

Évaluer la qualité de l'air et les risques associés à l'aide de méthodes faciles à utiliser associant les citoyens: un défi dans les zones de sacrifice environnemental au Chili

Une surveillance environnementale interdisciplinaire basée sur la combinaison de géochimie (biosurveillance) et des sciences sociales (perception des risques), en partenariat avec les habitants, a permis les risques environnementaux et sanitaires liés à la présence de métaux dans l'air dans la zone de sacrifice environnemental de Til Til.

Cet article évalue la qualité de l'air en recoupant les analyses biochimiques et les connaissances des habitants de la province de Chacabuco (région métropolitaine de Santiago, Chili), où l'incertitude sur les risques sanitaires prévaut en raison de la forte concentration d'infrastructures industrielles, dont deux bassins de décantation de résidus miniers, dans la zone de sacrifice environnemental de Til Til.

Eva Schreck (géochimiste), Lucie le Goff (géographe) et Zoë Fleming (chimiste atmosphérique), principales co-auteurs de l'article, nous livrent leurs réflexions sur ce projet interdisciplinaire international.



À gauche : bassin de décantation minier Las Tórtolas, connecté à la mine de cuivre Los Bronces de la compagnie minière Anglo American®, Quilapilún Alto, janvier 2020 (L. Le Goff®) / **À droite :** poussières en suspension au-dessus du bassin de décantation minier Ovejería, connecté à la mine de cuivre División Andina de la compagnie minière Codelco®, Huechún, janvier 2020 (L. Le Goff®)

L'originalité de ce travail réside dans le développement d'un dispositif interdisciplinaire de surveillance de la qualité de l'air qui intègre les connaissances des riverains pour produire

une évaluation environnementale plus proche des préoccupations sanitaires des habitants des territoires productifs. En combinant la perception sociale du risque, la cartographie cognitive et l'analyse biochimique des poussières atmosphériques, une estimation des risques environnementaux et sanitaires actuels est proposée pour répondre aux incertitudes des populations locales exposées quotidiennement, en l'absence d'un système de surveillance publique permanent dans la région.

Notre objectif était de caractériser l'état de la qualité de l'air et de déterminer l'existence de risques environnementaux et sanitaires, grâce à une recherche interdisciplinaire impliquant des géographes (Laboratoire Géographie de l'Environnement (GEODE), Université de Toulouse Jean Jaurès, CNRS, France), des sociologues et des géochimistes (Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi Pyrénées, Université de Toulouse, CNRS, France). Elle a été réalisée en intégrant les connaissances locales et scientifiques, en transformant les préoccupations des habitants en questions de recherche et en évaluant leur perception du risque de pollution atmosphérique, à la fois pour déterminer les sites d'échantillonnage pertinents et pour analyser les résultats de la biosurveillance. Les poussières atmosphériques analysées ont été collectées à l'aide de deux instruments faciles à utiliser et peu coûteux, installés sur cinq sites convenus avec la communauté locale : 1/ des plantes épiphytes connues sous le nom de « *claveles del aire* » (*Tillandsia bergeri*) et 2/ des collecteurs Owen en forme de seau, où les particules se déposaient naturellement. Les habitants ont collaboré à l'installation et à la collecte des plantes trois fois par an.

« Nous avons étudié leur exposition aux polluants en utilisant des méthodes peu coûteuses en collaboration avec des habitants de la province de Chacabuco qui vivent à proximité de résidus miniers, de l'industrie et de la pollution agricole. Pendant la pandémie, la collecte d'échantillons étant difficile, ces méthodes peu coûteuses de captage des poussières et l'utilisation de plantes absorbant les contaminants ont permis d'identifier de manière exhaustive les concentrations de métaux et les effets potentiels sur la santé humaine dans plusieurs localités. Ces données, associées à l'analyse des vents et à la localisation des sources potentielles, permettent d'identifier les lieux présentant les risques sanitaires les plus élevés et l'origine des métaux », explique Zoë Fleming.



