



DÉPOLLUTION & EFFETS REBOND

PRÉSENTATION DU « GUIDE DE BONNES PRATIQUES POUR L'ARRÊT DES TRAITEMENTS EN PLACE (IN SITU) »

Daniel Hubé

1^{er} décembre 2022



Une étude puis un rapport: besoins motivés par un constat

Les traitements in situ représentent entre 40 et 50 % des opérations de dépollution.

La conduite de ces opérations est majoritairement bien maîtrisée par les acteurs du domaine.

Concentrations / teneurs et masses extraites suivent en fonction du temps une **évolution asymptotique** (courbes de décroissance des concentrations ou de croissance des masses extraites en fonction du temps qui se rapprochent d'une limite sans la rencontrer).

L'objectif général d'atteindre une asymptote à l'issue du traitement est une bonne pratique.

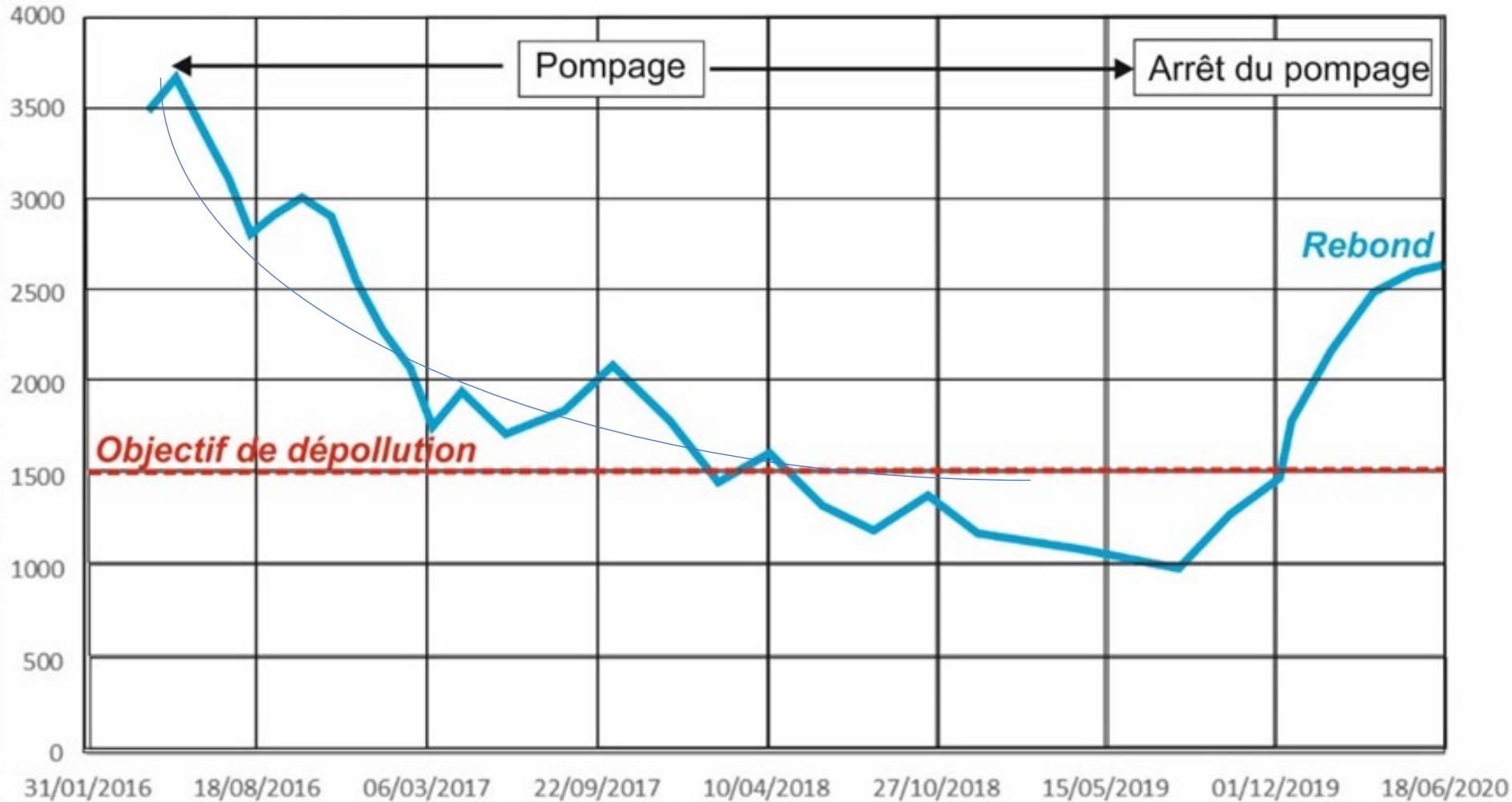
Mais à l'arrêt, les équilibres in situ changent et la tendance asymptotique est souvent rompue. Les concentrations peuvent remonter → l'objectif semblant être atteint à l'instant t ne l'est plus à l'instant $t+1$.

