



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



maîtriser le risque
pour un développement durable

PROJET TRIPODE

DYNAMISER LA REVALORISATION DES FRICHES EN AMÉLIORANT LA
NORME TRIADE ET EN FACILITANT SON TRANSFERT AUX BUREAUX
D'ÉTUDES

N. Manier, B. Pauget, M. Noël, V. Bert, G. Lemoine, N. Pucheux



Contexte et enjeux

La reconversion des friches → situation de blocage liée à la pollution des sols et à la dégradation du foncier

Voies de valorisation possibles : renaturation, réserve biologique, intégration à la trame verte...

→ Nécessité d'évaluer les impacts de ces usages alternatifs, ou la possibilité de les mettre en place.

Outils méthodologiques pour l'évaluation du risque pour les écosystèmes restent largement méconnus

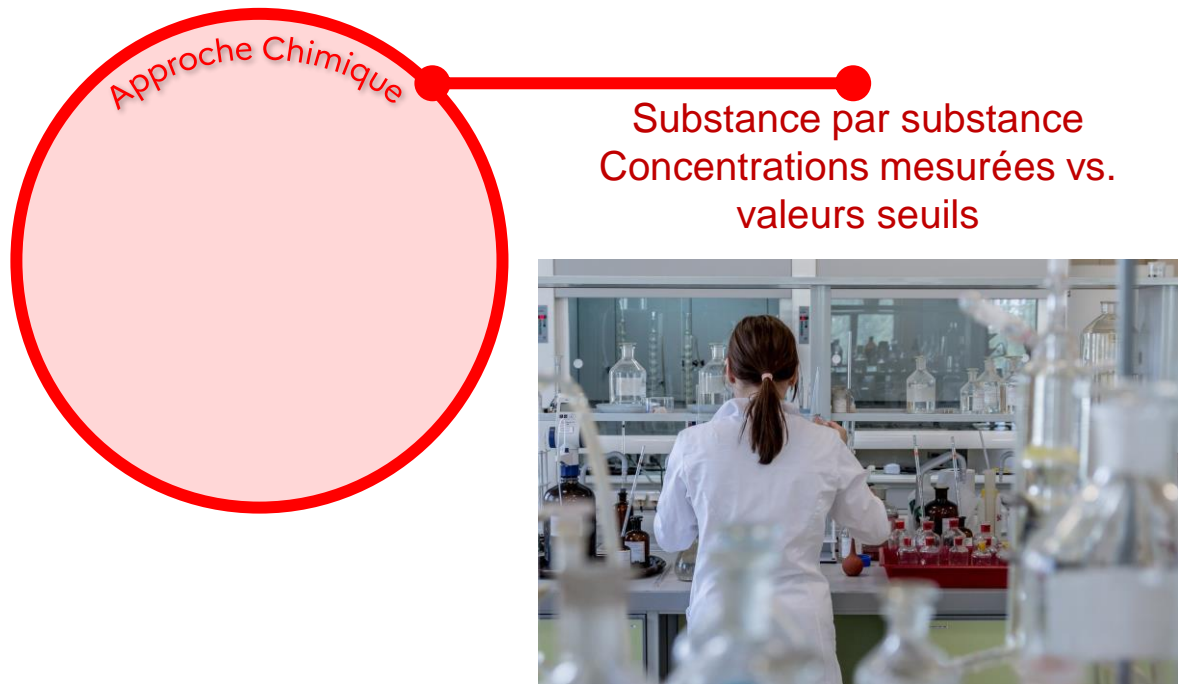
Et

Difficiles à mettre en œuvre par les BE (connaissance, complexité, manque de guides et de retour d'expérience)



- Procédure pour l'évaluation des risques pour les écosystèmes (ERE) pour le compartiment terrestre
- Vise à une exploitation optimale des données au travers d'un cadre conceptuel:
 - Utilisation complémentaire de trois approches différentes du risque (chimique, écotoxicologique, écologique)
 - Compensation des incertitudes d'une approche (Line of Evidence, LoE) avec les atouts des autres approches
 - Principe du « poids de la preuve »
- Méthode normalisée: Norme ISO 19204 (2017), Procédure d'évaluation des risques écologiques spécifiques aux sites et sols contaminés (approche TRIADE de la qualité du sol)