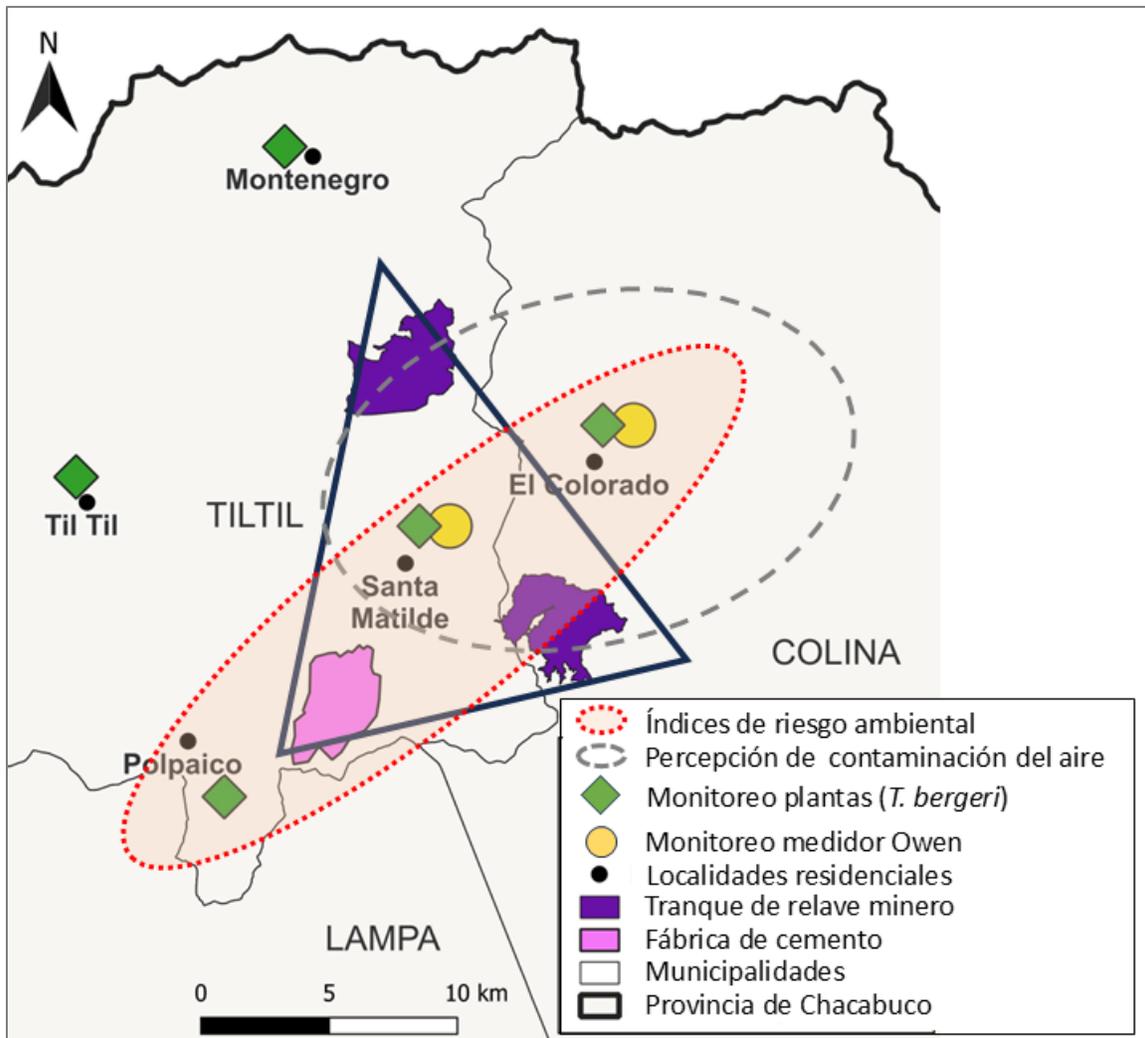
À gauche : jauge Owen et trois plantes “claveles del aire” (T. bergeri) pour une année de biosurveillance. Station de mesure de Santa Matilde, janvier 2020 (E. Schreck®) / À droite : récolte d’une plante “clavel del aire” (T. bergeri) par un travailleur agricole. Station de mesure de El Colorado, juin 2021 (Frutera Aguas Blancas®)

L'analyse des cartographies et des discours a révélé une zone de préoccupation environnementale majeure dans un espace que nous avons appelé « le triangle de l'incertitude » et une zone d'exposition au risque de pollution atmosphérique dans le centre et le nord-est de la province de Chacabuco. Les habitants craignent que les tourbillons de poussière en suspension dans l'air qui se produisent depuis quelques années aient des conséquences sur leur santé.