Comment s'arrêter et garantir de la stabilité de la situation et la pérennité de l'atteinte des objectifs de dépollution ?

DEMAIN, J'ARRÊTE !

En préambule du rapport « Guide de bonnes pratiques pour l'arrêt des traitements en place (in situ) »

Evolution des concentrations dans les eaux souterraines au cours d'un pompage-traitement ($\mu\text{g/L}$)



« La déception c'est la différence entre tes illusions et la réalité »

Patrick Lampin



Compte tenu des risques de survenue d'effets rebonds, comment s'assurer que l'état constaté au moment de l'atteinte des objectifs de dépollution in situ est bel et bien stabilisé ? Avec en creux les questions posées

- 1) du temps nécessaire au constat de cette stabilité et**
- 2) des protocoles opératoires à appliquer pour établir ce constat.**

Tels sont les enjeux de l'étude et du rapport !



Etape 2: RETEX (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni et États-Unis). Défauts de protocoles d'arrêt

A l'heure actuelle, **il n'existe pas au niveau français** de document de cadrage relatif à l'arrêt des traitements de dépollution in situ. Le phénomène d'effets rebonds et ses conséquences sont bien identifiés et mentionnés dans différents documents de référence, quels que soient les milieux concernés. Les modalités d'arrêt semblent être définies **au cas par cas par les opérateurs de la dépollution** en lien avec l'administration, sans qu'il y ait d'harmonisation des pratiques et des méthodes à l'échelle nationale.

Absence de protocoles d'arrêt généralisés à l'ensemble des opérations de dépollution in-situ à l'étranger (dans les documents SSP des pays consultés) → modalités de surveillance aux termes de l'ISCO dans le cas des Pays-Bas.



Etape 3: Définition des points clés de cadrage

Les discussions BRGM / Ministère en charge de l'environnement / BE / opérateurs en 2020 → ont conduit à mettre en avant les principaux points clefs encadrant les modalités d'arrêt des traitements in-situ :

1. **Qualité et proportionnalité des diagnostics** nécessaires avant de s'engager dans les travaux ;
2. La **conception / le dimensionnement préalables du traitement** même si la mise en œuvre opérationnelle sur le terrain impose une certaine **flexibilité** au regard du contexte ;
3. La définition, avant le démarrage des opérations, **d'objectifs réalistes et atteignables**, notamment du point de vue technique ;
4. **L'adaptabilité du protocole de réception** au contexte du site, à sa problématique et à l'approche retenue (réduction de la masse ou atteinte d'une teneur / concentration résiduelle) ;
5. **Le suivi à pas de temps régulier du traitement** (monitoring) en vue de son arrêt.

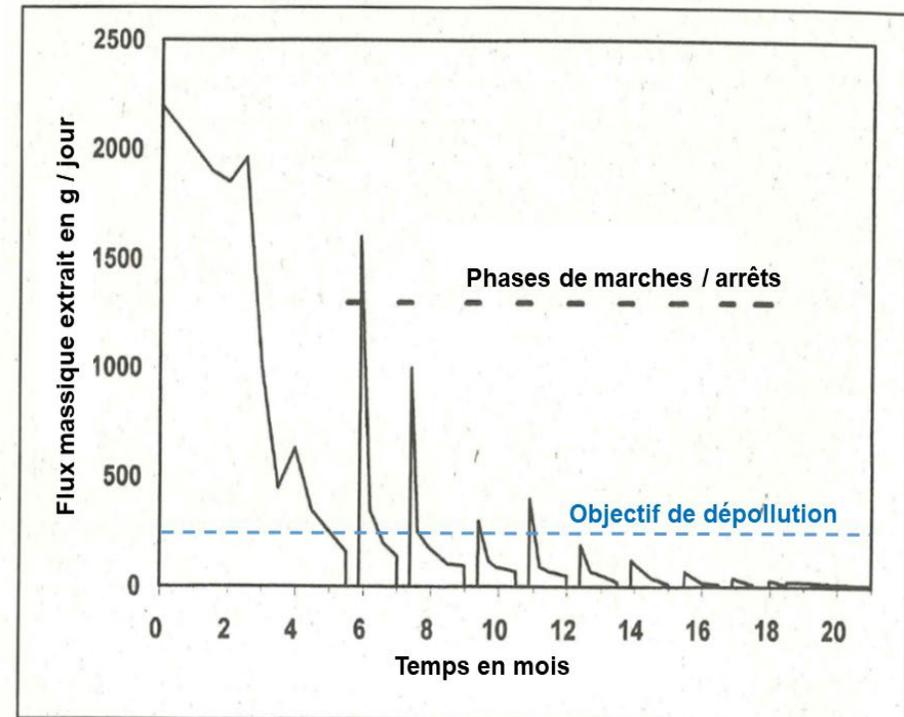
Définition des modalités d'arrêt des techniques par extraction

