

Bioaccumulation

La **bioaccumulation** désigne la capacité de certains organismes (végétaux, animaux, fongiques, microbiens) à absorber et concentrer dans tout ou une partie de leur organisme (partie vivante ou inerte telle que l'écorce ou le bois de l'arbre, la coquille de la moule, la corne, etc.) certaines substances chimiques, éventuellement rares dans l'environnement (oligoéléments utiles ou indispensables, ou toxiques indésirables)^[1].

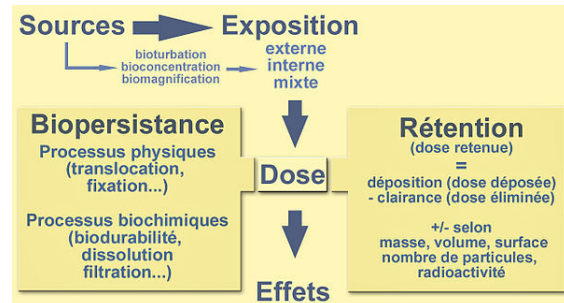
Chez un même organisme, cette capacité peut fortement varier selon l'âge et l'état de santé, ou selon des facteurs externes (saison, teneur du milieu en nutriments, pH ou cofacteurs variés (synergies ou symbioses avec une autre espèce par exemple). Chez une même espèce, les individus peuvent pour des raisons génétiques être plus ou moins accumulateurs, mais de manière générale certains genres ou groupes sont connus pour être de très bons bioaccumulateurs. Chez les champignons (qui sont souvent de bons bioaccumulateurs^[2]), c'est le cas par exemple des agarics^[3] pour le mercure, plomb, cadmium et le sélénium. Le sélénium est également très bien accumulé par les champignons du genre *Albatrellus*^[4] ou par l'amanite *Amanita muscaria*^[5].

Des organismes apparemment proches dans leur mode d'alimentation (ex. : moules et huîtres), dans un même milieu et dans des conditions comparables accumulent très différemment les métaux.

Par exemple, IFREMER a estimé en 2002 que pour les espèces courantes, le rapport de bioaccumulation entre les huîtres et les moules est d'environ 25 pour l'argent (ce qui signifie que l'huître en accumule 25 fois plus en moyenne), 0,5 pour le nickel et le cobalt et de 1 pour le vanadium^[6].

1 Aspects éco-toxicologiques et de santé environnementale

Dans l'environnement pollués ou naturellement riche en certains toxiques bioaccumulables, la bioaccumulation de produits toxiques peut affecter l'individu et l'espèce, mais pas nécessairement (par exemple les lichens et champignons peuvent accumuler de grandes quantités de radionucléides et de métaux toxiques pour les animaux sans apparemment eux-mêmes en souffrir significativement^[7]; en réalité, les métaux peuvent ensuite affecter la bonne germination des spores ou la qualité des symbioses développées avec les plantes^[8]). Cette capacité peut être renforcée dans certains contextes



Quelques mots-clé du domaine de l'étude des doses et des effets en toxicologie et en santé environnementale

(sols acides, sol pollué, pluies acides par exemple qui augmentent plus ou moins la mobilité et la biodisponibilité des radionucléides et éléments traces métalliques^{[9],[10],[11]} et métalloïdes toxiques comme l'arsenic^[12]). Dans le milieu aquatique (eau douce, eau saumâtre, estuarienne ou de mer, c'est le sédiment qui joue le rôle du sol en piégeant plus ou moins ou en transformant les toxiques qu'il reçoit ou qu'il contient naturellement^[13])

La forme chimique du produit importe aussi. Par exemple le mercure est différemment absorbé selon qu'il soit sous forme de mercure métallique ou sous forme de mercure méthylé^[9], et dans ce cas la nature du sol importe aussi (pH, capacité d'échange d'ions, complexes organohumiques, etc., comme on l'a montré dans l'environnement des mines de mercure^[14].

Les espèces qui accumulent le plus à leur niveau trophique sont souvent des organismes filtreurs ou des champignons, qui par leur tissu souterrain prospectent un grand volume de sol. Ils peuvent aussi intercepter certains des produits chimiques ou éléments présent dans les pluies, issues du lessivage de l'atmosphère par ces dernières (radiocésium des retombées de Tchernobyl par exemple^[15]). Ensuite un autre phénomène intervient dans le réseau trophique, c'est la bioconcentration.

Des problèmes de santé environnementale quand il s'agit d'espèces consommées par le gibier, les ressources halieutiques ou les animaux d'élevages ou l'homme.

