

ÉVALUATION DE L'ÉCOTOXICITÉ INTRINSÈQUE À L'AIDE D'UNE BATTERIE DE TESTS D'ÉCOTOXICITÉ RÉALISÉS APRÈS UNE LIXIVIATION X30-402

B. Ferrari - J.F. Féraud
Centre des sciences de l'environnement

Cette étude entre dans le cadre du programme de recherche sur « l'écocompatibilité des déchets » financé par l'Ademe et piloté par Polden. Les expérimentations ont été réalisées sur des mâchefers d'incinération d'ordures ménagères de type V (MIOM) et sur des scories de seconde fusion au Plomb (Sc2Pb).

OBJECTIFS

Un premier objectif est d'évaluer l'écotoxicité intrinsèque de 2 déchets différents selon une stratégie d'évaluation bien définie. Cette stratégie fait appel à une approche directe et indirecte. L'évaluation de la toxicité par mesure directe consiste en un contact direct des organismes avec la matrice déchet. Par contre, dans les tests de toxicité indirecte, les organismes sont mis en présence d'un lixiviat. Un deuxième objectif est de comparer l'écotoxicité d'un lixiviat de rapport L/S de 2 (R2) et d'un lixiviat de rapport L/S de 10 (R10).

MÉTHODOLOGIE

Chaque déchet a été testé directement ou indirectement à l'aide d'une batterie de tests de toxicité présentés dans

le tableau 1. Les différents tests utilisés ont été choisis parce qu'ils sont sensibles, utilisables avec peu de matrice liquide ou solide et parce qu'ils permettent d'obtenir des réponses à la fois en terme de toxicité aiguë, de toxicité chronique et de génotoxicité.

Les lixiviations ont été réalisées selon la norme Afnor X30-402^[10] et 2 rapports liquide/solide (R2 et R10). Au bout de 24 heures, la lixiviation a été arrêtée et les échantillons de MIOM ou de Sc2Pb ont été décantés pendant 15 minutes puis centrifugés à 3500 tr/min pendant 10 minutes à température ambiante. Le surnageant a alors été récupéré puis directement testé après mesure du pH et de la conductivité.

RÉSULTATS

Cas des MIOM (tableau 2)

- Le test Algue est le test le plus sensible pour les MIOM quelque soit le rapport L/S choisi, le test Algue est donc un bon indicateur de la toxicité pour ces mâchefers.
- Les résultats sont remarquablement concordants entre les lixiviats R2 et R10. Si l'on considère l'ensemble des 8

Tableau 1 : Ensemble des tests utilisés au cours de cette étude

Test	Espèce	Durée d'exposition	Critère	Référence
Contact direct				
Plante	<i>Lactuca sativa</i>	14 jours	Effets sur la germination, les poids frais et secs	[1]
Microtox phase solide	<i>Vibrio fischeri</i>	20 min.	Inhibition de la luminescence	[2]
Contact indirect				
Ames fluctuation	<i>Salmonella typhimurium</i> souche TA98 et TAI 100	5 jours	Induction des mutations reverses avec et sans S9	[3]
Mutatox	<i>Vibrio fischeri</i> (mutant)	20 et 24 h	Induction des mutations reverses avec et sans S9	[4]
Microtox	<i>Vibrio fischeri</i>	15, 30, et 60 min	Inhibition de la luminescence	[5]
Cladocère	<i>Daphnia magna</i>	24, 48 h	Inhibition du déplacement	[6]
Cladocère	<i>Ceriodaphnia dubia</i>	7 jours	Effet sur la reproduction	[7]
	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	72 h	Inhibition de la croissance	[8] et [9]
Plante	<i>Lactuca sativa</i>	14 jours	Effets sur la germination, les poids frais et secs	[7]

