

L'INFO-RESEAU

L'actu du Réseau Centres de Soins Faune Sauvage



SOMMAIRE

Le P'tit mot.....p. 1

ACTUALITES :

Veille sanitaire.....p. 2
Pollution chimique.....p. 3

DOSSIER :

Recherche d'éléments-traces métalliques chez
les espèces « bioindicatrices »..... p.4

LE P'TIT MOT

Nous remercions Romain Lorrillière de nous avoir présenté **le programme de baguage spécifique aux centres de soins**, lors de notre webinar qui a encore réuni une cinquantaine de participants. N'hésitez pas à nous faire remonter vos réflexions et vos idées quant au suivi d'espèces en particulier.

L'assemblée générale du Réseau aura lieu les 11 et 12 avril, une occasion très attendue de se retrouver en chair et en os dans la joie et la bonne humeur.

En attendant nous vous souhaitons une bonne lecture,

Le Réseau

VEILLE SANITAIRE

POINT IAHP

Selon la Plateforme ESA, « la prévalence des foyers domestiques et des cas sauvages détectés à ce stade de la saison est très inférieure à ce qui avait été observé au cours de la saison précédente ». En effet, l'année dernière à la même période, 2208 cas avaient été détectés dans l'avifaune sauvage européenne (voir [bilan hebdomadaire du 28/03/2023](#)) contre 739 cas cette année, selon le [bulletin du 26/03/2024](#).

Par conséquent, le niveau de risque a été abaissé à « modéré » par l'arrêté du 14/03/2024 pour l'ensemble du territoire national (voir le [communiqué de presse du 16 mars 2024](#) du MASA).

Bonne nouvelle pour les centres de soins, et notamment celui du Parc d'Isle à Saint-Quentin (02) qui, bien que refusant toujours par précaution l'accueil des laridés et des anatidés, réouvre ses portes !

MALADIE DE BORNA ou BORNAVIRUS

Le virus décrit pour la première fois à la fin du XVIII^e siècle dans le sud de l'Allemagne provoque une méningo-encéphalite non purulente et affecte principalement les chevaux et moutons [Anses].

Déjà détecté chez d'autres espèces (Renard roux, Sarcelle d'hiver, Goéland leucopnée, Lynx lynx...), elle a néanmoins été décrite pour la première fois chez une femelle adulte de Castor d'Europe, en Allemagne.

L'individu présentait également une septicémie bactérienne aiguë à *Escherichia coli*. L'animal trouvé vivant présentait des signes cliniques de perte de poids, dépression, faiblesse, ainsi que des borborygmes (gargouillements) péristaltiques.

La nécropsie a confirmé la méningo-encéphalite non purulente avec des infiltrats mononucléaires périvasculaires et parenchymateux typiques. Le diagnostic de bornavirus a été confirmé par la détection de son ARN et de l'antigène viral.

Ellenberger C, Heenemann K, Vahlenkamp TW, Grothmann P, Herden C, Heinrich A. Borna disease in an adult free-ranging Eurasian beaver (*Castor fiber albus*). *J Comp Pathol*. 2024 Feb;209:31-35. doi: 10.1016/j.jcpa.2024.01.003. Epub 2024 Feb 12. PMID: 38350270.

ENCORE UNE VICTIME D'ARME A FEU !

Le 24 février dernier, en Isère, était retrouvé le cadavre d'une femelle de Pygargue à queue blanche, 5 mois seulement après son lâcher dans la nature, grâce au [programme de réintroduction](#) dont l'espèce fait l'objet.

Retrouvée grâce à sa balise GPS, Morzine (de son petit nom) fait partie des 14 autres pygargues relâchés via ce programme depuis 2022.

Sur ces 14 individus, elle est la 3^{ème} victime de tir illégal.

Le parc animalier « Les aigles du Léman » où elle a vu le jour a porté plainte, conjointement à la LPO.

Deux jeunes chasseurs ont été confondus par l'OFB, des plumes du rapace ayant été retrouvées à leur domicile.

Placés sous contrôle judiciaire, ils seront jugés le 13 mai pour destruction et détention illicite d'espèce non-domestique protégée.

Ils risquent jusqu'à trois ans de prison et 150 000 euros d'amende.



© Les Aigles du Léman

Depuis le début de l'année, et pour seulement 10 de nos centres de soins, une quinzaine d'animaux ont été victimes de tirs, dont un Faucon crécerellette, une Buse variable, un Autour des palombes et un Goéland leucopnée. Ces quatre espèces sont pourtant protégées.

