

# Ouvrages extérieurs traités contre la corrosion et protection des sols

## Résumé

Les ouvrages extérieurs en acier rouillent. Pour les protéger, ils sont enduits d'un revêtement, qui peut être métallique ou non métallique. Les premiers sont constitués de zinc et d'une couche de couverture qui évite la dispersion du métal dans l'environnement. Les seconds sont généralement formés d'une couche de fond, d'une couche intermédiaire et d'une couche de couverture, chacune constituées d'un pigment (colorant), d'un liant, d'un agent de charge et d'un solvant.

Les revêtements réalisés avant 1985 contiennent en général des substances dangereuses pour l'environnement: métaux lourds, polychlorobiphényles (PCB), caoutchouc chloré, ou encore goudron et bitume. En général, la composition des revêtements devant être assainis ne peut être déterminée que par des analyses.

Les assainissements réalisés sans mesures de protection adéquates, en particulier les assainissements totaux, entraînent des atteintes à l'environnement inacceptables. Les mesures de protection du sol contre les atteintes chimiques lors de l'entretien d'ouvrages traités contre la corrosion sont présentées dans la *Recommandation n°14* de Cercl'Air et dans les aides à l'exécution de l'OFEV *Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – Lignes directrices* et *La protection de l'environnement dans les travaux anticorrosion – Base de planification*. En principe, ces aides à l'exécution s'appliquent aussi bien aux nouvelles constructions qu'à la déconstruction et à la transformation d'ouvrages existants. Cependant, elles sont essentiellement axées sur l'entretien et n'abordent donc pas la protection physique des sols. Or cet aspect doit être pris en considération lors de la déconstruction d'ouvrages et il joue également un rôle déterminant pour les nouvelles constructions. La protection des sols est certes garantie par les dispositions légales générales correspondantes, mais jusqu'ici, il manquait une directive complète traitant de la protection du sol contre les diverses formes d'atteintes physiques et chimiques pouvant survenir lors de travaux sur des ouvrages extérieurs traités avec des revêtements anticorrosion.

Le présent document, qui s'adresse aux offices fédéraux et cantonaux concernés par la protection des sols, vise

précisément à combler cette lacune. Après une brève présentation des diverses formes de protection anticorrosion et de leur impact sur le sol lors de constructions, de déconstructions, de transformations et de travaux d'entretien, ce guide formule des propositions quant à la mise en œuvre de la protection physique et chimique des sols, puis présente diverses mesures de prévention, d'assainissement et de décontamination.

Des modèles de formulation sont également proposés pour la rédaction des décisions et autorisations. Enfin, le guide est complété par une liste des bases légales, directives, normes et aides à l'exécution.



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	3
1.1	Des mesures adaptées aux interventions	3
1.2	Bases légales	3
1.3	Protection des sols contre les atteintes chimiques	3
1.4	Protection des sols contre les atteintes physiques	4
1.5	Autres biens à protéger	4
<b>2</b>	<b>Polluants spécifiques à la protection anticorrosion</b>	6
2.1	Type de protection	6
2.2	Revêtements métalliques	6
2.3	Revêtements non métalliques	6
2.4	Substances dangereuses	7
2.5	Protection de l'environnement	8
2.6	Analyse des polluants	8
<b>3</b>	<b>Mesures</b>	10
3.1	Protection du sol contre les atteintes chimiques	10
3.1.1	Atteinte existante	10
	<i>M11 Atteinte existante sans lien avec la protection anticorrosion</i>	10
	<i>M12 Atteinte existante liée à la protection anticorrosion</i>	10
	<i>M13 Matériaux terreux</i>	13
3.1.2	Prévention de nouvelles atteintes	13
	<i>M14 Protection anticorrosion d'un nouvel ouvrage</i>	13
	<i>M15 Protection anticorrosion d'un ouvrage existant</i>	13
	<i>M16 Produits chimiques</i>	13
3.2	Protection du sol contre les atteintes physiques	13
	<i>M21 Bases</i>	13
	<i>M22 Protection des sols sur les chantiers (SN 640 583 al. 3)</i>	14
	<i>M23 Terrassements (SN 640 583 al. 5.2)</i>	14
	<i>M24 Limite d'utilisation de machines (SN 640 583 fig. 2, al. 5.2)</i>	14
	<i>M25 Véhicules à pneus (SN 640 583 al. 5.2)</i>	14
	<i>M26 Entreposage des matériaux terreux (SN 640 583 al. 4)</i>	14
	<i>M27 Décapages (SN 640 583 al. 5.1)</i>	15
	<i>M28 Installations provisoires et pistes de chantier (SN 640 583 al. 5.1)</i>	15
3.3	Limitation des risques et assainissement ou décontamination	15
	<i>M31 Site pollué selon l'art. 12 OSites</i>	15
	<i>M32 Sol pollué</i>	16
	<i>M33 Obligation d'assainir et buts de l'assainissement</i>	16
	<i>M34 Atteinte à la fertilité du sol</i>	16
<b>4</b>	<b>Bases légales, directives, normes, aides à l'exécution</b>	17
4.1	Bases légales	17
4.2	Directives, normes, aides à l'exécution	17
4.3	Bibliographie	18
	<b>Impressum</b>	20
	<b>Procédure et modèles de formulation</b>	21
	Procédure	21
	Modèles de formulation	22

# 1 Introduction

Ce guide s'adresse en premier lieu aux services cantonaux responsables de la mise en œuvre de la protection des sols. Il présente les aspects de la protection physique et chimique des sols qui doivent être pris en considération lors de travaux anticorrosion, et formule des propositions pour la procédure d'autorisation de projets dans ce domaine.

## 1.1 Des mesures adaptées aux interventions

Les travaux de construction, de déconstruction, de transformation et d'entretien sur des ouvrages en acier exposés aux intempéries entraînent des atteintes à l'environnement, notamment aux sols (**tableau 1**). A noter que, si les nouvelles constructions entraînent surtout des atteintes physiques et les travaux d'entretien plutôt des atteintes chimiques, les transformations et déconstructions peuvent être sources d'atteintes des deux types.

La pollution chimique du sol au voisinage des ouvrages en acier provient de leur revêtement anticorrosion, sauf lors d'une nouvelle construction, où elle peut avoir d'autres origines. Le revêtement peut être de divers types et contenir du plomb, du zinc, du cadmium, du chrome, des PCB ou encore des HAP. Ces substances, accompagnées de poussières (fines), sont libérées par les méthodes de décapage utilisées lors de l'assainissement de ces ouvrages, constituant autant de sources de pollution de l'air et du sol environnants.

**Tableau 1 Atteintes au sol à considérer lors de travaux anticorrosion**  
X à considérer dans tous les cas  
(X) à considérer au cas par cas

	Atteintes chimiques	Atteintes physiques	Limitation des risques	Assainissement du sol
Construction	(X)	X	(X)	(X)
Déconstruction	X	X	(X)	X
Transformation	X	X	X	(X)
Entretien	X	(X)	X	(X)

## 1.2 Bases légales

Selon le type d'ouvrage, leur construction, déconstruction ou transformation est régie par différentes bases légales:

- pour les pylônes de lignes à haute tension (procédure d'approbation des plans), il s'agit de la loi sur les installations électriques;
- pour les ouvrages tels que ponts, abris de quai ou poteaux caténaux (procédure d'approbation des plans), de la loi sur les chemins de fer;
- pour les ponts routiers, des prescriptions fédérales ou cantonales en matière de construction des routes;
- pour les réservoirs, de la loi et de l'ordonnance sur la protection des eaux (entre autres);
- et enfin, pour les pylônes de téléphériques, de la loi sur les installations à câbles (entre autres).

## 1.3 Protection des sols contre les atteintes chimiques

Les bases légales régissant la protection des sols figurent dans la *loi sur la protection de l'environnement* (LPE, RS 814.01), dans l'*ordonnance sur les atteintes portées aux sols* (OSol, RS 814.12) et dans l'*ordonnance sur la protection de l'air* (OPair, RS 814.318.142.1). Elles permettent d'assurer la protection des sols contre les atteintes chimiques lors de constructions, déconstructions ou transformations.

Les travaux d'entretien ne requièrent ni procédure d'approbation des plans, ni permis de construire, mais sont soumis à notification obligatoire. Dans ce cas aussi, le sol doit être protégé contre les atteintes chimiques. Lors de travaux anticorrosion extérieurs, les ouvrages concernés ainsi que les machines utilisées sont considérés comme des installations au sens de l'art. 2 OPair, lesquelles sont soumises à la limitation préventive des émissions selon l'annexe 1 OPair (valeurs limites). Lorsqu'il n'existe pas de valeur limite pour une substance émise, celle-ci peut être déduite en se basant sur les valeurs indicatives de l'OSol. S'il faut s'attendre à des immissions excessives en dépit du respect de la limitation préventive des émissions, l'autorité impose une limitation d'émissions complémentaire ou plus sévère (art. 5 OPair). Quiconque exploite ou entend construire une installation doit fournir à l'autorité les renseignements nécessaires à

l'évaluation des émissions (déclaration des émissions, art. 12 OPair). Les documents suivants précisent les mesures à mettre en œuvre pour respecter les prescriptions légales:

- *Recommandation n°14* (en allemand, Oberflächenschutz an Objekten im Freien, Cercl'Air, 1996)
- *Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – Lignes directrices* (OFEFP, 2002)
- *La protection de l'environnement dans les travaux anti-corrosion – Base de planification* (OFEFP, 2004)

Bien qu'elles traitent surtout de l'entretien, ces aides à l'exécution s'appliquent également aux travaux de transformation et de déconstruction. Elles sont complétées par divers documents des cantons.