La méthode TRIADE

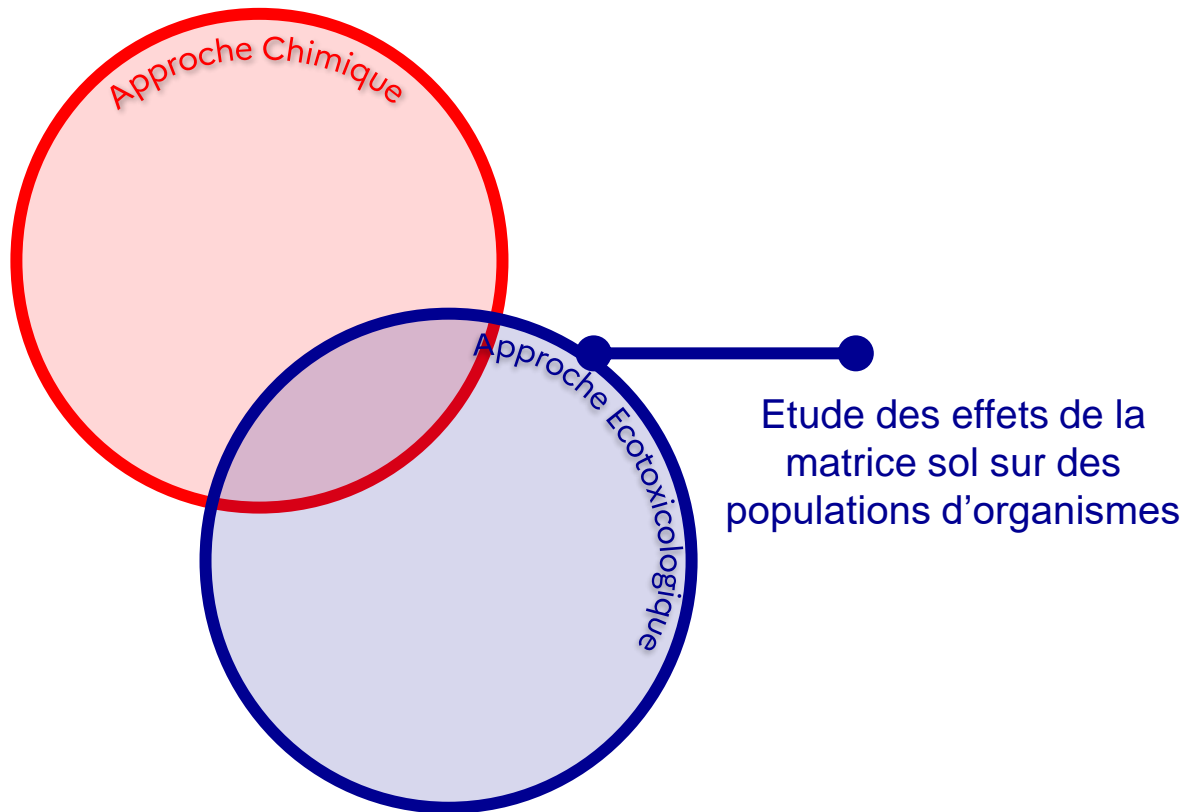


- Prise en compte des niveaux de contamination
- Eventuellement prise en compte de la biodisponibilité des substances

La méthode TRIADE



→ Essais d'écotoxicité,
court terme, long terme ...