Vers une composition plus sûre DES RODENTICIDES

Les rodenticides anticoagulants de seconde génération (SGAR) développés pour surmonter la résistance des rongeurs aux principes actifs de première génération, sont largement utilisés dans la lutte chimique contre les rongeurs. Ils sont également plus persistants au niveau tissulaire – ce qui ne le rendrait pas plus efficace pour tuer les rongeurs - et augmente considérablement l'exposition secondaire des espèces non ciblées.

Ainsi, chaque année des rapaces sont victimes de ces molécules disséminées dans l'environnement.

Trop souvent considérés comme une seule entité moléculaire, une étude française récente rappelle que les SGAR sont des ensembles de molécules complexes – certaines étant plus persistantes que d'autres - et qu'il est nécessaire de le prendre en compte pour avoir une meilleure compréhension de leurs interactions et leur métabolisation par l'organisme des oiseaux, et pour pouvoir adapter leur formulation de façon à les rendre moins nocifs.

Les chercheurs ont ainsi analysé le foie de 529 cadavres de rapaces collectés via des programmes de surveillance, ainsi que dans **les centres de soins de la société d'études ornithologiques de la Réunion (SEOR) et de l'Hôpital faune sauvage de Ganges (Goupil Connexion)**.

Des SGAR ont été détectés chez 75 % des individus et 29 % d'entre eux avaient des concentrations hépatiques supérieures au seuil de toxicité critique actuellement défini de 100 ng/g de poids humide (potentiellement inférieur).

Les échantillons positifs à la détection ont concerné **les 18 espèces** représentées, qu'elles soient diurnes ou nocturnes, prédatrices, prédatrices et charognardes occasionnelles ou charognardes strictes. Néanmoins, les prévalences les plus élevées (> 90 %) ont surtout été observées chez des oiseaux prédateurs occasionnellement charognards - **Milan royal** (95 %), **Busard de Maillard** (94 %), **Hibou Grand-duc** (93 %), **Aigle royal** (92 %) – ou encore chez la **Chouette effraie** (91 %), grande consommatrice de rongeurs.

Parmi les oiseaux positifs, 25,6 % contenaient des résidus hépatiques d'une seule classe de SGAR. Les autres oiseaux positifs étaient **multi-exposés**.

La valeur maximale a été trouvée dans le foie d'un Milan royal avec un taux de diféthialone de 1180 ng/g (poids humide).



Busard de Maillard © Denis Joire/ SEOR

Après avoir analysé les différentes proportions moléculaires de différents SGAR, les chercheurs concluent que l'utilisation d'appâts formulés en revoyant à la baisse certaines molécules devrait permettre à la fois la gestion des rongeurs et la conservation des espèces non visées.

Pour lire l'étude dans son intégralité :

Fourrel I, Roque F, Orabi P, Augiron S, Couzi FX, Puech MP, Chetot T, Lattard V. Stereoselective bioaccumulation of chiral anticoagulant rodenticides in the liver of predatory and scavenging raptors. Sci Total Environ. 2024 Mar 20;917:170545. doi: [10.1016/j.scitotenv.2024.170545](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170545).

MICRODONS

Nous remercions chaleureusement l'association « Vétérinaires pour la biodiversité » d'être à l'initiative d'une campagne de microdons et de nous avoir sélectionnés, ainsi que 9 autres associations œuvrant pour la faune sauvage.

Le principe ? Encourager les cabinets, cliniques et centres hospitaliers vétérinaires à devenir acteurs de la protection de la nature, en proposant à leurs clients d'ajouter quelques centimes au moment de leur paiement par carte bancaire.

Nous vous invitons donc à partager massivement cette initiative en en parlant à vos vétérinaires. Pour plus d'informations, RDV sur la [page web dédiée](#).

LE RÉSEAU CENTRES DE SOINS FAUNE SAUVAGE
présidé le Dr vétérinaire Jean-François Cozmes

CE QUE NOUS POURRONS FAIRE GRÂCE AUX DONS :

- TRAVAILLER A L'OBTENTION D'UN FINANCEMENT NATIONAL**
Afin d'améliorer la prise en charge de la faune en détresse et d'assurer la pérennité des centres de soins.
- CRÉER UNE FORMATION DIPLOMANTE POUR LES SOIGNEURS**
Pour assurer sur un échec certains de connaissances, d'actualisation des pratiques et de professionnalisation des centres.
- METTRE À DISPOSITION DES CENTRES DES OUTILS MUTUALISÉS**
(Base de données, protocoles, vidéos, guide de bonnes pratiques...)
- SOUTENIR LES CENTRES EN PÉRIODES DE CRISE**
Apporter un soutien technique et financier lors de tempêtes, maladies rares, incendies, sécheresses...

