



**HAL**  
open science

# Utilisation d'une approche multicritère pour la sélection d'essais d'écotoxicité

Pascal Pandard

► **To cite this version:**

Pascal Pandard. Utilisation d'une approche multicritère pour la sélection d'essais d'écotoxicité. Rapport Scientifique INERIS, 2010, 2009-2010, pp.57-59. ineris-01869278

**HAL Id: ineris-01869278**

**<https://ineris.hal.science/ineris-01869278>**

Submitted on 6 Sep 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Utilisation d'une approche multicritère pour la sélection d'essais d'écotoxicité



P. Pandard

L'utilisation d'essais sur organismes biologiques est désormais reconnue comme l'un des éléments pertinents permettant de caractériser de façon satisfaisante la qualité des milieux. En effet, ces outils prennent en compte, à la fois la biodisponibilité – disponibilité pour les organismes vivants – des différentes substances chimiques présentes, mais également les effets de synergie ou d'antagonisme qui peuvent se produire entre ces dernières. Ces essais biologiques, initialement utilisés pour le contrôle des substances chimi-

ques et des rejets en milieu aquatique, sont aujourd'hui appliqués à d'autres domaines tels que la caractérisation des sites et des sols pollués, la valorisation des boues en agriculture, la gestion des sédiments ainsi que la classification des déchets.

Il est couramment reconnu qu'un seul bioessai ne peut être sensible à l'ensemble des contaminants présents dans un échantillon environnemental. Chaque organisme-test présente, en effet, une spécificité propre de réponse en fonction des classes de contaminants. Il apparaît donc que seule une association de plusieurs essais biologiques (ou batterie d'essais), regroupant différents niveaux trophiques et critères d'effets, permet d'optimiser la caractérisation du danger potentiel de l'échantillon considéré.

Les travaux entrepris en collaboration avec le CTIS, l'IPL, l'Université de Metz et l'ADEME dans ce domaine ont mis en évidence que deux stratégies étaient applicables pour sélectionner les essais biologiques constitutifs d'une batterie :

- une méthode *a priori* qui permet d'établir un choix de tests en se basant sur des critères prédéfinis,
- une méthode *a posteriori* qui, en fonction des résultats obtenus sur une large série d'échantillons, permet d'identifier certaines espèces incontournables du fait en particulier de leur sensibilité.

L'analyse bibliographique exhaustive réalisée a montré que, pour la sélection des différentes batteries de tests biologiques de toxicité et/ou de génotoxicité,

l'application de ces stratégies restait à ce jour peu répandue. Les travaux réalisés précédemment se sont focalisés sur l'approche *a posteriori* dans un objectif de sélection de batteries optimales d'essais en appliquant différentes méthodes statistiques : analyse en composante principale, analyse factorielle des correspondances, classification ascendante hiérarchique et cartographie non linéaire ([1] ; [2] ; [4]).

La présente étude décrit un exemple de démarche de sélection de tests *a priori*, utilisant une approche multicritère, la méthode SIRIS (Système d'Intégration du Risque par Interaction de Scores) qui est une méthode d'aide à la décision initialement utilisée pour classer des substances chimiques en fonction de leur risque de contamination des eaux de surface ou souterraines ou de l'atmosphère. Elle est ici appliquée à la sélection de bioessais pour évaluer l'écotoxicité des sols [3].

Pour ce type d'approche, la sélection est fondée sur divers critères descriptifs comme la normalisation de la méthode, la pertinence écologique des organismes d'essai ou encore le coût.

Dans la méthode SIRIS, les critères sont hiérarchisés selon la problématique étudiée et selon l'importance que l'expert leur accorde pour cette problématique. Ces critères qualitatifs ou quantitatifs peuvent prendre plusieurs valeurs, exprimées en trois catégories : favorable (f), moyennement favorable (m) ou défavorable (d). Une échelle minimum/

## RÉFÉRENCES

[1] Charissou A. M., Jourdain M. J., Féraud J. F., Masfarau, J. F., Cotel S., Devillers J., Pandard P., Poulsen V. Développement d'une méthode de sélection des tests biologiques de toxicité et de génotoxicité adaptée à différents scénarii, Rapport final contrat ADEME 03 75C 0003, 2005.