Comparaison entre l'état initial (diagnostic et bilan massique) et 1) **les masses résiduelles finales** (nouveau diagnostic, bilan massique actualisé) et/ou 2) **les masses totales extraites**.

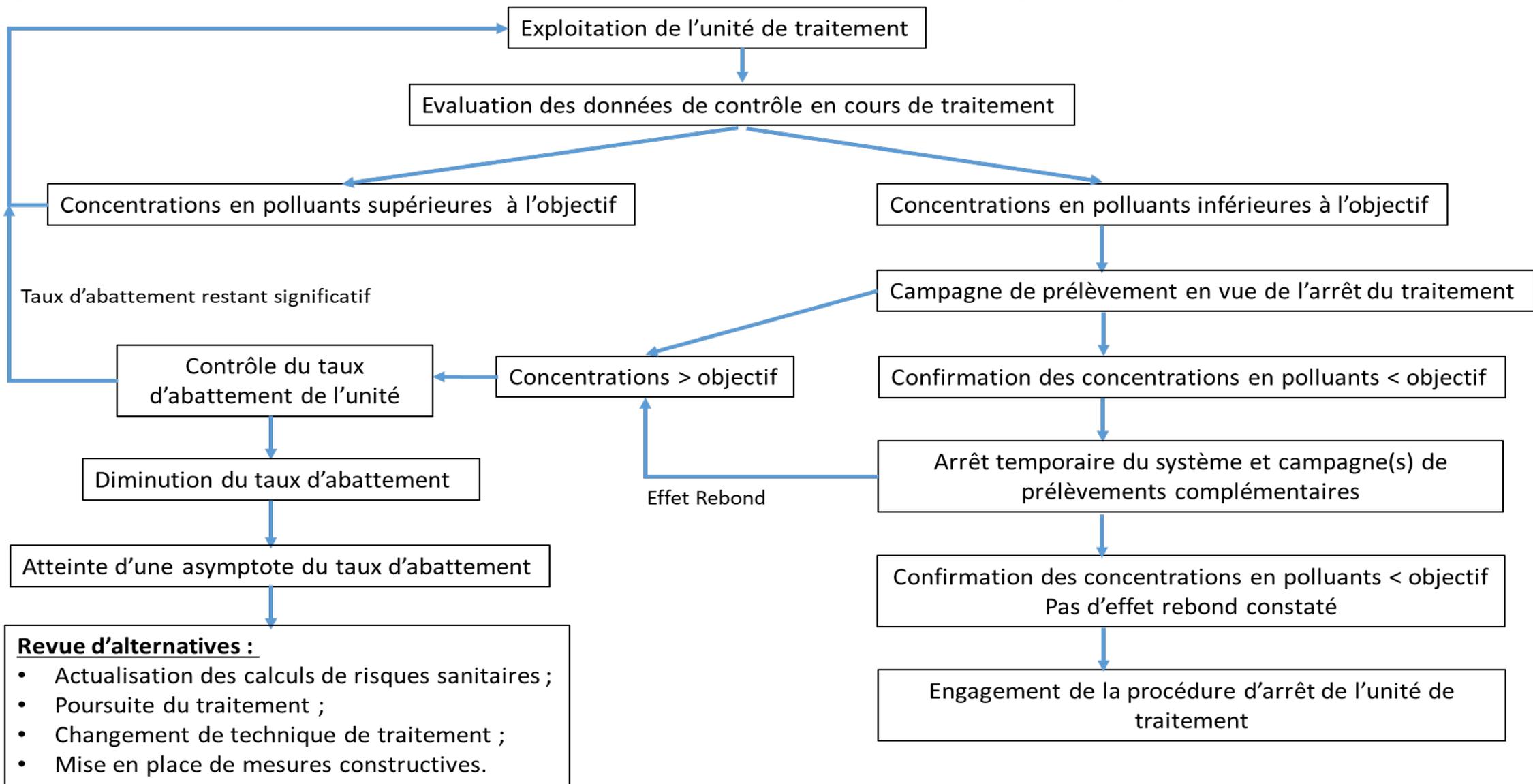
1. Pour se prémunir de la survenue inattendue d'effets rebond lors du venting, EMP ou du P&T, il est recommandé d'effectuer, avant la date d'arrêt prévisionnelle, des tests d'arrêt temporaire du système et de relance (marche / arrêt) ou « **Stop & Go** » sur des durées et périodes à adapter selon la technique et les caractéristiques du milieu à traiter (plages horaire à hebdomadaire). Il est courant de mettre en œuvre plusieurs cycles de marche / arrêt (au moins 2-3) lors d'un traitement in situ ou on site.

