



"Avancées liées au programme SEDIGEST* : élaboration d'une méthodologie de validation de la filière « restauration des cavités terrestres de la bande littorale »

* GESTion durable des SEDiments de dragages des ports

Un projet multipartenaires

Neuf partenaires :



+ 3 équipes du CNRS : LEHF, CEREGE, G2R

Un comité de pilotage :

MEEDDM, UNICEM*, Marine Nationale, DTM de Toulon + représentants des partenaires

*Union Nationale des Industries des Carrières et des Matériaux de Construction

Le contexte



- 25 à 40 millions de tonnes de sédiments dragués chaque année en France.
- Depuis 2000 : mise en place des seuils Geode N1/N2 en vue du clapage des sédiments dragués en mer

→ 10 millions de tonnes de sédiments contaminés orphelins de filières.

- Programme SEDIMARD (2002/2008) : Devenir des sédiments contaminés a minima prétraités ?

dont notamment le remblaiement de cavités terrestres.

→ SEDIGEST

Objectifs de SEDIGEST

Etudier la filière « Remblaiement de cavités terrestres (carrières...) avec des sédiments de dragages portuaires »

Un double intérêt

- Définir une filière pour des sédiments de dragages portuaires ne pouvant pas aller à l'immersion ;
- Participer à la restauration de paysages fortement anthropisés.

Un enjeu

- Valider la compatibilité à long terme du dépôt de sédiments marins dans un écosystème continental.