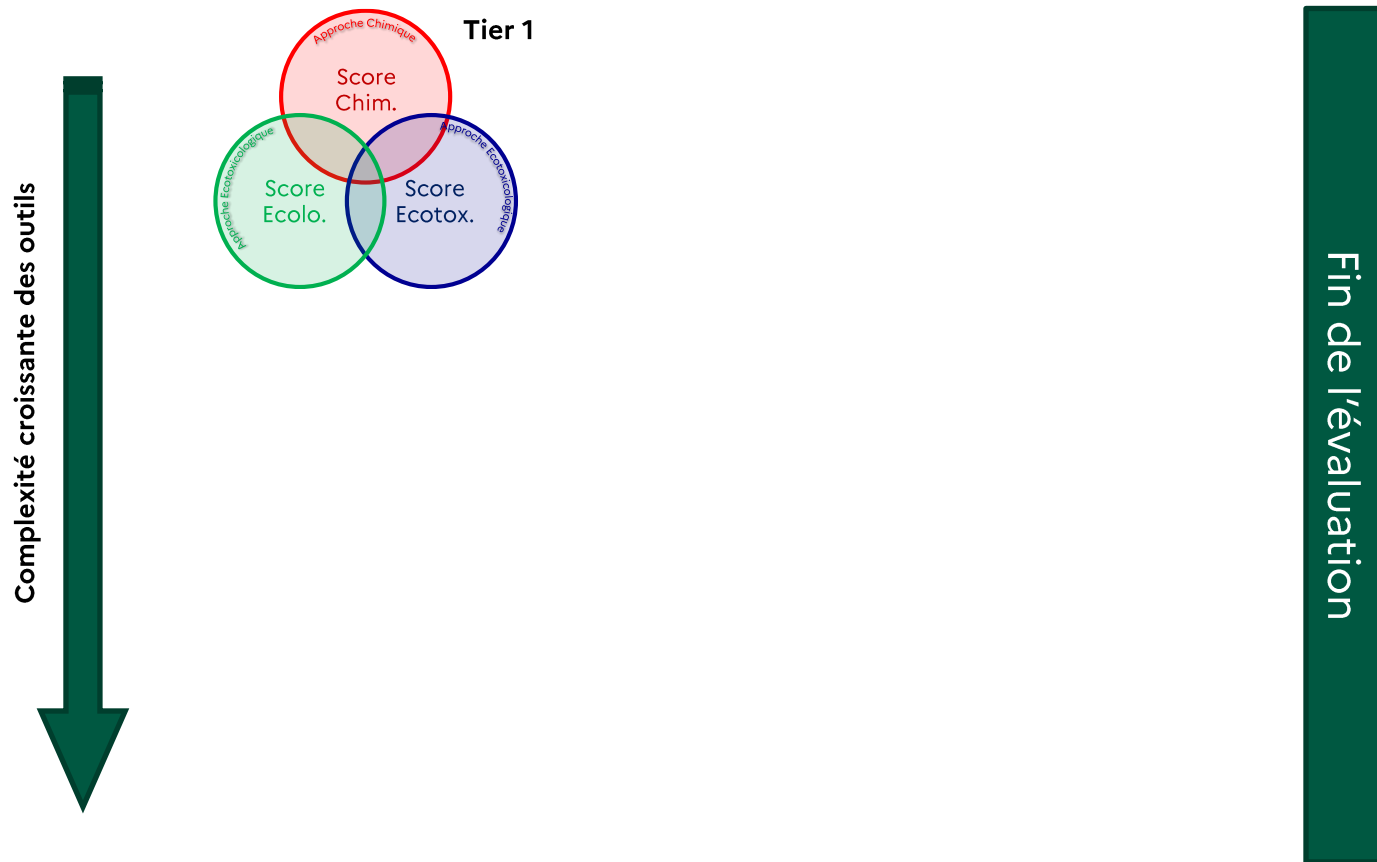
La méthode TRIADE

Etudes *in situ* de l'état
des écosystèmes

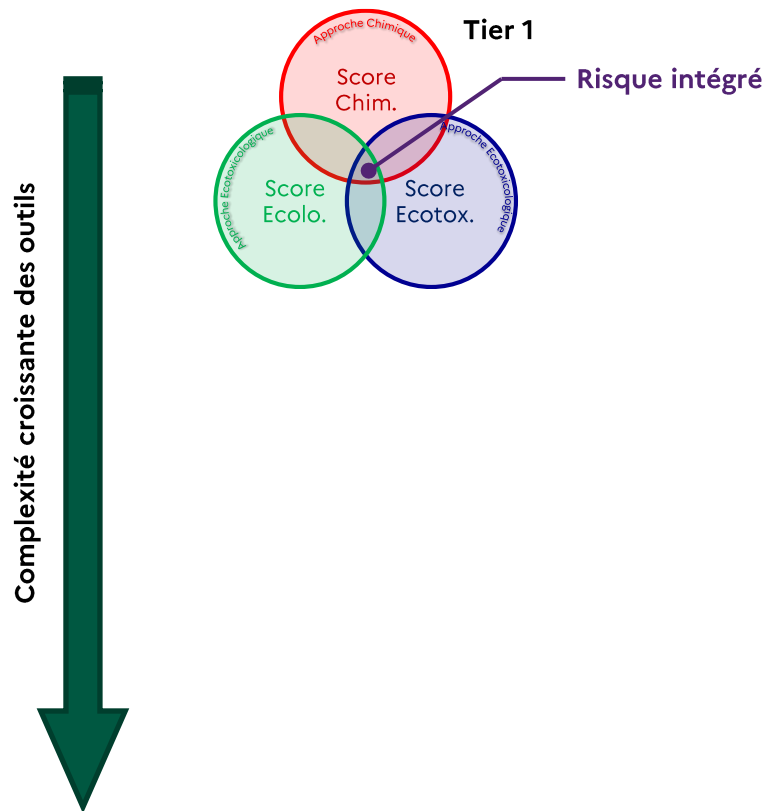
→ Bio-indicateurs,
richesse de la
biodiversité, notions
de services
écosystémiques



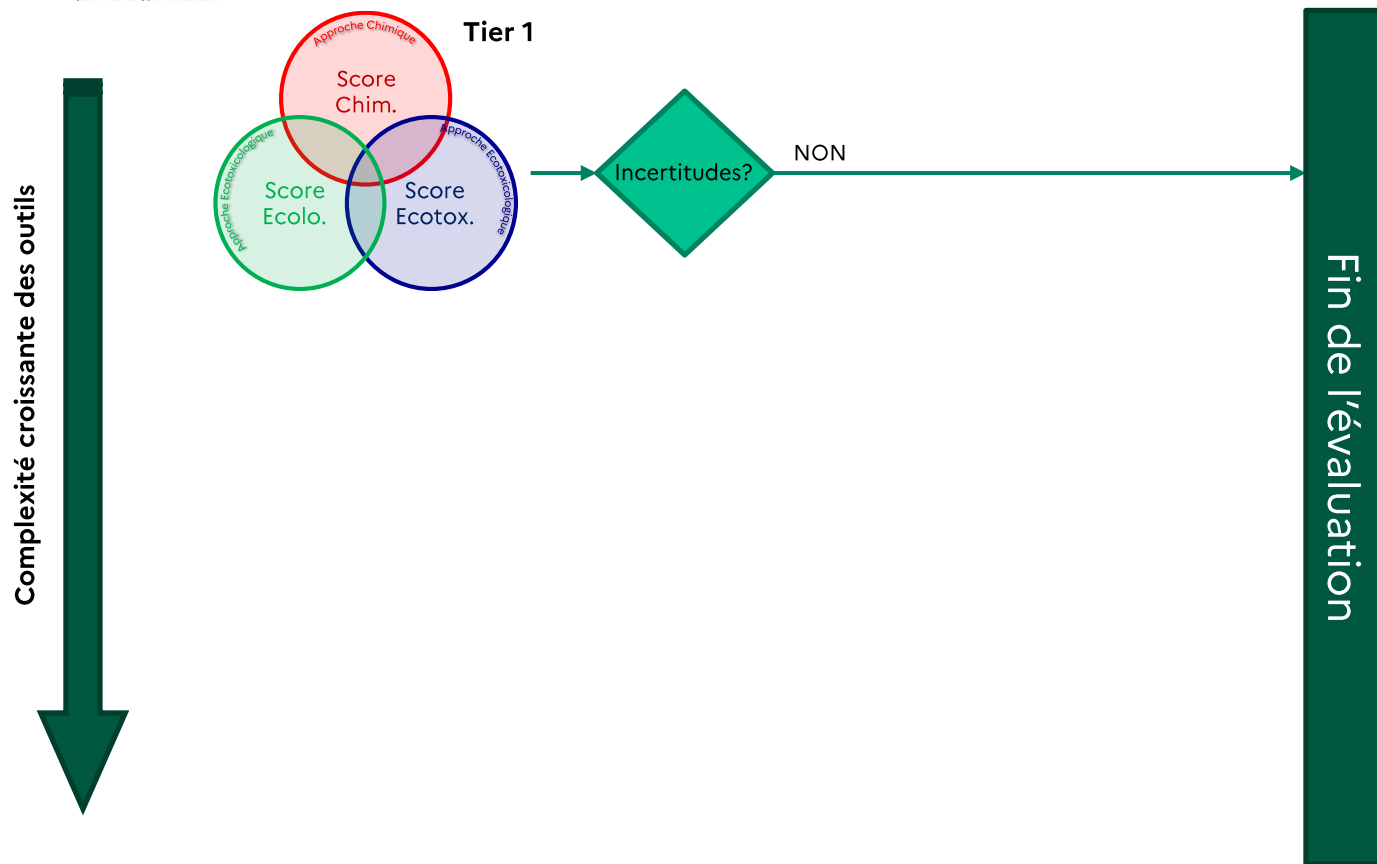
La méthode TRIADE: une approche itérative