Ainsi, la teneur en fer, en calcium, ou en résidus des plastiques (phtalates) des tissus des poissons de la Seine, par exemple, est immensément plus importante (10, 100 ou 1000 fois plus) que les taux de fer, calcium ou phtalates mesurés de l'eau de la Seine. Pour le fer ou le calcium, la bioaccumulation peut compter parmi les mécanismes physiologiques qui maintiennent les poissons en bonne

santé, c'est le cas notamment si les poissons arrivent bien à contrôler leur teneur en ces substances en les éliminant si elles sont trop présentes (**homéostasie**). La bioaccumulation des phtalates, elle, relève de la **toxicité environnementale** : elles ne servent en rien pour les organismes vivants, au mieux elles les gênent (il faut les éliminer...), au pire elles l'intoxiquent ou affectent ses capacités de reproduction ou celles de sa descendance (**perturbateur endocrinien**).

Certaines substances non ou peu dégradables sont persistantes dans les **organismes (biopersistance)** vivants car elles ne sont pas métabolisées. Leur possibilité d'accumulation est d'autant plus importante que les organismes n'ont pas d'autres alternatives que de les éliminer (**processus long**) ou de les stocker.

La **toxicité** d'une substance dépend parfois de sa capacité à s'accumuler dans l'organisme. Certaines substances bioaccumulées par les plantes, les animaux et les humains sont connus pour être toxiques, **cancérogènes** ou **tératogènes** ou induisant la mort, une stérilité, des malformations, etc. C'est le cas du benzo[a]pyrène (de la classe des hydrocarbures aromatiques polycycliques), des polychlorobiphényles, des perturbateurs endocriniens, du plomb et d'autres métaux présents dans l'environnement du fait de la pollution.

La bioaccumulation s'effectue par le biais de l'alimentation d'organismes, et via tout le **réseau trophique**. Naturellement, plus la chaîne trophique est longue, plus l'accumulation est importante et plus les effets délétères risquent d'être marqués. Les prédateurs, situés en parties terminales des **chaînes alimentaires** sont donc particulièrement vulnérables à ce type de **pollution**, et leur présence est le signe d'une qualité satisfaisante du milieu où ils ont effectué l'essentiel de leur croissance. Il n'est pas rare de constater un facteur de bioaccumulation de l'ordre de 100 000. Les **moules et huîtres** peuvent concentrer de 700 000 fois à 1 million de fois des substances quasi-indétectables dans la mer, oligoéléments dans le cas de l'iode ou toxiques dans le cas du **plomb**, du **mercure** ou du **cadmium** par exemple. ^[réf. nécessaire]

pour un polluant bioassimilable et qu'une espèce peut bioconcentrer, le risque que ce polluant soit bioconcentré par cette espèce n'est généralement pas lié à l'importance quantitative de la présence du contaminant dans le milieu ^[16]. Il y a le plus souvent une relation inverse entre les **facteurs de bioconcentration (FBC)** et l'exposition d'un animal ou d'une plante à un élément (polluant ou oligoélément)^[17].

2 Bioaccumulation et biotransformation

Tout en accumulant un composé, certains organismes peuvent aussi le transformer. Par exemple les macro-

champignons peuvent accumuler des formes organiques du mercure (méthylmercure) mais aussi - comme les bactéries des sédiments transformer du mercure inorganique en mercure organique beaucoup plus toxique et bioassimilable ^[18].

3 Risques et danger

Beaucoup d'animaux filtreurs (coquillages bivalves, dont huître et moules) ou de bioconcentrateurs tels que les champignons sont des aliments recherchés ; quand ils sont récoltés dans des environnement naturellement riches en métaux ou pollués par l'homme, ils sont une source d'éléments indésirables ou toxiques dans l'alimentation humaine^[19]. Les champignons peuvent concentrer presque tous les métaux et métalloïdes^[20], avec des capacités de concentration variant selon les espèces et le contexte.

Concernant les **ETM** toxiques, le risque est particulièrement élevé dans les régions industrielles, autour des **fonderies** et sur les **friches industrielles** laissées par la **métallurgie** et certaines mines. Ceci a par exemple été montré pour l'industrie du plomb, du cadmium, du mercure et du cuivre^{[21],[22]}

La bioaccumulation de composés toxiques peut conduire à des catastrophes, comme dans le cas du **syndrome de l'île de Guam** (bioaccumulation et bioconcentration naturelle d'une toxine produite par une bactérie photosynthétique) et dans le cas de la **maladie de Minamata** (bioaccumulation et bioconcentration de mercure industriel méthylé) qui a touché des milliers d'humains ; morts ou gravement empoisonnés par du mercure. Ce dernier avait été **méthylé** par des bactéries puis fortement concentré dans la chaîne alimentaire des poissons évoluant en aval des effluents pollués par l'usine de Minamata.

La bioaccumulation peut fortement exacerber les effets (positifs ou négatifs) de la bioturbation. Ces deux processus combinés jouent un rôle fondamental au sein de la biosphère et des cycles biogéochimiques.