Tableau 2 : Résultats physico-chimiques et écotoxicologiques sur les MIOM

Contact direct		Mode de calcul des unités toxiques UT		MIOM solide			
Microtox 20 min. (n=2)		100/CE50		83(0,6%)			
Test plante (n=1) 14 jours	Germination	1 100/LOEC		1,8			
	Poids frais	100/LOEC		5,6			
	Poids sec	100/LOEC		3,1			
Contact indirect		Mode de calcul des unités toxiques UT		MIOM R2	MIOM R10	R2/R10	
pH (n=1)				9,7	10,1 (0,93%)	0,9 (0,7%)	
Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C (n=1)				6450 (6,8%)	1736 (8,7%)	3,7	
Test Algue 72 h (n=1)		100/CE50		58,4 (29,4%)	48,6 (29,6%)	1,2	
Test Microtox 60 min. (n=1)		100/CE50		5,2 (21%)	4,8 (31,6%)	1,1	
Test Daphnie 48 h (n=2)		1 100/C LC50		17,4 (32 %)	26,7 (8,3%)	0,6	
Test cériodaphnie 7 jours (n=1)		1 100/CE20 1 100/CE50		6,7 4,2	5,7 4,4	1,17 0,9	
Test plante (n=1) 14 jours	Germination	100/LOEC		1		1	
	Poids frais	100/LCEC		3,1		3,1	
	Poids sec	100/LOEC		3,1 3,1			
Test d'Ames (n=2)		100/LOEC		NM**		-	
Test Mutatox (n=1)		100/LOEC		NG***		-	

* Coefficient de variation ; **NM = non mutagène ; ---NG = non génotoxique

paramètres d'écotoxicité qui figurent dans le tableau 2, les séquences de toxicité pour R2 et R10 ne sont pas statistiquement significativement différentes (test du coefficient de corrélation de rang de Spearman au seuil de 1%). En considérant uniquement les CE ou CL50, les différents tests peuvent être classés dans l'ordre de sensibilité décrois-

sante suivante : Algue > Daphnie > Microtox > Céridaphnie. Il faut enfin remarquer que le test céridaphnie s'avère ici moins sensible que le test daphnie, ce qui est contraire aux résultats observés par Ferrard et Ferrari^[11] sur d'autres MIOM également fournis par Polden en 1995.

Tableau 3 : Résultats physico-chimiques et écotoxicologiques sur les Sc2Pb

Contact direct		Mode de calcul des unités toxiques UT		Sc2Pb solide			
Microtox 20 min. (n=2)		100/CE50		3041,5 (8,6%)*			
Test plante (n=1) 14 jours	Germination	100/LOEC		55,6			
	Poids frais	100/LOEC		55,6			
	Poids sec	100/LOEC		55,6			
Contact indirect		Mode de calcul des unités toxiques UT		Sc2Pb2 R2	Sc2Pb2 R10	R2/R10	
PH (n=1)				12,2	11,9**	1,02	
Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C (n=4)				152500 (12,5%)	52750** (8,39%)	2,9	
Test Algue 72 h (n=17)		100/CE50		1178,5 (46,9%)	235,9 (24,4%)	5	
Test Microtox 30 min. (n=1)		100/CE50		5920,3 (9,3%)	1468,9** (7,9%)	4	
Test Daphnie 48 h (n=2)		100/CL50		1080,2 (43%)	251,4** (18,4%)	4,3	
Test cériodaphnie 7 jours (n=1)		100/CE20 1 100/CE50		2881,8 1883,2	506,3 355,7	5,7 5,3	
Test plante (n=1) 14 jours	Germination	100/LOEC		17,9		3,2	
	Poids frais	100/LOEC		17,9		5,8	
	Poids sec	100/LOEC		17,9		5,8	
Test d'Ames (n=2)		100/LOEC		NM**		-	
Test Mutatox (n=1)		100/LOEC		NG****		-	

* Coefficient de variation ; ** Différence statistiquement significative au seuil de 5% ; ***NM = non mutagène ; ****NG = non génotoxique

– Les UT obtenues pour R2 sont légèrement plus élevées que celles obtenues pour R10 à l'aide des tests Algues et Microtox qui ont fait l'objet de nombreuses répétitions (n=17). Il faut remarquer que deux tests (daphnie et cério-daphnie) donnent des UT plus faibles pour R2 que pour R10.

– Aucune mutagénicité ni génotoxicité n'a été détectée quel que soit le rapport L/S envisagé.