## 1.4 Protection des sols contre les atteintes physiques

Deux des documents susmentionnés (*Lignes directrices* et *Base de planification*) ne traitent que de la protection des sols contre les atteintes chimiques, soit par des mesures directes (prises d'échantillons de sol), soit par des mesures indirectes (prévention des retombées de poussières). Les atteintes physiques ne sont pas abordées. S'il est possible d'admettre cette omission dans les cas d'assainissements du revêtement anticorrosion, celle-ci ne se justifie que partiellement pour les transformations, et pas du tout pour les déconstructions ou les nouvelles constructions. En outre, aucun des deux guides ne fournit d'information en matière de limitation des risques.

La protection des sols contre la compaction ne s'applique pas seulement aux projets de construction, mais à toute forme d'utilisation du sol, que ce soit en agriculture, en sylviculture, en horticulture ou lors de manifestations en plein air.

Lors de la construction de conduites de gaz sous pression dans les années 70, on a constaté que, si la couche supérieure du sol pouvait normalement se régénérer en quelques années, le sous-sol en était pratiquement incapable, en tout cas à l'horizon de quelques décennies. En principe, il pourrait être ameubli par des moyens mécaniques, mais cette opération déstabilise la structure du sol, qui devient

alors extrêmement vulnérable aux nouvelles compactions. La protection des sols contre les atteintes physiques est devenue réalité d'abord dans les grands projets d'infrastructure (conduites, routes, chemins de fer, etc.) avant que la reconnaissance générale de cette nécessité n'amène à son inscription dans la LPE, lors de sa révision de 1995, puis, en 1998, dans la nouvelle OSol.

Conformément à l'art. 33 LPE et à l'art. 6 OSol, les compactions qui pourraient menacer la fertilité du sol à long terme doivent être évitées. Les mesures visant à mettre en œuvre ces principes sont notamment concrétisées dans les normes suisses (SN 640 581a *Terrassement, sol. Bases*; SN 640 582 *Terrassement, sol. Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés*; SN 640 583 *Terrassement, sol. Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution*), dans les directives de l'Association Suisse de l'industrie des graviers et du béton (ASGB) sur la remise en état des sites, dans les *Directives pour la protection des sols lors de la création de conduites souterraines de transport* (Office fédéral de l'énergie, 1997), ainsi que dans le document n°13 de la Société suisse de pédologie (SSP/BGS), *Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen* (2004). En outre, depuis 2001, la SSP/BGS agrée des spécialistes de la protection des sols sur les chantiers (SPSC), dont la liste figure sur [www.soil.ch](http://www.soil.ch). Enfin, le document *Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen* (2009) renferme des propositions de valeurs indicatives et de seuils de résistance qui doivent permettre d'uniformiser l'évaluation des compactions du sol.

## 1.5 Autres biens à protéger

La protection de l'environnement ne se limite pas au sol. Avant le début de travaux anticorrosion, il faut consulter les autres offices concernés. Il convient notamment de collaborer avec l'hygiène de l'air pour exiger des mesures des retombées de particules (p. ex. à l'aide de la méthode Bergerhoff) dans le cadre de l'évaluation des immissions. En outre, il est souvent indiqué de coopérer avec la protection des eaux, d'une part parce que les ouvrages à assainir se trouvent fréquemment à proximité de cours d'eau (ponts), d'autre part parce que suivant la méthode utilisée, les

travaux génèrent de l'eau polluée (PCB). Lorsque l'ancien revêtement est éliminé par sablage, il est impératif de collaborer également avec les services chargés de la gestion des déchets (poussières de filtres et déchets d'abrasion). Certains types d'ouvrages, comme les pylônes, sont assez fréquemment situés dans des réserves naturelles. Dans ces cas, il faut consulter les services de protection de la nature pour définir les dispositions complémentaires à respecter, notamment en fonction de la saison.

## 2 Polluants spécifiques à la protection anticorrosion

### 2.1 Type de protection

Les ouvrages en acier se corrodent lorsqu'ils sont exposés aux intempéries. Dans la plupart des cas, ce processus doit être combattu afin de protéger l'installation. La protection contre la rouille est soit active, soit passive. La protection active comprend l'utilisation d'alliages (acier inoxydable) et la protection cathodique. La protection passive correspond à l'application d'un produit de couverture (revêtement), de type métallique ou non métallique. En général, les revêtements sont constitués de deux ou trois couches: une couche de fond, une couche intermédiaire et une couche de couverture. La couche de fond empêche la corrosion, celle de couverture protège contre les intempéries, alors que la couche intermédiaire assure à la fois l'adhérence physique et la séparation chimique des deux autres couches. Cela dit, les techniques de protection anticorrosion sont en pleine évolution. Le nombre et l'épaisseur des couches sont constamment optimisés par les fabricants. A noter que, même pour les ouvrages anciens, le schéma des trois couches évoqué ci-dessus ne correspond plus à la réalité, pour peu que leur protection ait été refaite à plusieurs reprises, avec différents revêtements et selon diverses méthodes.

### 2.2 Revêtements métalliques

En règle générale, seul le zinc est utilisé comme revêtement métallique pour protéger des ouvrages exposés aux intempéries. Il est appliqué à l'atelier par immersion dans un bain de zinc liquide (zingage à chaud) ou au pistolet (zingage par métallisation). L'épaisseur de la couche obtenue par zingage à chaud est de 100 µm, ce qui correspond à 700 g/m<sup>2</sup>. Lors du zingage au pistolet, l'épaisseur des couches appliquées varie de 50 à 200 µm. Le revêtement de zinc résiste aux intempéries normales, mais il est attaqué par les polluants atmosphériques. C'est pourquoi les objets traités par zingage à chaud ou par métallisation au pistolet doivent être protégés des intempéries au moyen d'une couche de couverture (durcissement de surface). Pour les ouvrages d'extérieur, il est principalement fait usage de matières plastiques (PVC, acrylate, époxy, résine polyuréthane). Cette protection permet aussi d'éviter les rejets de zinc dans l'environnement.

Quant à la protection obtenue par électrolyse dans un bain galvanique constitué d'une solution aqueuse de zinc (galvanisation), elle mesure moins de 10 µm d'épaisseur et est donc rarement utilisée à l'extérieur.

### 2.3 Revêtements non métalliques

Les revêtements non métalliques des ouvrages exposés aux intempéries sont des systèmes multicouches, généralement formés d'une couche de fond, d'une couche intermédiaire et d'une couche de couverture, chacune comprenant un pigment (colorant), un liant, un agent de charge et un solvant. Les pigments à base de métaux lourds utilisés aujourd'hui pour la protection anticorrosion sont le zinc et ses composés, l'oxyde de fer micacé et, comme colorant, le chrome trivalent (oxyde de chrome). Par le passé, on a aussi utilisé du minium de plomb et des composés de chrome hexavalent (chromates). Les liants peuvent être des huiles naturelles ou synthétiques, des matières plastiques (résine alkyde, résine époxy), ou encore du caoutchouc chloré.

Les couches de fond sont souvent des revêtements de conversion: les pigments qu'elles contiennent réagissent au contact de l'acier pour former la couche protectrice. Parmi



Couche de couverture délabrée par les éléments et révélant la couche de fond

les produits utilisés figurent notamment deux métaux lourds, le zinc et le plomb, sous forme d'oxydes, de chromates, de phosphates ou de borates, et, pour le zinc uniquement, également sous forme de poussière métallique. La protection résulte soit de réactions d'oxydoréduction, soit de la formation de revêtements peu solubles, et donc étanches.

Les revêtements protégeant les ouvrages hydrauliques contiennent souvent du caoutchouc chloré, dont la teneur en chlore peut dépasser 60 %. Par ailleurs, un mélange de polychlorobiphényles (PCB) a fréquemment été utilisé comme plastifiant dans les couches intermédiaires et de couverture.

Les ouvrages hydrauliques comme les conduites forcées ont été protégés à l'aide de revêtements résistants à l'usure, à base de goudron, de bitume ou d'un mélange de ces deux substances, comme les goudrons époxydes et polyuréthane, le brai de goudron ainsi que les émulsions bitumineuses.

## 2.4 Substances dangereuses

La plupart des revêtements appliqués avant 1985 contiennent des métaux lourds à des concentrations variables, avec des effets écotoxicologiques multiples (**tableau 2**). Autrefois, le minium de plomb était le pigment le plus couramment utilisé dans la protection anticorrosion. C'est un produit particulièrement efficace, qui convient aussi bien comme premier revêtement que pour les travaux de réfection. Malheureusement, il contient un oxyde de plomb, métal lourd dangereux pour l'environnement.