2. Un **monitoring des différents flux extraits et traités** à l'avancement permet d'ajuster et d'optimiser le fonctionnement et l'efficacité des unités d'extraction et/ou de traitement.

Exemple d'évolution des flux massiques extraits (g/jour, en ordonnée) en fonction du temps pour un venting conduit selon un protocole en marche / arrêt (source : d'après LfU BADEN-WÜRTTEMBERG)



Etape 4: Définition des modalités d'arrêt des techniques par extraction



Définition des modalités d'arrêt des techniques par destruction (chimique et/ou biologique)

Pour ce type de techniques, **l'atteinte des objectifs de dépollution est plus difficile à établir** puisqu'il n'y a pas de capacité de contrôle directement sur la masse de polluants traitée.

La réception de ce type de traitement s'appuie surtout sur les **mesures de concentrations émises dans les voies de transfert** (gaz du sol, fraction dissoute dans les eaux souterraines).

L'arrêt de ce type de traitement s'effectue donc à partir des **résultats des prélèvements et des analyses réalisées à différentes reprises dans les ouvrages de contrôles prévus aux abords** (amont / aval) de la zone traitée et **d'investigations réalisées au droit de cette dernière.**

Un processus de surveillance permettant de statuer à l'arrêt du traitement *in-situ* en 3 à 4 étapes

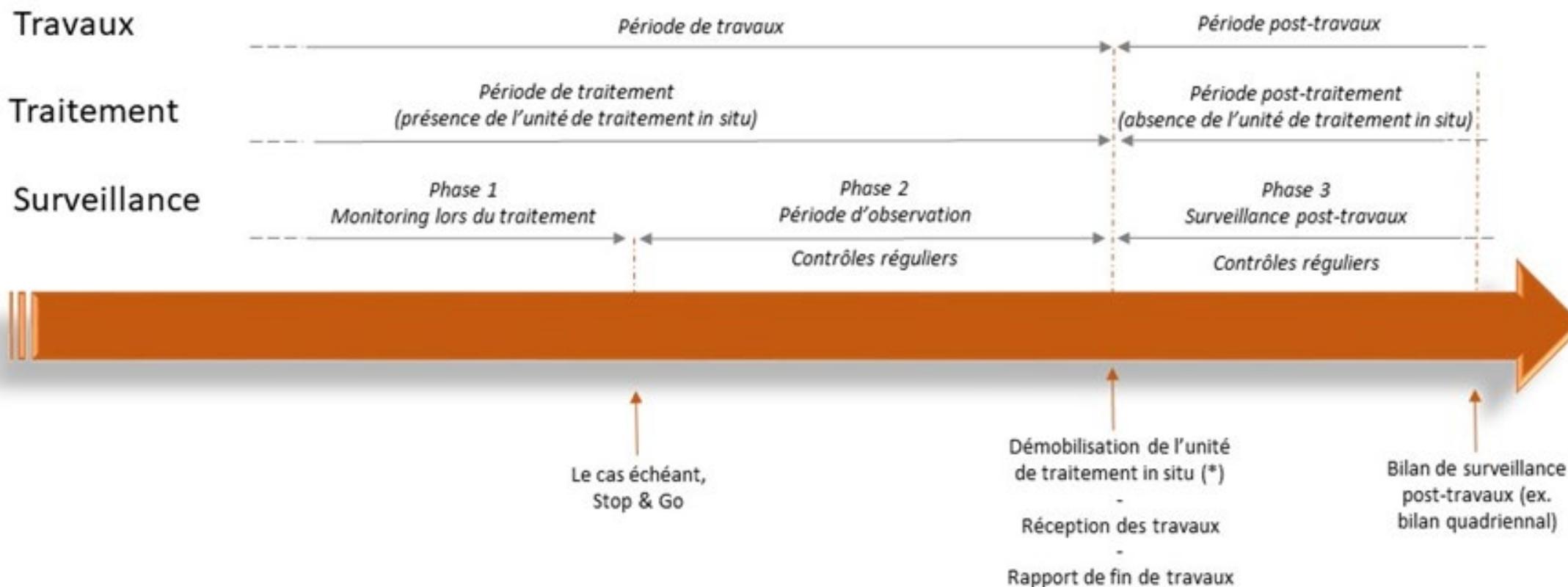
Concernant la surveillance d'une opération de traitement *in situ*, au moins quatre étapes peuvent être généralement distinguées :