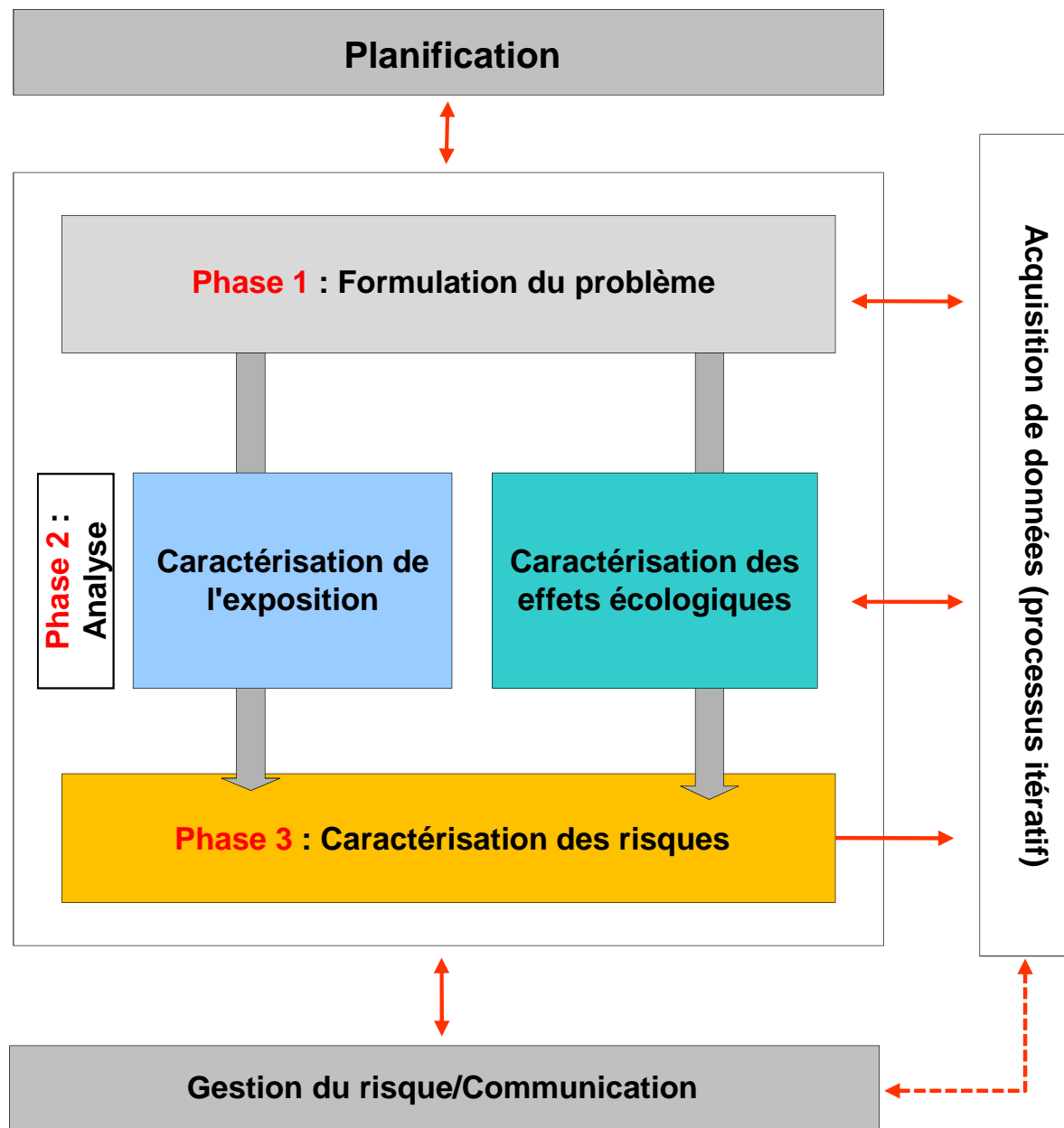


Méthodologie

Mise en œuvre d'une ERE (Evaluation des Risques Ecologiques)

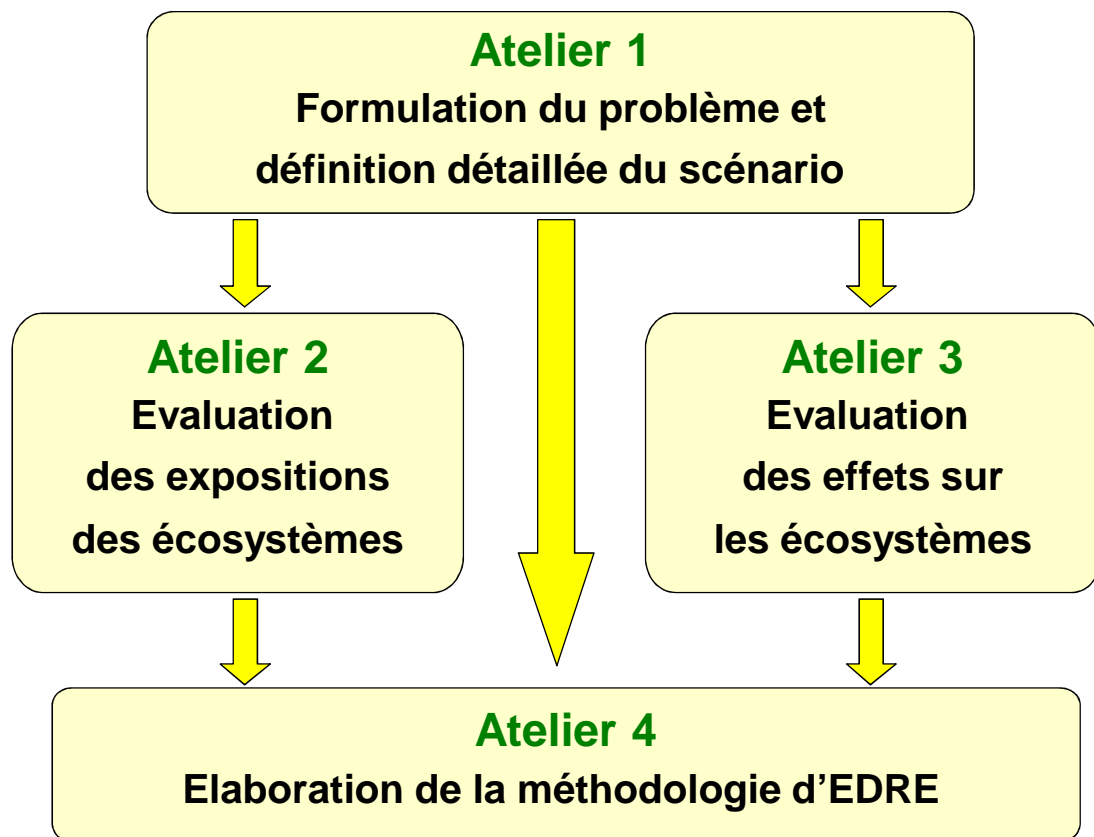
basée sur une adaptation de l'ERE
de l'EPA.