Les **POP (Polluants organiques persistants)** entrent dans la catégorie des substances bioaccumulées et très toxiques pour les organismes vivants et plus particulièrement l'homme.

3.1 Indicateur de pollution

Certains organismes connus pour accumuler des polluants sont utilisés ou pourraient l'être comme **bioindicateur** ou pour la **bioévaluation environnementale (biomonitoring)**. Par exemple :

- les **lichens** accumulant les polluants permettent une analyse rétrospective de leur exposition aux métaux lourds ou aux radionucléides ;

- la moule zébrée (moule d'eau douce) (*Dreissena polymorpha*) accumule des éléments métalliques dans les canaux ;
- le beluga, le dauphin et le cachalot concentrent les polluants du milieu marin.
- les champignons se prêtent aussi au biomonitoring, pour les métaux notamment^{[23],[24]}
- les abeilles qui sont utilisées depuis les années 2011 à grande échelle (Europe) par le réseau de vigilance de l'environnement et de la biodiversité Bee Secured.
- les truites...

4 Voir aussi

4.1 Articles connexes

- Pollution
- Bioturbation
- Écologie du paysage
- Bioconcentration
- Toxicologie
- Écotoxicologie

4.2 Liens externes

- Ifremer
- Greenpeace
- Directive REACH
- Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement sur le site de l'Institut de veille sanitaire (InVS) :
 - Tome 1 - Présentation générale de l'étude - Métaux et métalloïdes (14 mars 2011)
 - Tome 2 - Polychlorobiphényles (PCB-NDL) / Pesticides (29 avril 2013)

4.3 Bibliographie

Éléments d'écologie : écologie fondamentale, Dunod, 2009 (1^{re} édition, McGrawHill, 1984) (ISBN 978-2100530083)

Dictionnaire encyclopédique des pollutions : les polluants de l'environnement à l'homme, Ediscience International, 2000 (ISBN 978-284074-165-7)

4.4 Notes et références

- [1] Glossaire, sur le site de l'Institut supérieur d'ingénierie et de gestion de l'environnement (ISIGE).
- [2] Laurent Jacquot, Olivier Daillant, "Bioaccumulation des éléments traces et des radioéléments par les macromycètes, Revue bibliographique, partie II ; Observations mycologiques, Bulletin de l'observatoire mycologique n° 17, décembre 2000
- [3] Stijve, T., Besson, R., 1976. Mercury, cadmium, lead and selenium concentration of mushroom species belonging to the genus *Agaricus*. *Chemosphere* 51, 151–158
- [4] Stijve, T., Noorloos, T., Byrne, A.R., Slejkovec, Z., Goessler, W., 1998. High selenium levels in edible *Albatrellus* mushrooms. *Dtsch. Lebensm. Rdsch.* 94, 275–279. US EPA, 1989. Health effects assessment. Office of Emerging and Remedial Response, US Environment Protection Agency, Washington, DC
- [5] Watkinson, J.H., 1964. A selenium-accumulating plant of the humid regions : *Amanita muscaria*. *Nature* 4928, 1239–1240.
- [6] Surveillance du milieu marin, travaux du Réseau National d'Observation de la Qualité du Milieu Marin Ifremer, Le RNO : programmes actuels - L'argent, le cobalt, le nickel et le vanadium dans les mollusques du littoral français - Les carottes sédimentaires, mémoire de la contamination ; Bulletin Ifremer, 2002 Télécharger le pdf
- [7] Allen, R.O., Steinnes, E., 1978. *Concentrations of some potentially toxic metals and other trace elements in wild mushrooms from Norway*. *Chemosphere* 4, 371–378.
- [8] *Influence des métaux lourds sur la germination des spores de champignons endomycorhiziens à arbuscules dans les sols* LEYVAL C. ; WEISSENHORN I. ; GLASHOFF A. ; BERTHELIN J. (CNRS Univ. Nancy I) ; *Journal Title Acta botanica gallica* ; ISSN:1253-8078 ; Congrès Mycorhizes. Journée d'étude, Paris, FRANCE (19/11/1993) 1994, vol. 141, no 4 (182 p.) (8 ref.), p. 523-528, Ed: Société botanique de France, Lille, France
- [9] Alonso, J., Salgado, M.J., Garcia, M.A., Melgar, M.J., 2000. *Accumulation of mercury in edible macrofungi : influence of some factors*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 38, 158–162.
- [10] Gast, C.H., Jansen, E., Bierling, J., Haanstra, L., 1988. *Heavy metals in mushrooms and their relationship with soil characteristics*. *Chemosphere* 17, 789–799.
- [11] Falandysz, J., Chwir, A., 1997. *The concentrations and bioconcentration factors of mercury in mushrooms from the Mierzeja Wislana sand-bar, Northern Poland*. *Sci. Total Environ.* 203, 221–228.
- [12] Slejkovec, M., Irgolic, K.J., 1996. *Uptake of arsenic by mushrooms from soil*. *Chem. Spec. Bioavailab.* 8, 67–73.
- [13] Kannan, K., Smith, R.G., Lee, R.F., Windom, H.L., Heitmuller, P.T., Macauley, J.M., Summers, J.K., 1998. *Distribution of total mercury and methyl mercury in water, sediment and fish from South Florida estuaries*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 109–118.