[2] Charissou A. M., Jourdain M. J., Féraud J. F., Pandard P., Devillers J. Développement d'une méthode de sélection des tests biologiques de toxicité et de génotoxicité adaptée à différents scénarii – Phase II, Rapport final convention ADEME 04 75 C0081, 2007.

[3] Devillers J., Pandard P., Charissou A. M., Bispo A. Use of multicriteria analysis for selecting ecotoxicity tests. In, Ecotoxicology Modeling (J. Devillers, Ed.), Springer, N.Y., pp. 117-143, 2009.

[4] Pandard P., Devillers J., Charissou A. M., Poulsen V., Jourdain M. J., Féraud J. F., Grand C. et Bispo A. Selecting a battery of bioassays for ecotoxicological characterization of wastes. Sci. Tot. Environ., 363 (1-3), 114-125, 2006.

[5] Vaillant M., Jouany J. M., Devillers J., A multicriteria estimation of the environmental risk of chemicals with the SIRIS method. Toxicology Modeling, 1, 57-72, 1995.

| Nature des critères                      | Modalité favorable                               | Modalité moyennement favorable                                    | Modalité défavorable                                | Hiérarchisation |
|--|--|---|---|-----------------|
| <b>Critères technico-économiques</b>     |  |   |   |                 |
| Obtention des organismes                 | Temps négligeable                                | < ½ journée/semaine   | > ½ journée/semaine                                 | 1               |
| Volume ou quantité nécessaire            | < 10 mL ou 10 g                                  | 10 – 100 mL ou g  | ≥ 100 mL ou g                                       | 3               |
| Rapidité du test                         | ≤ 4 jours  | 5 – 20 jours  | ≥ 21 jours  | 2               |
| Type de local                            | commun   | spécialisé  | très spécialisé                                     | 9               |
| Type de matériel                         | commun   | spécialisé  | très spécialisé                                     | 10              |
| Coût du personnel                        | < 1 jour   | 1 – 4 jours   | > 4 jours   | 7               |
| Niveau de compétence                     | technicien                                       | -   | supérieur   | 8               |
| Domaine d'application                    | applicable à plusieurs matrices                  | -   | applicable à une seule matrice                      | 6               |
| Temps nécessaire au démarrage de l'essai | immédiat   | 1 – 3 jours   | > 3 jours   | 4               |
| Perception par un public non spécialisé  | aisée (e.g. mortalité, croissance)               | délicate (luminescence)   | difficile (adduits à l'ADN)                         | 5               |
| <b>Critères scientifiques</b>            |  |   |   |                 |
| Pertinence écologique                    | élevée   | moyenne   | faible (e.g. Microtox)                              | 2               |
| Durée d'exposition                       | > 70 % du cycle de vie de l'organisme            | 10 – 70 % du cycle de vie   | < 10 % du cycle de vie                              | 1               |
| Degré de normalisation                   | Norme existante                                  | Projet de norme   | absence de norme                                    | 3               |
| Transposition au terrain                 | effets toxicologiques observables sur le terrain | effets toxicologiques aux conséquences observables sur le terrain | Effets toxicologiques non pertinents sur le terrain | 4               |
| Mécanisme d'action                       | sur une fonction (e.g. réaction enzymatique)     | sur un organe (e.g. racines)                                      | Sur l'organisme entier (e.g. mortalité)             | 7               |
| Stabilité génétique                      | reproduction asexuée                             | -   | reproduction sexuée                                 | 5               |
| Contraintes et limitations               | faibles  | modérées  | importantes   | 6               |

**FIGURE 1**

DESCRIPTION DES CRITÈRES TECHNICO-ÉCONOMIQUES ET SCIENTIFIQUES RETENUS ET HIÉRARCHISATIONS ADOPTÉES

**NOTES**

(1) Produits de la réaction entre un produit chimique et l'ADN

maximum de scores est ensuite établie selon des règles d'incrémentations bien définies [5].