1. **Etape 1** : une phase de **monitoring lors du traitement** ;
2. **Etape 2** : une période dite « **d'observation post-traitement** » durée site-dépendante (quelques jours à quelques semaines, à plusieurs mois, dans d'autres cas).
3. **Etape 2bis** : le cas échéant, sur les sites à enjeux, une période de dite « **de vigilance** » ;
4. **Etape 3** : **une surveillance post-travaux** (qui peut être celle d'un **bilan quadriennal** par exemple).

Il convient de signaler que ce phasage et les durées sont à adapter au cas par cas (selon le principe de spécificité) au regard du contexte du site et des travaux.

Etape 7: Un processus de surveillance permettant de statuer à l'arrêt du traitement in-situ en 3 à 4 étapes

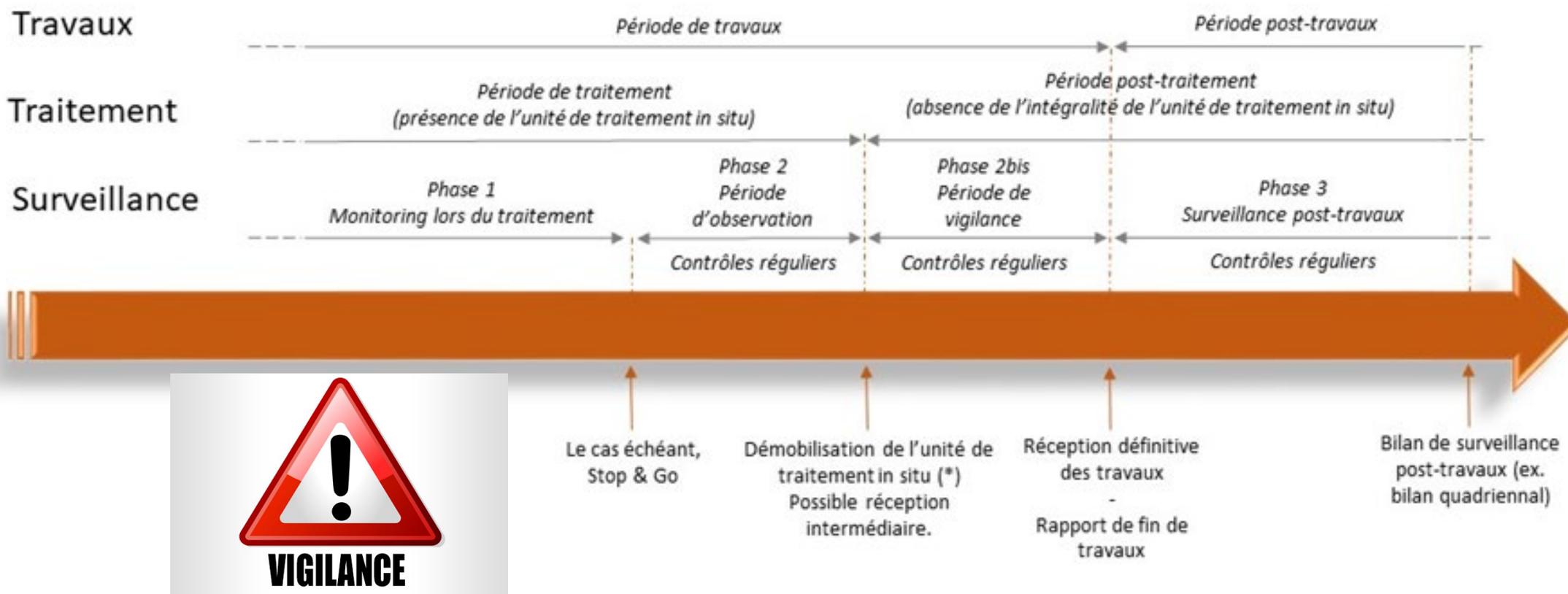
Processus classique d'enchaînement des phases de travaux / traitement et de surveillance dans le cas d'un traitement in situ en contexte peu sensible