→ **Elaboration d'une
méthodologie adaptée
d'évaluation des risques
écologiques**



Travaux réalisés

Une méthodologie générale (ERE)



appliquée à un scénario
de référence :

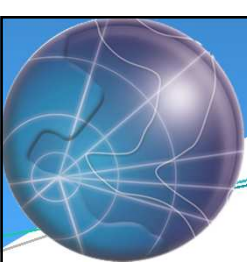
- 3 matrices sédimentaires
- 2 sites ateliers (carrières)
choisis dans les 2
départements pilotes
(Var et Finistère)

Guide méthodologique
SEDIGEST

Phase 1 : Formulation du problème

- Inventaire des données initiales
- Formulation des exigences de préservation des écosystèmes
- Liste des voies de transfert
- Identification des cibles
- Identification des polluants susceptibles d'avoir un effet
- Choix de l'approche d'évaluation de l'exposition et des effets (approche « substances » ou approche « matrice »)
- Estimation des données nécessaires à générer : essais en laboratoire, analyses...
- Elaboration du modèle conceptuel.

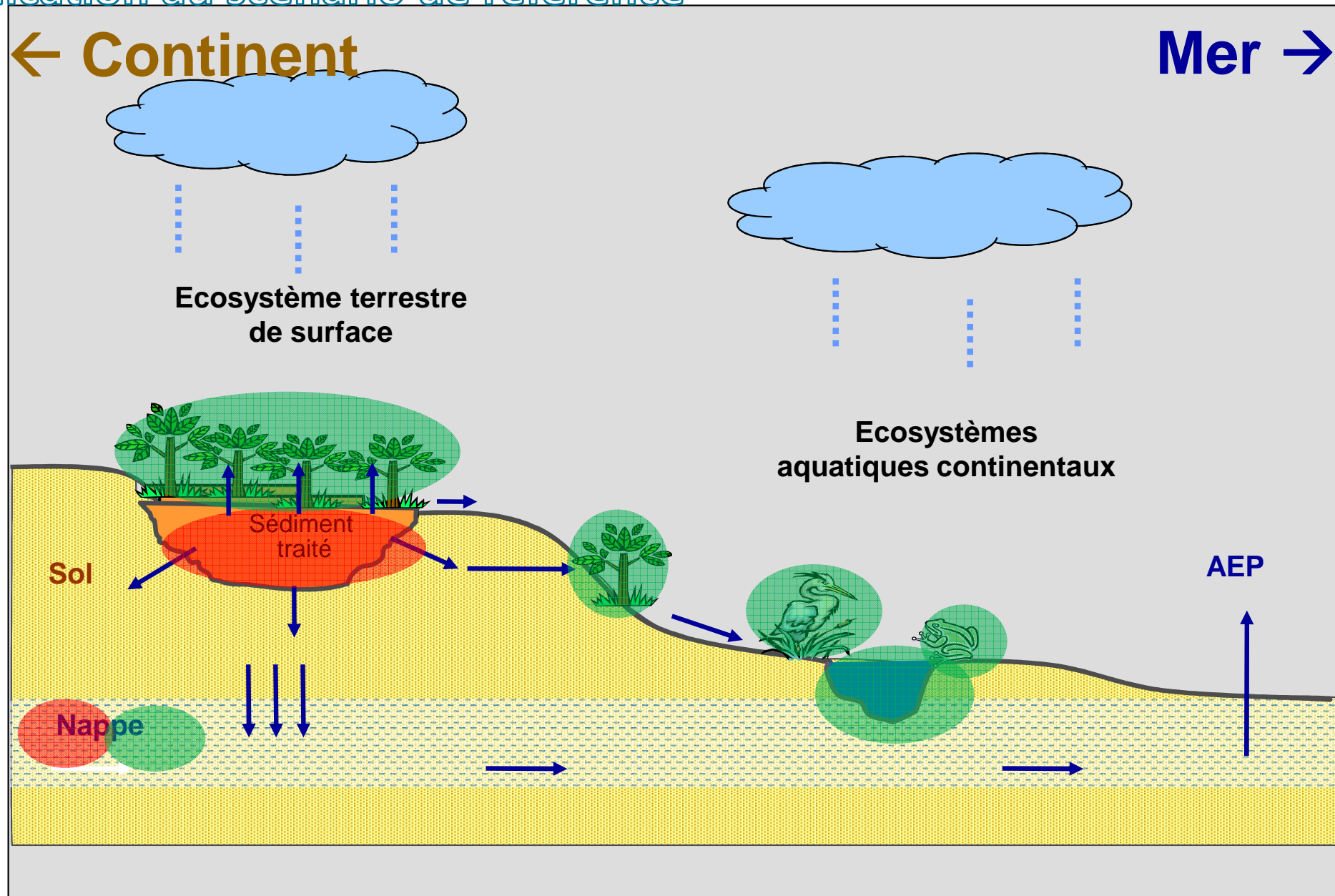
9 étapes

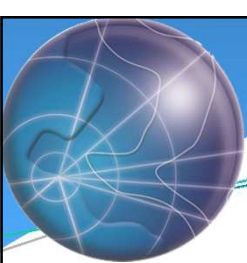


Différences entre l'approche « substances » et l'approche « matrice »

Approche «substances»	Approche «matrice»
Caractéristiques	
Caractérisation des polluants Analyse des substances prises individuellement. (ex. : Plomb, cadmium, zinc, ...) Les valeurs utilisées sont issues des bases de données écotoxicologiques généralement obtenues à partir des essais écotoxicologiques sur des gammes de concentrations de la substance considérée.	Caractérisation des matrices Analyse des matrices (ex. : Déchet, effluent, sol, sédiment, percolat, eau de surface ...) Les essais écotoxicologiques sont réalisés sur des échantillons environnementaux prélevés in situ ou générés à partir d'un dispositif expérimental. Ces essais sont réalisés sur la matrice non diluée ou sur une gamme de dilutions de cette dernière.
Avantages	
