

> Evaluation des variantes d'assainissement

*Un module de l'aide à l'exécution
«Assainissement des sites contaminés»*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

> Evaluation des variantes d'assainissement

*Un module de l'aide à l'exécution
«Assainissement des sites contaminés»*

Valeur juridique de la présente publication

Elaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance, la présente publication est un module de l'aide à l'exécution intitulée «Assainissement des sites contaminés». Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle précise certaines notions juridiques provenant de lois et d'ordonnances, afin de favoriser une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur. Les aides à l'exécution de l'OFEV (appelées aussi directives, instructions, recommandations, manuels, aides pratiques, etc.) paraissent dans la collection «L'environnement pratique».

Impressum

Editeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)
L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Lukas Gasser, BMG Engineering AG, 8952 Schlieren
Christoph Munz, BMG Engineering AG, 8952 Schlieren

Accompagnement OFEV

Reto Tietz, division Sols et biotechnologie
Bernhard Hammer, division Déchets et matières premières

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2014: Module «Evaluation des variantes d'assainissement» de l'aide à l'exécution «Assainissement des sites contaminés». Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1401: 34 p.

Graphisme et mise en page

Valérie Fries, 3063 Ittigen

Traduction

Mona El Barradie, 7213 Valzeina

Photo de couverture

Installations de tir «Allmend Luzern», Schenker Korner & Partner
OFEV/©iStock.com/r.kettler

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1401-f
(il n'existe pas de version imprimée)

La présente publication est également disponible en allemand et italien.

> Table des matières

Abstracts	5	5	Evaluation des variantes techniquement réalisables	25
Avant-propos	7		5.1 Objectifs	25
Résumé	8		5.2 Evaluation de la faisabilité et de l'efficacité	25
Introduction	9		5.3 Evaluation du respect de l'environnement et de l'apport écologique	27
			5.4 Evaluation des coûts	29
			5.5 Choix de la variante optimale et documentation	30
1 Objectif	10		6 Planification et description de la variante optimale pour le projet d'assainissement	31
1.1 Objectif du module	10			
1.2 Structure du module	10			
			Index	32
2 Données de base	12		Annexe	34
2.1 Bases légales	12			
2.2 Principes de l'assainissement	12			
2.3 Principes applicables à l'élaboration d'un projet d'assainissement	13			
3 Présentation schématique de la procédure générale	15			
4 Identification des variantes d'assainissement techniquement réalisables	17			
4.1 Collecte des données de base	17			
4.2 Mesures d'assainissement possibles (étape 1)	17			
4.2.1 Objectifs	17			
4.2.2 Conditions d'applicabilité d'une mesure	18			
4.3 Procédés d'assainissement techniquement réalisables (étape 2)	19			
4.3.1 Objectifs	19			
4.3.2 Facteurs pertinents	20			
4.3.3 Procédés de décontamination	20			
4.3.4 Dispositifs ou procédés de confinement	22			
4.3.5 Atténuation naturelle contrôlée	23			
4.4 Identification des variantes d'assainissement (étape 3)	24			
4.4.1 Objectifs	24			
4.4.2 Documentation des variantes techniquement réalisables	24			

> Abstracts

The module «Evaluation of remediation alternatives» of the implementation guide «Remediation of Contaminated Sites» provides instructions on determining the optimal remediation alternative based on the study on the alternatives for the remediation project. The selection of the evaluation criteria, the weighting of each criterion and the evaluation must be determined and defined based on the site conditions and environment

Keywords:

contaminated sites, remediation procedures, study on the alternatives, remediation project

Das Modul «Evaluation von Sanierungsvarianten» der Vollzugshilfe «Sanierung von Altlasten» enthält eine Anleitung zur Ermittlung der optimalen Sanierungsvariante mittels einer Variantenstudie im Rahmen des Sanierungsprojektes. Die Auswahl der Beurteilungskriterien, die Gewichtung der einzelnen Kriterien und die Bewertung sind standortweise festzulegen und müssen aufgrund der Standortgegebenheiten bzw. des Standortumfelds definiert werden.

Stichwörter:

Altlasten,
Sanierungsverfahren,
Variantenstudie,
Sanierungsprojekt

Le module «Evaluation des variantes d'assainissement» fait partie de l'aide à l'exécution «Assainissement des sites contaminés». Il indique comment choisir la variante optimale en matière d'assainissement, en réalisant une étude des variantes possibles dans le cadre du projet d'assainissement. Pour choisir, pondérer et évaluer les différents critères d'appréciation des variantes, il s'agit de tenir compte du site considéré, de ses caractéristiques et de son environnement immédiat.

Mots-clés:

sites contaminés, procédés d'assainissement, étude des variantes, projet d'assainissement

Il modulo «Valutazione di varianti di risanamento» dell'aiuto all'esecuzione «Risanamento di siti contaminati» contiene le istruzioni per determinare la variante di risanamento ottimale mediante uno studio di varianti nell'ambito del progetto di risanamento. La scelta dei criteri di selezione, la ponderazione dei singoli criteri e la valutazione devono essere stabilite sito per sito e definite in base alle caratteristiche del sito e dell'ambiente circostante.

Parole chiave:

siti contaminati,
metodi di risanamento, studio di varianti, progetto di risanamento

> Avant-propos

A l'heure actuelle, il existe différentes méthodes pour assainir un site contaminé; celles-ci vont de la décontamination (où les matériaux pollués sont excavés et éliminés hors site) au confinement (où l'on constitue une couverture de surface étanche). Potentiel de pollution, potentiel de mobilisation, milieux naturels à protéger et milieu environnant sont autant d'éléments qui font de chaque site contaminé un site unique. C'est pourquoi les mesures d'assainissement doivent être définies au cas par cas.

A cet effet, il convient d'étudier les différentes variantes possibles de manière à pouvoir élaborer concrètement le projet d'assainissement. Visant à harmoniser les études en question et à en assurer la qualité, le présent module décrit la méthodologie à suivre pour les évaluations. Celle-ci permet de définir la variante optimale pour le cas de figure concerné, et ce de manière transparente et objective.

La méthodologie proposée permet ainsi d'atteindre l'un des objectifs fixés par l'ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (OSites), à savoir l'assainissement des sites contaminés selon des procédés adaptés. Enfin et surtout, elle aide à prendre des mesures respectueuses de l'environnement, économiques et répondant aux normes techniques en vigueur – condition à remplir pour obtenir des indemnités selon l'ordonnance du 26 septembre 2008 relative à la taxe pour l'assainissement des sites contaminés (OTAS).

Gérard Poffet
Sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

> Résumé

L'assainissement des sites contaminés nécessite des mesures adaptées au site traité. Ainsi, lorsqu'on commence à élaborer le projet concerné, il convient de choisir, parmi les nombreuses variantes possibles, le meilleur mode d'assainissement, c'est-à-dire celui qui permettra d'assainir le site avec succès et de manière économique, en tenant compte de l'évolution technologique et en respectant l'environnement.

Le choix d'une variante revêt une importance particulière dans la procédure menant à la décision fixant les mesures d'assainissement à prendre ainsi que dans celle de répartition des coûts et d'indemnisation selon l'OTAS. En effet, les pouvoirs publics et les éventuels responsables de la pollution veulent être certains que les moyens financiers alloués sont investis dans un projet qui répond à son objet et respecte les exigences susmentionnées.

Pour évaluer la variante d'assainissement optimale (c.-à-d. celle qui permet d'atteindre les objectifs avec le meilleur rapport coût/efficacité), les procédures et critères d'appréciation adoptés doivent être clairement définis, et les variantes envisagées, documentées avec transparence.

L'envergure de la procédure d'identification et d'évaluation des variantes, ainsi que le niveau de détail requis, dépendent de la complexité du site en présence. En particulier, si l'assainissement est urgent ou de petite portée, il est possible de simplifier la procédure suivie ou de s'en écarter quelque peu; il en va de même si les variantes possibles se ressemblent.

Après avoir obtenu les informations requises sur la base de l'investigation préalable et de l'investigation de détail, la procédure à appliquer est la suivante:

- > Etape 1: parmi les mesures d'assainissement possibles, déterminer dans les grandes lignes lesquelles sont adaptées au site concerné.
- > Etape 2: identifier les procédés d'assainissement qui sont réalisables sur le plan technique.
- > Etape 3: élaborer des variantes en combinant les procédés réalisables sur le plan technique.
- > Etape 4: évaluer les variantes réalisables sur le plan technique selon les critères suivants: applicabilité, efficacité, respect de l'environnement, apport écologique, coûts; choisir la variante optimale.