33 CENTRES MEMBRES
dont les centres des Ecoles Nationales Vétérinaires de Toulouse, Nantes et Montpellier

76 938
Animaux sauvages
06 2022

MERCI POUR EUX

LE TRAVAIL DU RÉSEAU PROFITE À TOUS LES CENTRES, Y COMPRIS CEUX QUI N'EN SONT PAS MEMBRES

Et vous trouverez [ICI](#), la dernière lettre d'infos de l'association.

OUTILS

L'OFB a publié ce mois-ci son guide d'identification des adultes d'amphibiens de métropole et de Corse, révisé (1^{ère} version 2014). Cet outil pratique pour le terrain consiste en une clé de détermination simple et des fiches par espèce reprenant les informations sur les statuts, la morphologie, l'habitat, la phénologie, la répartition...

Téléchargez-le [ICI](#).



Triton marbré © LPO Aquitaine

RECHERCHE D'ÉLÉMENTS-TRACES METALLIQUES, chez les espèces « bioindicatrices »

Avec les pressions anthropiques croissantes, on s'inquiète de plus en plus de la perte de biodiversité et des maladies émergentes de la faune et de la flore sauvages, et de la nécessité d'améliorer notre compréhension des facteurs qui peuvent influencer la santé et la démographie de ces populations.

Ainsi, beaucoup d'études se penchent désormais sur les espèces dites « bioindicatrices ». Qu'elle soit végétale ou animale, l'espèce bioindicatrice permet aux scientifiques d'évaluer la qualité de l'environnement et de surveiller ses changements, dans le temps et dans l'espace. Le défi est alors de trouver des outils qui soient à la fois fiables et les moins invasifs possible.

Les métaux traces, autrement appelés éléments-traces métalliques (EMT), englobent à la fois les nutriments inorganiques (c'est-à-dire les minéraux) qui sont classés comme éléments essentiels en raison de leur lien étroit avec la santé et qui sont bénéfiques à des taux de concentrations équilibrés - Ca, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Se, Zn¹ - et des éléments non essentiels - Al, As, Cd, Hg, Pb, Sb, Sr, Ti, Tl² - qui n'ont pas de fonctions biologiques établies et peuvent être toxiques même à de faibles concentrations [1,2]. Or, les valeurs de référence pour les concentrations d'EMT chez les animaux sauvages restent largement inconnues.

Les poils accumulent des EMT tout au long de leur période de croissance depuis la dernière mue, ce qui permet d'évaluer le statut en éléments d'un animal sur une large fenêtre temporelle [3-6]. Par ailleurs, cette matrice est pertinente pour comparer les taux cumulés, car les poils restent métaboliquement inactifs et chimiquement stables, contrairement au sang ou à l'urine, qui reflètent les taux circulants. Les concentrations d'EMT dans les poils devraient donc refléter la teneur en éléments de l'habitat [7].

C'est également le cas pour les plumes ou encore les piquants chez le Hérisson d'Europe.

Des chercheurs estiment que l'évaluation du statut en EMT pourrait être pertinente pour informer sur la santé des individus

dans la population animale, comme c'est couramment pratiqué chez l'homme, et fournir des informations sur leur exposition à des facteurs de stress environnementaux tels que des carences alimentaires ou une pollution.

Des études sur le bétail ont par exemple montré que les déficiences en éléments essentiels conduisent souvent à une altération de la fertilité, de la viabilité de l'embryon, des réponses immunitaires et augmentent le risque de développement de maladies pouvant finalement entraîner la mort [8,9].

Bien que des éléments non-essentiels puissent contaminer naturellement l'environnement, la plupart des contaminations proviennent d'activités anthropiques (combustion de combustibles fossiles (gaz d'échappements, fumées...), fonderies, mines, agriculture, décharges, développement urbain) [10-12]. Deux études françaises récentes ont porté sur le sujet.