**Tableau 2** Quelques substances dangereuses utilisées dans la protection anticorrosion

Désignation	Polluant	Utilisation, Danger
Minium de plomb	Pb	Pigments anticorrosion, Neurotoxique, évent. cancérigène
Chrome	Cr(VI)	Pigments anticorrosion, Toxique, cancérigène, mutagène
PCB	PCB	Liant, solvant, Persistant, mutagène
Goudron, bitumes	PAK	Revêtement et liant, Cancérigène

Un autre produit utilisé par le passé est le chrome hexavalent, ou Cr(VI), que l'on trouve par exemple sous forme de chromate de plomb ( $PbCrO_4$ ). Le chrome VI est considéré comme extrêmement toxique et mutagène. Le chrome trivalent, ou Cr(III), en revanche, est encore employé aujourd'hui sous forme d'oxyde de chrome ( $Cr_2O_3$ ), une substance peu soluble et non toxique. Les revêtements à base de chrome hexavalent sont généralement de couleur jaune, ceux à base de chrome trivalent de couleur verte.

Divers revêtements, utilisés en particulier dans les réfections, contenaient des polychlorobiphényles (PCB). Ces derniers étaient employés comme additifs, notamment comme plastifiants, p. ex. dans les caoutchoucs chlorés, où leur concentration pouvait atteindre 10 %. On dénombre 209 sortes de PCB, appelés congénères, qui se distinguent par le nombre et la disposition de leurs atomes de chlore. Les produits employés étaient toujours un mélange, de quelque 20 à 60 congénères. Les PCB sont considérés comme des substances persistantes dangereuses pour l'environnement, les plus nocifs étant les congénères dont la structure s'apparente à celle de la dioxine. La pollution du sol est évaluée soit par la somme de 7 congénères indicateurs (annexe 2 OSol), soit par la somme de 6 congénères multipliée par 4,3 (annexe 1 OSites).

Lors du traitement d'ouvrages dont le revêtement contient des PCB, il faut éviter toute hausse de température pouvant conduire à la formation de dioxines et de furanes. Pour démonter et découper les objets, on utilisera si possible des cisailles, éventuellement des scies sauteuses ou des scies sabres (ces dernières uniquement combinées avec un aspirateur). L'emploi de découpeuses au chalumeau et de disques à trancher n'est admis qu'à titre exceptionnel et accompagné des mesures de protection appropriées. Une variante consiste à enlever d'abord le revêtement situé dans la zone de coupe, en prenant là aussi des mesures de protection adéquates.

Les revêtements à base de goudron et de bitume contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Issu de la gazéification ou de la cokéfaction du charbon, le goudron présente une concentration de HAP près de 1000 fois supérieure à celle du bitume, obtenu par distillation du pétrole. Formés en cas de combustion incomplète de substances organiques, les HAP sont persistants et carci-

nogènes. Ils constituent une famille de plusieurs milliers de composés, mais les analyses se concentrent sur 16 HAP de référence.

## 2.5 Protection de l'environnement

Sous l'effet des intempéries, les substances contenues dans les revêtements anticorrosion sont rejetées petit à petit dans l'environnement, d'abord celles de la couche de couverture, puis celles des couches intermédiaire et de fond. Lors d'un assainissement, en revanche, qu'il soit total ou partiel, les ouvrages sont entièrement ou partiellement décapés en une seule fois. Selon le type de revêtement qui est ainsi retiré, il peut alors s'ensuivre un rejet ponctuel et massif de substances dangereuses dans l'environnement.

L'épaisseur des revêtements récents est en général de 200 à 300  $\mu\text{m}$ , ce qui représente environ 500 à 700 g de produit par  $\text{m}^2$ . Les couches anciennes peuvent atteindre plus de 400  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, surtout lorsque le revêtement a été refait à plusieurs reprises. En multipliant la masse du revêtement au mètre carré par la teneur en polluant et la surface à assainir, on obtient la quantité de polluant à éliminer lors de l'assainissement.

La protection à mettre en œuvre dépendra de la quantité et du type de polluants présents sur l'ouvrage et de la surface de terrain potentiellement menacée. Si le revêtement est décapé et enlevé à la main, on peut se contenter de couvrir le sol ou de mettre l'objet sous une tente de confinement. Dans certaines conditions (par exemple sur des surfaces pratiquement horizontales), ce niveau de protection peut aussi s'avérer suffisant pour des travaux exécutés avec un dispositif d'aspiration directe (décapage à l'eau avec tête d'aspiration). En revanche, si la totalité du revêtement doit être décapée à l'eau ou par sablage à sec sans tête d'aspiration, les travaux d'assainissement doivent être exécutés dans un confinement étanche et sous dépression, de manière à ce que le périmètre traité soit isolé de l'environnement. Faute de quoi, il y aura une pollution excessive au voisinage des objets et il sera impossible de respecter les valeurs limites d'émission et d'immission prévues par l'ordonnance sur la protection de l'air ainsi que d'autres prescriptions environnementales. Les

bases de planification prévoient différentes classes de confinement. Mais dans la pratique, ce choix entre confinements plus ou moins étanches n'existe pas vraiment. Ce n'est qu'au niveau de la purification de l'air effluent que l'on peut éventuellement utiliser différents types de filtres. A partir du moment où un confinement est nécessaire, celui-ci doit être étanche.

## 2.6 Analyse des polluants

Si la composition du revêtement ne peut pas être déterminée sans équivoque à partir des anciens documents de soumission ou de factures, celle-ci doit être déterminée par l'analyse de plusieurs échantillons, simples ou composés, prélevés à différents endroits du revêtement. S'il y a lieu de penser que plusieurs revêtements ont été appliqués ou que



Couverture du sol adaptée à la situation

des réfections ont été faites avec d'autres produits, chacun des emplacements concernés doit être échantillonné et analysé séparément. Suivant l'objet, les différents revêtements peuvent être répartis de façon très irrégulière. Parfois, des différences de couleur sont le signe de variations de la composition du revêtement. En bref, l'échantillonnage est une opération qui demande beaucoup d'expérience et, sauf cas manifestement simple, cette tâche doit être confiée à des spécialistes.

La composition des revêtements métalliques et chlorés peut être déterminée à l'aide d'un spectromètre à fluorescence de rayons X (XRF) portable, lequel permet de disposer immédiatement des résultats. S'il est utilisé sur le revêtement intact, il détecte surtout les éléments contenus dans la couche de couverture, dont l'épaisseur et la composition peut masquer

les couches sous-jacentes. Ces dernières ne peuvent être analysées qu'après décapage successif des couches ou à des endroits où le revêtement est endommagé. En théorie, la fluorescence de rayons X permet de détecter des éléments à partir du numéro atomique 10 (néon). Cependant, les raies spectrales des éléments de petit numéro atomique étant plus rapprochées, les appareils portables plus anciens, à résolution plus faible, ne permettent pas une détection aussi précise.

L'appareil XRF ne fait pas de distinction entre chrome(III) et chrome(VI). De ce fait, on analyse la teneur totale en chrome. Dès lors que la teneur totale en chrome dépasse la valeur de 100 ppm, la concentration de chrome(VI) doit être déterminée en laboratoire selon la méthode de l'EMPA, sauf si d'autres indices permettent d'en exclure la présence.

Le spectromètre XRF ne fait pas de distinction entre le chlore contenu dans le PCB et celui présent dans d'autres substances, comme le caoutchouc chloré. Néanmoins, un appareil XRF portable suffisamment sensible permet d'évaluer indirectement la concentration de PCB à partir de celle de chlore. Sachant que les PCB les plus couramment employés renfermaient souvent de 20 à 40 % de chlore, si la teneur en chlore est supérieure à 30 ppm, il existe alors un risque que la concentration de PCB dépasse la valeur seuil de 100 ppm (cf. *Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – lignes directrices*). Dans ce cas, ceux-ci doivent être analysés en laboratoire, sauf si d'autres indices permettent d'en exclure la présence. Il faut dans tous les cas déterminer quel type de substance chlorée est contenu dans le revêtement.



Analyse des métaux lourds avec un spectromètre à fluorescence de rayons X portable

## 3 Mesures

Le **tableau 3** résume les mesures applicables pour protéger les sols contre les atteintes chimiques et physiques, pour limiter les risques ainsi que pour assainir et décontaminer le site. Chacune des mesures est commentée dans le texte qui suit.

### 3.1 Protection du sol contre les atteintes chimiques

#### 3.1.1 Atteinte existante

##### **M11** *Atteinte existante sans lien avec la protection anticorrosion*

Si des éléments suggèrent ou font soupçonner l'existence d'une pollution à l'emplacement d'un nouveau pylône (cadastre des sites pollués, registre cantonal des sols pollués), il faut procéder à une analyse des polluants du sol conformément aux prescriptions cantonales et, le cas échéant, à l'investigation historique et technique. Le programme d'investigation doit être préalablement défini avec le service cantonal compétent. Le modèle d'échantillonnage dépend de la pollution avérée ou supposée. Dans la plupart des cas, il est recommandé d'opter pour une grille d'échantillonnage (cf. notamment les tableaux 4 et 11 du *Manuel de prélèvement sol* (OSol) (OFEFP, 2003).

##### **M12** *Atteinte existante liée à la protection anticorrosion*

Il faut s'attendre à ce que les sols situés au voisinage d'ouvrages protégés contre la corrosion présentent des pollutions excessives. Toutefois, il est généralement admis que ces sites ne sont pas assimilables à des sites pollués. L'art. 2 OSites ne fournit en effet aucune base légale pour les considérer comme tels, car il ne s'agit ni de sites de stockage définitif, ni d'aires d'exploitations, ni de lieux d'accident<sup>1</sup>.

