. On observe donc un décalage clair entre la concentration totale de polluants et les effets écotoxicologiques mesurés. »

### **Le rôle clé de la biodisponibilité**

L'explication la plus plausible de ce décalage est la faible biodisponibilité des polluants. Dans les sols ayant vieilli après avoir été contaminés, les métaux et les composés organiques sont souvent fortement liés aux particules de sol. Les phénomènes de sorption, d'incorporation dans la matière organique et de vieillissement réduisent fortement la part biodisponible. « Pour les métaux, en particulier, ce n'est pas la teneur totale, mais la fraction biodisponible qui détermine la toxicité, explique Mathieu Renaud. On sait également que la forte liaison des HAP à la matière organique limite leur absorption par les organismes vivants. » Cependant, la biodisponibilité n'a

pas été mesurée directement, mais déduite en raison des faibles effets biologiques. Les futures investigations devraient intégrer des méthodes adaptées pour la détermination des concentrations biodisponibles, comme la mesure des concentrations à l'intérieur des organismes.

L'étude a également révélé une forte variabilité entre les réplicats. La dispersion des concentrations mesurées indique la présence de « noyaux » de pollution dont les teneurs en métaux ou en explosifs sont particulièrement élevées, ce qui s'explique probablement par la présence de fragments de munitions. Ces différences à petite échelle peuvent conduire à des effets importants de certains échantillons sans pour autant représenter la condition générale.

### **Implications pour l'évaluation du risque et l'assainissement des sites**

« Les résultats montrent qu'il est peu pertinent de fonder les décisions d'assainissement des sites pollués uniquement

sur les seuils chimiques, analyse Mathieu Renaud. Ces valeurs considérées isolément ne permettent pas d'évaluer correctement l'impact écologique. Les tests écotoxicologiques sont un complément important, car ils permettent de prendre en compte les effets biologiques, des mélanges et des processus de vieillissement. » Sur les sites militaires contaminés à grande échelle, où une excavation totale du sol est difficile à mettre en œuvre, une approche intégrée peut aider à prendre des décisions réalistes et adaptées aux caractéristiques locales. Pour répondre aux enjeux futurs, l'évaluation des sites militaires contaminés devra se fonder sur une combinaison d'analyses chimiques, de mesures de la biodisponibilité et de tests écotoxicologiques standardisés. Seule cette approche permettra d'estimer correctement le risque écologique en faisant la distinction entre danger théorique et impact environnemental réel.

Contact: Mathieu Renaud  
mathieu.renaud@centrecotox.ch



Renée Wouters en train de compter des enchytres. La prolifération de ces petits animaux du sol fournit des indications sur la toxicité des échantillons de sol.

# Contamination généralisée des rapaces de Suisse par les rodenticides

**Le Centre Ecotox a analysé les tissus d'un grand nombre de rapaces en Suisse à la recherche de résidus de rodenticides. Les résultats sont préoccupants : 92 % des buses variables et des faucons crécerelles étudiés étaient contaminés par ces polluants persistants. Même s'il semble rare qu'elle cause directement la mort des oiseaux, cette large contamination pourrait, par ses effets sublétaux, affecter à long terme la condition physique des rapaces.**

L'arsenal moderne de lutte contre les nuisibles privilégie les rodenticides anticoagulants pour restreindre les rats et les souris. Ces biocides agissent en bloquant le cycle de la vitamine K au niveau du foie, ce qui provoque une inhibition de la coagulation sanguine. Les rongeurs décèdent ainsi quelques jours après l'ingestion des suites d'hémorragies internes. Mais cette mort à retardement pose un problème écologique : les animaux intoxiqués deviennent des proies faciles pour les rapaces, qui absorbent ainsi le poison et l'accumulent dans leur propre foie.

## Un phénomène très répandu

Le Centre Ecotox avait déjà constaté dans une étude pilote menée il y a quelques années que la faune sauvage suisse était souvent contaminée par les rodenticides. Pour affiner l'analyse de la situation, ses écotoxicologues ont maintenant étudié 103 dépouilles de buses variables et de faucons crécerelles sur mandat de l'Office fédéral de l'environnement et en partenariat avec la faculté Vetsuisse des universités de Zurich et de Berne.

