

THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 605

Biologie-Santé

Spécialité : Santé Publique

Par

Géraldine CARNE

Évaluation du risque sanitaire lié à l'exposition chronique de l'Homme au cadmium - Analyse de mesures de santé publique visant à réduire ce risque pour la population générale

Thèse présentée et soutenue à Nantes, le 04 juillet 2025

INRAE UMR 1280 - PhAN Physiologie des Adaptations Nutritionnelles

Rapporteurs avant soutenance :

Agnès FOURNIER Professeure, Université de Lorraine, INRAE (USC 340), Nancy, France
Philippe GLORENNEC Professeur, EHESP, Université de Rennes, Inserm UMR 1085 – IRSET, Rennes, France

Composition du Jury :

Président :	Prénom Nom	Fonction et établissement d'exercice (8)(à préciser après la soutenance)
Examineurs :	Agnès FOURNIER	Professeure, Université de Lorraine, INRAE (USC 340), Nancy, France
	Philippe GLORENNEC	Professeur, EHESP, Université de Rennes, Inserm UMR 1085 – IRSET, Rennes, France
	Clémence FILLLOL	Responsable Unité Surveillance des expositions, Santé publique France, Saint-Maurice, France
	Luc INGENBLEEK	Technical Officer, OMS, Genève, Suisse
	Corinne MIRAL	Professeure, Nantes Université, CNRS, US2B, UMR 6286, Nantes, France
Dir. de thèse :	Bruno LE BIZEC	Professeur, HDR, Oniris VetAgroBio, Nantes, France
Co-dir. de thèse :	Valérie CAMEL	Professeure, HDR, AgroParisTech, Palaiseau, France

Invités

Camille DUMAT Professeure, INP-ENSAT Toulouse, France
Stéphane LECONTE Docteur, DER, Anses, Maisons-Alfort, France

Titre : Évaluation du risque sanitaire lié à l'exposition chronique de l'Homme au cadmium - Analyse de mesures de santé publique visant à réduire ce risque pour la population générale.

Mots clés : Elément Trace Métallique, ingestion, expologie, risque chimique

Résumé : Les dangers chimiques retrouvés dans les aliments peuvent avoir diverses origines, qu'ils soient naturellement présents dans l'environnement ou issus d'activités anthropiques. Parmi eux, le cadmium, omniprésent et toxique, soulève des préoccupations en raison du risque de surexposition de la population. Dans nos travaux, nous proposons d'évaluer l'efficacité de deux mesures de santé publique (aliments et sources agricoles) visant à réduire le risque sanitaire lié à l'exposition alimentaire et/ou environnementale de l'Homme au cadmium. La première mesure examine l'impact de l'émergence de consommation de denrées alimentaires sur l'exposition humaine, avec le développement d'une méthodologie permettant d'établir une teneur maximale sanitaire dans l'aliment en tenant compte de l'exposition alimentaire basale. Son application aux algues alimentaires, dont la consommation croît en France, illustre cette

approche. La seconde mesure évalue l'efficacité d'un levier d'action lié à l'épandage agricole d'engrais minéraux phosphatés et autres matières fertilisantes, sources de cadmium dans l'environnement. Un modèle cinétique du cadmium depuis ses sources dans le sol jusqu'à l'aliment tel que consommé « *source-to-dose* » est développé pour simuler différents scénarios d'apports agricoles. Des valeurs limites en cadmium à la source agricole sont proposées. En amont, une nouvelle valeur toxicologique de référence par voie orale est dérivée pour le cadmium. Ces travaux apportent des orientations pour maîtriser le risque sanitaire lié au cadmium. L'approche méthodologique est transposable à d'autres contaminants inorganiques. Nos travaux ouvrent enfin des perspectives pour une évaluation des risques intégrée (multicontaminants, multi-voies, vie entière), alignée avec le concept d'exposome.

Title : Health risk assessment of chronic human exposure to cadmium – Analysis of public health measures aimed at reducing this risk for the general population

Keywords : Trace Metal Element, ingestion, expology, chemical risk

Abstract : Chemical hazards found in food can have various origins, whether they occur naturally in the environment or result from anthropogenic activities. Among them, cadmium, ubiquitous and toxic, raises concerns due to the risk of population overexposure. In our work, we propose to assess the effectiveness of two public health measures (food and agricultural sources) aimed at reducing the health risk associated with human dietary and/or environmental exposure to cadmium. The first measure examines the impact of emerging food consumption trends on human exposure, developing a methodology to establish a health maximum level in food while considering background dietary exposure. Its application to edible seaweeds, whose consumption is increasing in France, illustrates this approach. The second measure evaluates the effectiveness

of an intervention related to the agricultural use of mineral phosphate fertilizers and other fertilizing materials, which contribute to cadmium contamination in the environment. A kinetic model of cadmium from its sources in the soil to the food as consumed “*source-to-dose*” is being developed to simulate different agricultural input scenarios. Cadmium limit values for agricultural sources are proposed. Prior to this, a new health-based guidance value is derived for cadmium. This work provides guidances for controlling cadmium-related health risks. The methodological approach can be transposed to other inorganic contaminants. Finally, our work opens up prospects for an integrated risk assessment (multi-contaminant, multi-pathway, lifetime), in line with the exposome concept.