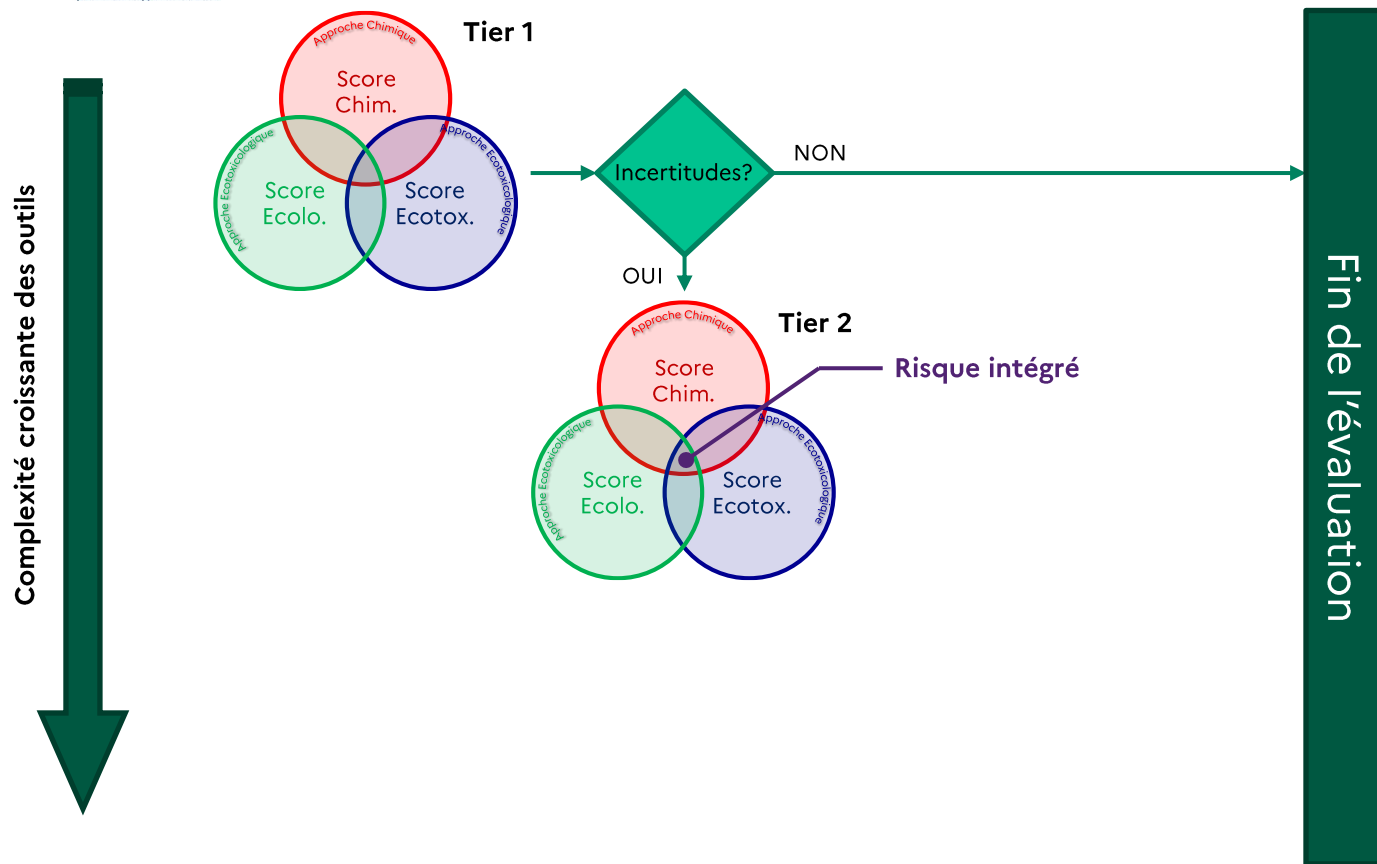
La méthode TRIADE: une approche itérative