Les analyses de tissus hépatiques réalisées par chromatographie liquide à haute performance (HPLC) sont sans appel : 92 % des rapaces étudiés étaient contaminés par des rodenticides de la famille des anticoagulants. Les concentrations variaient du niveau de traces à des niveaux élevés pouvant atteindre 582 ng/g. « Leurs propriétés chimiques font que ces substances ne se dégradent que très lentement et qu'elles s'accumulent dans les tissus », explique Sibylle Maletz, qui dirige l'étude.

## Des effets sublétaux lourds de conséquences

L'un des objectifs principaux de l'étude était aussi d'évaluer l'impact sanitaire de ces résidus. Les spécialistes de la faculté Vetsuisse ont donc déterminé la cause la plus probable de décès des rapaces par des examens macroscopiques. Ils n'ont observé d'hémorragies internes, signes d'une action létale directe des rodenticides, que dans 4 % des dépouilles. Pour la plupart des oiseaux, la mort était due à d'autres causes, telles que l'épuisement, le manque de nourriture en hiver, des infections ou des traumatismes dus à des collisions.

« Mais cela ne signifie pas que la contamination est sans danger pour les rapaces », souligne Sibylle Maletz. Près de la moitié des volatiles étudiés (46 %) présentaient des concentrations de plus de 10 ng/g dans leur foie. Dans de récentes études nord-américaines, cette valeur est citée comme un seuil à partir duquel des effets négatifs peuvent se manifester : la perturbation de la capacité de coagulation sanguine peut ainsi affecter la résorption des blessures. Les animaux peuvent devenir plus léthargiques et perdre leur coordination, ce qui peut entraîner une mort précoce. Une buse un peu embrumée peut facilement remarquer trop tard une voiture qui s'approche, ou manquer d'efficacité pour chasser. « L'étude indique que la contamination par les anticoagulants pourrait représenter un stress supplémentaire pour les rapaces, commente Sibylle Maletz. Elle pourrait ainsi affecter leur résilience face aux dangers naturels. »

## Une extension de la surveillance

Les prochaines étapes sont déjà prévues pour mieux comprendre le risque écologique : de futures études intégreront des espèces chasseurs plus spécialisés comme l'effraie des clochers ou l'aigle royal. D'autre part, les méthodes d'investigation seront affinées pour pouvoir mesurer le degré de contamination à partir d'échantillons de sang prélevés sur des animaux vivants. Cette démarche permettrait d'étendre la surveillance de la contamination et de l'état de santé des rapaces aux populations entières, et de l'effectuer en temps réel, sans se limiter à des dépouilles trouvées dans la nature.

Étant donné que les rapaces sont souvent aussi contaminés par des métaux lourds et des pesticides, l'action des anticoagulants pourrait accroître la pression exercée sur les populations des espèces menacées en se conjuguant avec celle de ces polluants. Le Centre Ecotox recommande donc d'intensifier les efforts pour réduire les émissions d'anticoagulants et d'accélérer la transition vers des solutions moins problématiques, comme le piégeage mécanique ou l'utilisation de substances actives moins persistantes.

## Plus d'informations dans le rapport :

<https://www.centreecotox.ch/news-publications/rapports>

Contact : Etienne Vermeirssen

[etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch](mailto:etienne.vermeirssen@oekotoxzentrum.ch)

Sibylle Maletz

[sibylle.maletz@oekotoxzentrum.ch](mailto:sibylle.maletz@oekotoxzentrum.ch)



Les buses variables sont régulièrement contaminées par des anticoagulants nocifs qu'elles ingèrent en consommant des animaux empoisonnés.

# L'hétérogénéité de l'évaluation des substances chimiques menace la protection des eaux en Europe



**Une nouvelle étude montre de façon éclatante l'urgence d'homogénéiser la réglementation européenne des produits chimiques. L'évaluation du risque environnemental d'une seule et même substance peut varier considérablement en fonction du contexte réglementaire. Ces disparités ont un impact direct sur la protection des eaux.**

Dans l'Union européenne, et en Suisse, les produits chimiques sont soumis à différents règlements en fonction de leur usage. Or, nombre d'entre eux peuvent être utilisés à différentes fins : un insecticide peut ainsi servir de produit phytosanitaire pour la protection des cultures, de biocide pour la protection des textiles ou de médicament vétérinaire pour le traitement des animaux de ferme et de compagnie. Il peut également avoir un usage industriel.