Structurée par étapes, cette procédure sert de fondement pour déterminer et décrire la variante d'assainissement optimale dans l'étude afférente, étude qu'il convient de réaliser au début du projet d'assainissement. Pour chaque étape, le mode d'évaluation doit être justifié de manière intelligible; la présentation et la description doivent être claires. Il convient ici de souligner que le respect de ces exigences est l'une des conditions à remplir pour recevoir les indemnités OTAS.

> Introduction

En vertu de l'art. 32c de la loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE), les décharges contrôlées et les autres sites pollués par des déchets doivent être assainis lorsqu'ils engendrent des atteintes nuisibles ou incommodantes ou qu'il existe un danger concret que de telles atteintes apparaissent. On suppose qu'en Suisse, près de 4000 sites sont réputés contaminés et requièrent donc d'être assainis.

Conformément à l'art. 4 OSites, les mesures prises pour assainir un site en vertu des dispositions légales s'appliquant doivent correspondre à l'état de la technique¹. Dans la pratique, cette exigence présuppose la réalisation d'une étude des variantes possibles, afin de déterminer un mode d'assainissement adapté au type de site concerné. Etant donné que ce choix a souvent une grande portée sur les plans écologique et financier, il est dans l'intérêt tant des autorités d'exécution que des milieux économiques concernés de définir et d'harmoniser les exigences à respecter pour réaliser et documenter les études en question. Par ailleurs, l'art. 32e, al. 4, LPE prévoit que la Confédération ne verse d'indemnités que pour des mesures qui respectent l'environnement², sont économiques³ et correspondent à l'état de la technique.

Chaque site contaminé étant unique s'agissant de ses propriétés et de son environnement immédiat, il s'agit de choisir, parmi les nombreuses variantes possibles, le mode d'assainissement optimal en suivant une méthode pertinente et transparente.

Il est recommandé que les personnes ou instances tenues d'assainir le site et les autorités concernées se concertent régulièrement pendant la procédure d'évaluation et d'identification de la variante adaptée.

¹ Le terme «état de la technique» désigne des procédés technologiques avancés, qui ont fait leurs preuves dans la pratique (ou lors de tests) et qui peuvent, dans les faits, être appliqués à d'autres sites selon les règles techniques s'appliquant.

² Une mesure est réputée respectueuse de l'environnement lorsqu'elle est conforme à toutes les dispositions légales relatives à la protection de l'environnement.

³ Une mesure d'assainissement est jugée économique s'il s'agit de la mesure la plus pertinente et la moins onéreuse parmi les mesures requises possibles.

1 > Objectif

1.1 Objectif du module

La méthodologie décrite ici vise à permettre de faire un choix pertinent et transparent, en identifiant, parmi les nombreuses variantes possibles, le mode d'assainissement optimal pour le site en question.

Dans la pratique quotidienne, on remarque que ce choix se fait souvent seulement en fonction de la notoriété ou du coût des procédés possibles. L'observation de ces critères aboutit généralement à la variante la mieux connue ou jugée meilleur marché.

Le présent module a pour but de définir les marges de système, les bases, les procédures et les critères utilisés pour identifier et évaluer les variantes d'assainissement en proposant une démarche clairement définie et axée sur la pratique. Pour les cantons, les experts et les personnes ou instances tenues d'assainir, il présente la marche à suivre afin de déterminer la variante d'assainissement optimale. Il constitue également une base importante en vue de l'évaluation des demandes d'indemnités OTAS par l'OFEV. Enfin et surtout, il doit permettre d'éviter que ne soient proposées ou élaborées des variantes pour lesquelles ces indemnités ne pourront pas être versées.

Fondée sur une démarche structurée et sous-tendue par des critères précis, l'étude des variantes décrite dans le présent document vise à choisir la meilleure variante possible, c'est-à-dire celle qui permettra d'atteindre l'objectif fixé en matière d'assainissement, tout en étant économique, respectueuse de l'environnement et conforme aux normes techniques.

1.2 Structure du module

Le présent module est divisé en deux parties:

> **Identification des variantes d'assainissement:** cette partie offre une aide concrète pour déterminer au cas par cas les procédés d'assainissement techniquement réalisables («de l'imaginable au possible»). Dans un premier temps, il s'agit de décrire laquelle des trois catégories de mesures existantes pourrait être envisagée pour l'assainissement (décontamination, confinement, atténuation naturelle contrôlée). Dans un deuxième temps, il convient d'identifier les procédés ou méthodes d'assainissement possibles selon les éléments suivants: propriétés géologiques et hydrogéologiques du sol, nature et répartition des polluants et autres caractéristiques significatives du site. En fonction du type de projet ou de questionnement développé, on détermine si la variante d'assainissement spécifique à un site contaminé consiste en un procédé ou en un ensemble de procédés.

> **Evaluation des variantes d'assainissement:** cette partie aide à identifier une variante optimale en fonction de critères précis («du possible à l'optimal»). Plus spécifiquement, elle montre comment choisir la meilleure option en évaluant concrètement les différentes variantes en fonction des aspects suivants: faisabilité, efficacité, respect de l'environnement, apport écologique et coûts.

2 > Données de base

2.1 Bases légales

La présente publication concrétise les textes du droit fédéral relatifs au traitement des sites pollués.

En vertu de l'art. 32c LPE, les cantons veillent à ce que soient assainis les décharges contrôlées et les autres sites pollués par des déchets (sites pollués), lorsqu'ils engendrent des atteintes nuisibles ou incommodes, ou qu'il existe un danger concret que de telles atteintes apparaissent.

L'OSites concrétise l'article précité.

Selon l'art. 4 OSites, les mesures prises pour assainir un site en vertu des dispositions légales s'appliquant doivent correspondre à l'état de la technique.

Par ailleurs, les dispositions de l'OSites qui concernent la présente publication figurent dans les sections suivantes:

- > Section 3: Besoins de surveillance et d'assainissement
- > Section 4: Buts et urgence de l'assainissement
- > Section 5: Assainissement
- > Section 6: Obligation de prendre des mesures d'investigation, de surveillance et d'assainissement

2.2 Principes de l'assainissement

Visant à juguler durablement les atteintes illicites à l'environnement, un assainissement doit répondre aux principes suivants:

- > **Prévention à la source:** un assainissement doit avant tout permettre de limiter les transports de polluants d'un site vers des biens à protéger, de telle manière que ce site ne nécessite plus aucun assainissement sur le long terme. En d'autres termes, il doit permettre de rester en dessous des limites fixées par l'OSites pour les eaux (souterraines et de surface), le sol et l'air, limites à partir desquelles il est nécessaire d'assainir. Les modalités de l'assainissement dépendant du milieu à protéger, il n'y a pas nécessairement lieu d'éliminer entièrement les polluants du site concerné (pas d'assainissement «de luxe»).
- > **Elimination durable du danger:** l'assainissement doit être une solution définitive; ses effets doivent donc être durables.

> **Résolution du problème de contamination en une ou deux générations:** les mesures d'assainissement doivent avoir déployé leurs effets en l'espace de 25 à 50 ans au maximum, de sorte que les sites concernés puissent alors être laissés tels quels, sans qu'il soit nécessaire de prendre d'autres mesures particulières.