Simplicité, faible coût. Permet de fixer facilement des objectifs de réhabilitation en termes de concentrations dans les milieux.	Prise en compte des interactions possibles entre les substances présentes dans le compartiment étudié Meilleure prise en compte de la biodisponibilité des polluants.
Limitations	
Interactions (additivité, antagonisme ou synergie) entre les substances non prises en compte. Biodisponibilité des substances peu ou mal appréciée.	Complexité plus grande Coût plus important
Applicabilité des approches	
Les substances contenues dans les sédiments sont majoritairement connues. Dominance de quelques substances toxiques Informations sur les « effets » disponibles pour les substances étudiées Modèles de calcul des transferts et des expositions de substances robustes et éprouvés. Approche possible avec un budget limité	Nature des substances présentes incertaine (identification incertaine des sources) Pas de dominance de toxiques, Les informations sur les « effets » ne sont pas disponibles pour les substances étudiées Modélisation de l'évaluation de l'exposition nécessitant un apport expérimental (ex. : test de percolation sur un déchet) Recherche d'un réalisme plus poussé

→ Application au scénario de référence

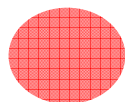




→ Application au scénario de référence

L'ERE a été mise en œuvre pour un scénario pouvant potentiellement conduire à des dommages à un ou plusieurs écosystèmes :

Composante SOURCE :



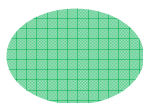
- Dépôt de sédiments prétraités de dragage portuaire
- Nappe phréatique (source de contamination secondaire)

Composante TRANSFERT :



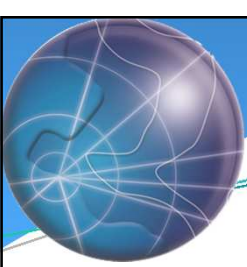
- Percolation dans le sol et la ZNS (zone non saturée) du sol
- Ruissellement latéral
- Bioaccumulation dans les écosystèmes terrestres situés à la surface du dépôt

Composante CIBLE :