Une substance peut ainsi faire l'objet de plusieurs réglementations pouvant donner lieu à des appréciations différentes du risque. Dans le cadre du projet européen PARC, le Centre Ecotox a étudié les raisons de ces disparités en collaboration avec des organismes gouvernementaux suisses, allemands et français. Deux insecticides, la deltaméthrine et l'imidaclopride, ont servi d'exemple. L'étude a comparé les résultats de l'évaluation du risque selon cinq règlements centraux : le règlement REACH pour les produits chimiques industriels,

le règlement pour les produits phytopharmaceutiques (PPR), le règlement pour les produits biocides (BPR), le règlement pour les médicaments vétérinaires (VMPR) et la directive-cadre sur l'eau (DCE) pour l'appréciation de la qualité des milieux aquatiques.

## **Cas de la deltaméthrine : d'énormes différences de valeurs limites**

Pour la deltaméthrine, les valeurs limites déterminées pour les organismes aquatiques diffèrent de plus d'un facteur mille en fonction des différents règlements, allant de 1,7 pg/l pour la DCE à 3200 pg/l pour le PPR. Cette disparité a un impact direct sur l'évaluation du risque : selon la norme appliquée, la même concentration peut être jugée non critique car très inférieure au seuil le plus élevé, ou extrêmement dangereuse pour la vie aquatique car elle dépasse très largement le seuil le plus faible. Dans le cas de l'imidaclopride, la fourchette était plus restreinte, la norme allant de 4,8 à 9 ng/l selon les règlements.

## **Différences de données de référence, de méthodes et d'objectifs de protection**

Plusieurs facteurs expliquent ces disparités dans l'évaluation. Tout d'abord, les **données de référence** ne sont pas les mêmes, car toutes les études disponibles ne sont pas nécessairement prises en compte dans tous les procédés et que certaines sont difficilement accessibles. Les études de toxicologie réglementaire ne sont pas automatiquement partagées entre les agences et seules les données officiellement renseignées dans

la procédure d'autorisation de mise sur le marché sont prises en compte. Ensuite, les **méthodes d'évaluation** ne sont pas comparables : les différents modèles, hypothèses de travail et facteurs de sécurité produisent des résultats différents. Enfin, les **objectifs de protection** peuvent différer, si bien qu'un risque peut être jugé acceptable ou non selon le point de vue.

Par ailleurs, les avancées scientifiques ne trouvent un écho réglementaire qu'avec un certain retard. Le cas de la deltaméthrine l'illustre bien. Bien que le risque pour la faune aquatique ait été attesté par de nombreuses études, son autorisation a été prolongée à plusieurs reprises. La dernière procédure d'autorisation remonte ainsi à plus de vingt ans !

## **La solution : une harmonisation des méthodes d'évaluation**

Suivant la devise « One Substance, One Assessment », la Commission européenne a proposé d'harmoniser l'évaluation des produits chimiques pour tous les cadres juridiques. Les autrices de l'étude plaident pour l'élaboration d'une base de données commune, qui mettrait à disposition l'ensemble des études disponibles indépendamment du cadre juridique, et recommandent, entre autres, une meilleure harmonisation des méthodes d'évaluation, une intégration renforcée des données de monitoring et la mise en place d'automatismes permettant d'actualiser l'évaluation du risque en fonction des connaissances scientifiques. « Il faut intensifier la collaboration entre les agences dans le cadre de l'homologation et de l'évaluation des produits chimiques, estime Alexandra Kroll. C'est à cette seule condition que nous pourrions identifier suffisamment tôt les risques pour les milieux aquatiques et la biodiversité afin de les limiter efficacement. »

Informations supplémentaires : Kroll, A. et al. (2026) One substance, multiple assessments: How the various European Environmental risk frameworks affect the outcome of chemical risk assessments. Integrated Environmental Assessment and Management, <https://doi.org/10.1093/inteam/vjag052>

Contact : Alexandra Kroll  
alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch

# Les brèves du Centre Ecotox



## Première édition du Swiss Ecotoxicology Workshop

À l'occasion de la première édition du Swiss Ecotoxicology Workshop, 23 écotoxicologues se sont donné rendez-vous à Berne le 3 mars dernier. Organisée par le Centre Ecotox et le département Toxicologie de l'environnement de l'Eawag, l'objectif de la rencontre était de renforcer les contacts et les échanges entre les personnes travaillant en Suisse dans le domaine de l'écotoxicologie. Parmi les participants, on comptait non seulement des établissements d'enseignement supérieur et de recherche tels que l'EPFL, les universités de Lausanne et de Genève et la FHNW, mais aussi des entreprises et un service cantonal. Les participantes et participants ont discuté des sujets d'actualité en écotoxicologie ainsi que des échanges avec les parties prenantes et des offres de formation initiale et continue. Il a été convenu de renouveler de telles rencontres régulièrement et d'organiser des webinaires coordonnés.