2.3 Principes applicables à l'élaboration d'un projet d'assainissement

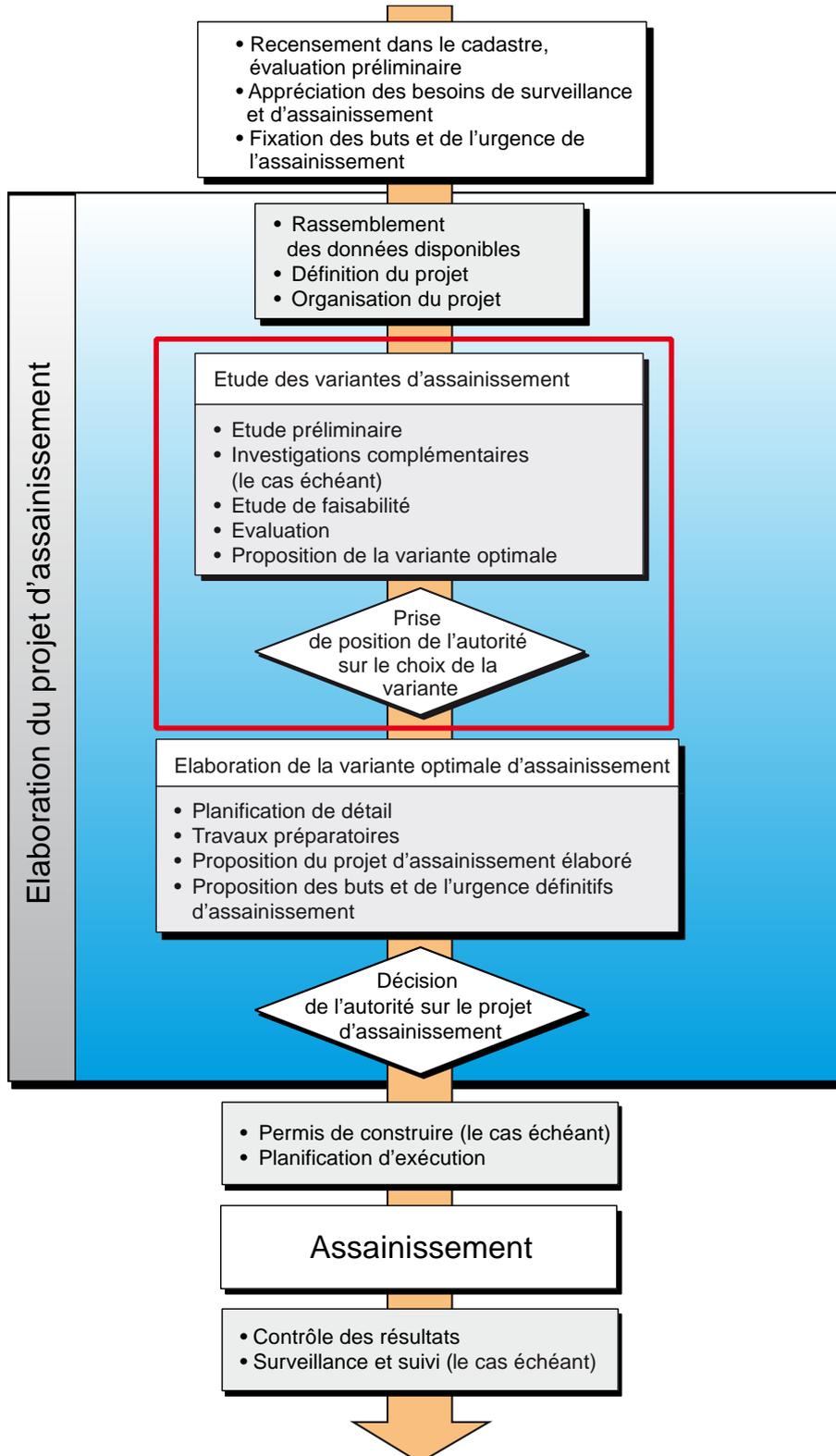
Pour élaborer un projet d'assainissement, il convient de se référer au document intitulé «Elaboration de projets d'assainissement de sites contaminés» publié par l'OFEV en 2001. Les étapes à suivre à cet effet sont présentées dans l'illustration ci-après (fig. 1).

Il est indispensable de disposer de bases solides pour garantir un assainissement optimal et aussi durable que possible. C'est la raison d'être du projet que les personnes ou instances tenues d'assainir doivent élaborer. Dans le cadre de ce projet, il s'agit d'identifier des procédés d'assainissement adaptés au site en présence, pertinents sur le plan écologique, techniquement réalisables et financièrement viables. Le projet permet à l'autorité compétente d'évaluer l'étude des variantes et la solution choisie. En concertation avec les personnes concernées, l'autorité fixe en outre définitivement les objectifs à atteindre et les mesures à prendre pour l'assainissement.

Dans le cadre de cette démarche générale, le présent module sert à identifier et à évaluer les variantes d'assainissement possibles, ainsi qu'à choisir la meilleure d'entre elles.

Fig. 1 > Procédure détaillée pour l'élaboration de projets d'assainissement

Encadré rouge: évaluation de la variante optimale.



3 > Présentation schématique de la procédure générale

Le schéma (fig. 2) montre comment se déroule la procédure d'identification et d'évaluation des variantes d'assainissement.

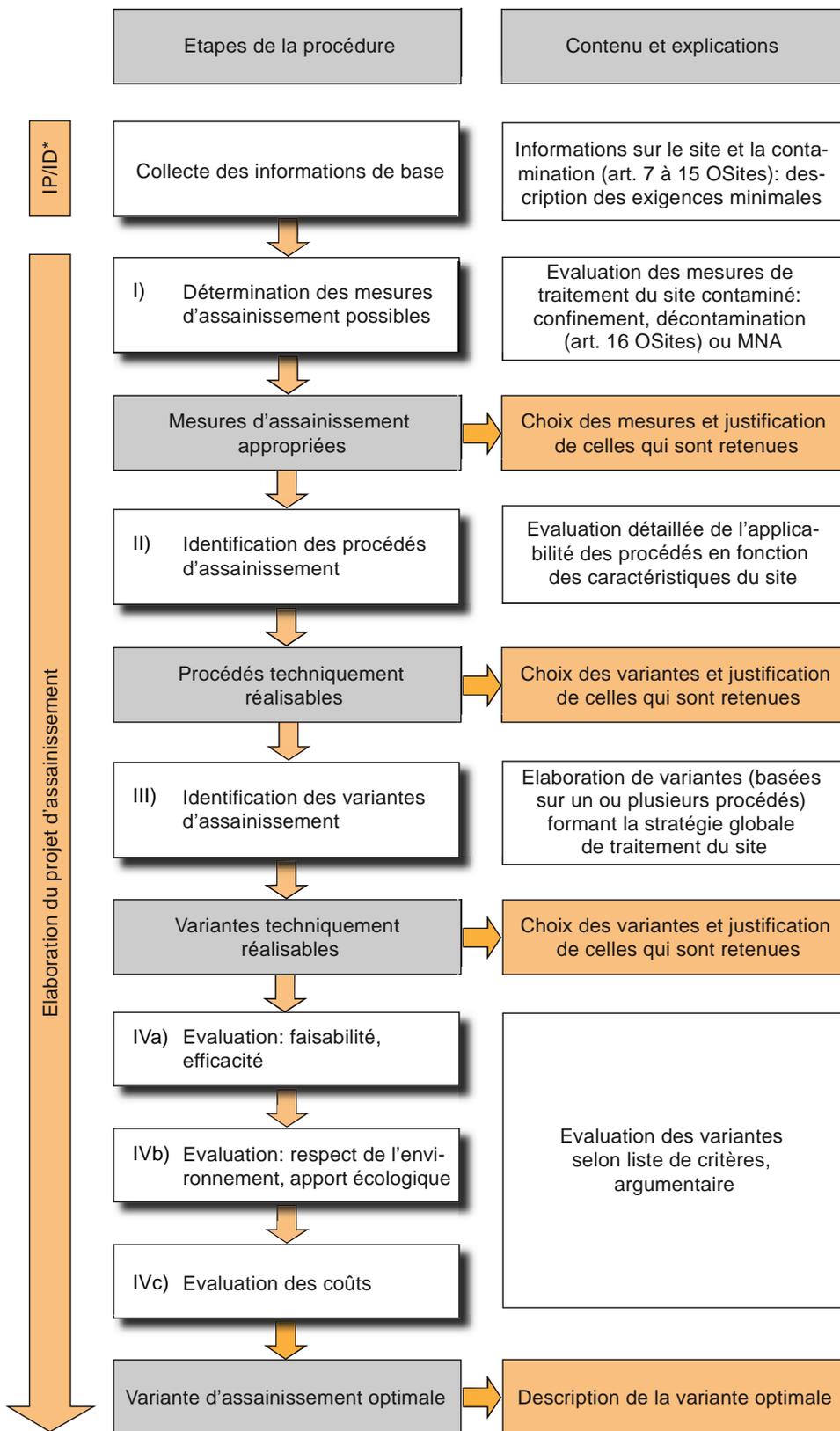
Il s'agit de déterminer, à partir d'un ensemble de procédés d'assainissement, une variante optimale, spécifiquement adaptée au cas en présence. **L'ampleur de la procédure en question ainsi que son niveau de détail dépendent de la complexité du site concerné. Ainsi, il est notamment possible de simplifier cette procédure ou de s'en écarter quelque peu si l'assainissement est urgent ou de petite portée.** Pour des cas complexes, il convient la plupart du temps d'adopter une démarche itérative, où les différents intervenants (personnes ou instances tenues d'assainir, experts et autorités) se concertent régulièrement.