Chez le Chevreuil d'Europe

La première étude [A] visait à établir les premières valeurs de référence pour 22 éléments essentiels et non-essentiels dans les poils de chevreuils (*Capreolus capreolus*) et d'évaluer le degré de covariation. Pour ce faire, 758 échantillons de poils provenant de 542 individus (certains individus ont été échantillonnés sur plusieurs années) ont été collectés à la même période entre 2016 et 2019, dans 5 populations de chevreuils du département de l'Ain, des Deux-Sèvres (Réserve Biologique Intégrale de Chizé), de la Marne (Territoire d'études et d'expérimentation de Trois-Fontaines), de la Haute-Marne (Châteauvillain/ Arc-en-Barrois), et du Jura, représentant des habitats contrastés en France.

Les résultats des analyses ont été comparés aux données disponibles sur le bétail et sur les quelques études menées sur la faune sauvage. Ils ont permis de constater, entre autres, que :

- ✓ les populations fréquentant des zones agricoles intensives (comme celle de la population Haut-marnaise étudiée) avait une plus forte concentration de certains éléments non essentiels (Al, As, Pb, Ti) que les autres, notamment à cause de concentrations généralement plus élevées d'arsenic et de plomb dans les pesticides, les eaux usées, les boues et le fumier [13] ;

- ✓ les valeurs inférieures en chrome et en manganèse pourraient résulter de caractéristiques physiologiques spécifiques à l'espèce, plutôt qu'à des déficits ;
- ✓ les populations françaises de chevreuils avaient globalement des concentrations d'éléments plus faibles que dans d'autres pays européens, cela pouvant être attribué au fait qu'elles vivaient davantage dans des zones forestières éloignées de sites industriels, ce qui a motivé les chercheurs à considérer que les valeurs qu'ils avaient trouvées pourraient servir de références pour d'autres études.



Chez le Hérisson d'Europe

La deuxième étude [B] avait pour objectif de vérifier la méthodologie selon laquelle le Hérisson d'Europe, très présent en zone (sub)urbaine, pourrait devenir une espèce bioindicatrice de la pollution chimique liée à l'urbanisation.

Parmi les nombreuses études portant sur les concentrations d'EMT chez la faune sauvage, celles sur les espèces insectivores ont démontré que celles-ci bioaccumulaient davantage d'EMT que les herbivores [14-16]. Ainsi, le Hérisson d'Europe fait partie des espèces particulièrement exposées en raison de son alimentation, ou directement par l'ingestion de terre lors du toilettage ou de la fouille [14,17,18]. Les vers de terre et les insectes, notamment les coléoptères, qui représentent 60 % de son alimentation [17,19] sont eux-mêmes largement utilisés comme bioindicateurs [20].

Les chercheurs ont analysé les reins, le foie et les piquants de 50 hérissons provenant de l'agglomération parisienne et morts dans les 48 h suivant leur admission au CHUV-faune sauvage de l'ENVA. L'équipe s'est penchée sur les concentrations de 7 EMT pouvant être générés par les activités humaines : As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn. Tous les échantillons récoltés en contenaient.

Si des teneurs plus faibles en As, Cd, Pb, Ni ont été enregistrées ces 2 dernières années dans l'atmosphère de l'agglomération

¹ Calcium, Cobalt, Chrome, Cuivre, Fer, Potassium, Magnésium, Manganèse, Molybdène, Sésium, Nickel, Sélénium, Zinc

² Aluminium, Arsenic, Cadmium, Mercure, Plomb, Antimoine, Strontium, Titane, Thallium

parisienne, les concentrations de ces composés dans les reins et le foie des hérissons échantillonnés étaient en général plus élevées dans cette étude que les taux rapportés dans les zones polluées d'études précédentes.

Les taux hépatiques de Zn étaient également plus élevés que ceux rapportés chez d'autres hérissons européens [21,22] et d'autres petits mammifères insectivores [23,14]. Les concentrations plus élevées de Zn et de Cd pourraient s'expliquer par le ruissellement des toitures en Zn utilisées dans l'architecture régionale [25] mais aussi par les activités humaines de la zone (sub)urbaine (utilisation de produits chimiques et d'engrais phosphatés, incinération des déchets solides et gestion des eaux usées par exemple).

Les chercheurs ont, par ailleurs, constaté que la concentration de Pb dans le foie et les reins était corrélée à l'intensité des activités humaines et que l'urbanisation avait un impact sur l'exposition récente au Pb.