Contact: Alexandra Kroll [alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch](mailto:alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch)

## Un podcast sur les PFAS dans l'eau potable

Comment les PFAS se retrouvent-ils dans l'environnement et dans l'eau potable? Quels sont les risques? Et comment lutter contre ce phénomène? Telles sont les questions abordées par Alexandra Kroll, chercheuse au Centre Ecotox, et Kurt Seiler, ancien chimiste cantonal, dans un podcast de l'Académie suisse des sciences naturelles. Alexandra Kroll expose les risques liés aux PFAS et explique pourquoi ils ont un effet à long terme et se dégradent difficilement. Kurt Seiler explique ce que signifient les concentrations mesurées en Suisse, les valeurs limites et pourquoi il faut agir à la source pour protéger l'eau potable. Ensemble, les deux scientifiques montrent clairement que le problème des PFAS ne se gère pas uniquement lorsque les seuils sont dépassés, mais dès la fabrication et l'utilisation des produits. La société doit adopter une toute nouvelle approche pour faire face aux polluants chimiques qui ne se dégradent pas dans l'environnement.

Accès au podcast: <https://scnat.ch/en/id/FLZxy>



## Les eaux zurichoises polluées par les terres rares

Une étude menée dans le canton de Zurich par l'Eawag, le VSA et le Centre Ecotox a montré que certains éléments des terres rares étaient rejetés dans les eaux de surface par les stations d'épuration où ils pouvaient atteindre des concentrations présentant un risque pour les organismes aquatiques. Le gadolinium, notamment, se distingue par des teneurs élevées: utilisé dans les produits de contraste dans les établissements de santé, il est rejeté dans les eaux usées avec les urines et n'est que très faiblement éliminé par les stations d'épuration. Il a été détecté à forte concentration sur tout le territoire cantonal et peut avoir des effets néfastes à long terme.

Le lanthane et le cérium ont également été détectés à des teneurs parfois très élevées, notamment en sortie des stations d'épuration où ils sont utilisés pour éliminer le phosphore. Étant donné qu'ils pourraient avoir des effets négatifs sur la vie aquatique, il est pour le moment recommandé de ne pas les utiliser. L'étude montre dans l'ensemble que les terres rares employées dans le domaine technique et médical peuvent être problématiques pour l'environnement et qu'il serait judicieux de prendre des mesures pour réduire leurs émissions.

Informations supplémentaires: Kägi, R.; Sinnet, B.; Tolu, J., Kroll, A.; Eugster, F.; Freimann, R.; Bette, J.; Durisch-Kaiser, E. (2026): Seltene Erden Elemente in Zürcher Abwasser und Gewässern, Aqua & Gas, 106(2), Institutional Repository: <https://www.dora.lib4ri.ch/eawag/islandora/object/eawag:36176>



### Qualité des sédiments du Seealpsee

Le Centre Ecotox a analysé les sédiments du lac du Seealpsee pour y rechercher les microplastiques et les résidus chimiques de pneus et a étudié leur qualité écologique à l'aide de tests sur les ostracodes et de l'étude des communautés d'oligochètes. Les analyses ont révélé la présence de microplastiques et de certains composés chimiques issus des pneus dans les sédiments lacustres. Cette contamination pourrait être due à des dépôts de poussières transportées par l'atmosphère et/ou à des apports liés aux activités récréatives autour du lac d'altitude. La forte mortalité observée chez les ostracodes exposés et la composition de la communauté d'oligochètes indiquent une altération de la qualité du sédiment.