Dans le cadre de cette étude, une analyse bibliographique a permis d'identifier 115 tests d'écotoxicité ayant été utilisés pour caractériser des sédiments, des boues, des sols pollués, des effluents, des eaux usées ou des percolats ou lixiviats de sol. Ces tests d'écotoxicité aquatique ou terrestre incluent différents critères d'effet (mortalité, inhibition de croissance ou de reproduction, génotoxicité, activités fonctionnelles...). Ils correspondent à des approches directes (tests réalisés sur les sols) ou indirectes (tests aquatiques réalisés sur percolat ou lixiviat).

Ces 115 tests ont été décrits en fonction de 10 critères technico-économiques (facilité d'obtention des organismes, volume d'échantillon nécessaire, rapidité du test ou coût, par exemple) et de 7 critères scientifiques (pertinence écologique, durée d'exposition, mécanisme d'action, par exemple) (figure 1). Une approche considérant les deux catégories de critères selon deux échelles différentes de scores SIRIS – une échelle technique et une échelle scientifique – a été suivie (figure 2).

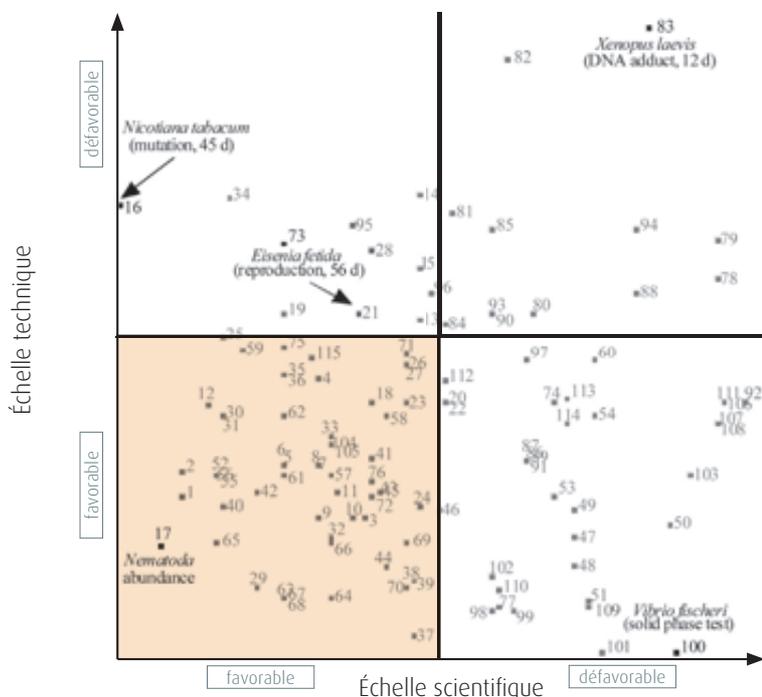
Cette analyse permet de confirmer

que les tests les plus couramment utilisés – inhibition de la croissance des végétaux (figure 2, n° 5) ou inhibition de la mobilité des daphnies (n° 72) ou de croissance des algues unicellulaires (n° 52) par exemple – sont ceux répondant le mieux aux critères technico-économiques et scientifiques et donc conduisant à la meilleure caractérisation de la contamination des sols. Cette analyse met également en évidence la pertinence des tests d'activité fonctionnelle – inhibition de la respiration des sols ou de la nitrification des sols par exemple. À l'inverse, les tests de génotoxicité sur organismes aquatiques qui sont les plus lourds à mettre en œuvre (Essai micro-noyaux sur *Xenopus laevis* n° 82), adduits à l'ADN<sup>(1)</sup> sur *Xenopus laevis* (n° 83) sont classés comme les plus défavorables sur la base des critères technico-économiques et des critères scientifiques.

