

Etude de la contamination aux antibiotiques dans le Bassin du Katari et évaluation des impacts dans le contexte de l'Altiplano Bolivien

ARCHUNDIA Denisse¹, DUWIG Céline¹, LEHEMBRE Frédéric¹, SPADINI Lorenzo¹, MOREL Marie-Christine^{1,2}, CHINCHEROS PANIAGUA Jaime³, MARTINS Jean M.F.¹

¹ : LTHE, UMR 5564 UJF/CNRS/INPG/IRD, University of Grenoble 1, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France, denisse.archundia@ujf-grenoble.fr, celine.duwig@ird.fr, frederic.lehembre@ujf-grenoble.fr, lorenzo.spadini@ujf-grenoble.fr, jean.martins@ujf-grenoble.fr

² : CNAM, Laboratoire d'Analyse Chimique et Bioanalyse, Ecole SITI, 292 rue Saint Martin, 75141 Paris cedex 03, France, marie-christine.morel@ujf-grenoble.fr

³ : UMSA, Laboratorio de Calidad Ambiental, Campus Cotata, La Paz, Bolivia lca_ie@yahoo.com

Contexte

Dans les Andes, le lac Titicaca est un site emblématique d'importance culturelle et écologique. Depuis plusieurs millénaires, les pourtours du lac Titicaca font l'objet d'une intense extraction minière et actuellement, l'équilibre écologique de cet écosystème fragile de haute altitude se voit perturbé par les rejets d'eaux usées provenant de zones urbaines en accroissement rapide et par les activités d'exploitations agricoles de plus en plus intensives. De plus, la contamination croissante du lac Titicaca fait que ce site n'a pas pu être classée comme patrimoine mondial de l'UNESCO depuis la demande bolivienne en 2003. Le bassin versant du Katari (2022 km²) a son exutoire dans la baie de Cohana situé dans le petit lac du Titicaca (Huiñamarca lake) en Bolivie, laquelle présente les eaux parmi les plus eutrophes du lac (Fonturbel, 2005). Le bassin versant draine la ville d'El Alto/La Paz, la ville la plus importante de l'Altiplano avec un taux de croissance de population de 5.2% par an, dont la plupart des eaux usées sont rejetées sans traitement dans l'environnement. L'Altiplano Nord présente des caractéristiques physico-chimiques uniques comme la haute altitude à 3800 m, des radiations UV importantes, des eaux peu oxygénées et un climat semi-aride, avec des précipitations intenses et très variables selon les saisons, qui vont influencer les processus de transfert, sorption et dégradation des antibiotiques. Le rejet des antibiotiques dans l'environnement pose non seulement des problèmes au niveau toxicologique car ce sont des contaminants pour les écosystèmes et les êtres vivants, mais ils impactent aussi les populations bactériennes ce qui peut conduire aux développements de résistances. L'usage des antibiotiques pour la médecine humaine et animale en Bolivie est peu ou pas contrôlé et généralement inapproprié.

Objectifs et méthodologie

Les objectifs de l'étude sont de quantifier la pollution aux antibiotiques dans le bassin du Katari et d'identifier leur devenir et leur impact dans les conditions environnementales de l'Altiplano Bolivien.

La première étape a été de caractériser le bassin versant en termes hydrologique et pédologique. Un screening des principaux contaminants, notamment les éléments traces métalliques et les antibiotiques, a ensuite été effectué en saisons sèche et humide en des points stratégiques du réseau hydrographique du bassin versant du Katari (BVK). Les gènes de résistance au principal antibiotique détecté dans les eaux du bassin ont été recherchés dans les sols et les eaux.

Résultats

Les résultats ont montré la présence de concentrations élevées de Sulfaméthoxazole (SMX) et Triméthoprime (TMP), antibiotiques utilisés très largement pour le traitement de maladies chez les humains et les animaux, le plus souvent en association. Un autre antibiotique analysé en concentration plus faible est le Sulfathiazol qui appartient à la famille des sulfonamides comme le sulfaméthoxazole. Les concentrations de SMX en aval des principales villes du bassin versant du Katari (El Alto et Viacha comptent environ 1.5 million d'habitants) sont beaucoup plus élevées (8832 et 14624 ng L⁻¹ respectivement) que les concentrations mesurées dans la Seine à Paris (Paris 3,6 à 18 ng L⁻¹) (Tuc Dinh et al., 2011) et que celles dans le Mekong au Vietnam (Shimizu et al., 2013) où la concentration moyenne de SMX dans les eaux usées est de 1720 ng L⁻¹. A ce jour, aucune étude toxicologique n'a pu montrer d'effets sur la santé humaine de tels niveaux de concentration. En revanche, il est connu que l'impact principal de ce type de contamination est la modification de la diversité des populations bactériennes indigènes des sols et des eaux et le possible développement de résistances bactériennes, largement reconnu comme un des principaux problèmes de santé publique du 21^{ème} siècle.

Les gènes de résistances aux antibiotiques recherchés sont les gènes codant pour la résistance au SMX : *sul1*, *sul2*, et *sul3*.

Ces gènes de résistance au SMX ont été détectés dans presque toutes les eaux superficielles échantillonnées dans le bassin, même dans des sites où le SMX n'a pas été détecté.

En revanche, pour les sols échantillonnés, ces gènes de résistance (à l'exception de *sul3*, non détecté) n'ont été détectés que dans le sol exposé aux eaux usées en amont de la station de traitement des eaux. Les eaux usées représentent une source d'antibiotiques qui peuvent être à l'origine du développement de résistances chez les populations bactériennes indigènes du sol. Il est possible aussi que les eaux usées apportent directement des bactéries déjà porteuses de résistances transmissibles aux bactéries indigènes par transferts horizontaux.

Conclusions et perspectives

Les eaux du réseau hydrographique sont contaminées par de multiples éléments selon les activités anthropiques (minière, urbaine et agricole). Le rejet des eaux usées brutes dans le réseau hydrographique explique la présence d'antibiotiques de la famille des sulfonamides en aval des villes. Des résistances bactériennes au SMX ont été détectées dans tout le réseau hydrographique, dues soit à une adaptation à la présence de concentrations importantes de SMX, soit à la dissémination de ces gènes de résistance par les eaux usées. La prochaine étape de ce travail est de comprendre le devenir du SMX à l'échelle du bassin versant dans les conditions environnementales de l'Altiplano, en identifiant les principaux processus affectant son devenir, c.à.d. la mobilité, la rétention et la dégradation.

Références

- Fontúrbel R.F., 2005. Physico-chemical and biological indicators of the eutrophication process at Titicaca Lake (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1,2), 2005.
- Shimizu, A., Takada, H., Koike, T., Takeshita, A., Saha, M., Rinawati, Nakada, N., Murata, A., Suzuki, T., Suzuki, S., Chiem, N.H., Tuyen, B.C., Viet, P.H., Siringan, M.A., Kwan, C., Zakaria, M.P., Reungsang, A., 2013. Ubiquitous occurrence of sulfonamides in tropical Asian waters. *Sci. Total Environ.* 452-453, 108–115.
- Tuc Dinh, Q., Alliot, F., Moreau-Guigon, E., Eurin, J., Chevreuil, M., Labadie, P., 2011. Measurement of trace levels of antibiotics in river water using on-line enrichment and triple-quadrupole LC-MS/MS. *Talanta* 85, 1238–1245.