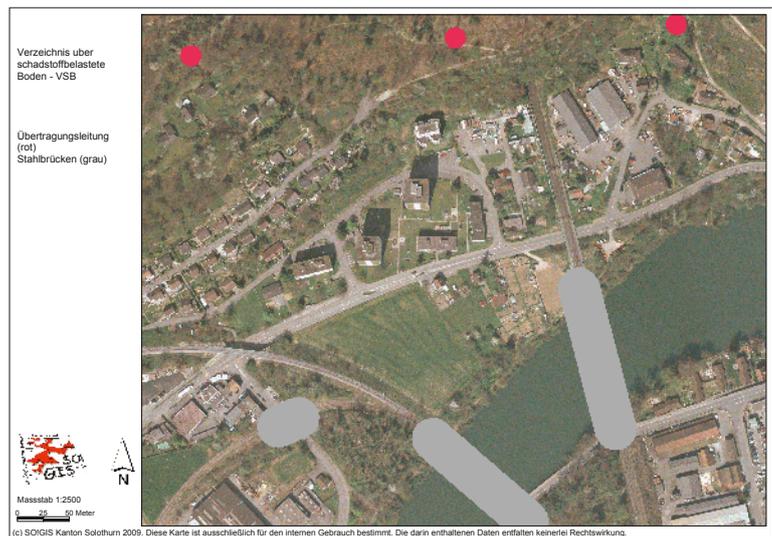
<sup>1</sup> Concernant l'absence de base légale dans l'OSites: il ne s'agit pas de lieux pollués par l'entreposage de déchets, ou par des activités industrielles impliquant des substances dangereuses pour l'environnement, ou par un accident (renversement de peinture anticorrosion, seuil limite de 450 litres). En résumé: les sols au voisinage de ces objets ne sont pas considérés comme des sites pollués. Communication OFEV, R. v. Arxx, 25.5.2009.

**Tableau 3** Mesures à prendre lors de travaux extérieurs de protection anticorrosion. Les chiffres se rapportent aux mesures décrites dans le texte.

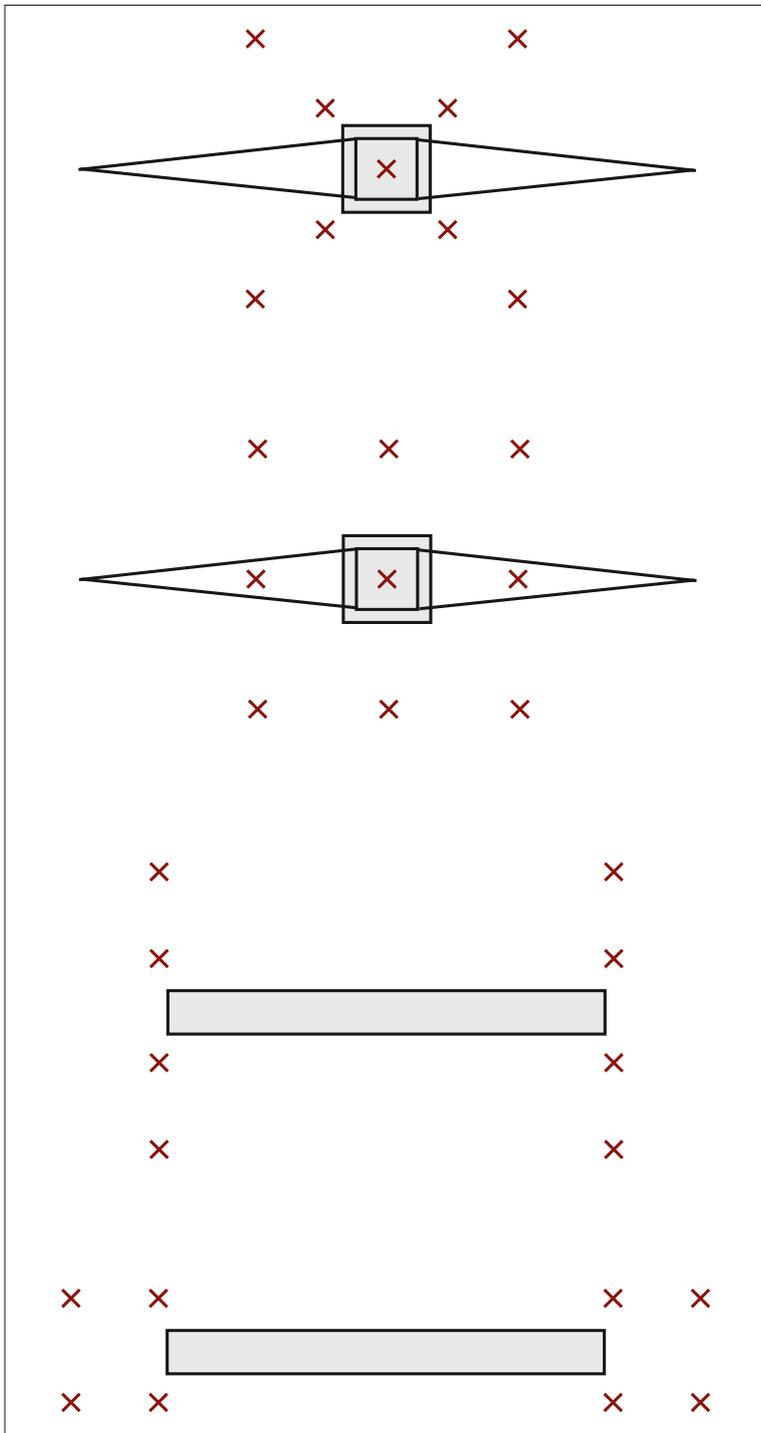
Activité	Protection du sol contre les atteintes chimiques	Protection du sol contre les atteintes physiques	Limitation des risques Assainissement
Construction	M11, M13, M14, M16	M21–M28	M31–M33
Déconstruction	M12, M13, M15, M16	M21–M28	M31–M33
Transformation	*	*	*
Entretien	M15, M16	M25, M28	M34

\* Transformation: Par transformation, on entend les travaux qui ne servent pas uniquement à l'entretien de l'ouvrage (= au maintien de sa valeur) mais lui apportent une plus-value. Lors de travaux de terrassement ou en cas d'utilisation pour d'autres tâches de machines ou de véhicules lourds, on applique les exigences relatives à la déconstruction, et cela aussi bien pour la protection contre les atteintes chimiques (le sol étant déjà pollué) que pour la protection contre les atteintes physiques (en raison des risques de compaction liés à l'utilisation de machines ou de véhicules lourds). Si aucun terrassement n'est nécessaire et que seuls des véhicules d'un poids total inférieur à 3,5 t sont utilisés, on applique les exigences relatives à l'entretien.

Les cantons ont cependant toute licence d'inscrire les pollutions dues à la protection anticorrosion au cadastre des sites pollués. Dans ce cas, l'investigation s'effectue dans le cadre d'une investigation historique et technique, dont le programme doit être défini au préalable avec l'autorité cantonale compétente, en s'appuyant sur le cadastre cantonal des sites pollués.



**Exemple d'un cadastre cantonal des sites pollués**



**Figure 1** Modèles d'échantillonnage possibles pour les pylônes (en haut: à gauche, polaire, à droite, en grille) et pour les ponts (en bas, 2 variantes). En outre, il faut échantillonner un site de référence situé à proximité immédiate, mais non influencé par l'ouvrage.

Les analyses de sol portent sur les métaux lourds zinc, plomb, cadmium (comme accompagnant du zinc) et chrome, et sont élargies si nécessaire aux HAP et aux PCB. Même si l'objet est encore recouvert de la couche de protection originale et que la présence de l'un ou l'autre de ces métaux lourds peut être exclu, il est néanmoins recommandé de tous les analyser, car les économies obtenues par une réduction de leur nombre sont négligeables. En revanche, l'analyse des HAP et des PCB est coûteuse. Le registre cantonal des sols pollués (p. ex. périmètre d'investigation) peut fournir des indications quant à la nécessité de telles analyses.

La zone polluée par les métaux lourds dépend de la forme de l'ouvrage et du type de revêtement (**tableau 4**).

Modèle d'échantillonnage: dans le cas de ponts (sources linéaires courtes) et de pylônes (sources ponctuelles, avec superposition de sources linéaires courtes et marquées, les traverses, et de source linéaires perpendiculaires peu marquées, les câbles), il est recommandé d'opter pour un échantillonnage en grille ou éventuellement polaire. C'est ainsi que pour les ponts, les échantillons sont prélevés au moins aux quatre angles et, si nécessaire, en deux points plus éloignés, voire davantage. Pour les pylônes, l'échantillonnage polaire se fera selon deux axes perpendiculaire passant au centre du mât, avec un prélèvement à l'intersection des axes et un ou plusieurs autres à l'extérieur du mât le long des axes. Une variante possible, en grille, est d'effectuer un prélèvement au centre, un autre sous chaque traverse et une série autour au-delà de l'extension du pylône et des traverses (**figure 1**). La surface échantillonnée doit inclure toute la zone polluée. Elle doit être suffisamment étendue pour pouvoir délimiter les surfaces polluées et les distinguer du terrain environnant (les échantillons les plus éloignés de l'ouvrage doivent au minimum présenter des teneurs plus basses que les seuils d'investigation, ou alors des teneurs inférieures aux valeurs indicatives ou correspondantes au bruit de fond environnant).