Après avoir obtenu les informations requises sur la base de l'investigation préalable et de l'investigation de détail (cf. art. 7 et 14 OSites), il convient, en procédant par étapes, de déterminer sommairement quelles mesures (parmi celles possibles) sont adaptées à l'assainissement du site concerné (étape 1). Il s'agit ensuite d'identifier et d'élaborer les procédés d'assainissement techniquement réalisables (étape 2). Plusieurs variantes – pouvant comprendre un seul ou plusieurs procédés – sont élaborées sur la base de cette analyse (étape 3). Ce sont ces variantes qui constituent la stratégie globale d'assainissement d'un site contaminé.

Enfin, il convient d'évaluer la faisabilité, l'efficacité, l'impact sur l'environnement, l'apport écologique et les coûts des variantes identifiées (étape 4), de manière à choisir la variante optimale.

L'annexe contient un exemple fictif de la procédure en question.

Fig. 2 > Déroulement de la procédure d'identification et d'évaluation des variantes d'assainissement



*IP/ID = investigation préalable / investigation de détail

4 > Identification des variantes d'assainissement techniquement réalisables

4.1 Collecte des données de base

Il s'agit en premier lieu de collecter les données relatives au lieu concerné et au site contaminé qui s'y trouve et de vérifier qu'elles sont complètes et pertinentes.

Outre les données générales sur le site en question, il convient de regrouper tous les documents disponibles ainsi que les informations importantes mises au jour lors de l'investigation préalable et l'investigation de détail (cf. art. 14 et 15 OSites) et portant en particulier sur le type, l'emplacement, la quantité et la concentration des substances présentes dangereuses pour l'environnement (potentiel de pollution) ainsi que sur le type, la charge et l'évolution des atteintes à l'environnement potentielles ou avérées (potentiel de mobilisation, évaluation des risques). L'emplacement et l'importance des domaines environnementaux menacés ainsi que les buts fixés et l'urgence de l'assainissement seront également pris en considération.

4.2 Mesures d'assainissement possibles (étape 1)

4.2.1 Objectifs

La première étape consiste à identifier sommairement les mesures permettant d'assainir un site contaminé particulier. Selon l'art. 16 OSites, les mesures d'assainissement possibles sont les suivantes:

- > décontamination: opération qui vise à éliminer des substances dangereuses pour l'environnement;
- > confinement: opération qui vise à empêcher et à surveiller durablement la dissémination des substances dangereuses dans l'environnement.

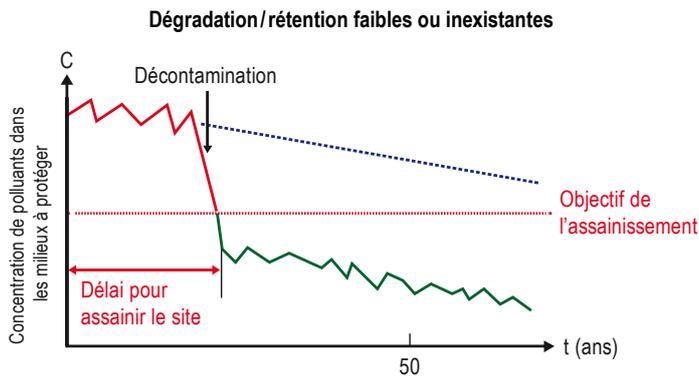
Dans certaines conditions (cf. chapitre suivant), les objectifs en matière d'assainissement peuvent également être atteints sans prendre de mesures actives, une surveillance du site étant suffisante:

- > atténuation naturelle contrôlée (monitored natural attenuation, MNA): les objectifs de l'assainissement sont atteints dans le délai prescrit en laissant opérer les processus naturels de dégradation et de rétention des polluants dans le sol.

4.2.2 Conditions d'applicabilité d'une mesure

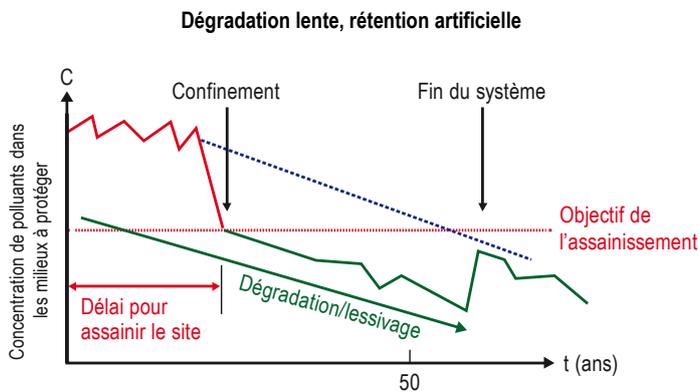
Ci-dessous sont décrites en bref les propriétés des trois mesures mentionnées ainsi que les conditions auxquelles elles sont applicables:

Fig. 3 > Conditions d'applicabilité d'une mesure



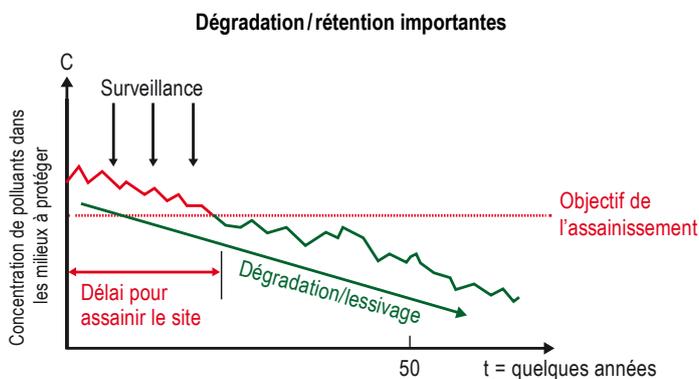
Décontamination

Opération visant à éliminer les polluants, requise lorsque les émissions de polluants persistants ne peuvent pas être ramenées en dessous du seuil admissible dans le délai prescrit (ou en l'espace d'une ou deux générations), en raison d'une rétention ou d'une dégradation insuffisante.



Confinement

Opération essentiellement indiquée lorsque les informations disponibles sur la contamination montrent que les polluants se seront fortement dégradés et que le site pourra être laissé tel quel (c.-à-d. sans devoir prendre d'autres mesures) en l'espace d'une ou deux générations (p. ex. anciennes décharges d'ordures ménagères, sites pollués par des huiles minérales). Elle requiert une surveillance continue jusqu'à ce que les atteintes à l'environnement ne dépassent plus le seuil admis, et ce, sans que d'autres mesures de confinement ne doivent être prises.



Atténuation naturelle contrôlée (MNA)

Mode de gestion des sites pollués consistant à surveiller les processus physiques, chimiques et biologiques naturellement à l'œuvre dans le sol qui permettent de réduire les émissions de polluants. Ne constituant pas une mesure d'assainissement à proprement parler, la MNA est indiquée lorsque les polluants présents se dégradent naturellement de manière rapide. Le laps de temps nécessaire pour atteindre l'objectif d'assainissement fixé doit être inférieur au délai prescrit. Par ailleurs, cette solution requiert une surveillance continue des polluants à l'origine de la nécessité d'assainir.

Ci-dessous sont présentées les conditions auxquelles une mesure est applicable (étape 1):

Fig. 4 > Conditions auxquelles une mesure est applicable (étape 1)

Mesure	Conditions requises
<ul style="list-style-type: none"> • Décontamination <ul style="list-style-type: none"> – Elimination des substances nocives pour l'environnement, en les extrayant ou en les détruisant à la source 	<ul style="list-style-type: none"> • $T_{(délai)} < 50 \text{ Jahre} < T_{(dégradation)}$
<ul style="list-style-type: none"> • Confinement <ul style="list-style-type: none"> – Prévention de la propagation des substances nocives pour l'environnement 	<ul style="list-style-type: none"> • $T_{(délai)} < T_{(dégradation)} < 50 \text{ ans}$
<ul style="list-style-type: none"> • Atténuation naturelle contrôlée (MNA) <ul style="list-style-type: none"> – Surveillance des processus naturels de rétention et de dégradation 	<ul style="list-style-type: none"> • $T_{(dégradation)} < T_{(délai)}$

Pour des assainissements complexes, il peut être nécessaire de combiner plusieurs mesures et d'associer, par exemple, une décontamination partielle à un confinement ou à une MNA.