En revanche, contrairement à d'autres études, les chercheurs n'ont trouvé de corrélations positives entre les piquants et le foie que pour le Zn, ce qui ne permet pas de conclure que l'utilisation, moins invasive, des piquants pour évaluer les taux d'expositions aux métaux soit suffisante.

En effet, selon le degré d'affinité des métaux pour ces sites de fixation, la proportion séquestrée pourrait ne pas être corrélée aux taux d'exposition.

D'où l'importance d'avoir à disposition du matériel biologique frais, que seuls les centres de soins pour la faune sauvage peuvent fournir.

Cette étude met donc une nouvelle fois en évidence le rôle des centres de soins dans l'apport de données environnementales, avec l'avantage non négligeable de ne pas impacter les populations par la capture intentionnelle, voire le sacrifice, d'individus sains.

Par ailleurs, elle fait écho aux résultats trouvés lors de l'étude lancée par le CHENE ayant mis en évidence la présence de plomb (pour 79 % des individus étudiés), de cadmium (pour 90 % d'entre eux) et de cuivre (dans 100 % des cas).

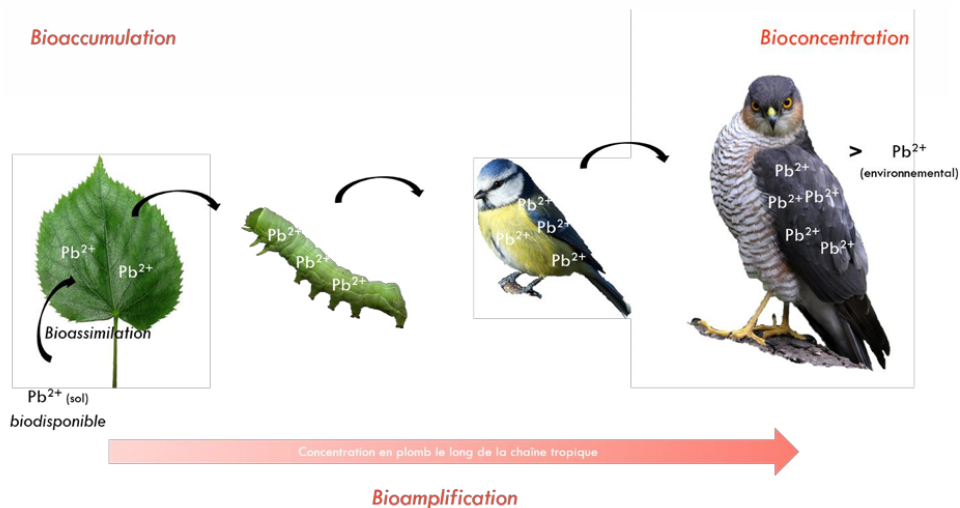


Figure 1. Schéma d'illustration des concepts de biodisponibilité, bioassimilation, bioaccumulation, bioconcentration et bioamplification à travers un exemple sur les concentrations en plomb chez plusieurs individus de niveaux trophiques différents. (Images de Krzysztof Jasiutowicz, Philippe Mothiron, Sébastien Chenal, J. Fouarge).

Aussi, les effets écotoxicologiques mesurés sont susceptibles d'être plus marqués chez les espèces se trouvant en haut des réseaux trophiques, comme les espèces carnivores ou piscivores, du fait du phénomène de bioamplification.

D'autres études récentes sur des pigeons sauvages (*Columbia livia*) du même secteur étudié ont rapporté des impacts négatifs de l'exposition à ces éléments sur l'immunité [26] et la résistance aux agents pathogènes [27].

« Une fois absorbés, les métaux traces ne sont pas des éléments inertes. D'après leur définition même, ce sont des éléments traces toxiques. En effet, les métaux traces perdent facilement des électrons ; ils se retrouvent de ce fait sous forme de cations (ions positivement chargés), alors très réactifs. La toxicité des ions métalliques résulte de deux mécanismes principaux : d'une part, les ions métalliques peuvent avoir une affinité forte avec les sites de fixation de certaines protéines, impliquées par exemple dans la croissance cellulaire, l'apoptose, la réparation de l'ADN, etc., et ainsi désactiver ces protéines.

Par exemple, le plomb (Pb²⁺) est capable de se substituer aux ions bivalents comme le zinc (Zn²⁺) et le calcium (Ca²⁺ ; Godwin, 2001). Or le zinc et le calcium sont deux oligoéléments essentiels, le premier étant notamment impliqué dans la synthèse de l'hème et le second étant nécessaire à la croissance osseuse et à la libération des neurotransmetteurs. Aussi, le plomb est entre autres responsable d'anémies [28] et de troubles neurologiques [29-31] » explique Marion Chatelain, dans sa thèse de doctorat d'Ecologie [32].

