

ECOTOXICITE TERRESTRE DES ELEMENTS TRACES EN ANALYSE DU CYCLE DE VIE : SPECIFICITE DE LA VALORISATION AGRICOLE DES RESIDUS ORGANIQUES

USEtox est le modèle de référence en analyse du cycle de vie (ACV) pour évaluer les impacts toxicologiques et écotoxicologiques des contaminants chimiques émis dans l'environnement (Rosenbaum et al. 2008). Appliqué au contexte de la valorisation agricole des résidus organiques, USEtox a suggéré que les éléments traces, et en particulier le cuivre (Cu) et le zinc (Zn), étaient les contaminants chimiques avec l'impact le plus élevé en termes de toxicité humaine et d'écotoxicité aquatique (Leclerc et Laurent, 2017). Des équations complémentaires (appelées ci-dessous la méthode de référence) ont depuis été proposées pour évaluer l'écotoxicité terrestre des éléments traces et ont été appliquées au contexte de la valorisation agricole des résidus organiques (Sydow et al. 2018).

Une analyse de la littérature scientifique (Avadí et al., 2022) et un premier travail expérimental portant sur Cu et Zn (Clément et al., 2025) ont toutefois montré que l'évaluation de l'écotoxicité terrestre faite par cette méthode de référence était biaisée par une mauvaise prise en compte de la spéciation des éléments traces dans les résidus organiques et une absence de considération de l'influence de l'apport des résidus organiques sur les propriétés physico-chimiques des sols. Le présent travail a donc consisté à (i) vérifier ce constat pour une plus large gamme de sols (5), de résidus organiques (12) et d'éléments traces (cadmium, Cu, nickel, plomb et Zn) et (ii) proposer une nouvelle méthode basée sur la révision du jeu d'équations afin de permettre une évaluation satisfaisante de l'écotoxicité terrestre.

Le travail expérimental s'est appuyé sur l'incubation des sols et des résidus organiques en conditions contrôlées de laboratoire mais néanmoins agronomiquement et environnementalement réalistes. Les paramètres physico-chimiques du sol et de disponibilité des éléments traces dans le sol nécessaire à l'implémentation de la méthode de référence ont été mesurés afin d'effectuer les mêmes calculs via une méthode dite « expérimentale ». Les écarts significatifs observés sur les scores d'impact calculés avec les méthodes de référence et expérimentale ont notamment pu être attribués à l'absence de prise en compte des variations de pH et des propriétés de complexation de la matière organique du sol par la méthode de référence. La nouvelle méthode proposée, basée sur des équations intégrant ces variations, a en revanche permis de calculer des scores d'impact non significativement différents de ceux calculés avec la méthode expérimentale.

Les perspectives pour l'application en routine de cette nouvelle méthode dans les démarches d'évaluation environnementale utilisant l'ACV ont également été discutées.

Mots clés

Biodisponibilité ; Evaluation environnementale ; Facteur de caractérisation ; Matière fertilisante d'origine résiduaire ; Métaux

Remerciements

Les auteurs remercient l'Ademe et le Cirad pour le financement de la bourse de thèse d'E. Clément, ainsi que l'Ademe pour le financement du projet ACV-Ecoto(Mi)x. Les auteurs remercient également Angel Avadí pour sa contribution au co-encadrement de la thèse d'E. Clément.

Références

- Avadí A. et al. 2022. Adv. Agron., 174, 53–188.
Clément E. et al. 2025. Environ. Sci. Technol., 59, 4122–4132.
Leclerc A., Laurent A. 2017. Sci. Total Environ., 590–591, 452–460.
Rosenbaum R.K. et al. 2008. Int. J. Life Cycle Assess., 13, 532–546.
Sydow M. et al. 2018., 10, 4094.

Emma CLEMENT (1, 2), Matthieu N. BRAVIN* (1), Emmanuel DOESCH (1)

(1) Recyclage et risque, CIRAD, Université de Montpellier, F-34398 MONTPELLIER

(2) ADEME, F-49000 ANGERS

Contact e-mail :

matthieu.bravin@cirad.fr