Les plantes présentent une accumulation de métaux (As, Cu, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn) variable selon les sites sous l'influence de facteurs abiotiques (vent et, dans une moindre mesure, pluviosité). En ce qui concerne l'évaluation des risques, l'analyse des plantes révèle un risque environnemental dans la zone d'étude avec trois sites (Santa Matilde, El Colorado et Polpaico) modérément à fortement impactés (facteurs d'enrichissement et taux de contamination). En parallèle, les analyses microscopiques et spectroscopiques identifient différentes origines de métaux et metalloïdes dans l'air. Par exemple, à Santa Matilde, ils proviennent de barrages de résidus miniers, à El Colorado d'activités industrielles et agricoles, et à Polpaico d'activités industrielles. Parallèlement, l'analyse des poussières provenant des jauges Owen exclut l'existence d'un risque sanitaire par inhalation (quotient de danger ou risque de cancer) dans les conditions actuelles. Toutefois, il est suggéré de mettre en place une surveillance permanente pour tenir compte de l'exposition chronique et des effets environnementaux sur le long terme.

« Cette recherche met en évidence, grâce au dialogue commun des chercheurs en géographie et sciences humaines et sociales d'une part et des chercheurs en biogéochimie d'autre part, une contamination de l'air de la province de Chacabuco, site déjà identifié par sa population comme une « zone de sacrifice environnemental ». Elle confirme, par des données chiffrées et des analyses chimiques, le ressenti et la perception spatiale de la pollution par la population, quant à son exposition à des métaux toxiques. Cette contamination de l'air dépend des sites d'étude et, même si elle reste limitée et localisée, pourrait avoir des conséquences environnementales et sanitaires à la suite d'une exposition chronique de la population », résume Eva Schreck

En conclusion, la perception spatiale du risque de pollution atmosphérique par les habitants coïncide dans une large mesure avec la zone où les indices de pollution atmosphérique ont été détectés. L'étude montre que, dans la réalité, cette zone est encore plus étendue. Les mesures sur le terrain révèlent un risque de pollution atmosphérique modélisé par les couloirs de vents dominants qui s'étendent de la localité de Polpaico au sud-ouest à la localité d'El Colorado au nord-est, en passant par la zone entourant la cimenterie et les bassins de décantation miniers. Il est également confirmé que le « triangle d'incertitude » est la zone où la concentration de métaux et métalloïdes en suspension dans l'air est la plus élevée. En outre, les données géochimiques concordent avec la perception des habitants, qui ont identifié certaines sources de contamination à proximité des zones résidentielles.



Comparaison du risque de pollution de l'air estimé selon la perception des habitants et selon les mesures géochimiques sur le terrain.

Pour les chercheuses, l'interaction entre les différents types de connaissances est un atout pour enrichir la recherche scientifique dans le domaine socio-environnemental. Compte tenu de ces éléments, croiser savoirs locaux et scientifiques est pertinent pour accroître la portée de la recherche interdisciplinaire dans les zones exposées à des risques socio-environnementaux.

« Cela permet d'aller plus loin dans la co-construction de données interdisciplinaires et surtout elle prend en compte la perception des habitants et la cartographie cognitive, souvent trop délaissée dans l'évaluation des risques sanitaires par les politiques publiques », souligne Eva Schreck.

« Cette recherche démontre la complémentarité entre les données sociales et les données issues de mesures instrumentales, ainsi que la pertinence de la

valorisation de la dimension sensible et expérientielle de la vie quotidienne. Les préoccupations environnementales des citoyens ne sont pas irrationnelles. Au contraire, les perceptions du risque peuvent être considérées comme un outil pour guider, calibrer, analyser et interpréter les données produites lors des campagnes de mesure », insiste Lucie Le Goff.