Informations supplémentaires dans le rapport:

<https://www.centreecotox.ch/news-publications/rapports>

Contact: Rébecca Beauvais [rebecca.beauvais@centreecotox.ch](mailto:rebecca.beauvais@centreecotox.ch)



### Des tickets de caisse sans bisphénols, moins nocifs

Une équipe de l'EPFL a mis au point un papier thermique à base de lignine et de sucres végétaux qui ne contient pas de bisphénols, substances dangereuses pour la santé. Les substituts, extraits du bois, sont beaucoup moins problématiques que les substances traditionnellement employées: comme le démontre le Centre Ecotox dans des tests toxicologiques. L'étude de l'EPFL montre que le nouveau papier thermique peut être directement fabriqué à partir de biomasse non comestible. Bien que des efforts supplémentaires soient encore nécessaires pour optimiser le système et passer à l'échelle industrielle, les résultats indiquent que les reçus et les étiquettes peuvent remplir leur fonction sans avoir recours à des produits chimiques problématiques.

Informations supplémentaires: <https://www.centreecotox.ch/news-publications/actualites/des-tickets-de-caisse-plus-sains-sans-bisphenols>



### Surveillance plus intelligente de la qualité de l'eau dans les villes

Le Centre Ecotox participe au nouveau projet européen UrbanM2O financé à hauteur de six millions d'euros. Ce projet vise à développer des solutions efficaces de lutte contre la pollution des eaux dans les villes par des approches de monitoring et de modélisation. Quelles mesures permettraient de réduire les risques? Un consortium de 22 partenaires issus du monde de l'entreprise, de la recherche, des pouvoirs publics, des plateformes stratégiques et des municipalités étudie cette question à travers des études de cas menées à Copenhague, à Barcelone et à Zurich. L'objectif est de mettre au point des méthodes innovantes pour évaluer la qualité de l'eau dans les villes et d'élaborer des plans de gestion fondés sur des données factuelles. Pour ce faire, de nouveaux capteurs « virtuels » basés sur l'IA seront calibrés à l'aide des meilleures méthodes de surveillance actuellement disponibles. La direction du projet est assurée par la LTU Danemark, l'Eawag et la FHNW. Le Centre Ecotox contribue au projet par l'apport de bioessais pour l'évaluation écotoxicologique de la qualité de l'eau.

Contact: Cornelia Kienle [cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch](mailto:cornelia.kienle@oekotoxzentrum.ch),  
Miriam Langer [miriam.langer@fhnw.ch](mailto:miriam.langer@fhnw.ch)

# L'écotoxicologie dans le monde

**Dans cette rubrique, le Centre Ecotox souhaite vous informer des actualités internationales touchant à la recherche ou à la législation en matière d'écotoxicologie. La sélection proposée ne se prétend pas exhaustive et le contenu des communiqués ne reflète pas nécessairement les positions du Centre Ecotox.**

## **Pour une meilleure prise en compte des données comportementales dans l'évaluation du risque environnemental**

Les polluants émis dans l'environnement peuvent affecter le comportement des animaux. Or, cet aspect est encore rarement pris en compte dans l'évaluation du risque... car les approches ou indicateurs comportementaux doivent être reliés à des effets à l'échelle de la population. Une nouvelle étude, s'appuyant sur un grand nombre de données démontre maintenant, que les modifications comportementales individuelles peuvent avoir des conséquences tout à fait significatives pour la population entière. Les études montrant les effets des polluants sur le comportement devraient donc dorénavant être davantage prises en compte dans l'évaluation du risque.

Bertram, M.G. et al. (2026) Are Behavioral Ecotoxicity Endpoints Relevant at the Population Level? Evidence-Based Insights for Environmental Protection. Environ. Sci. Technol. 60, 1, 86–95

## **La toxicité due aux pesticides dans le monde augmente malgré les objectifs relatifs à la biodiversité**

La toxicité totale due aux pesticides employés dans le monde augmente, ce qui compromet l'objectif international de réduire de moitié les risques liés à ces produits d'ici 2030. Telle est la conclusion d'une nouvelle étude qui a analysé de la situation mondiale entre 2013 et 2019, et évalué l'écotoxicité des quantités appliquées pour huit groupes d'organismes. La toxicité globale a augmenté pour la plupart des groupes, notamment en raison de la toxicité croissante des substances actives. En même temps, 90 % de la toxicité est due à seulement une vingtaine de substances.