4.3 Procédés d'assainissement techniquement réalisables (étape 2)

4.3.1 Objectifs

L'étape 2 vise à offrir aux personnes ou instances tenues d'assainir une vue d'ensemble des procédés d'assainissement qui, dans les conditions qui prévalent, sont réalisables sur le plan technique.

Pour déterminer dans quelle mesure un procédé est applicable, on peut se référer, d'une part, aux valeurs empiriques des sociétés proposant des technologies d'assainissement et, d'autre part, aux différents modules de l'aide à l'exécution «Assainissement des sites contaminés» de l'OFEV («Elaboration de projets d'assainissement de sites contaminés», «Confinement des sites contaminés par des décharges» et «Assainissement in situ»).

Ci-après sont présentés plusieurs facteurs qui peuvent être pertinents pour identifier des procédés d'assainissement.

4.3.2 Facteurs pertinents

Pour déterminer dans quelle mesure un procédé d'assainissement est applicable à un site contaminé donné, il convient de prendre en compte notamment les facteurs suivants:

> **Sols/Géologie:** les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques du site déterminent dans quelle mesure un procédé est adapté ou non. Il convient en particulier de savoir si les polluants à l'origine de la nécessité d'assainir se situent dans des zones du sol saturées ou insaturées. En effet, dans les eaux souterraines, la vitesse, l'orientation et la puissance de l'écoulement jouent un rôle important dans la migration des polluants.

Il convient également de considérer la structure du sol (stratification, remblai artificiel), la distribution granulométrique (argiles, limons, sables et graviers) et la capacité d'adsorption de certains polluants.

> **Polluants:** suivant le type de polluants en présence (substances inorganiques, organiques, volatiles, non volatiles, etc.), certains procédés ne peuvent pas être utilisés. Il est donc impératif de savoir quels polluants le site renferme et de connaître leurs propriétés.

> **Autres caractéristiques du site:** suivant le type de site, certains procédés requérant beaucoup d'espace ou de temps peuvent être exclus d'emblée.

L'investigation préalable et l'investigation de détail renseignent précisément sur les caractéristiques du site contaminé. Si certaines informations significatives manquent, il convient de les obtenir avant de commencer le projet d'assainissement. Si des informations d'importance moindre font défaut, celles-ci ainsi que les hypothèses formulées à ce sujet doivent être documentées.

Les chapitres ci-après donnent une vue d'ensemble des différents procédés existants ainsi que de leur applicabilité en fonction des conditions susmentionnées. Conçue comme aide, la liste fournie n'est pas exhaustive.

4.3.3 Procédés de décontamination

La décontamination peut être réalisée à l'aide de plusieurs types de **procédés**: «**in situ**», «**sur site**» et «**hors site**». Les tableaux 1 et 2 contiennent une liste des principales techniques existantes.

Dans les procédés hors site, les déchets sont excavés, puis traités («**dig and treat**») ou mis en décharge («**dig and dump**»). A l'instar des procédés précités, les techniques sur site impliquent aussi d'excaver les matériaux pollués; la seule différence réside dans le fait que ceux-ci sont traités sur place, ce qui requiert davantage d'espace pour réaliser les travaux. Le tableau ci-dessous présente les principaux procédés hors site et sur site.

Tab. 1 > Procédés hors site et sur site

Traitement	Procédés thermiques	Incinération dans une installation d'incinération des déchets spéciaux*
		Incinération dans une cimenterie*
		Traitement thermique du sol (600 °C au maximum)**
	Procédés biologiques	Procédé microbien**
	Autres procédés	Lessivage du sol**
Stockage définitif	Mise en décharge	Décharge à ciel ouvert (en Suisse)*
		Décharge souterraine (à l'étranger)*

* seulement hors site, ** hors site et sur site

Les procédés in situ conviennent tant pour des zones saturées que des zones insaturées du sol. Le tableau ci-dessous présente les procédés in situ les plus probants. Une liste exhaustive des procédés ainsi que des informations supplémentaires sur ces techniques figurent dans le module «Assainissement in situ» (disponible à l'adresse www.bafu.admin.ch/in_situ_sanierung/index.html?lang=fr).

Tab. 2 > Procédés in situ

Zone insaturée	Procédés pneumatiques	Aspiration de l'air interstitiel
	Procédés hydrauliques	Infiltration verticale
	Procédés biologiques	Bioventilation (Bioventing)
		Aérobisation
	Autres procédés	Oxydation chimique
Zone saturée	Procédés pneumatiques	Barbotage (Air Sparging) ou strippage (Stripping)
		Prélèvement de phase
	Procédés hydrauliques	Pompage et traitement (Pump and Treat)
		Infiltration dans la nappe (Soil Flush)
		Systèmes de barrières réactives (parois filtrantes traversées sur toute leur surface)
		Systèmes de barrières réactives (parois filtrantes à écoulement souterrain dirigé)
	Procédés biologiques	Procédés microbiologiques
		Biobarbotage (Biosparging)
		Autres procédés	Oxydation chimique

Le tableau ci-dessous présente les principaux critères qui président au choix d'un procédé d'assainissement.

Tab. 3 > Critères déterminants pour le choix d'un type de procédé (in situ ou sur site / hors site)

	Assainissement in situ	Assainissement sur site / hors site
Structure du sol	Terrain non cohésif	Terrain cohésif
Position de la contamination	En profondeur	Proche de la surface
	Dans la zone saturée	Dans la zone insaturée
Type de contamination	Polluants volatils, fortement solubles dans l'eau, fortement biodégradables	Polluants non volatils, peu solubles dans l'eau ou non biodégradables
	HCCV, BTEX, HCP, phénols, ammonium, métaux lourds solubles dans l'eau et cyanures	HAP, cyanures, pesticides, PCB, PCDD/PCDF, métaux lourds
Affectation actuelle	Terrain exploité ou bâti	Terrain inutilisé
Horizon temporel	Long assainissement possible	Assainissement rapide requis
Affectation ultérieure	Peu sensible	Sensible

Pour une décontamination impliquant une élimination hors site, le texte faisant foi est essentiellement l'ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD).

Pour s'assurer que les déchets seront éliminés dans le respect de l'environnement, il convient, lors du choix des procédés, d'observer en particulier les dispositions suivantes:

- > Les matériaux d'excavation et les déblais de découverte et de percement non pollués seront utilisés pour des remises en culture (art. 16, al. 3, let. d, OTD).
- > Les déchets excavés seront triés autant que possible en séparant les déchets valorisables de ceux qui ne le sont pas (art. 9 OTD).
- > Les déchets seront valorisés si cette opération est techniquement possible et économiquement supportable, d'une part, et qu'elle est plus respectueuse de l'environnement que ne le seraient l'élimination desdits déchets et la production de biens nouveaux, d'autre part (art. 12, al. 3, let. a, OTD).
- > Dans la mesure du possible, les déchets non valorisés seront traités de façon qu'ils puissent être stockés définitivement en décharge contrôlée pour matériaux inertes ou pour résidus stabilisés (art. 16, al. 3, let. b et annexe 1, ch. 31, OTD).
- > Les déchets combustibles seront incinérés dans une installation idoine (traitement thermique) (art. 11 OTD).

4.3.4 Dispositifs ou procédés de confinement

Les différents dispositifs ou procédés de confinement sont les suivants: confinement de surface, confinement vertical, étanchéité de fond et drainage (eau et gaz), immobilisation des polluants et procédés pneumatiques. Selon les voies de contamination en présence (eaux souterraines, eaux de surface, air ou contact direct), d'autres techniques visant à confiner le site ou à réduire (voire empêcher) les émissions de polluants peuvent être nécessaires.