« Les habitants ont une idée de l'origine de la pollution. Grâce aux entretiens et à la cartographie communautaire, nous avons reconstitué les préoccupations et les perceptions actuelles. En recoupant avec les données sur le terrain, nous pouvons leur assurer que, bien qu'il y ait de la pollution, elle ne semble pas présenter un risque élevé. Mais la situation est très variée, car être sous le vent de menaces environnementales signifie être exposé à un risque de pollution plus élevé », ajoute Zoë Fleming.

À cet égard, il semble intéressant de développer à l'avenir un projet de surveillance citoyenne permanent au niveau local, en impliquant les communautés locales dans les différentes étapes du processus de recherche.

« La relation entre les perceptions et les résultats géochimiques confirme que les habitants sont des sentinelles irremplaçables pour détecter les risques dans leur espace de vie. Ils vivent mieux que quiconque l'évolution de leur territoire et sont en première ligne face aux impacts négatifs des changements d'usage des sols. Aller plus loin dans la démarche des sciences participatives avec des projets de recherche co-construits permettrait de générer une recherche scientifique à visée transformative au plus près des problèmes socio-environnementaux actuels », propose Lucie Le Goff.

« Cette étude a montré qu'il était possible de mobiliser les communautés locales et des instruments de terrain très simples pour réaliser une étude des risques de pollution. Leurs perceptions peuvent être confirmées et une carte des expositions potentiellement graves peut être créée, même si, dans une région à forte concentration industrielle, il est clair que personne n'est à l'abri de cette influence. Ces résultats peuvent être comparés à ceux d'autres zones de sacrifice, et, espérons-le, comparés dans le temps et avec des zones très éloignées dépourvues de menaces anthropiques », invite Zoë Fleming.

Ce dernier permettrait de prendre en compte les recommandations qui émanent de cette recherche qui correspondent surtout à « la prise en compte du risque chronique d'exposition dans le cas d'une perturbation de l'environnement à la suite d'activités extractives. Aussi, l'utilisation d'outils ou marqueurs de faibles coûts déployés en plusieurs lieux en lien avec

des entretiens auprès des populations sont des démarches fiables. Elles permettent également d'impliquer les habitants dans l'évaluation de la qualité de leur milieu de vie », rappelle Eva Schreck.

Pour finir, la coopération entre chercheurs chiliens et français s'est avérée pertinente dans le cadre de cette recherche.

« Elle a contribué à créer une dynamique commune de réflexion, avec des connaissances partagées, reposant sur des expériences et des expertises solides et diverses, établies dans des cadres environnementaux, sociaux et politiques différents », conclut Eva Schreck.

« L'expertise analytique et les instruments haut de gamme des laboratoires français ont permis d'analyser plusieurs paramètres difficiles à mesurer au Chili. En contrepartie, la connaissance locale du Chili, issue d'autres études menées dans diverses régions du pays, a permis de replacer les résultats dans leur contexte. Ces études multi-matrices (air, poussière et utilisation des plantes) sont très utiles dans les régions où les mesures environnementales sont peu nombreuses et où il existe un potentiel de pollution de l'air, de l'eau et du sol. Il y a un nombre croissant d'études dans les « zones de sacrifice » du Chili, ces zones à forte influence industrielle, qui est proportionnelle à la demande des habitants exposés », complète Zoë Fleming.

Contacts :

Eva Schreck, Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse (GET), Observatoire Midi Pyrénées, Université de Toulouse, CNRS, IRD, 14 avenue E. Belin, 31400 Toulouse, France - eva.schreck@get.omp.eu
<https://www.get.omp.eu/g-cube/>

Lucie Le Goff, Instituto para el Desarrollo Sustentable (IDS), Pontificia Universidad Católica de Chile, Avenida Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago, Chile / Millennium Nucleus on Citizen Technoscience for Socioenvironmental Transformation (CITEC), Santiago, Chile – lelegoff@uc.cl
<https://desarrollosustentable.uc.cl/>
<https://mileniocitec.cl/>

Auteurs :

Eva Schreck, Lucie Le Goff, Aude Calas, Zoë Louise Fleming, Carme Bosch, Aubin Yettou, Mireia Mesas, Xavier Martínez-Lladó, Arturo Vallejos-Romero, Frédérique Blot, Carine Baritaud, Anne Peltier