**Tableau 4** Etendue indicative de la pollution par les métaux lourds autour d'ouvrages en acier protégés contre la corrosion. Distance en mètres depuis le centre de l'ouvrage (pour les pylônes) ou son bord extérieur (pour les autres).  
(Sources: cf. Gsponer, 1996)

Type d'ouvrage	Pollution > seuil d'investigation	Pollution > valeur indicative
Pont en acier < 20 m de haut	5 m	25 m
Pont en acier > 20 m de haut	Echantillonnage et analyse de sol obligatoires	Echantillonnage et analyse de sol obligatoires
Pylône haute tension, protection anticorrosion sans Pb, ni Cr(VI), ni HAP	–	7 m
Pylône haute tension, protection anticorrosion avec Pb, Cr(VI), ou HAP	5 m	25 m
Réservoirs verticaux, silo 200–2000 m <sup>3</sup>	5 m	25 m
Réservoirs verticaux, silo > 2000 m <sup>3</sup>	Echantillonnage et analyse de sol obligatoires	Echantillonnage et analyse de sol obligatoires
Glissières	0.5 m	1 m
Clôtures	0.5 m	1 m
Poteau caténaire, protection anticorrosion sans Pb, ni Cr(VI), ni HAP	–	2 m
Poteau caténaire, protection anticorrosion avec Pb, Cr(VI), ou HAP	3 m	5 m



### M13 Matériaux terreux

Le sol laissé en place est évalué conformément à l'OSol. Si sa teneur en polluants est

- a) supérieure au seuil d'investigation: examen de la nécessité d'imposer des restrictions d'utilisation (limitation des risques) et éventuellement surveillance;
- b) supérieure à la valeur d'assainissement: interdiction d'utilisation ou décapage et élimination;

En cas de décapage et d'élimination de matériaux terreux, les quantités enlevées et leur mode d'élimination doivent être décrits de manière détaillée dans un rapport d'assainissement (avec attestation d'élimination), à présenter aux autorités cantonales.

La réutilisation des matériaux terreux est déterminée conformément aux Instructions matériaux terreux (OFEFP, 2001). Si la teneur en polluants des matériaux est

- a) inférieure à la valeur indicative: utilisation sans restriction;
- b) supérieure à la valeur indicative, mais inférieure au seuil d'investigation: utilisation sur place ou en un lieu dont la teneur en polluants est comparable. Dans la pratique, ce type de matériaux est généralement éliminé, car il existe rarement une demande en raison des conditions restrictives;
- c) supérieure au seuil d'investigation: élimination.



Pylone démonté

### 3.1.2 Prévention de nouvelles atteintes

#### M14 Protection anticorrosion d'un nouvel ouvrage

La protection anticorrosion d'un nouvel ouvrage doit être entièrement réalisée à l'atelier. Seules les finitions peuvent être exécutées sur le chantier. En principe, il faut choisir la protection anticorrosion qui soit la plus respectueuse que possible de l'environnement, tout en nécessitant le moins d'entretien sur toute la durée de vie de l'ouvrage.

#### M15 Protection anticorrosion d'un ouvrage existant

La protection anticorrosion est réalisée sur la base des aides à l'exécution *Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – Lignes directrices* (2002) et *La protection de l'environnement dans les travaux anticorrosion – Base de planification* (2004) et, pour les pylônes à haute tension, conformément au document *Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung* (2009).

#### M16 Produits chimiques

Lors de nouvelles constructions et de travaux d'entretien, les produits chimiques potentiellement dangereux pour le sol (peintures, laques, solvants, lubrifiants, produits antigels, etc.) ne peuvent être entreposés, transvasés et utilisés qu'avec les mesures de protection adéquates. Si nécessaire, il faut protéger le sol de manière appropriée. Les déchets de chantier doivent être correctement éliminés.

### 3.2 Protection du sol contre les atteintes physiques

#### M21 Bases

La protection du sol contre les atteintes physiques est assurée conformément au guide *Construire en préservant les sols* (OFEFP, 2001) et à la norme *SN 640 583* (VSS, 2000).

**M22 Protection des sols sur les chantiers (SN 640 583 al. 3)**

Il est vivement recommandé de faire appel à un spécialiste habilité à donner des instructions (voir sur [www.soil.ch](http://www.soil.ch), la liste des spécialistes de la protection des sols sur les chantiers (SPSC) reconnus par la SSP) et dont le mandat, les compétences, etc. doivent être définis dans un cahier des charges.

**M23 Terrassements (SN 640 583 al. 5.2)**

Les terrassements ayant un impact sur le sol, comme les excavations et remblayages ou la création de dépôts intermédiaires de matériaux terreux, de places pour les équipements de chantier et de pistes en gravas, sont à exécuter à l'aide d'engins et d'outils appropriés et dont la pression au sol, en circulation directe sur le terrain, ne dépasse en règle générale pas 0,5 bar.

**M24 Limite d'utilisation de machines (SN 640 583 fig. 2, al. 5.2)**

La limite d'utilisation de machines de chantier est déterminée selon la règle suivante:

$$1.25 \times \text{poids total de la machine [tonnes]} \times \text{pression au sol [bar]} < \text{force de succion mesurée [cbar]}$$

La force de succion est mesurée à une profondeur de 35 cm à l'aide de tensiomètres. En dessous d'une force de succion de 10 cbar, il est strictement interdit de rouler sur le sol, quelle que soit la limite d'utilisation calculée. En cas de pluie, il faut cesser les terrassements et toute circulation sur le sol. Les travaux ne pourront reprendre qu'avec l'accord du SPSC.

**M25 Véhicules à pneus (SN 640 583 al. 5.2)**

Les véhicules à pneus ne doivent pas rouler sur la couche supérieure (horizons A), ni sur le sous-sol (horizon B). Ils ne peuvent être employés que sur des chemins, des routes, des pistes en gravas ou sur des pistes excavées jusqu'au matériau parental (roche-mère, horizon C).

**M26 Entreposage des matériaux terreux (SN 640 583 al. 4)**

La couche supérieure, le sous-sol et le matériau parental doivent toujours être décapés, entreposés et remis en place séparément. La manipulation des matériaux terreux doit être la plus brève possible et le nombre d'interventions limité au maximum. Les surfaces d'entreposage ne doivent pas être



**Spécialiste du sol inspectant un chantier**



**Véhicule de chantier ménageant le terrain**

décapées. L'entreposage des matériaux terreux se fait généralement avec une pelleteuse à chenilles légère en travaillant de front. Les dépôts doivent être immédiatement enherbés et leur accès interdit à toute machine à l'exception d'une faucheuse légère. La hauteur maximale des dépôts est de 1,5 m pour la couche supérieure, et de 2,5 m pour le sous-sol et le matériau parental (horizon C).



Stockage provisoire de sol (horizon A) et de sous-sol (horizon B)



Piste créée pour rejoindre un pylône

### **M27 Décapages (SN 640 583 al. 5.1)**

Seule les surfaces à terrasser peuvent être décapées.

Tout décapage supplémentaire est soumis à autorisation.

### **M28 Installations provisoires et pistes de chantier (SN 640 583 al. 5.1)**

Les matériaux (d'une granulométrie appropriée) utilisés pour les installations et les pistes de chantier doivent être versés à même le sol enherbé et en travaillant de front, c'est-à-dire sans décapier le sol ni rouler dessus. Après roulage, l'épaisseur de la couche doit atteindre au moins 40 cm.

Remarque: l'utilisation de géotextiles est indiquée pour séparer deux matériaux difficiles à différencier à l'œil nu (grave sur grave) ou un matériel de piste potentiellement pollué (p. ex. matériel de recyclage) de la couche supérieure du sol, ou encore pour protéger des terres labourables. Les sols nus doivent être préalablement enherbés. Les matériaux peuvent être déversés directement sur les herbages. Attention: les géotextiles peuvent se déchirer au moment où on les enlève et se mélanger à la grave ou au sol en place, ce qui pose des problèmes ultérieurement.

## **3.3 Limitation des risques et assainissement ou décontamination**

### **M31 Site pollué selon l'art. 12 OSites**

Un sol situé dans un site pollué nécessite un assainissement lorsqu'une substance qu'il contient dépasse la valeur de concentration correspondante fixée à l'annexe 3 de l'OSites, même s'il a déjà fait l'objet d'une restriction d'utilisation. S'il ne nécessite pas d'assainissement, il est évalué selon l'OSol. Pour le reste c'est la procédure prévue par l'OSites qui s'applique. L'élimination éventuelle doit se faire selon les prescriptions de l'OTD.

### **M32 Sol pollué**

La procédure se fonde sur l'OSol et le manuel *Sols pollués – Evaluation de la menace*:

- En cas de dépassement des valeurs d'assainissement de l'OSol, la limitation des risques repose sur une interdiction d'utilisation pour la catégorie d'utilisation concernée. Une décontamination du sol peut aussi être envisagée.
- Si la pollution dépasse un ou plusieurs seuils d'investigation de l'OSol, les cantons doivent analyser le risque. Si nécessaire, ils émettent des recommandations et des restrictions d'utilisation. A travers les seuils d'investigation, une distinction est faite entre la menace pour la santé humaine ou animale par l'intermédiaire d'une contamination des cultures fourragères, ou alimentaires, ou par contact cutané ou ingestion directe. Pour l'évaluation, on se basera sur le manuel de l'OFEFP *Sols pollués – Evaluation de la menace*.
- Si la pollution dépasse la valeur indicative de l'OSol, la limitation des risques passe par l'édiction de mesures destinées à empêcher une utilisation incontrôlée des matériaux terreux; il faut en outre éviter une aggravation de la pollution du sol (supprimer la source).