Wolfram, J. et al. (2026) Increasing applied pesticide toxicity trends counteract the global reduction target to safeguard biodiversity. Science 391,616–21 DOI:10.1126/science.aea8602

## **Les pesticides en faible concentration accélèrent le vieillissement des poissons sauvages**

L'exposition chronique à de faibles concentrations de pesticides peut réduire l'espérance de vie des animaux sauvages. Une nouvelle étude montre que le chlorpyrifos provoque un vieillissement prématuré chez les poissons sauvages. Cette substance active très courante est maintenant interdite en Suisse et dans l'UE, mais reste utilisée dans de nombreux pays. Contrairement à la toxicité aiguë causée par les fortes concentrations de pesticides, l'exposition chronique provoque un

raccourcissement des télomères (extrémités protectrices des chromosomes), ce qui accélère l'horloge interne des poissons, même à des concentrations jugées inoffensives selon les normes en vigueur. Étant donné que la biologie des télomères est la même chez tous les vertébrés, une exposition de longue durée à ces substances chimiques pourrait présenter des risques comparables pour les humains.

Huang, K. et al. (2026) Chronic low-dose exposure to chlorpyrifos reduces life span in a wild fish by accelerating aging. Science 391, 275–279 DOI:10.1126/science.ady4727

## **Les résidus de pesticides modifient la biodiversité des sols en Europe**

Les pesticides affectent la biodiversité des sols plus fortement qu'on ne le pensait. Dans le cadre d'une étude européenne, les résidus de 63 pesticides ont été analysés sur 373 sites répartis dans 26 pays et leurs effets sur les microorganismes et la macrofaune du sol ont été déterminés. Des résidus ont été détectés sur 70 % des sites étudiés et il s'est avéré qu'ils constituaient le deuxième facteur déterminant pour la biodiversité, après les propriétés du sol. Les scientifiques ont observé aussi bien des effets complexes propres aux espèces mais aussi des modifications de fonctions essentielles du sol, comme sur les cycles de l'azote et du phosphore. D'autre part, certains organismes jouant un rôle écologique crucial ont été réprimés. Ces résultats plaident en faveur d'une meilleure prise en compte de la biodiversité fonctionnelle dans l'évaluation du risque environnemental afin de mieux protéger les écosystèmes édaphiques.

Königer, J. et al. (2026) Pesticide residues alter taxonomic and functional biodiversity in soils. Nature 650, 367–373 <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09991-z>

## **Cocktails de produits chimiques: demande d'un facteur de sécurité supplémentaire**

Lors de la révision du règlement européen REACH sur les produits chimiques, l'UE devrait davantage prendre en compte les risques liés aux mélanges de substances. En effet, les humains et les écosystèmes sont exposés à des cocktails chimiques complexes alors que la réglementation ne prend généralement en compte que les substances individuelles. De nombreuses études ont montré que les mélanges pouvaient être toxiques même si leurs composants ne dépassaient pas individuellement les seuils autorisés. Ce phénomène est dû au cumul des effets des substances présentes simultanément. Face à ce problème, les scientifiques proposent d'introduire un facteur de sécurité supplémentaire.

Backhaus, T. et al. (2025) Include a mixture allocation factor to improve EU chemical risk management. Science 390, 678-680 DOI:10.1126/science.aeb6374

### **Impressum**

**Editeur:** Centre Ecotox

Eawag

Überlandstrasse 133

8600 Dübendorf

Suisse

Tél. +41 58 765 5562

Fax +41 58 765 5863

[www.oekotoxzentrum.ch](http://www.oekotoxzentrum.ch)

EPFL-ENAC-IIE-GE

Station 2

1015 Lausanne

Suisse


Tél. +41 21 693 6258

Fax +41 21 693 8035

[www.centreecotox.ch](http://www.centreecotox.ch)

**Rédaction:** Anke Schäfer, Centre Ecotox

**Traductions:** Laurence Frauenlob-Puech, D-Waldkirch

**Copyright:**  Les textes et les photos non marqués autrement sont soumis à la licence Creative Commons « Attribution 4.0 International ». Ils peuvent être librement copiés, distribués et modifiés, à la condition de les attribuer à l'auteur en citant son nom. Plus d'informations sur la licence sur le site <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

**Copyright des photos:** Centre Ecotox, VBS/DDPS – Nicola Pitaro (p. 6), Adobe Stock (p. 8, 9, 10, 11)

**Maquette et graphisme:** Egger next, Thoune

**Abonnements et changements d'adresse:** Bienvenue à tout(e) nouvel(le) abonné(e), [info@centreecotox.ch](mailto:info@centreecotox.ch)