

Décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols

Code Wallon de Bonnes Pratiques

Guide de Référence pour l'Etude de Caractérisation

Version 01



DIRECTION GÉNÉRALE OPÉRATIONNELLE [DGO 3]
DE L'AGRICULTURE, DES RESSOURCES NATURELLES ET DE L'ENVIRONNEMENT
DÉPARTEMENT DU SOL ET DES DÉCHETS - DIRECTION DE LA PROTECTION DES SOLS

Table des matières

PRÉAMBULE.....	8
1. CHAPITRE 1 : INTRODUCTION	10
1.1. Objet, place et fonction de l'étude de caractérisation.....	10
1.2. Rôle de l'expert	13
1.3. Concepts	14
1.3.1. Concepts en lien avec la définition des stratégies d'investigations.....	14
1.3.2. Concepts liés à l'interprétation des résultats	19
1.3.3. Concepts liés à l'étude de risques.....	20
1.4. Objectifs de l'étude de caractérisation.....	21
1.5. Etapes et méthodologie générale de l'EC	22
1.5.1. Étapes de l'EC.....	22
1.5.2. Méthodologie générale de l'EC.....	22
2. CHAPITRE 2 : MÉTHODOLOGIE.....	26
2.1. Phase I : Etude préparatoire	26
2.1.1. Examen de l'étude d'orientation	26
2.1.2. Inventaire des connaissances actuelles du site	28
2.1.2.A. Requalification des types de pollution	28
2.1.2.B. Actualisation des données.....	28
2.1.2.C. Visite de site.....	29
2.1.3. Périmètre, zonage et types d'usages à considérer.....	29
2.1.4. Modèle Conceptuel du Site	31
2.1.5. Inventaire des données manquantes	32
2.2. PHASE II : Caractérisation des pollutions.....	34
2.2.1. Directives générales concernant les travaux de terrain et d'analyses	34
2.2.2. Stratégies et protocoles d'investigations.....	37
2.2.2.A. Stratégies d'investigation des nouvelles zones suspectes	40
2.2.2.B. Stratégie Car 1 - caractérisation des remblais pollués	41
2.2.2.B.1. Critères de caractérisation.....	41
2.2.2.B.1.1. Caractérisation macroscopique	41
2.2.2.B.1.2. Caractérisation granulométrique	42
2.2.2.B.1.3. Libération de polluants par lessivage des remblais pollués.....	42
2.2.2.B.1.4. Caractérisation volumétrique	44
2.2.2.B.1.5. Caractérisation chimique	45
2.2.2.B.2. Dispositions des sondages, échantillonnages et piézomètres	46
2.2.2.B.3. Protocoles	48
2.2.2.B.3.1. Protocole R1 : remblais pollués monocomposants.....	48
2.2.2.B.3.2. Protocole R2 : remblais pollués composites.....	50
2.2.2.B.3.3. Protocole R3 : sous-zones/horizons particuliers de remblais pollués.....	51
2.2.2.B.4. Caractérisation (géo)statistique	51
2.2.2.C. Stratégie Car 2 – caractérisation/délimitation des taches de pollution.....	55
2.2.2.C.1. Critères de caractérisation	55
2.2.2.C.1.1. Caractérisation macroscopique	55
2.2.2.C.1.2. Mesures des propriétés générales	55
2.2.2.C.1.3. Libération de polluants par lessivage des taches de pollution.....	55
2.2.2.C.1.4. Caractérisation volumétrique	56
2.2.2.C.1.5. Caractérisation chimique	56
2.2.2.C.2. Dispositions des sondages, échantillonnages et piézomètres	56
2.2.2.C.3. Protocoles	57
2.2.2.C.3.1. Protocole S : taches de pollution du sol.....	57
2.2.2.C.3.2. Protocole E1 : taches de pollution dissoutes dans l'eau souterraine	59
2.2.2.C.3.3. Protocole E2 : taches de pollution en couches surnageantes.....	61
2.2.2.C.3.4. Protocole E3 : taches de pollution en couches denses	63
2.2.2.C.3.5. Protocole E4 : cas des nappes superposées.....	66
2.2.2.C.3.6. Protocole E5 : taches de pollutions en milieux fissurés/karstiques	67
2.2.2.C.4. Techniques alternatives d'investigation	71