### **M33 Obligation d'assainir et buts de l'assainissement**

L'obligation d'assainir s'applique dans les zones affectées par l'aménagement du territoire à l'horticulture ou à l'agriculture. L'assainissement de sols forestiers n'étant pas réalisable à l'heure actuelle, seules des mesures préventives sont applicables. A relever également que tout sol utilisé comme jardin privé ou familial, ou comme place de jeu, et qui constitue un site pollué, ou en fait partie, doit aussi être assaini.

L'assainissement vise à limiter les risques. La pollution doit être abaissée à un niveau qui permette une utilisation du sol conforme à la loi. Cependant, il serait judicieux que ce niveau soit aussi inférieur au seuil d'investigation, faute de quoi il faudrait procéder à une nouvelle évaluation des risques et ordonner, le cas échéant, des restrictions d'utilisation. En règle générale, l'assainissement doit permettre une utilisation du site sans restriction et conforme à son affectation.

### **M34 Atteinte à la fertilité du sol**

En cas de soupçon d'atteinte à la fertilité (p. ex. mauvaise croissance de la végétation), les cantons font procéder à des analyses du sol, même si aucun déplacement de matériaux terreux n'est prévu. La procédure se fonde sur l'OSol et sur le manuel *Sols pollués – Evaluation de la menace* de l'OFEV et, s'il s'agit d'un site contaminé, sur l'OSites.



**Tri de matériaux d'excavation pollués**

## 4 Bases légales, directives, normes, aides à l'exécution

### 4.1 Bases légales

- Ordonnance sur les sites contaminés. Ordonnance du 26 août 1998 sur l'assainissement des sites pollués (OSites). RS 814.680.
- Ordonnance du 10 décembre 1990 sur le traitement des déchets (OTD). RS 814.600.
- Loi sur la protection de l'environnement. Loi fédérale du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE) SR 814.01.
- Ordonnance du 1<sup>er</sup> juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (OSol). RS 814.12.
- Ordonnance du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair). RS 814.318.142.1.
- Ordonnance du 22 juin 2005 sur les mouvements de déchets (OMoD). RS 814.610.
- Ordonnance du 15 décembre 1986 sur la protection contre le bruit (OPB). RS 814.41.
- Ordonnance du 28 octobre 1998 sur la protection des eaux (OEaux). RS 814.201.
- Ordonnance du 26 septembre 2008 relative à la taxe pour l'assainissement des sites contaminés (OTAS). RS 814.681.
- Ordonnance du 19 octobre 1988 relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE). RS 814.011.
- Loi sur les installations électriques. Loi fédérale du 24 juin 1902 concernant les installations électriques à faible et à fort courant (LIE). RS 734.0.

### 4.2 Directives, normes, aides à l'exécution

- ABC des travaux de terrassement – Une aide pour les machinistes. 2004. Association suisse de l'industrie du gravier et du béton, Berne.
- Arbeitshilfe zur Erfassung und Beurteilung von Bodenschadverdichtungen. Richt- und Massnahmewerte im physikalischen Bodenschutz. B. Buchter und S. Häusler. 2009. Kantonale Bodenschutzfachstellen. (pdf, OFEV/SSP).
- Behördenvollzugskonzept zum Korrosionsschutzvollzug. 1994. KIGA ZH
- Commentaires concernant l'ordonnance du 1<sup>er</sup> juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols (OSol). 2001. L'envi-

- ronnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Comparabilité des résultats de laboratoires. 2008. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne. pdf.
- Construire en préservant les sols, 2005. Guide de l'environnement n°10, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Convention concernant les mesures à prendre pour garantir la sécurité et la protection de la santé lors de travaux contre la corrosion sur des objets exposés aux intempéries. Suva, 67165/1.f
- Directive ASG pour la remise en état des sites. Directives pour la remise en culture, Berne, 2001. Association Suisse de l'industrie des Graviers et du Béton, ASGB, Berne.
- Directives pour la protection des sols, 1997. Directives pour la protection des sols lors de la création de conduites souterraines de transport. Office fédéral de l'énergie, Berne.
- Directives pour l'élimination des résidus de sablage. 1994. L'environnement pratique, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Directive sur les matériaux d'excavation. Directive pour la valorisation, le traitement et le stockage des matériaux d'excavation et déblais, 1999. L'environnement pratique, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Faktenblatt Bodenbelastungen bei Korrosionsschutzobjekten. 2009. AGIR: Fachstellen Bodenschutz AG, BE, BL, LU, SG, SH, SO, TG, ZG, ZH.
- Formulaire d'annonce/déclaration d'émissions selon l'art. 12 OPair pour les travaux de protection anticorrosion sur des objets exposés aux intempéries, Cercl'Air, www.vskf.ch
- Instructions. Evaluation et utilisation de matériaux terreux (Instructions matériaux terreux), 2001. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEV), Berne.
- La protection de l'environnement dans les travaux anticorrosion – Base de planification. 2004. L'environnement pratique, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Liste de contrôle – Travaux de protection contre la corrosion sur des objets exposés aux intempéries. Suva, 67165.f

- Liste publique des laboratoires pour les analyses de polluants dans le sol. 2009. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- Manuel de prélèvement sol (OSol). Prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse de substances polluantes. M. Hämmann et A. Desales, 2003. Office fédéral de l'environnement (OFEV), Berne.
- Manuel – Sols pollués – Évaluation de la menace et mesures de protection. R. Mailänder et M. Hämmann. 2005. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Norme suisse SN 640 581a. 1998. Terrassement, sol. Bases. Union des professionnels suisses de la route, (VSS), Zurich.
- Norme suisse SN 640 582. 1999. Terrassement, sol. Inventaire de l'état initial, tri des matériaux terreux manipulés. Union des professionnels suisses de la route (VSS), Zurich.
- Norme suisse SN 640 583. 2000. Terrassement, sol. Emprises et terrassements, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution. Union des professionnels suisses de la route (VSS), Zurich.
- Oberflächenschutz an Objekten im Freien. 1996. Empfehlung des Cercl'Air Nr. 14, Cercl'Air, Aarau (Meldepflicht)
- PCB-Emissionen beim Korrosionsschutz. Praxishilfe. 2000. J. Stolz. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – Lignes directrices, 2002, Informations concernant l'ordonnance sur la protection de l'air (OPair) n°12, Berne, pdf. Remplace l'information OPair n°9.
- Règles reconnues de la technique – protection contre la corrosion – Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung. 2009. Vollzugshilfe zur Durchführung von Korrosionsschutzarbeiten. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Berne.
- VDI-Richtlinie: VDI 2119 Blatt 2, Messung partikelförmiger Niederschläge – Bestimmung des Staubniederschlags mit Auffanggefässen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff. 1996

### 4.3 Bibliographie

- Definition und Erfassung von Bodenschadverdichtungen, Positionspapier der BGS-Plattform Bodenschutz. 2004. Dokument Nr. 13. Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz (BGS), Zollikofen.
- Gsponer R. 1996. Ursachendifferenziertes Vorgehen zur verdachtsorientierten Erkundung von Schwermetallbelastungen im Boden. Diss. ETH Zurich, n° 11862.
- Tschannen P. 1999. Kommentar zum Umweltschutzgesetz. Erläuterungen zum Bodenschutz (Art. 33–35). Vereinigung für Umweltrecht und H. Keller, Zurich.



## Impressum

Auteurs: Bernhard Buchter, Zurich;  
Stephan Häusler, Bolligen

Accompagnement du projet: Franz Borer, canton de Soleure;  
Barbara Gfeller Laban, canton de Fribourg;  
Rolf Gsponer, canton de Zurich; Thomas  
Muntwyler, canton d'Argovie

Mise en page: aufdenpunkt.ch – Urs W. Flück, Langendorf

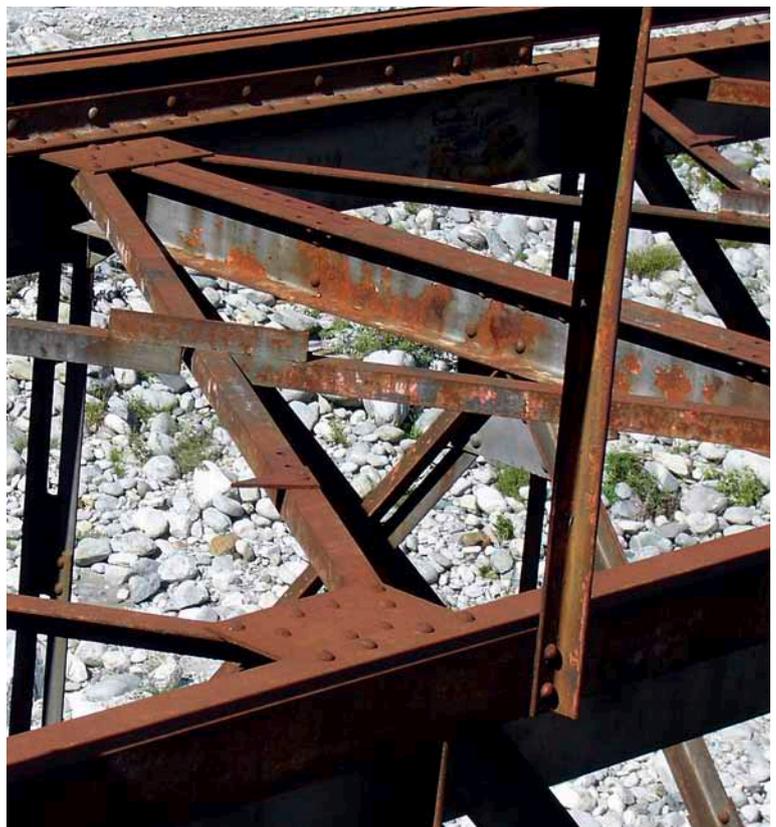
Photos: Kantonale Fachstellen; Autoren; Projekt-  
begleitung; Christoph Salm, Muhlen; Jakob  
Marti, Glarus; Beat Gloor, Zürich

Editeurs: Services cantonaux de la protection des sols;  
Office fédéral de l'environnement (OFEV),  
3003 Berne; [www.environnement-suisse.ch](http://www.environnement-suisse.ch)  
L'OFEV est un office du Département fédé-  
ral de l'environnement, des transports, de  
l'énergie et de la communication (DETEC).