– Les tests d'écotoxicité directe sont capables, eux aussi, de révéler une toxicité relativement importante surtout en ce qui concerne le test Microtox en phase solide, caractérisé par un rapport L/S de 5 (intermédiaire entre R2 et R10).

Cas des Sc2Pb (tableau 3)

– Le test Microtox est le test le plus sensible pour les Sc2Pb quelque soit le rapport L/S choisi. Le test Microtox est donc un bon indicateur de la toxicité des scories.

– Les résultats sont remarquablement concordants entre les lixiviats R2 et RIO, quels que soient les tests réalisés (le rapport varie de 3,2 à 5,8). En moyenne, les lixiviats R2 sont 4,6 fois plus écotoxiques que les lixiviats RIO.

– En considérant uniquement les CE50 ou les CL50, les différents tests peuvent être classés dans l'ordre de sensibilité décroissante suivante : Microtox > Céridaphnie > (Algue ≈ Daphnie). Le test céridaphnie s'avère ici plus sensible que le test daphnie, contrairement à ce qui avait été observé pour les MIOM.

– Aucune mutagénicité ni génotoxicité n'a été détectée quelque soit le rapport US envisagé.

– Pour le test Microtox en phase solide, les résultats confirment la forte toxicité observée avec le test Microtox classique. Par contre, ces résultats montrent que l'écotoxicité en phase directe est très supérieure à celle en phase indirecte pour le test plante (le facteur varie de 9,6 à 14,6).

CONCLUSION

Quel que soit le déchet étudié dans ce programme, la lixiviation avec un rapport US de 2 est généralement plus toxique que la lixiviation avec un rapport US de 10 sur la base des tests d'écotoxicité utilisés. Le test Algue apparaît comme un bon indicateur de la toxicité pour les MIOM testés, tandis que c'est le cas du test Microtox pour les Sc2Pb. De plus, les matrices testées dans ce programme apparaissent comme très différentes l'une de l'autre tant du point de vue écotoxicité indirecte ou directe. En définitive, l'ensemble des réponses obtenues indique que les Sc2Pb ont un caractère potentiellement plus dangereux que les MIOM. Enfin, les 2 déchets peuvent être considérés comme dangereux si les résultats obtenus sont confrontés aux seuils proposés par le ministère de l'Environnement^[12].

Bibliographie

- [1] Iso 11269-2. *Qualité des sols - Détermination des effets des polluants sur la flore du sol - Partie 2 : Effets des substances chimiques sur l'émergence et la croissance des végétaux supérieurs* (1995).
- [2] Microbics. *Microtox Solid-Phase manual*, Carlsbad, California (1994).
- [3] Ministère de l'Environnement de l'Ontario. *The fluctuation test*, Watershed Management Section, Biohazard Unit (1991).
- [4] Microbics. *Mutatox manual*, Carlsbad, California (1993).
- [5] Afnor T90320. *Détermination de l'inhibition de la luminescence de Photobacterium phosphoreum* (1991).
- [6] Iso 6341. *Qualité de l'eau - Détermination de l'inhibition de la mobilité de Daphnia magna Straus (Cladocera, Crustacea)* - (1989).
- [7] E.P.A. *Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organisms*. EPA 600/4-91/002 (3^{ème} édition) (1994).
- [8] Iso 8692. *Qualité de l'eau - Essai d'inhibition de la croissance des algues d'eau douce avec Scenedesmus subspicatus et Selenastrum capricornutum* (1989).
- [9] Biais C., Legault R., Bermingham N., Van Coillie R. et Vasseur P. *A simple microplate assay technique for aquatic toxicity assessment*. Toxic. Assess. 1 : 261-281 (1986).
- [10] Afnor X30-402. *Essai de conformité pour la lixiviation des déchets fragmentés - Étude de la lixiviation des constituants des déchets fragmentés et des boues* (1996).
- [11] Féraud J.F. et Ferrari B. *Quel test de toxicité chronique sur invertébrés faut-il choisir pour l'évaluation de la dangerosité des déchets ? Déchets, Sciences & Techniques n° 8 pp. 44-47* (1997).
- [12] Ministère de l'Environnement. *Critères et Méthodes d'évaluation de l'écotoxicité des déchets* (1998).