(*) : Suivant les chantiers, la démobilisation de l'unité de traitement in situ peut avoir lieu après la phase de réception des travaux.

Etape 7: Un processus de surveillance permettant de statuer à l'arrêt du traitement in-situ en 3 à 4 étapes

Processus classique d'enchaînement des phases de travaux / traitement et de surveillance dans le cas d'un traitement in situ en contexte sensible



(*) : Suivant les chantiers, la démobilisation de l'unité de traitement in situ peut avoir lieu après la phase de réception des travaux.

Conclusion (1)

Aucun document n'existe au niveau français concernant les modalités d'arrêt des installations de traitement in situ, ce qui se traduit par des pratiques hétérogènes et/ou un manque de visibilité sur les protocoles appliqués.

La définition de règles génériques ou l'élaboration d'un protocole unique, contraignant et applicable à tous les contextes, ne sont pas envisageables. Le principe de spécificité (au cas par cas) des sites prend ici toute sa pertinence. → des principes de base et des bonnes pratiques peuvent être utilement mis en avant.

L'arrêt d'un traitement in situ est d'autant plus simple que certains éléments fondamentaux sont connus et correctement réalisés 1) diagnostics permettant notamment d'identifier les contextes propices aux effets rebond 2) essais préliminaires 3) définition d'objectifs réalistes (sur les plans techniques et économiques) et proportionnés.

La durée du traitement doit être en adéquation avec les caractéristiques du site, les teneurs / concentrations mesurées et le rendement épuratoire de la solution retenue.

Conclusion (2)

Depuis la conception jusqu'à la réception, une certaine **flexibilité** doit être recherchée. Cette **marge de manœuvre** peut s'anticiper de différentes manières et à différents moments du processus :

- Intégrer dès la phase de consultation des éléments relatifs à l'apparition d'effets rebonds;
- Introduire si possible lorsque c'est faisable une certaine variabilité / flexibilité des objectifs de dépollution + unités modulables.

La méthodologie de réception du traitement, donc de l'arrêt des installations **doit être anticipée et discutée – autant que faire se peut – le plus amont possible de travaux** afin que chaque acteur puisse bien connaître et appréhender ces modalités du point de vue technique, financier et en terme de durée.

L'étape de vigilance doit être prévue dès la phase de consultation des entreprises et est alors à inclure dans les opérations de réception. La réception n'est prononcée de manière définitive qu'à l'issue de la période de vigilance.

L'Arrêté Préfectoral qui encadre les travaux de dépollution in situ peut prévoir une clause spécifique concernant la durée de la surveillance en période de vigilance, qui s'appuiera sur des données techniques pertinentes. Le Préfet se réserve la possibilité de prescrire une durée de la période de vigilance lorsque les éléments techniques le permettent.

Conclusion (3)

Il est à noter que la **réalisation d'un nombre suffisamment important de contrôles en fin de travaux est indispensable pour évaluer l'efficacité d'une opération de dépollution quel qu'elle soit** (in situ, on site ou hors site) et donc de décider de l'arrêt du traitement ou des travaux.

Même si la multiplication des contrôles ou du suivi représente un coût qui peut être significatif, **cette dépense est à mettre en relation avec le budget global de l'opération et/ou avec les coûts d'une nouvelle intervention sur le site ou à la perception d'une mauvaise gestion d'un chantier.**

Du point de vue sanitaire, la démarche à adopter est :

- 1. De valider l'acceptabilité sanitaire des expositions et pollutions résiduelles;**
- 2. D'avoir une approche conservatoire mais également représentative de la réalité de l'exposition ;**
- 3. De réaliser une étude de sensibilité** qui permettra notamment de tenir compte des incertitudes et de la variabilité des résultats

**MERCI DE
VOTRE
ATTENTION**