La chercheuse souligne par-là, l'importance de comprendre comment les métaux traces interagissent entre eux, pour mesurer leur impact global sur les populations.

BIBLIOGRAPHIE

- A. Amandine Herrada, Léa Bariod, Sonia Saïd, Benjamin Rey, Hervé Bidault, et al. *Minor and trace element concentrations in roe deer hair: A non-invasive method to determine reference values in wildlife. Ecological Indicators, 2024.*
- B. Valverde I, Defosseux I, Le Bot T, Jouvion G, Le Barzic C, Arné P, Gasparini J. *Effect of urbanization on the trace element concentrations in the kidney, liver and spines of the European hedgehog (Erinaceus europaeus). Sci Total Environ. 2024 Mar 1;914:169944. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.169944. Epub 2024 Jan 9. PMID: 38199357.*
1. Raikwar, M., Puneet, K., Singh, M., 2008. Toxic effect of heavy metals in livestock health. *Vet World* 1.
2. Underwood, E., 2012. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*. Elsevier
3. Combs, D.K., 1987. Hair analysis as an indicator of mineral status of livestock. *J. Anim. Sci.* 65, 1753-1758.
4. Combs, D.K., Goodrich, R.D., Meiske, J.C., 1982. Mineral concentrations in hair as indicators of mineral status: a Review. *J. Anim. Sci.* 54, 391-398.
5. Cygan-Szczegieliak et al., 2014. Impact of breeding region and season on the content of some trace elements and heavy metals in the hair of cows.