Le tableau 4 donne un aperçu des dispositifs ou procédés de confinement possibles. Le module «Confinement des sites contaminés par des décharges» montre quelle technique utiliser pour telle ou telle voie de contamination. Il présente encore d'autres critères applicables pour choisir un procédé et juger de son applicabilité.

Tab. 4 > Dispositifs ou procédés de confinement

Confinement de surface	Etanchéité de surface, couverture simple
Confinement vertical	Paroi étanche
	Systèmes hydrauliques actifs, abaissement du niveau de la nappe phréatique, déviation ou captage des eaux souterraines
Etanchéité de fond	Dispositif d'étanchéité du fond de la décharge
Drainage	Captage et traitement des eaux de lixiviation
	Evacuation des eaux
Immobilisation	Stabilisation
	Vitrification
	Fixation chimique
Confinement pneumatique	Drainage de l'air interstitiel et des gaz

4.3.5 Atténuation naturelle contrôlée

Dans l'atténuation naturelle contrôlée (MNA), les processus de dégradation et de rétention naturellement à l'œuvre dans le sol ralentissent la dispersion des polluants dans les zones saturées et insaturées de ce dernier, et, en conditions favorables, réduisent les panaches de pollution.

Ci-après sont présentés les principaux critères permettant de juger si une MNA est une solution acceptable et applicable.

- > Les polluants présents sont sensibles aux processus de dégradation et de rétention mentionnés, comme les hydrocarbures aliphatiques ou les hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX).
- > Ces processus peuvent être identifiés ou sont connus.
- > Le panache de pollution est stationnaire ou en régression, et les processus précités peuvent être quantifiés, de telle sorte que la réduction des émissions de polluants peut être justifiée (p. ex. par des analyses d'isotopes).
- > Il est possible de prouver que l'objectif fixé pour l'assainissement peut être atteint dans le délai prescrit.
- > Les processus en question sont stables à long terme et ne sont pas réversibles.

4.4 **Identification des variantes d'assainissement (étape 3)**

4.4.1 **Objectifs**

Les procédés qui ont, lors de l'étape précédente, été jugés techniquement réalisables pour un site spécifique servent de base à l'élaboration des variantes d'assainissement.

Dans un cas simple, le site peut être assaini en recourant à un seul procédé. Dans des cas plus complexes, il est possible de combiner plusieurs procédés afin que l'assainissement soit efficace. Cette dernière démarche permet d'obtenir une stratégie globale d'assainissement pour les cas réputés plus difficiles.

Il s'agit ensuite de s'assurer que le projet est techniquement réalisable. Enfin, il convient de comparer et d'évaluer les variantes en fonction de leur efficacité sur les plans écologique et financier, une opération décrite dans le chapitre 5.

4.4.2 **Documentation des variantes techniquement réalisables**

Partie intégrante du rapport sur l'étude des variantes, la documentation doit préciser et décrire les variantes qui sont réalisables techniquement. Le nombre de variantes à présenter dépend généralement du site contaminé et de la complexité du problème en présence.

5 > Evaluation des variantes techniquement réalisables

5.1 Objectifs

Une fois que les variantes d'assainissement viables sur le plan technique ont été identifiées (étapes 1 à 3), elles doivent être évaluées en fonction de critères précis (étape 4). L'objectif consiste à choisir, parmi ces variantes, celle qui est optimale.

Conçus comme outils d'aide, la démarche présentée et les critères qui la sous-tendent ont pour but de structurer la procédure d'évaluation dans son ensemble. Ils visent à garantir le choix d'une variante optimale, c'est-à-dire d'une variante qui permette d'atteindre l'objectif d'assainissement fixé, tout en respectant les exigences mentionnées (respect de l'environnement, conformité aux normes techniques et efficacité économique). Il s'agit là de conditions indispensables pour l'obtention d'indemnités OTAS.

La procédure d'évaluation en question (étape 4) consiste à apprécier et à comparer les différentes variantes selon les critères faisabilité et efficacité, successivement selon le respect de l'environnement et l'apport écologique, et enfin selon les coûts.

Non exhaustive, la liste de critères ci-après ne s'applique pas à tous les cas de figure possibles. Il est donc avisé de décider au cas par cas s'il y a lieu d'utiliser d'autres critères et de les pondérer différemment. Par exemple, un assainissement réalisé en dehors d'une zone habitée ne sera pas soumis aux mêmes contraintes qu'un assainissement dans une zone densément urbanisée. Quel que soit le système de pondération adopté, les explications et justifications à ce sujet doivent être claires.

5.2 Evaluation de la faisabilité et de l'efficacité

Le tableau ci-dessous présente les principaux critères utilisés pour évaluer la faisabilité et l'efficacité d'une variante. Tout autre critère pertinent doit, dans chaque cas, être justifié et intégré dans la procédure d'évaluation.

Tab. 5 > Critères d'évaluation quant à la faisabilité et à l'efficacité

Faisabilité/efficacité	Remarques
Etat de la technique / perspectives de réussite	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre supposé d'assainissements ou d'autres mesures où la variante en question a été mise en œuvre avec succès • Atteignabilité des objectifs d'assainissement et respect des délais, efficacité à long terme
Niveau de contrôle possible	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'effectuer des contrôles en continu pendant l'assainissement et suivi des résultats de cette opération • Dangers associés à des accidents majeurs
Infrastructure requise	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositifs de construction requis sur le site • Espace nécessaire
Sécurité au travail / protection de la santé	<ul style="list-style-type: none"> • Risques pour la santé (effets aigus et chroniques), risque d'explosion et d'incendie, risque d'hypoxie
Flexibilité	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilité d'adapter la variante si les conditions changent (p. ex. accidents majeurs, autres événements imprévus)
Niveau d'acceptation	<ul style="list-style-type: none"> • Acceptation avant, pendant et après l'assainissement • Oppositions des habitants ou organisations concernés • Probabilité de recevoir l'autorisation requise (art. 18 OSites) • Réaction des personnes ou organismes concernés en cas de retards dans les travaux

Pour évaluer les variantes, il convient de garder à l'esprit que les différents critères visant à apprécier leur faisabilité et leur efficacité ne revêtent pas tous la même importance. En effet, suivant le site considéré, certains critères seront plus pertinents que d'autres. Ainsi, dans une évaluation numérique, il est souvent judicieux de pondérer les différents critères individuellement, par exemple comme suit: 0,5 = «peu pertinent»; 1 = «pertinent»; 1,5 = «très pertinent» (cf. tab. 6 ci-dessous, colonne «pondération»). Cette façon de procéder présente l'avantage de mettre en exergue les critères véritablement pertinents et de reléguer au second plan ceux qui ne le sont pas; le système décimal utilisé permet par ailleurs d'éviter toute surpondération des critères. Il est naturellement possible d'affiner encore l'échelle utilisée, voire d'utiliser d'autres systèmes de pondération. Cependant, quel que soit le système adopté, il y a lieu de le justifier.

Dans la mesure du possible, chaque critère doit être quantifié pour chacune des variantes considérées. Lorsque les critères ne sont pas quantifiables, il convient de présenter les avantages et les inconvénients d'une variante eu égard au critère concerné.

Enfin, il s'agit de classer toutes les variantes envisagées en fonction des évaluations quantitatives et qualitatives (c.-à-d. argumentées) réalisées. Les résultats de cette opération doivent être présentés dans un tableau, en utilisant par exemple une échelle de 1 à 5 (1 = très mauvais; 5 = excellent). Il va de soi que d'autres échelles ou valeurs peuvent être employées à cet effet, pour autant qu'elles soient plausibles et pertinentes. Ci-dessous figure un exemple de tableau de classement des variantes évaluées (tab. 6).

Tab. 6 > Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction de leur faisabilité et de leur efficacité (exemple)

Faisabilité et efficacité	Pondération*	Variante 1**	Variante 1 pondérée***	Variante 2	Variante 2 pondérée	Variante 3	Variante 3 pondérée	Variante X	Variante X pondérée	Justifications/remarques
Etat de la technique / perspectives de réussite	1,5	1	1,5	3	4,5	3	4,5	...	...
Niveau de contrôle possible	1	1	1	2	2	4	4	...	...
Infrastructure requise	1	5	5	3	3	1	1	...	...
Sécurité au travail	1,5	2	3	4	6	1	1,5	...	...
Flexibilité	0,5	2	1	3	1,5	3	1,5	...	...
Niveau d'acceptation	1	1	1	3	3	4	4	...	...
Evaluation	6,5		12,5		20		16,5		...	