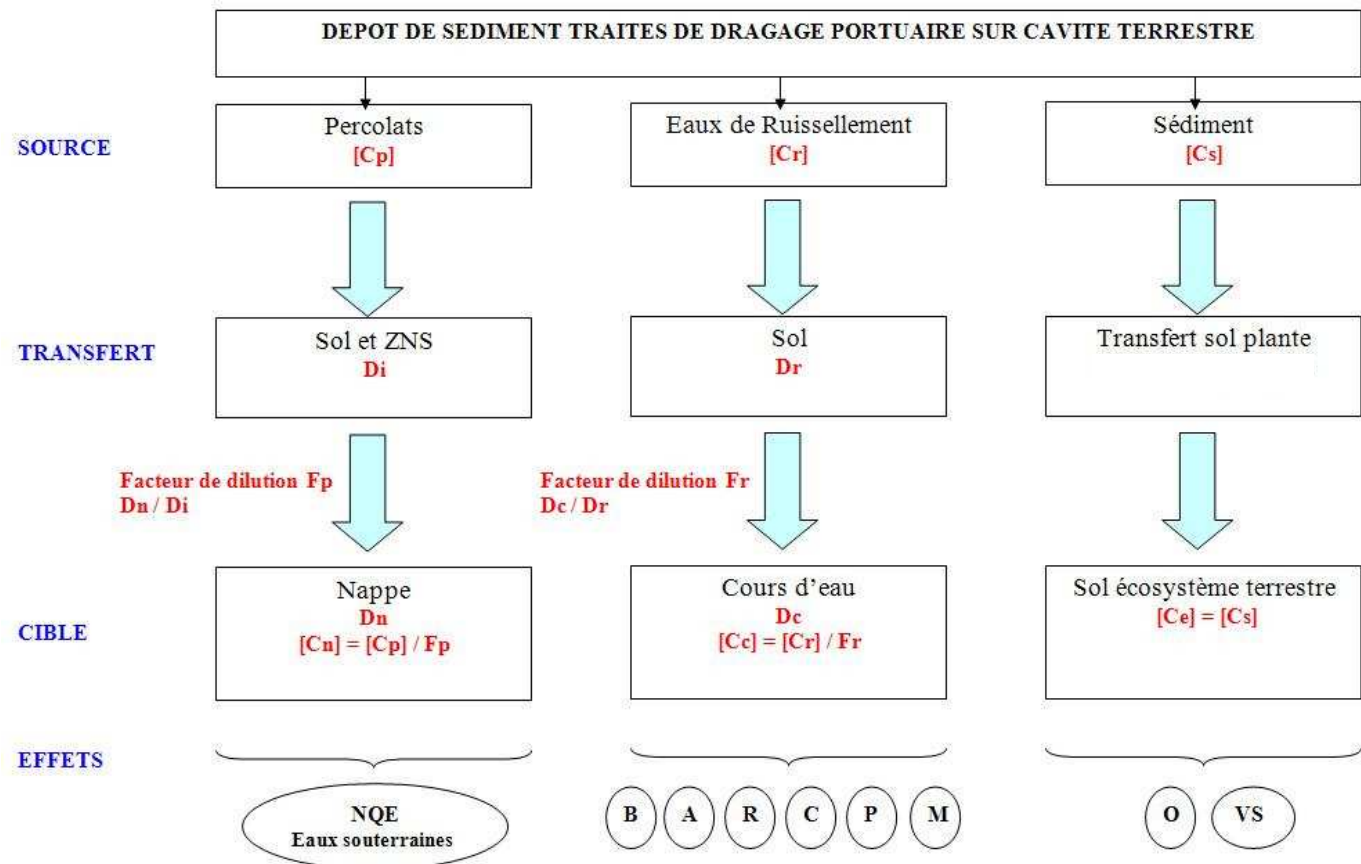


- Ecosystème terrestre situé sur le dépôt
- Ecosystème terrestre situé à proximité du dépôt
- Milieu aquatique : cours d'eau, mare, zone humide
- Nappe phréatique

Phase 1 :
Définition des
sources, des
cibles et des
voies de
transfert



Phase 1 :
Elaboration du
modèle
conceptuel



[Cp], [Cr] et [C] = concentrations respectives des polluants dans les percolats, les eaux de ruissellement, et les sédiments
 Di et Dr = Débits respectifs d'infiltration et de ruissellement latéral
 Dn et Dc = Débit respectifs de la nappe et du cours d'eau
 Fp et Fr = Facteurs de dilution respectifs nappe et cours d'eau
 [Cn], [Cc] et [Ce]) = PEC respectives dans la nappe, le cours d'eau et le sédiment de surface
 B = Bactérie : luminescence, A = Algues : croissance de la population.
 R = Rotifères : reproduction, C = Crustacés : mobilité
 P = Poissons : cytotoxicité
 M = Microcosme (évaluation effets niveau 4)
 O = Oligochètes : test d'évitement sur une gamme de sédiments progressivement lessivés
 VS = Végétaux Supérieurs : émergence et croissance sur une gamme de sédiments progressivement lessivés

Phase 2a : Evaluation des dangers

Les actions à réaliser pour cette phase diffèrent selon l'approche :

Approche « substances » :

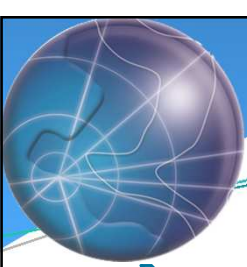
- Rechercher des valeurs de PNEC* disponibles sur les polluants étudiés.
- Analyser les concentrations en polluants dans les sédiments.
- Comparer aux valeurs de PNEC* et conclure sur la dangerosité.