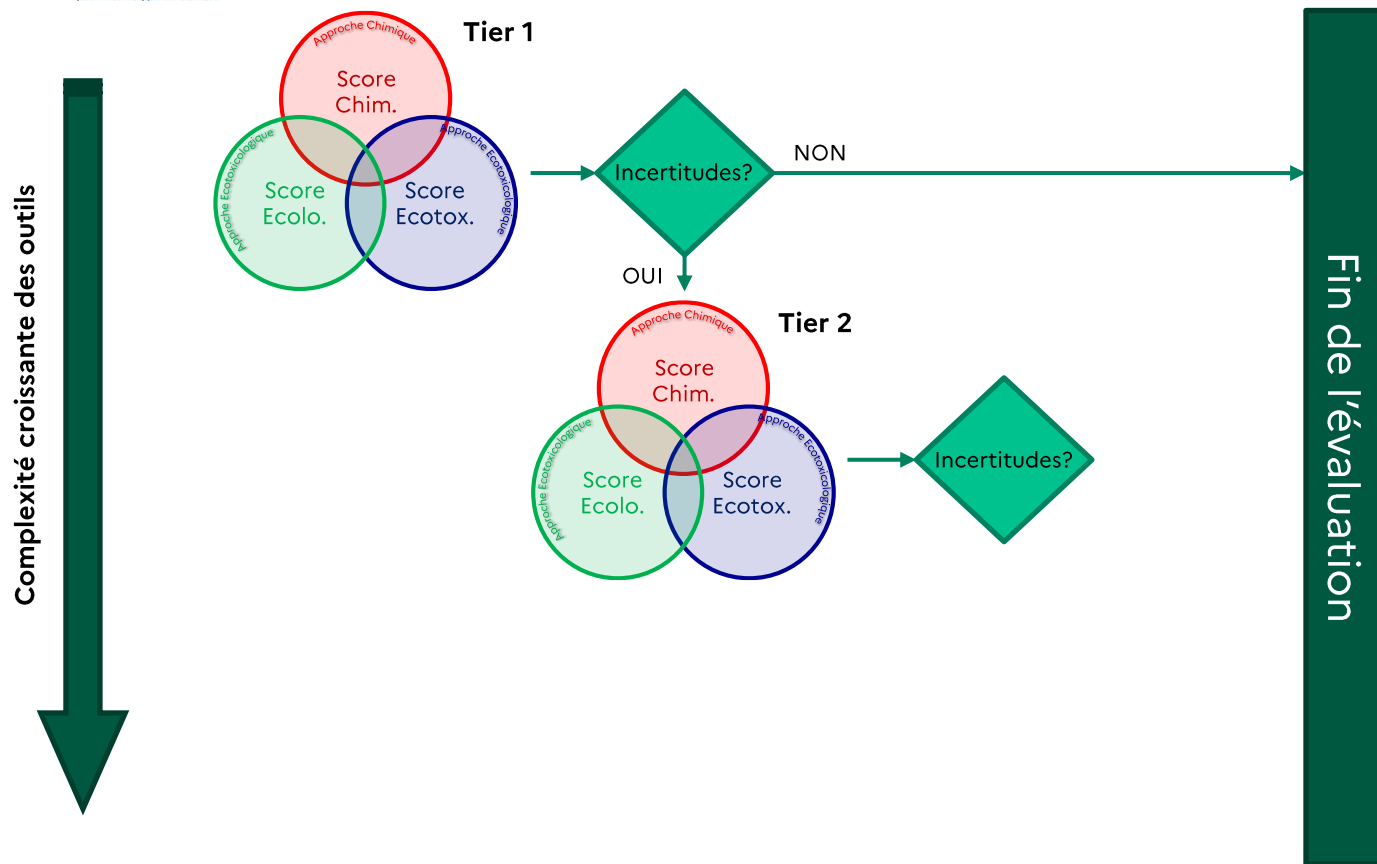
La méthode TRIADE: une approche itérative



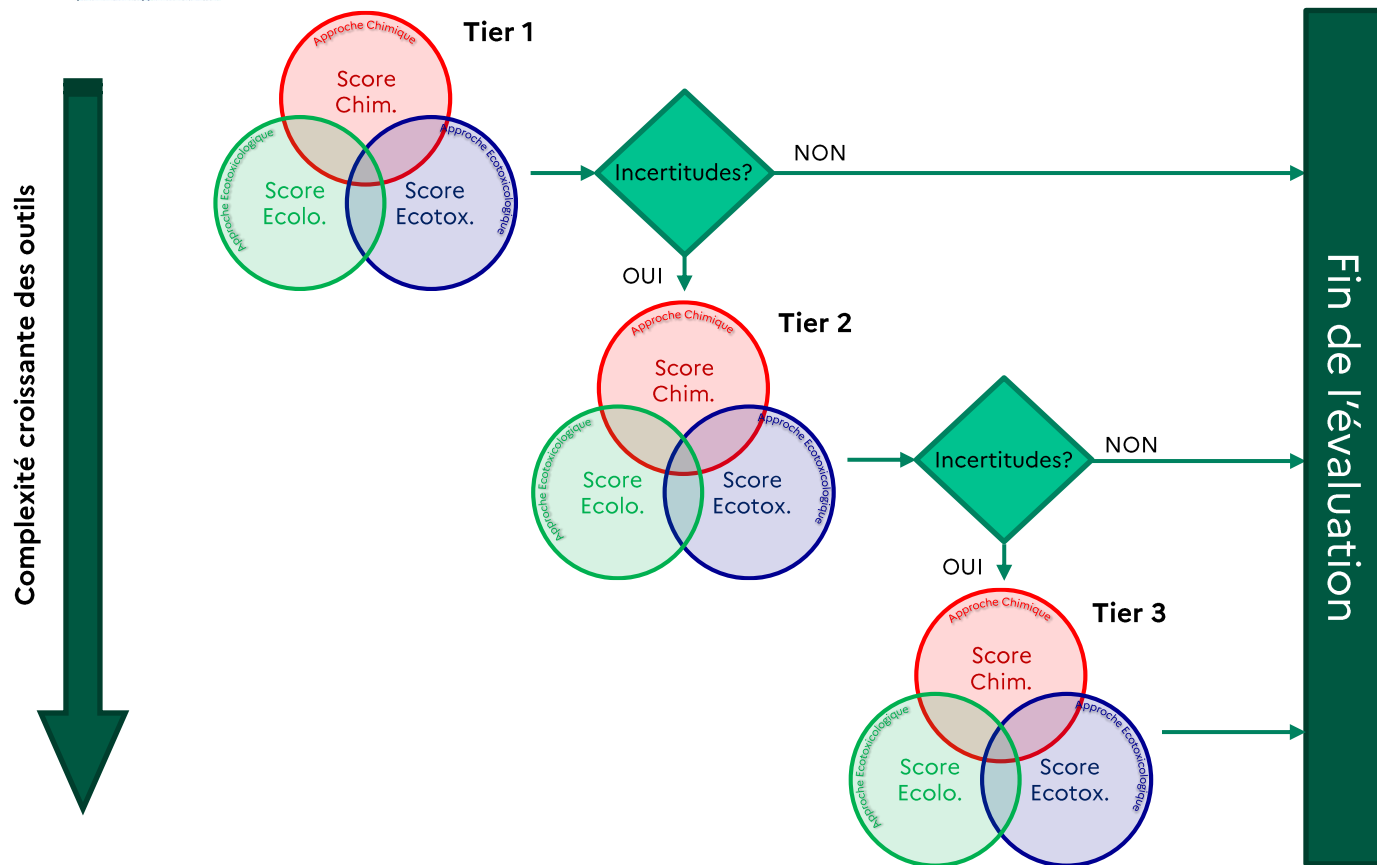
La méthode TRIADE: une approche itérative