* Exemple de pondération des critères: 0,5 = peu pertinent, 1 = pertinent, 1,5 = très pertinent

** Exemple d'évaluation des variantes: 1 = très mauvais, 2 = mauvais, 3 = moyen, 4 = bon, 5 = très bon

*** Evaluation pondérée: score de l'évaluation multiplié par le facteur de pondération

5.3 Evaluation du respect de l'environnement et de l'apport écologique

Il est impératif que les variantes d'assainissement évaluées soient respectueuses de l'environnement, c'est-à-dire qu'elles soient conformes aux prescriptions légales en matière de protection de l'environnement. Seules celles qui satisfont à cette exigence peuvent être utilisées.

Le tableau ci-dessous présente les critères importants pour évaluer une variante en fonction de son degré de conformité avec les prescriptions environnementales et de ses avantages au plan écologique. Tout autre critère pertinent doit, pour chaque cas, être justifié et intégré dans la procédure d'évaluation.

Tab. 7 > Critères d'évaluation pour le respect de l'environnement et l'apport écologique

Respect de l'environnement, apport écologique	Remarques
Préservation des ressources et de l'espace disponible en décharge	<ul style="list-style-type: none"> • Rapport entre quantité de matériaux à traiter et quantité de matériaux à mettre en décharge (une valorisation doit être mieux notée qu'une mise en décharge) • Elimination des polluants par opp. à un déplacement des matériaux pollués
Potentiel de pollution	<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel de pollution avant et après l'assainissement (en particulier pour des décontaminations partielles ou des mesures de confinement) • Respect des principes de l'assainissement (prévention à la source, durée des effets)
Nécessité d'un suivi et d'une surveillance et durée des opérations	<ul style="list-style-type: none"> • Justification de la nécessité de réaliser un suivi et une surveillance • Nombre d'années requises pour le suivi et la surveillance
Consommation d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> • Energie consommée pour les mesures d'assainissement, le transport et l'élimination des déchets (traitement ou incinération et valorisation)
Emissions (polluants atmosphériques, bruit, poussières et odeurs)	<ul style="list-style-type: none"> • Valeurs empiriques pour les émissions atmosphériques et sonores des machines ou engins de chantier (excavatrices, pompes, moyens de transport, etc.) • Nombre de jours où les émissions (polluants atmosphériques, bruit, poussières et odeurs) sont importantes (effets sur les travailleurs et le voisinage)

Pour pondérer les divers critères et évaluer les variantes d'assainissement envisagées, il convient de se référer aux principes mentionnés au chapitre précédent (chap. 5.2). Ci-dessous figure un exemple de matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction du respect de l'environnement et de l'apport écologique (tab. 8).

Tab. 8 > Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction du respect de l'environnement et de l'apport écologique (exemple)

Respect de l'environnement et apport écologique	Pondération *	Variante 1**	Variante 1 pondérée***	Variante 2	Variante 2 pondérée	Variante 3	Variante 3 pondérée	Variante X	Variante X pondérée	Justifications/remarques
Préservation des ressources	1	4	4	2	2	4	4	...	...
Potentiel de pollution / efficacité	1,5	2	3	3	4,5	4	6	...	...
Nécessité et durée du suivi	0,5	1	0,5	4	2	5	2,5	...	...
Consommation d'énergie	1	2	2	1	1	2	2	...	...
Emissions (polluants atmosphériques, bruit, poussières et odeurs)	0,5	5	2,5	2	1	2	1	...	...
Evaluation	4,5		12		10,5		15,5	...	...

* Exemple de pondération des critères: 0,5 = peu pertinent, 1 = pertinent, 1,5 = très pertinent

** Exemple d'évaluation des variantes: 1 = très mauvais, 2 = mauvais, 3 = moyen, 4 = bon, 5 = très bon

*** Evaluation pondérée: score de l'évaluation multiplié par le facteur de pondération

5.4 Evaluation des coûts

Dernière étape de l'évaluation: les coûts des différentes variantes sont quantifiés et comparés. Ce faisant, il convient de distinguer trois types de coûts: (1) coûts des mesures d'assainissement elles-mêmes (planification, élaboration du projet, mise en place des infrastructures, réalisation des travaux); (2) éventuels coûts relatifs à l'exploitation et à l'entretien des installations; (3) coûts pour finaliser les travaux ou surveiller le site assaini (s'il présente éventuellement encore des risques).

Tab. 9 > Critères d'évaluation des coûts

Coûts de l'assainissement	Remarques
a) Coûts de réalisation (coûts uniques)	Planification, élaboration du projet, mise en place des infrastructures, réalisation des mesures de décontamination ou de confinement, surveillance pendant la réalisation des mesures
b) Coûts d'entretien et d'exploitation (si requis, coûts récurrents)	Surveillance, entretien, exploitation des installations et des infrastructures
c) Coûts de clôture des travaux (coûts uniques)	Contrôle des résultats, suivant le cas, mesures de déconstruction et suivi

Les coûts étant quantifiables, les variantes doivent être comparées en utilisant des unités monétaires. Les résultats de l'évaluation doivent être présentés dans un tableau, dont l'illustration ci-dessous (tab. 10) donne un exemple.

Tab. 10 > Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction des coûts (exemple)

Evaluation des coûts	Coûts de la variante 1 Années entretien / exploitation V1	Coûts de la variante 2 Années entretien / exploitation V2	Coûts de la variante 3 Années entretien / exploitation V3	Coûts de la variante X Années entretien / exploitation VX	Justifications/remarques
Coûts de réalisation (coûts uniques)	Fr. 250 000	Fr. 750 000	Fr. 500 000	Fr. ...	
Coûts d'entretien et d'exploitation (coûts récurrents)*	Fr. 20 000 x 15	- x 0	Fr. 30 000 x 5	Fr. ... x ...	
Coûts de clôture des travaux (coûts uniques)	Fr. 15 000	Fr. 25 000	Fr. 50 000	Fr. ...	
Coûts totaux	Fr. 565 000	Fr. 775 000	Fr. 700 000	Fr. ...	

* seulement si nécessaire (p. ex. mesures de confinement)

5.5

Choix de la variante optimale et documentation

Sur la base des différentes évaluations décrites aux chapitres 5.2 à 5.4, il s'agit d'identifier la variante optimale parmi les variantes possibles pour assainir un site donné. Pour ce faire, il convient d'établir une matrice d'évaluation globale.

Suivant le cas en présence, il peut être judicieux de pondérer le critère «faisabilité/efficacité» différemment du critère «respect de l'environnement/apport écologique». Dans le tableau ci-dessous (tab. 11), on est parti du principe que ces deux critères revêtaient une importance égale; le facteur de pondération est donc de 1 pour tous les deux.

Tab. 11 > Matrice d'évaluation globale des variantes possibles aux plans technique et légal (exemple)

Evaluation globale	Pondération*	Variante 1	Variante 1 pondérée	Variante 2	Variante 2 pondérée	Variante 3	Variante 3 pondérée	Variante X	Justifications/remarques
Faisabilité/efficacité	1	12,5	12,5	20	20	16,5	16,5	...	
Respect de l'environnement et apport écologique	1	12	12	10,5	10,5	15,5	15,5	...	
Score total de l'évaluation			24,5		30,5		32	...	
Coûts totaux		Fr. 565 000		Fr. 775 000		Fr. 700 000		...	

* Pondération du critère «Faisabilité/efficacité» par rapport au critère «Respect de l'environnement/apport écologique». Les critères étant ici d'égale importance, ils sont tous deux pondérés par un facteur 1.

Pour établir le rapport coûts-efficacité, on peut notamment déterminer les coûts par point d'évaluation pour chaque variante (total des coûts divisé par le score de l'évaluation).

Dans l'étude des variantes, chacune de celles-ci doit être commentée quant aux principaux avantages ou inconvénients qu'elle présente, en se fondant sur les matrices d'évaluation.

Les matrices en question constituent un outil approprié pour comparer les différentes variantes d'assainissement en fonction des critères mentionnés. Parmi les variantes optimales identifiées, il est possible de recourir à une variante plus onéreuse lorsque celle-ci présente, par exemple, un impact environnemental plus faible ou que les perspectives de réussite sont meilleures.