Approche « matrice » :

- Mettre en œuvre des tests d'écotoxicité sur les sédiments.
- Conclure sur la dangerosité.

→ Conclusion sur la dangerosité de la composante SOURCE.

*PNEC : Predicted Non Effect Concentration



→ Application au scénario de référence :

Approche « substances » : Bibliographie et analyses détaillées sur les sédiments : granulométrie, concentrations en métaux lourds, HAPs, TBT et dérivés, sulfates, chlorures.

→ **Les concentrations dépassent les valeurs PNEC.**

Approche « matrice » : mise en œuvre de tests d'écotoxicité sur le sédiment pré-traité : vers de terre (tests d'évitement) et végétaux (tests d'inhibition de germination).

→ **Les tests montrent un effet significatif pour les organismes testés.**

→ **Les deux approches concordent et montrent un danger intrinsèque dans le sédiment. Il est donc nécessaire de poursuivre la méthodologie.**

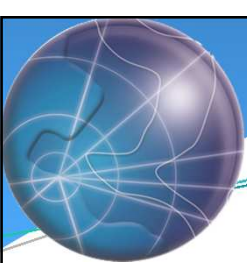
Définition du
potentiel de
danger

Phase 2 : Valeurs de PEC

Il s'agit ensuite d'estimer la teneur probable (PEC^*) des substances **DANGEREUSES** au niveau des **CIBLES** en tenant compte des phénomènes intervenant lors du TRANSFERT (dilution, adsorption, évaporation, bioaccumulation, oxydation...).

Que ce soit dans le cadre de l'approche « matrice » et de l'approche « substances », cette étape induit un **certain nombre d'études complémentaires**, dont la complexité dépend du niveau d'évaluation choisi.

*PEC : Predicted Environmental Concentration



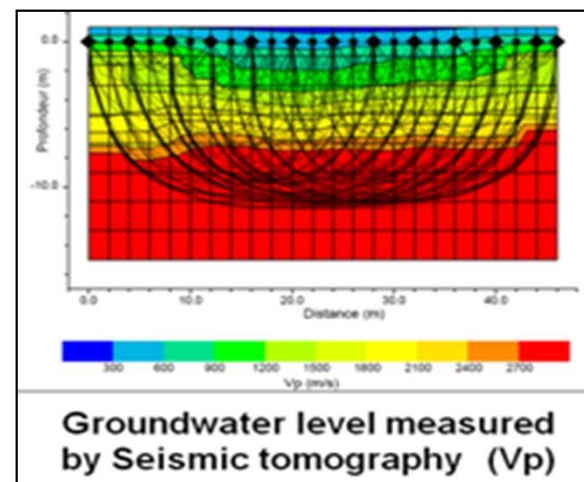
Etudes envisageables pour évaluer les PEC :

ETAPES DE TRANSFERT	ETUDES MOBILISABLES
EMISSIONS (PERCOLATS)	<ul style="list-style-type: none">-Bilan hydrique du dépôt soumis à la pluie (niveau 1),-Simulation expérimentale des percolats émis (essai en lysimètre) (niveau 3), dans les conditions du bilan hydrique du site,-Etude poussée du comportement à l'eau des sédiments et des polluants majeurs identifiés lors de la caractérisation des dangers, et modélisation des émissions du dépôt (niveau 2) sur la base des résultats de cette étude et des données de la littérature.
RUISSELLEMENT LATERAL	<ul style="list-style-type: none">-Si pente importante et distance au cours d'eau et perméabilité faibles: ruissellement considéré comme total, et calcul de dilution dans le cours d'eau (niveau 1),-Si pente faible et sol perméable à semi perméable : étude du ruissellement latéral (niveau 2)
TRANSFERTS DANS LA ZNS	<ul style="list-style-type: none">- Etude in situ de l'hétérogénéité du sol de la ZNS (recherche de chemins préférentiels (niveau 4),- Si hétérogénéité du sol démontrée : hypothèse de transfert total (niveau 1),- Si homogénéité du sol démontrée : modélisation spatio-temporelle du transfert dans la ZNS (niveau 2).
TRANSFERTS DANS LA NAPPE	<ul style="list-style-type: none">-Calcul simplifié des concentrations dans la nappe en aval immédiat du dépôt (niveau 1)-Modélisation spatio-temporelle approfondie du transfert dans la nappe :-pour des substances non réactives (niveau 2.1),-avec adsorption par le sol (niveau 2.2),- et avec biodégradation (niveau 2.3)