La méthode TRIADE: une approche itérative



La méthode TRIADE: une approche itérative



- Approche *a priori* complexe qui demande un champ d'expertise large
- Les valeurs clés sont laissées à l'interprétation de l'évaluateur
 - » Valeur seuil pour l'indice de risque intégré
 - » Valeur seuil d'incertitude entre les différentes approches (chimie, écotoxicologique, écologique)
- Besoin d'une meilleure définition des « boîtes à outils » pour chacun de niveau d'analyse
- Limites du projet Triple
 - » Niveau 3, quelle plus-value? Quelle place dans la méthode ?
 - » Site atelier non représentatif d'une contamination diffuse
 - quelle sensibilité de réponse lorsque l'on est en présence de contamination diffuse?



ADEME, INERIS. 2017. Rapport final – Retour d'expérience sur l'applicabilité de la méthode TRIADE – Bilan d'une étude de cas sur un ancien site minier.

Premier retour d'expérience : projet TRIPODE (Ademe 2016-2019)

- Approche *a priori* complexe qui demande un champ d'expertise large
- Les valeurs clés sont laissées à l'interprétation de l'évaluateur
 - » Valeur seuil pour l'indice de risque intégré
 - » Valeur seuil d'incertitude entre les différentes approches (chimie, écotoxicologique, écologique)
- Besoin d'une meilleure définition des « boîtes à outils » pour chacun de niveau d'analyse
- Limites du projet Triple
 - » Niveau 3, quelle plus-value? Quelle place dans la méthode ?
 - » Site atelier non représentatif d'une contamination diffuse
 - quelle sensibilité de réponse lorsque l'on est en présence de contamination diffuse?



ADEME, INERIS. 2017. Rapport final – Retour d'expérience sur l'applicabilité de la méthode TRIADE – Bilan d'une étude de cas sur un ancien site minier.



- ❖ Améliorer la norme Triade (lever les verrous déjà identifiés, définir les limites d'application)
 - Disposer d'un REX sur des sites représentatifs des friches contaminées à faible valeur foncière du territoire national → 2 sites ateliers
 - Evaluer la pertinence et l'applicabilité des indicateurs/outils proposés dans la norme
 - Renseigner sur la plus-value et la cohérence des niveaux d'analyses → jusqu'au Tier 3
 - Renseigner sur l'opérationnalité effective de la méthode → retour d'expérience BE
- ❖ Ouvrir le champs d'application de la norme TRIADE (sensibilité, caractérisation environnementale, suivi de gestion des pollutions, ...)
- ❖ Démocratiser l'utilisation de la norme Triade et fournir aux acteurs des sites et sols pollués un outil opérationnel pour l'évaluation des risques pour les écosystèmes (ERE)
 - Conception de guides méthodologiques
 - Rédaction de fiches techniques...

Deux sites ateliers :

(1) Région Parisienne,

→ île Saint Denis / terrain Lil'Ô

(2) Pas-de-Calais

→ commune de Mazingarbe



Projet
Restaur'sol



Sol témoin (non modifié)
Sol amendé (homogénéisé + Biochar miscanthus)
Sol non amendé (homogénéisé)
Zone périphérique (bande)

Parcelles du projet Mischar



Niveau 1

Chimie

Détermination de la concentration totale dans les sols

Ecotoxicologie

Essai d'inhibition de l'activité déshydrogénase (*Arthrobacter globiformis*) - ISO/DIS 18187

Essai d'évitement chez le ver *Eisenia fetida* - ISO 17512-1

Détermination de la toxicité aiguë vis-à-vis du vers de terre *Eisenia fetida* - NF EN ISO 11268-1

Ecologie

Analyse du couvert végétal du site

Classification des habitats (référentiel CORINE biotope de l'union européennes)

Résultats: TIER 1 (Li'l'O)

Niveau 1

Chimie

Détermination de la concentration totale dans les sols

Écotoxicologie

Essai d'inhibition de l'activité déshydrogénase (*Arthrobacter globiformis*) - ISO/DIS 18187

Essai d'évitement chez le ver *Eisenia fetida* - ISO 17512-1

Détermination de la toxicité aiguë vis-à-vis du vers de terre *Eisenia fetida* - NF EN ISO 11268-1