Traduction: André Carruzzo et Service linguistique de  
l'OFEV

18 mai 2010

Commandes: [www.soil.ch](http://www.soil.ch)  
*(Il n'y a pas de version imprimée)*



# Ouvrages extérieurs traités contre la corrosion et protection des sols

## Procédure et modèles de formulation

### Procédure

#### 1<sup>re</sup> étape Détermination du type d'assainissement: construction, déconstruction, transformation ou entretien

Définition de transformation: Par transformation, on entend principalement les travaux qui augmentent la valeur de l'ouvrage, c'est-à-dire qui vont au-delà du simple entretien, lequel ne vise qu'à en maintenir la valeur.

#### 2<sup>e</sup> étape Classement de la transformation en tant que déconstruction ou comme entretien

Lors de travaux de terrassement ou en cas d'utilisation pour d'autres tâches de véhicules ou de machines d'un poids total supérieur à 3,5 t, ce sont les prescriptions relatives à la déconstruction qui s'appliquent, sinon, celles relatives à l'entretien.

#### 3<sup>e</sup> étape Détermination des mesures applicables

	Protection du sol contre les atteintes chimiques	Protection du sol contre les atteintes physiques	Limitation des risques / Assainissement
Construction	M11, M13, M14, M16	M21 – M28	M31 – M33
Déconstruction	M12, M13, M15, M16	M21 – M28	M31 – M33
Transformation	<i>voir 1<sup>re</sup> étape</i>	<i>voir 1<sup>re</sup> étape</i>	<i>voir 1<sup>re</sup> étape</i>
Entretien	M15, M16	M25, M28	M34

#### 4<sup>e</sup> étape Si le type d'assainissement relève de l'entretien

Les travaux d'entretien ne requièrent pas d'autorisation de construire, mais la remise d'une déclaration d'émissions (formulaire d'annonce). Vérifier que le formulaire a bien été remis et qu'il est complètement rempli, en s'assurant notamment qu'il contient les données suivantes:

- surface totale à assainir;
- type d'assainissement (total/partiel, sablage, décapage à l'eau, autres);
- mesures de limitation des émissions; et, s'il y a confinement, le nom de l'entreprise d'échafaudage;
- déchets produits (sable, eau);
- composition du revêtement à enlever (Pb, Zn, Cd, Cr, Cr(VI), PCB, HAP).

#### 5<sup>e</sup> étape Choix des mesures

Remarque à propos des modèles de formulation: [...] indique qu'il faut compléter le texte

Les modèles de formulation ci-après peuvent être téléchargés en format RTF depuis KMSOIL (*accès réservé aux services cantonaux de la protection des sols*).

## Modèles de formulation

### Type d'assainissement

Construction	Sur la base des pièces reçues, il s'agit d'une/de <b>[construction/déconstruction/transformation/travaux d'entretien]</b> de <b>[désignation]</b> . Les mesures indiquées ci-dessous doivent être prises afin de protéger le sol.
Déconstruction	
Transformation	
Entretien	

### M11 *Atteinte existante sans lien avec la protection anticorrosion*

	<i>Variante a:</i>
Motif	Des éléments suggèrent l'existence de pollutions du sol dans le périmètre du chantier <b>[n° d'inscription au cadastre des sites pollués]</b> .
Dispositif	Le sol doit faire l'objet d'une analyse des polluants. La suite de la procédure se base sur les résultats de l'investigation historique et technique conformément à l'OSites. Le programme d'investigation doit être préalablement défini avec le service cantonal compétent.
	<i>Variante b:</i>
Motif	Des éléments suggèrent l'existence de pollutions du sol dans le périmètre du chantier <b>[inscription au registre des sols pollués, périmètre d'investigation, etc.]</b> .
Dispositif	Le sol doit faire l'objet d'une analyse des polluants. La suite de la procédure se base sur l'OSol <b>[et sur les prescriptions cantonales]</b> .

### M12 *Atteinte existante liée à la protection anticorrosion*

Motif	Lorsque des sols sont situés au voisinage d'ouvrages protégés contre la corrosion, il faut s'attendre à ce qu'ils présentent des pollutions excessives. Dans le périmètre du chantier, des éléments suggèrent l'existence de pollutions du sol provoquées par l'ouvrage <b>[à démonter] [à transformer] [p. ex. inscription dans le périmètre d'investigation]</b> . Remarque: selon les indications fournies par les autorités fédérales compétentes, les sols situés au voisinage d'ouvrages traités contre la corrosion et dont la pollution provient du revêtement anticorrosion ne sont pas considérés comme des sites pollués.
Dispositif	Le sol doit faire l'objet d'une analyse des polluants suivants: zinc, plomb, cadmium et chrome <b>[ainsi que] [HAP] [et] [PCB]</b> . La surface d'échantillonnage doit inclure toute la zone polluée. Les échantillons les plus éloignés de l'ouvrage doivent par conséquent présenter des teneurs en polluants inférieures aux <b>[valeurs indicatives, seuils d'investigation]</b> correspondant[e]s. La suite de la procédure se base sur l'OSol et le manuel <i>Sols pollués – Evaluation de la menace</i> . Remarque: S'il s'agit de sites considérés comme des sites pollués au sens de l'OSites, la suite de la procédure se base sur l'OSites.

<b>M13</b>		<b>Matériaux terreux</b>
Motif	Des matériaux terreux sont décapés, déplacés et éliminés lors de travaux de construction/déconstruction/transformation.	
Dispositif	<p>Le sol laissé en place est évalué conformément à l'OSol.</p> <p>Si la teneur en polluants est</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– supérieure au seuil d'investigation: examen de la nécessité d'imposer des restrictions d'utilisation (limitation des risques) et éventuellement surveillance;</li> <li>– supérieure à la valeur d'assainissement: interdiction d'utilisation, ou décapage et élimination.</li> </ul> <p>En cas de décapage et d'élimination de matériaux terreux, les quantités enlevées et leur mode d'élimination doivent être synthétisés dans un rapport d'assainissement (avec attestation d'élimination) à présenter aux autorités cantonales.</p> <p>La réutilisation des matériaux terreux est déterminée conformément aux <i>Instructions matériaux terreux</i>.</p> <p>Si la teneur en polluants des matériaux est</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– inférieure à la valeur indicative: utilisation sans restriction;</li> <li>– supérieure à la valeur indicative, mais inférieure au seuil d'investigation: utilisation sur place ou en un lieu dont la teneur en polluants est comparable, ou élimination;</li> <li>– supérieure au seuil d'investigation: élimination et, si nécessaire, remplacement des matériaux.</li> </ul>	
<b>M14</b>		<b>Protection anticorrosion d'un nouvel ouvrage</b>
Motif	Les travaux de protection contre la corrosion provoquent des émissions.	
Dispositif	La protection anticorrosion d'un nouvel objet doit être entièrement réalisée à l'atelier. Seules les finitions peuvent être exécutées sur le chantier. La nouvelle protection anticorrosion doit être la plus respectueuse que possible de l'environnement, tout en nécessitant le moins d'entretien sur toute la durée de vie de l'ouvrage.	
<b>M15</b>		<b>Protection anticorrosion d'un ouvrage existant</b>
Motif	Les travaux de protection contre la corrosion provoquent des émissions de poussières, de métaux lourds, voire de polluants organiques.	
Dispositif	La protection anticorrosion est réalisée sur la base des aides à l'exécution <i>Protection anticorrosion des surfaces exposées aux intempéries – Lignes directrices</i> (2002) et <i>La protection de l'environnement dans les travaux anticorrosion – Base de planification</i> (2004) et, pour les pylônes à haute tension, conformément au document <i>Umweltschutzmassnahmen bei der Instandhaltung des Korrosionsschutzes von Stahltragwerken der Elektrizitätsübertragung</i> (2009).	