- [14] Bargagli, R., Baldi, T., 1984. *Mercury and methyl mercury in higher fungi and their relation with the substrata in a cinnabar mining area*. Chemosphere 13, 1059–1071.
- [15] Bakken, L.R., Olsen, R.A., 1990. *Accumulation of radio-caesium in fungi*. Can. J. Microbiol. 36, 704–710.
- [16] DeForest DK, Brix KV, Adams WJ (2007), *Assessing metal bioaccumulation in aquatic environments : the inverse relationship between bioaccumulation factors, trophic transfer factors and exposure concentration*. ; Aquat Toxicol. 2007 Aug 30 ; 84(2) :236-46. Epub 2007 Jun 16 (résumé)
- [17] McGeer JC, Brix KV, Skeaff JM, DeForest DK, Brigham SI, Adams WJ, Green A (2003), *Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals : implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment* ; Environ Toxicol Chem. 2003 May ; 22(5) :1017-37 (résumé)
- [18] Fischer, R.G., Rapsomanikis, S., Andreae, M.O., Baldi, F., 1995. *Bioaccumulation of methylmercury and transformation of inorganic mercury by macrofungi*. Environ. Sci. Technol. 29, 993–999
- [19] Falandysz, J., Szymczyk, K., Ichihashi, H., Bielawski, L., Gucia, M., Frankowska, A., Yamasaki, S., 2001. ICP/MS and ICP/AES elemental analysis (38 éléments) of edible wild mushrooms growing in Poland. Food Addit. Contam. 18, 503–513.
- [20] Kalac, P., Svoboda, L., 2000. *A review of trace element concentrations in edible mushrooms*. Food Chem. 69, 273–281.
- [21] Kalac, P., Burda, J., Staskova, I., 1991. *Concentrations of lead, cadmium, mercury and copper in mushrooms in the vicinity of a lead smelter*. Sci. Total Environ. 105, 109–119.
- [22] Kalac, P., Niznanska, M., Bevilaqua, D., Staskova, I., 1996. *Concentrations of mercury, copper, cadmium and lead in fruiting bodies of edible mushrooms in the vicinity of a mercury smelter and a copper smelter*. Sci. Total Environ. 177, 251–258.
- [23] Mejsstrik, V., Lepsova, A., 1993. *Applicability of fungi to the monitoring of environmental pollution by heavy metals*. In : Markert, W.B. (Ed.), *Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. VCH Weinheim, p. 365–378. Monitor Polski. No. 22, May 11, position 233, 1993.
- [24] Wondratschek, I., R€oder, U., 1993. *Monitoring of heavy metals in soils by higher fungi*. In : Markert, W.B. (Ed.), *Plants as Biomonitors. Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment*. VCH Weinheim, p. 345–363.



5 Sources, contributeurs et licences du texte et de l'image

5.1 Texte

- **Bioaccumulation** *Source* : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bioaccumulation?oldid=105035105> *Contributeurs* : Céréales Killer, Phe, Reedf4, Dake, FlaBot, Sixsous, YurikBot, Loveless, Le gorille, Julianedm, Puff, Lamiot, NicoV, Thijs !bot, Johanne Nahmani, Jarfe, Zawer, Eiffele, VonTasha, HAF 932, Salebot, Idioma-bot, SieBot, Louperibot, Ange Gabriel, Dhatier, DumZiBoT, WikiCleanerBot, ZetudBot, Ggal, Muro Bot, Totodu74, Gagea, Daddybinro, GrouchoBot, Xqbot, RibotBOT, Rubinbot, EpopBot, Alex-F, Lomita, Tournaye, Gyrocompa, EmausBot, Elboz, JackieBot, Le pro du 94 :), Justincheng12345-bot, Dimdle, Addbot et Anonyme : 23

5.2 Images

- **Fichier:Fairytales_konqueror.png** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/68/Fairytales_konqueror.png *Licence* : LGPL *Contributeurs* : ? *Artiste d'origine* : ?
- **Fichier:Toxicologie_mots_clés_toxicology_keywords.jpg** *Source* : http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0a/Toxicologie_mots_cl%C3%A9s_toxicology_keywords.jpg *Licence* : CC BY-SA 3.0 *Contributeurs* : Travail personnel *Artiste d'origine* : Lamiot

5.3 Licence du contenu

- Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0