L'étude des variantes revêt une importance particulière pour les assainissements bénéficiant des indemnités OTAS, en cela qu'elle fait foi pour le calcul de ces dernières. Ainsi, lorsqu'on recourt à une variante tout aussi adéquate, mais nettement plus onéreuse que la variante optimale selon l'étude (p. ex. lors d'un assainissement combiné à un projet de construction où les matériaux à décontaminer sont excavés), les frais pris en considération pour les indemnités sont ceux de la variante jugée optimale.

6 > Planification et description de la variante optimale pour le projet d'assainissement

La démarche structurée décrite ci-dessus pour identifier et évaluer les variantes d'assainissement (cf. chap. 4 et 5) permet d'obtenir les résultats suivants:

- > Identification des mesures possibles
- > Identification et description des procédés d'assainissement techniquement réalisables
- > Bref descriptif des variantes techniquement réalisables (combinaisons de plusieurs procédés)
- > Comparaison quantitative ou qualitative des variantes (évaluations sous forme de tableau avec argumentaire)

Cette procédure par étapes sert de fondement pour déterminer et décrire la variante d'assainissement optimale dans l'étude idoine, laquelle fait partie intégrante du projet d'assainissement. Pour chaque étape, il convient de présenter, justifier et décrire la procédure d'évaluation suivie de manière claire.

Les autorités d'exécution examinent les variantes retenues et donnent leur accord pour la variante optimale choisie. Lorsque les coûts prévus pour un assainissement dépassent 250 000 francs, l'OFEV doit être consulté dans le cadre de l'audition de la procédure d'octroi des indemnités OTAS, avant le choix définitif de la variante.

Dans le cadre du projet d'assainissement, la variante optimale est élaborée conformément à l'art. 17 OSites, de sorte que l'autorité compétente puisse ensuite rendre la décision fixant les mesures requises selon l'art. 18 OSites.

> Index

Abréviations

BTEX

Benzène, toluène, éthylbenzène, xylène

DETEC

Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication

HAP

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

HC

Hydrocarbures

HCCV

Hydrocarbures chlorés volatils

HCP

Hydrocarbures pétroliers

ID

Investigation de détail

IP

Investigation préalable

LPE

Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (loi sur la protection de l'environnement, LPE; RS 814.01)

MNA

Atténuation naturelle contrôlée

NA

Atténuation naturelle

OFEV

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

OSites

Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (ordonnance sur les sites contaminés, OSites; RS 814.680)

OTAS

Ordonnance du 26 septembre 2008 relative à la taxe pour l'assainissement des sites contaminés (OTAS; RS 814.681)

OTD

Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD; RS 814.600)

PCB

Biphényles polychlorés

PCDD/PCDF

Polychlorodibenzodioxines et polychlorodibenzofuranes

Illustrations

Fig. 1

Procédure détaillée pour l'élaboration de projets d'assainissement

14

Fig. 2

Déroulement de la procédure d'identification et d'évaluation des variantes d'assainissement

16

Fig. 3

Conditions d'applicabilité d'une mesure

18

Fig. 4

Conditions auxquelles une mesure est applicable (étape 1)

19

Tableaux

Tab. 1

Procédés hors site et sur site

21

Tab. 2

Procédés in situ

21

Tab. 3

Critères déterminants pour le choix d'un type de procédé (in situ ou sur site / hors site)

22

Tab. 4

Dispositifs ou procédés de confinement

23

Tab. 5

Critères d'évaluation quant à la faisabilité et à l'efficacité

26

Tab. 6

Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction de leur faisabilité et de leur efficacité (exemple)

27

Tab. 7

Critères d'évaluation pour le respect de l'environnement et l'apport écologique

28

Tab. 8

Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction du respect de l'environnement et de l'apport écologique (exemple)

28

Tab. 9	
Critères d'évaluation des coûts	29
Tab. 10	
Matrice d'évaluation des variantes techniquement réalisables en fonction des coûts (exemple)	29
Tab. 11	
Matrice d'évaluation globale des variantes possibles aux plans technique et légal (exemple)	30

> Annexe

Exemple d'application (schéma)

Etape 1:

Choix des mesures possibles

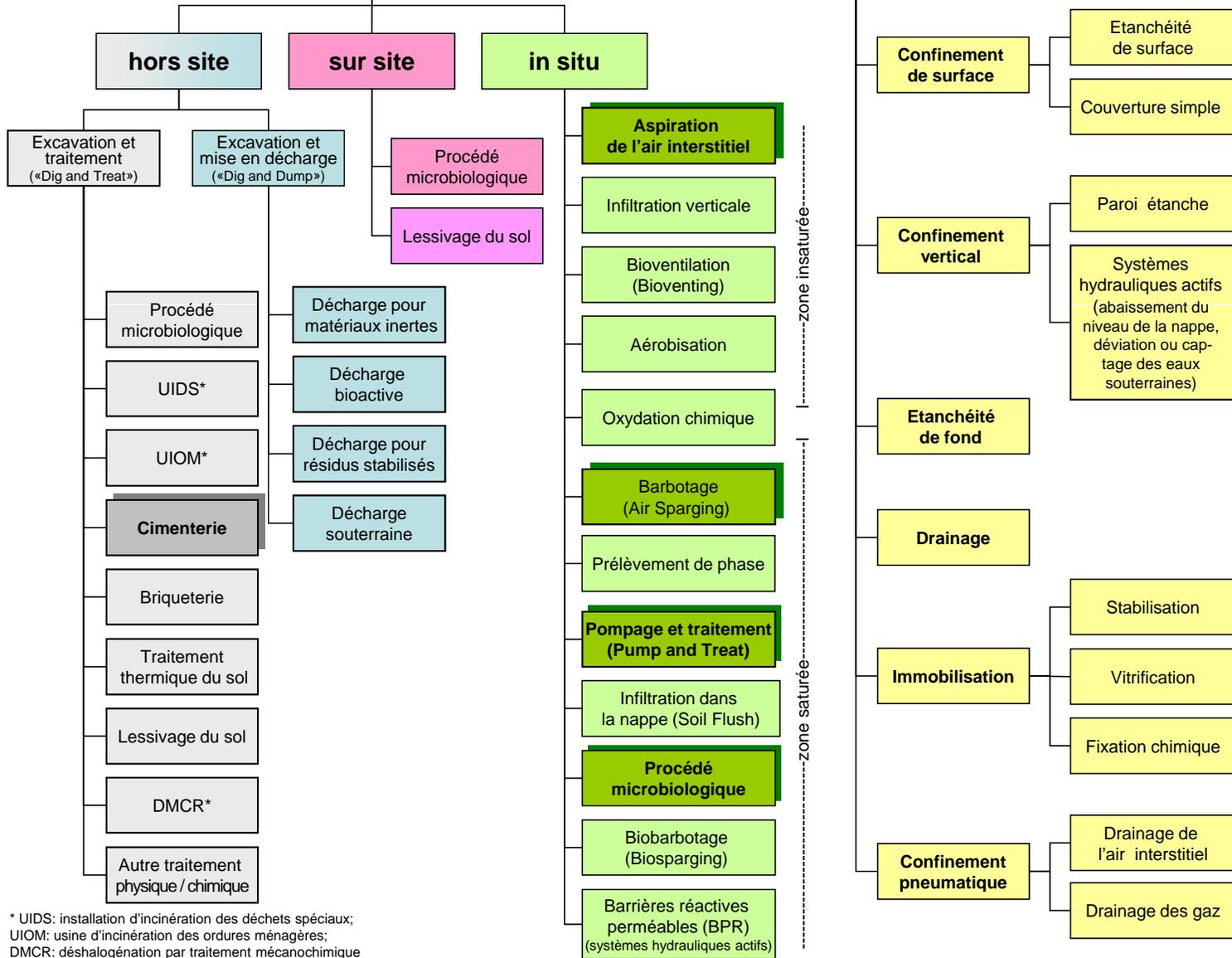
Décontamination

Confinement

MNA

Etape 2:

Identification des procédés techniquement réalisables



Etape 3:

Identification des variantes d'assainissement



Etape 4:

Evaluation des variantes techniquement réalisables

Variante 1: 28 points
680 000 fr.

Variante 2: 25 points
480 000 fr.

**Variante 3: 32 points
500 000 fr.**