→ Application au scénario de référence :

Plusieurs études complémentaires ont été réalisées dans le cadre du scénario de référence :

- Lysimètre sur les sédiments.
- Etudes de comportement à l'eau des sédiments.
- Modèle numérique d'émission de polluants (logiciel PHREEQC).
- Etude d'hétérogénéité du sous-sol de la carrière envisagée.



Phase 2a :
Evaluation des
teneurs en
substances
dangereuses
dans les CIBLES
après TRANSFERT



→ Obtention des PEC dans les cibles, après transfert.



Phase 2 : Caractérisation des effets

Les actions diffèrent selon qu'on se trouve dans l'approche « matrice » et dans l'approche « substances » :

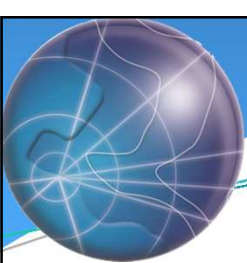
Approche « substances » :

Poursuite de la phase de définition des dangers (valeurs de références PNEC manquantes)

Approche « matrice » :

- Sélection des échantillons représentatifs de la matrice : sédiment, percolat ;
- Réalisation de bio-essais ;
- Obtention d'une PNEC.

*PNEC : Predicted Non Effect Concentration



→ Application au scénario de référence :

Approche « matrice »

Réalisation de bio-essais sur sédiment et percolats :

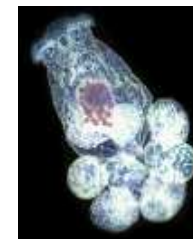
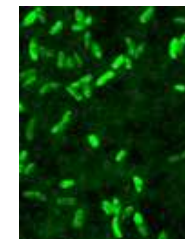
→ Ecosystème situé à la surface du dépôt :

- Inhibition de la germination et tests de croissance de plantes
- Tests d'évitement de vers de terre.

+ mêmes tests réalisés après des essais de lessivage simulant l'action de la pluie sur les sédiments de la couche supérieure du dépôt (T + 1 mois, + 2 mois..., + 36 mois)

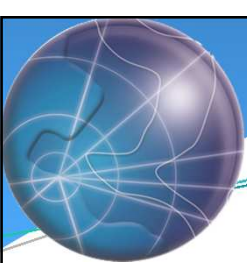
→ Ecosystème aquatique latéral :

- Bio-essais monospécifiques sur organismes d'eau douce : Microtox (*Vibrio fischeri*), Daphnies, Algue d'eau douce, Rotifères.
- Bio-essais sur microcosmes 2 L et 40 L.



Phase 2b :
Caractérisation
des effets

→ Détermination de la PNEC pour chaque milieu cible.



Phase 3 : Evaluation des risques écologiques

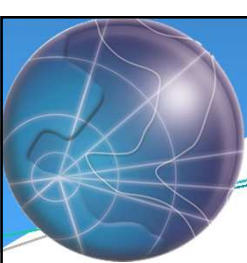
Cette dernière phase consiste à calculer un indice de risque (IR) :

$$IR = PEC/PNEC$$

Valeur de R	Interprétation
IR >> 2	Risque significatif
IR proche de 1	Affiner l'évaluation
IR < 0,5	Risque acceptable

Source : TGD, 2003. Deener, 2000. Donguy et Perrodin, 2006.

→ Conclusion sur le risque écologique pour chaque CIBLE.



Pour plus d'informations :

- Le site internet de SEDIGEST : www.sedigest.org
- Le guide méthodologique téléchargeable sur www.sedigest.org rubrique « Guide d'évaluation des risques »
ou sur www.invivo-environnement.com rubrique « Recherche et développement »
- Contacts des coordinateurs du programme :
Y. PERRODIN, ENTPE (Yves.PERRODIN@entpe.fr)
R. MORETTO, INSAVALOR (robert.moretto@insavalor.fr)