<b>M16</b>		<b>Produits chimiques</b>
Motif	Les travaux sur métaux requièrent l'utilisation de substances liquides.	
Dispositif	Les produits chimiques potentiellement dangereux pour le sol (peintures, laques, solvants, lubrifiants, produits antigel, etc.) ne peuvent être entreposés, transvasés et utilisés qu'avec les mesures de protection adéquates. Si nécessaire, il faut protéger le sol de manière appropriée. Les déchets de chantier doivent être correctement éliminés.	
<b>M21</b>		<b>Protection du sol contre les atteintes physiques</b>
Motif	<b>[Le projet de construction requiert/Les travaux d'entretien requièrent]</b> l'utilisation de machines lourdes <b>[ou l'excavation/le déplacement de matériaux terreux]</b> . Il y a risque d'atteintes physiques au sol en cas d'exécution inappropriée des travaux.	
Dispositif	La protection du sol contre les atteintes physiques est assurée conformément au guide <b>Construire en préservant les sols</b> (OFEFP, 2001) et à la <b>norme SN 640 583</b> (VSS, 2000). Il convient notamment de prendre en considération et d'appliquer les mesures suivantes: [...].	
<b>M22</b>		<b>Protection des sols sur les chantiers (SN 640 583 al. 3)</b>
Motif	La protection du sol contre les atteintes physiques est une tâche exigeante qui demande des connaissances pointues.	
Dispositif	Pour cette raison, le projet de construction doit être suivi par un spécialiste habilité à donner des instructions (voir sur <a href="http://www.soil.ch">www.soil.ch</a> , la liste des spécialistes de la protection des sols sur les chantiers (SPSC) reconnus par la SSP/BGS) et dont le mandat et les compétences sont définis dans un cahier des charges. Il faut faire appel à ce spécialiste <b>avant</b> toute intervention sur le sol.	
<b>M23</b>		<b>Terrassements (SN 640 583 al. 5.2)</b>
Motif	La compaction, indésirable, du sol est d'autant plus importante que la pression superficielle de la machine est élevée.	
Dispositif	Les terrassements ayant un impact sur le sol, comme les déblais et remblais et la création de dépôts de matériaux terreux, de places pour les équipements de chantier et de pistes en graves, sont à exécuter à l'aide de machines et d'engins appropriés et dont la pression au sol, en circulation directe sur le terrain, ne dépasse en règle générale pas 0,5 bar.	

**M24** *Limite d'utilisation de machines (SN 640 583 fig. 2, al. 5.2)*

Motif	Outre la pression au sol, le poids total joue aussi un rôle.
Dispositif	L'utilisation d'un engin de chantier est possible aux conditions suivantes: $1.25 \times \text{poids de la machine [tonnes]} \times \text{pression au sol [bar]} < \text{force de succion mesurée [cbar]}$ La force de succion est mesurée à une profondeur de 35 cm à l'aide de trois tensiomètres. En dessous d'une force de succion de 10 cbar, il est strictement interdit de rouler sur le sol. En cas de pluie, il faut cesser les terrassements. Les travaux ne pourront reprendre qu'avec l'accord du SPSC.

**M25** *Véhicules à pneus (SN 640 583 al. 5.2)*

Motif	La pression au sol de véhicules à pneus est plusieurs fois supérieure à la valeur acceptable en circulation directe sur le sol.
Dispositif	Les véhicules à pneus ne doivent pas rouler sur la couche supérieure, ni sur le sous-sol (horizons A et B). Ils ne peuvent être employés que sur les chemins, les routes, les pistes en graves ou dans des pistes excavées jusqu'au matériau parental (roche-mère, horizon C).

**M26** *Entreposage des matériaux terreux (SN 640 583 al. 4)*

Remarque	Pour que les matériaux terreux puissent être réutilisés sans restriction, les différentes couches de sol ne doivent pas être mélangées. En outre, les manipulations répétées endommagent la structure du sol, préférentiellement son réemploi.
Dispositif	La couche supérieure, le sous-sol et le matériau parental doivent toujours être décapés, entreposés et remis en place séparément. La manipulation des matériaux terreux doit être la plus brève possible et le nombre d'interventions limité au maximum. Les surfaces d'entreposage ne doivent pas être décapées. L'entreposage des matériaux terreux doit se faire avec des machines légères (pression au sol < 0,5 bar) en travaillant de front. Les dépôts doivent être immédiatement enherbés et leur accès interdit aux autres machines. La hauteur maximale des dépôts est de 1,5 m pour la couche supérieure, et de 2,5 m pour le sous-sol et le matériau parental (horizon C).

**M27** *Décapages (SN 640 583 al. 5.1)*

Motif	La couverture végétale existante assure la cohésion du sol, lequel présente une structure <b>[grumeuse]</b> <b>[favorable]</b> grâce à la présence de racines et de la faune du sol. Pendant sa période de croissance, la végétation extrait de l'eau du sol. Celui-ci supporte donc mieux la circulation de véhicules et se rétablit plus rapidement après les travaux.
Dispositif	Seule les surfaces à terrasser peuvent être décapées. Tout décapage supplémentaire est soumis à autorisation.

**M28** *Installations provisoires et pistes (SN 640 583 al. 5.1)*

Motif	La pose des installations à même la couche supérieure du sol, tout comme l'utilisation de la plupart des véhicules, entraînent des compactations du sol.
Dispositif	Dans la mesure du possible, il faut positionner les installations sur des surfaces en dur existantes. Sinon, les matériaux d'une granulométrie appropriée utilisés pour les installations provisoires et les pistes doivent être versés à même le sol enherbé, c'est-à-dire sans le décapier le sol ni rouler dessus. Après roulage, l'épaisseur de la couche doit atteindre au moins 40 cm.

**M31** *Site pollué selon l'art. 12 OSites*

	<i>Variante a:</i>
Motifs	Le périmètre touché par les travaux est un site pollué [n° d'inscription au cadastre des sites pollués]. Une [Plusieurs] valeur[s] de concentration fixée[s] à l'annexe 3 de l'OSites [est] [sont] dépassée[s]. Il s'agit du [polluant x], du [polluant y], ...
Dispositif	Le sol nécessite un assainissement [, même s'il a déjà fait l'objet d'une restriction d'utilisation.] Pour le reste c'est la procédure prévue par l'OSites qui s'applique, toute élimination de déchets devant respecter les prescriptions de l'OTD. <i>ou:</i> 2) Le sol ne nécessite pas d'assainissement. La suite de la procédure se base sur l'OSol.
	<i>Variante b:</i>
Motifs	Le périmètre touché par les travaux est un site pollué [n° d'inscription au cadastre des sites pollués]. Aucune des valeurs de concentration fixées à l'annexe 3 de l'OSites n'est dépassée.
Dispositif	Le sol ne nécessite pas d'assainissement. La suite de la procédure se base sur l'OSol.

<b>M32</b>	<b>Sol pollué</b>
	<i>Variante a:</i>
Motifs	Le périmètre des travaux constitue un sol pollué au sens de l'OSol. La teneur en [polluant] du sol dépasse la valeur d'assainissement prévu en fonction de la catégorie d'utilisation [agriculture et horticulture] [jardins privés ou familiaux] [places de jeu].
Dispositif	L'utilisation du sol pour la catégorie d'utilisation concernée est interdite. Le sol doit être décontaminé à un niveau tel que l'utilisation [agricole] [horticole] prévue par l'aménagement du territoire soit possible sans menace pour les être humains, les animaux ou les plantes.
	<i>Variante b:</i>
Motif	La teneur en [polluant] du sol dépasse le seuil d'investigation prévu en cas [d'utilisation pour la culture fourragère] [d'utilisation pour la culture alimentaire] ou [d'une utilisation présentant un risque de contamination par contact direct ou ingestion].
Dispositif	Au vu du dépassement du seuil d'investigation prévu [en cas d'utilisation pour la culture fourragère] [en cas d'utilisation pour la culture alimentaire] [d'une utilisation présentant un risque de contamination par contact direct ou ingestion] pour [polluant], il faut procéder à une évaluation de la menace conformément au manuel <i>Sols pollués – Evaluation de la menace</i> de l'OFEFP. Cette évaluation servira de base pour l'édiction des restrictions ou recommandations d'utilisation nécessaires pour le type d'utilisation prévu: [culture fourragère] [culture alimentaire] [utilisation présentant un risque de contamination par contact direct ou ingestion].
	<i>Variante c:</i>
Motif	La teneur en [polluant] du sol dépasse la valeur indicative.
Dispositif	En cas de poursuite de l'utilisation du sol pour [la culture fourragère] [la culture alimentaire], il faut prendre les mesures aptes à conserver la fertilité du sol et à éviter une aggravation de la pollution du sol, comme [une réduction des apports d'engrais] [la culture de...] [...].
<b>M33</b>	<b>Obligation d'assainir et buts de l'assainissement</b>
Remarque	Le périmètre des travaux se situe dans une région affectées par l'aménagement du territoire à [l'horticulture] [l'agriculture].
Dispositif	Le sol doit être assaini. Après l'assainissement, la teneur en polluants du sol [doit] [devrait] se situer en dessous du seuil d'investigation pour tous les polluants.
<b>M34</b>	<b>Atteinte à la fertilité du sol</b>
Remarque	[La mauvaise croissance] [autre signe] suggère l'existence d'une atteinte chimique au sol.
Dispositif	Le maître d'œuvre doit déterminer les causes de l'atteinte chimique au sol [délimitation exacte de la surface].