6. Tête, N., Afonso, E., Crini, N., et al., 2014. Hair as a noninvasive tool for risk assessment: Do the concentrations of cadmium and lead in the hair of wood mice (*Apodemus sylvaticus*) reflect internal concentrations? *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 108, 233–241.
7. Demesko, J., Markowski, J., Demesko, E., Słaba, M., Hejduk, J., Minias, P., 2019. Ecotype variation in trace element content of hard tissues in the European roe deer (*Capreolus capreolus*). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 76, 76–86
8. Hidiroglou, M., 1979. Trace element deficiencies and fertility in ruminants: A review. *J. Dairy Sci.* 62, 1195–1206.
9. McClure, S.J., 2008. How minerals may influence the development and expression of immunity to endoparasites in livestock. *Parasite Immunol.* 30, 89–100.
10. He, Z.L., Yang, X.E., Stoffella, P.J., 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *J. Trace Elem. Med Biol.* 19, 125–140.
11. Engwa, G.A., Ferdinand, P.U., Nwalo, F.N., et al., 2019. Mechanism and Health Effects Of Heavy Metal Toxicity in Humans. IntechOpen.
12. Shahid, M., Natasha, N., Dumat, C., et al., 2019. Ecotoxicology of heavy metal(loid) enriched particulate matter: Foliar accumulation by plants and health impacts. *Rev. Environ. Contam.*
13. Kabata-Pendias, A., Szteke, B., 2015. Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments. CRC Press, Boca Raton (Fla.)
14. Ma, Wc., Denneman, W. & Faber, J. Hazardous exposure of ground-living small mammals to cadmium and lead in contaminated terrestrial ecosystems. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 20, 266–270 (1991).
15. Pereira R, Pereira ML, Ribeiro R, Gonçalves F. Tissues and hair residues and histopathology in wild rats (*Rattus rattus* L.) and Algerian mice (*Mus spretus* Lataste) from an abandoned mine area (Southeast Portugal). *Environ Pollut.* 2006 Feb;139(3):561–75.
16. Gil-Jiménez E, Mateo R, de Lucas M, Ferrer M. Feathers and hair as tools for non-destructive pollution exposure assessment in a mining site of the Iberian Pyrite Belt. *Environ Pollut.* 2020 Aug;263(Pt B):114523.
17. Talmage SS, Walton BT. Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Rev Environ Contam Toxicol.* 1991;119:47–145. doi: 10.1007/978-1-4612-3078-6_2. PMID: 1992495.
18. Shore RF, Douben PE. The ecotoxicological significance of cadmium intake and residues in terrestrial small mammals. *Ecotoxicol Environ Saf.* 1994 Oct;29(1):101–12. doi: 10.1016/0147-6513(94)90035-3. PMID: 7529157.
19. YALDEN, D. W., 1976. The food of the hedgehog in England [online]. 1976. [Accessed 25 March 2024]. Available from: http://rcin.org.pl/ibs/Content/10345/PDF/BI002_2613_Cz-40-2_Acta-T21-nr30-399-424_o.pdf
20. Vermeulen F, Van den Brink NW, D'Havé H, Mubiana VK, Blust R, Bervoets L, De Coen W. Habitat type-based bioaccumulation and risk assessment of metal and As contamination in earthworms, beetles and woodlice. *Environ Pollut.* 2009 Nov;157(11):3098–105. doi: 10.1016/j.envpol.2009.05.017.
21. D'Havé H, Scheirs J, Mubiana VK, Verhagen R, Blust R, De Coen W. Non-destructive pollution exposure assessment in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*): II. Hair and spines as indicators of endogenous metal and As concentrations. *Environ Pollut.* 2006 Aug;142(3):438–48. doi: 10.1016/j.envpol.2005.10.021. Epub 2005 Dec 1. PMID: 16324771.
22. Rautio A, Kunnasranta M, Valtonen A, Ikonen M, Hyvärinen H, Holopainen IJ, Kukkonen JV. Sex, age, and tissue specific accumulation of eight metals, arsenic, and selenium in the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*). *Arch Environ Contam Toxicol.* 2010 Nov;59(4):642–51. doi: 10.1007/s00244-010-9503-8. Epub 2010 Apr 7. PMID: 20372884.
23. Sánchez-Chardi A, Nadal J. Bioaccumulation of metals and effects of landfill pollution in small mammals. Part I. The greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*. *Chemosphere.* 2007 Jun;68(4):703–11. doi: 10.1016/j.chemosphere.2007.01.042. Epub 2007 Mar 23. PMID: 17367842.
24. Sánchez-Chardi A, Ribeiro CA, Nadal J. Metals in liver and kidneys and the effects of chronic exposure to pyrite mine pollution in the shrew *Crocidura russula* inhabiting the protected wetland of
25. Doñana. *Chemosphere.* 2009 Jul;76(3):387–94. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.03.036. Epub 2009 Apr 23. PMID: 19394996.
26. Gromaire MC, Chebbo G, Constant A. Impact of zinc roofing on urban runoff pollutant loads: the case of Paris. *Water Sci Technol.* 2002;45(7):113–22. PMID: 11989886.
27. Chatelain, M., Gasparini, J. and Frantz, A. (2016), Do trace metals select for darker birds in urban areas? An experimental exposure to lead and zinc. *Glob Change Biol*, 22: 2380–2391. <https://doi.org/10.1111/gcb.13170>
28. Gasparini, J., Jacquin, L., Laroucau, K. et al. Relationships Between Metals Exposure and Epidemiological Parameters of Two Pathogens in Urban Pigeons. *Bull Environ Contam Toxicol* 92, 208–212 (2014). <https://doi.org/10.1007/s00128-013-1172-7>
29. Schwartz, J., Landrigan, P. J., Baker Jr, E. L., Orenstein, W. A., & Von Lindern, I. H. (1990). Lead-induced anemia: dose-response relationships and evidence for a threshold. *American journal of public health*, 80(2), 165–168.
30. Bressler, J., Kim, K. A., Chakraborti, T., & Goldstein, G. (1999). Molecular mechanisms of lead neurotoxicity. *Neurochemical Research*, 24, 595–600.
31. Marchetti, C. Molecular targets of lead in brain neurotoxicity. *neurotox res* 5, 221–235 (2003). <https://doi.org/10.1007/BF03033142>
32. Toscano CD, Guilarte TR. Lead neurotoxicity: from exposure to molecular effects. *Brain Res Brain Res Rev.* 2005 Nov;49(3):529–54. doi: 10.1016/j.brainresrev.2005.02.004. Epub 2005 Mar 31. PMID: 16269318.
33. Marion Chatelain. Métaux traces : réponses écophysiologicals et rôle dans le maintien du polymorphisme de coloration mélanique du plumage chez le pigeon biset. *Ecologie, Environnement. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI*, 2015. Français. [NNT : 2015PA066219](https://doi.org/10.1016/j.nnt.2015PA066219). [10.1261317](https://doi.org/10.1261317)