L'essai d'inhibition de la luminescence de *Vibrio fischeri* identifié comme le test le plus communément utilisé lors des travaux précédents [1] du fait de son pouvoir discriminant mais également de sa sensibilité sur différents types d'échantillons, apparaît logiquement bien classé en se référant aux critères technico-éco-

**FIGURE 2**

**CLASSEMENT SIRIS DES 115 TESTS.** Les tests situés en bas et à gauche de la carte SIRIS sont les plus intéressants d'un point de vue scientifique et technique. Ceux localisés en bas et à droite ne sont pertinents que d'un point de vue technique. Les tests en haut à gauche de la carte sont scientifiquement intéressants mais pénalisés par leurs critères techniques. Enfin, les tests situés en haut et à droite sont les moins intéressants. Les numéros des tests ne renvoient pas au rang de classement.



**ABSTRACT**

Sensitivity of animal and plant communities to toxicants may vary significantly from one species to another. If testing is performed on one species, the high diversity in the sensitivity between species might result in a high level of uncertainty. It is therefore admitted that only a combination of several bioassays can give a clear view of the toxic effects of chemicals and/or environmental samples. The best approach is therefore to use a battery of tests with several species belonging to different taxonomic groups and trophic levels. Usually, two methods can be used for selecting bioassays in order to establish a test battery: i) an "a priori" method, in which the selection is made according to decision criteria such as standardization of the method, ecological relevance of test organisms, or cost, ii) an "a posteriori" method, in which the selection is made after performing multivariate analyses of test results obtained on a large series of bioassays. In the present study on soil quality, a methodological framework, based on the use of the multicriteria method SIRIS (System of Integration of Risk with Interaction of Scores) was applied to perform an "a priori" selection of bioassays among 115 relevant ecotoxicity tests, selected from an extensive literature review.

nomiques mais moyennement classé du point de vue des critères scientifiques pour le scénario sélectionné. Par ailleurs, certains essais discriminants comme le test *Ceriodaphnia dubia* (n° 75) ne sont pas mis en avant pour le scénario sélectionné du fait de la notation pénalisante de certains critères technico-économiques. Ceci est en contraste avec la réalité puisque ce test est couramment recommandé dans les évaluations du danger de matrices polluées. La typologie obtenue en considérant la double échelle de scores SIRIS suscite quelques interrogations. Ainsi, le test de « mortalité vers de terre 14 jours » possède les mêmes scores SIRIS que l'essai « d'évitement vers de terre d'une durée de 48 heures » (n° 20 et 22). Ce dernier test, même si le recul sur cette réponse biologique est encore limité, apparaît plus sensible que l'essai de toxicité aiguë. De façon plus générale, l'analyse montre que les tests chroniques les plus couramment utilisés pour une approche directe (tests directs sur la matrice sols) et dans une moindre mesure pour une approche indirecte (tests

aquatiques sur percolats ou lixiviats de sol) sont principalement dépendants du poids donné aux paramètres durée d'exposition/temps nécessaire à la réalisation des essais. De plus, cette étude indique que la méthode de sélection a priori ne permet pas de juger, à l'heure actuelle, de la complémentarité des tests au sein d'une batterie en terme de niveaux trophiques, critères d'effets étudiés (aigus, chroniques, génotoxiques...) ou type d'approche (directe ou indirecte). Ces premiers travaux apparaissent prometteurs. La démarche proposée est originale et, même si elle apparaît perfectible, elle montre tout son intérêt. Elle permet d'identifier les tests pertinents au regard du scénario considéré et donc susceptibles d'être incorporés dans des batteries d'essais. Toutefois, dans le cadre de l'élaboration d'une batterie optimale, des paramètres complémentaires vont devoir être pris en compte tels que l'adéquation entre le nombre d'essais à mettre en œuvre et l'exhaustivité de la réponse obtenue.



Tests sur vers de terre