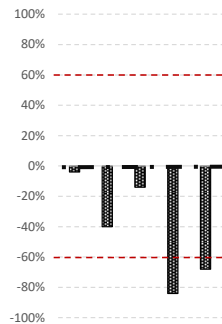
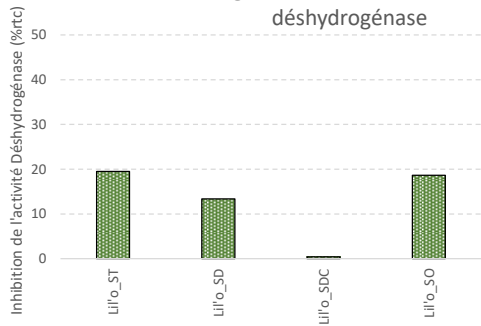
Ecologie

Analyse du couvert végétal du site

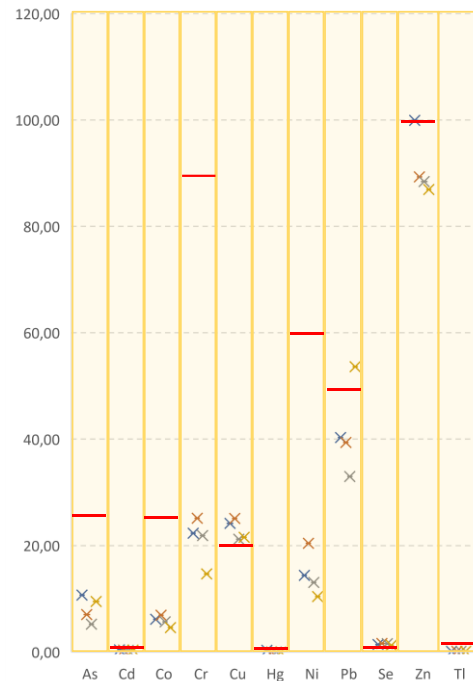
Classification des habitats (référentiel CORINE biotope de l'union européennes)

LoE (écotoxicologie)

A. *globiformis* / inhibition act.
déshydrogénase



LoE (chimie)



Résultats: TIER 2 (Li'l'O)

Niveau 2	Chimie	Analyse de la fraction potentiellement biodisponible (e.g. extraction CaCl_2) Mesure de la bioaccumulation chez l'escargot (indice SET)
	Ecotoxicologie	Essais de mortalité et d'inhibition de la reproduction des nématodes (<i>C.elegans</i>) - ISO 10872 Composition en acides gras foliaires chez <i>Lactuca sativa</i> (Indice oméga 3) - XP X31-233 Test d'inhibition émergence et croissance des végétaux supérieurs (2 espèces) - ISO 11269-2
	Ecologie	Recensement de la diversité trophique de la communauté de nématodes Capacité de dégradation de la cellulose

Résultats: TIER 2 (Li'l'O)

Niveau 2

Chimie

Analyse de la fraction potentiellement biodisponible (e.g. extraction CaCl_2)

Mesure de la bioaccumulation chez l'escargot (indice SET)

Essais de mortalité et d'inhibition de la reproduction des nématodes (*C. elegans*) - ISO 10872

Ecotoxicologie

Composition en acides gras foliaires chez *Lactuca sativa* (Indice oméga 3) - XP X31-233

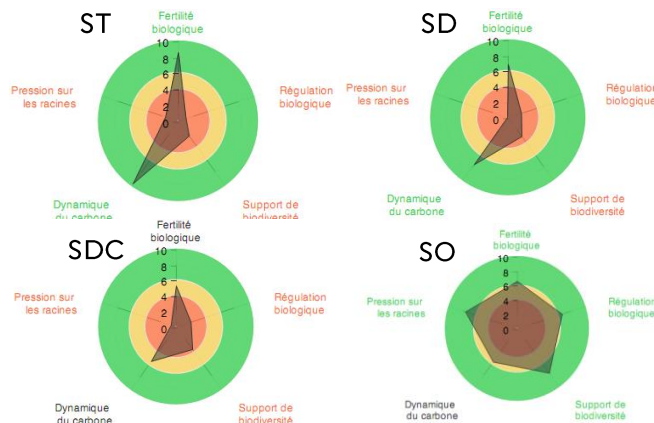
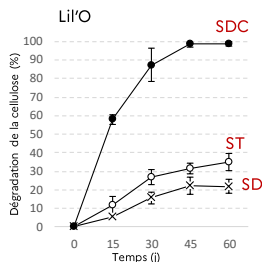
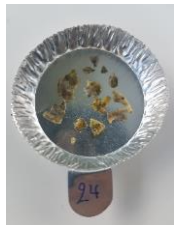
Test d'inhibition émergence et croissance des végétaux supérieurs (2 espèces) - ISO 11269-2

Ecologie

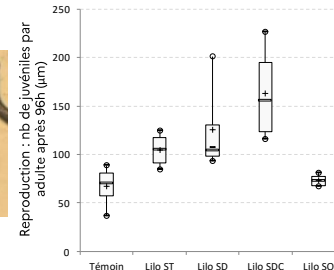
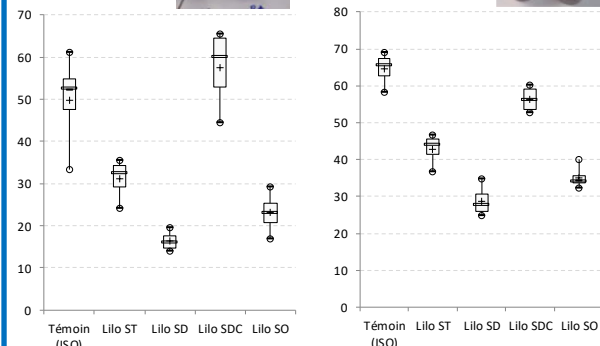
Recensement de la diversité trophique de la communauté de nématodes

Capacité de dégradation de la cellulose

LoE (écologie)

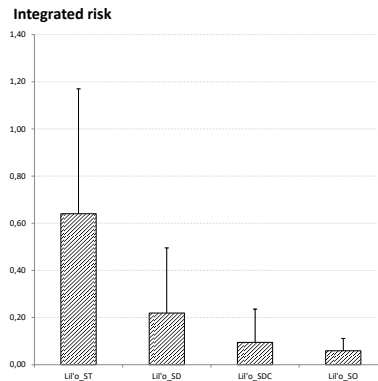
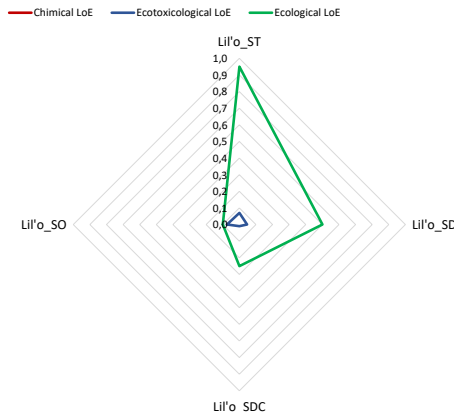


LoE (écotoxicologie)



Test	Impact toxique	ST	SD	SDC	SO
Indice Oméga-3	Nul à faible				
	Moyen				
	Fort				
	Très fort				

Triade Tier 1



Incertitudes

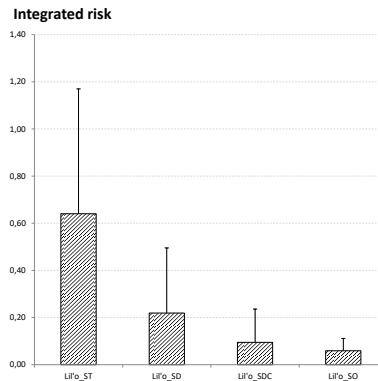
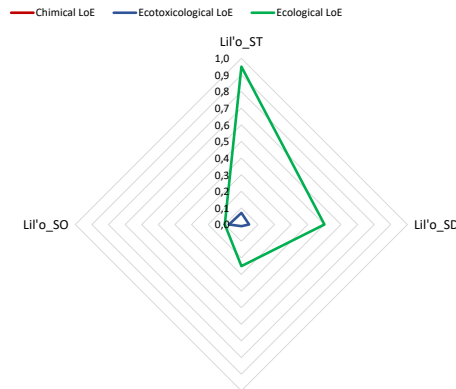
TIER 1

Li'l'o_ST	Li'l'o_SD	Li'l'o_SDC	Li'l'o_SO
0,53	0,28	0,14	0,05

**Incert. > 0,4
Tier 2**

Arrêt de l'évaluation

Triade Tier 1



Incertitudes

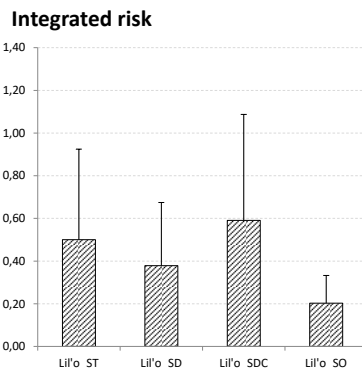
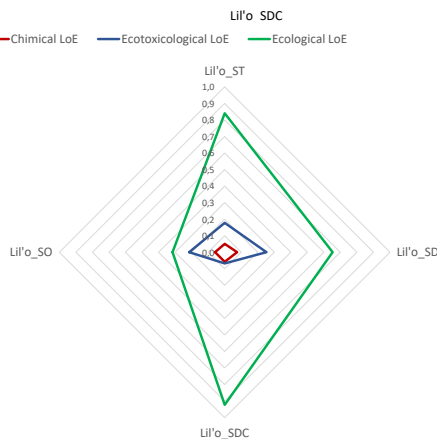
TIER 1

Li'l'o_ST	Li'l'o_SD	Li'l'o_SDC	Li'l'o_SO
0,53	0,28	0,14	0,05

**Incert. > 0,4
Tier 2**

Arrêt de l'évaluation

Triade Tier 2



TIER 2

Li'l'o_ST	Li'l'o_SD	Li'l'o_SDC	Li'l'o_SO
0,42	0,30	0,50	0,13

Tier 3

**Arrêt de
l'évaluation**

Tier 3

**Arrêt de
l'évaluation**

– Analyse des résultats obtenus sur le tier 3 (le plus complexe)

Niveau 3	Chimie	Utilisation de modèles et simulation en colonne
	Ecotoxicologie	Toxicité chronique sur les plantes supérieures - ISO 22030
	Ecologie	Détermination de la diversité microbiologique du sol et des groupes fonctionnels (par qPRC)

- Retour sur les valeurs seuils et l'adéquation des différents niveaux d'analyse (Tier 1 vs. Tier 2 vs. Tier 3)
- Meilleure définition des boîtes à outils proposés pour les différentes approches
- Retour d'expérience BE
- Rédaction d'un guide opérationnel et de fiches techniques
- Apporter des éléments concrets concernant la mise en œuvre et les limites de la norme actuelle → discussions dans la cadre de la révision de la norme (courant 2022)

Merci

- nicolas.manier@ineris.fr
- nicolas.pucheux@ineris.fr (coordination)