2.2.2.C.4.1. Technique alternative G : mesures du gaz du sol.....	71
2.2.2.C.4.2. Autres techniques alternatives d'investigation	73
2.2.2.C.5. Caractérisation géostatistique des taches de pollution	77
2.2.3. <i>Elaboration du plan d'échantillonnage</i>	78
2.2.3.A. Plans des conduites et câblages et zones critiques	78
2.2.3.B. Description détaillée du plan d'échantillonnage	79
2.2.4. <i>Exécution des travaux de terrain et d'analyses</i>	79
2.2.4.A. Suivi des travaux de terrain	79
2.2.4.B. Conditionnement et transport des échantillons	79
2.2.4.C. Remise en état du terrain à la fin des travaux de terrain	80
2.2.4.D. Evacuation des déchets	80
2.2.4.E. Exécution des analyses.....	80
2.2.4.F. Exécution du relevé topographique minimal	80
2.3. PHASE III : Interprétation des résultats et conclusions	81
2.3.1. <i>Interprétation des résultats</i>	81
2.3.1.A. Objectifs.....	81
2.3.1.B. Méthodologie.....	81
2.3.1.C. Compilation des observations et mesures de terrain	83
2.3.1.D. Examen critique des résultats d'échantillonnage et d'analyse.....	84
2.3.1.E. Interprétation des résultats comparativement aux normes.....	84
2.3.1.F. Polluants non normés.....	85
2.3.1.G. Cartographie et volumétrie des pollutions	85
2.3.1.H. Actualisation du Modèle Conceptuel du Site (MCS)	85
2.3.2. <i>Evaluation de la menace grave</i>	86
2.3.3. <i>Nécessité, objectifs et techniques d'assainissement</i>	87
2.3.3.A. Nécessité et objectifs d'assainissement (OA)	87
2.3.3.B. Revue des techniques d'assainissement envisageables	87
2.3.3.C. Estimation des coûts du projet d'assainissement	88
2.3.4. <i>Finalisation du MCS</i>	88
2.3.5. <i>Conclusions et recommandations</i>	88
2.3.6. <i>Conformité et contrôle qualité de l'EC</i>	89
2.3.7. <i>Proposition de Certificat de Contrôle du Sol (CCS)</i>	89
3. CHAPITRE 3 : RAPPORT D'EC	90
3.1. Règles de mise en forme	91
3.2. Table des matières du rapport d'EC	92
3.3. Contenu du rapport.....	93
3.3.1. <i>Contenu du chapitre 1 : Introduction</i>	93
3.3.1.A. Contenu de la section 1.1 : Contexte	93
3.3.1.B. Contenu de la section 1.2 : Résumé non technique	93
3.3.1.C. Contenu de la section 1.3 : Résultats, conclusions et recommandations de l'EO ...	95
3.3.2. <i>Contenu du chapitre 2 : Caractérisation du site</i>	96
3.3.2.A. Contenu de la section 2.1 : Aspects administratifs.....	96
3.3.2.B. Contenu de la section 2.2 : Aspects historiques	96
3.3.2.C. Contenu de la section 2.3 : Aspects environnementaux	97
3.3.2.D. Contenu de la section 2.4 : Type(s) d'usage(s) à considérer	99
3.3.3. <i>Contenu du chapitre 3 : Caractérisation des pollutions</i>	99
3.3.3.A. Contenu de la section 3.1 : Stratégie(s) sélectionnée(s)	99
3.3.3.B. Contenu de la section 3.2 : Plan d'échantillonnage	100
3.3.3.C. Contenu de la section 3.3 : Travaux de terrain et d'analyses.....	100
3.3.4. <i>Contenu du chapitre 4 : Modèle conceptuel du site caractérisé</i>	102
3.3.5. <i>Contenu du chapitre 5 : Interprétation des résultats et délimitation des pollutions</i>	102

3.3.5.A.	Contenu de la section 5.1 : Atteinte des objectifs et validation des résultats	102
3.3.5.B.	Contenu de la section 5.2 : Interprétation en rapport avec la menace grave.....	103
3.3.5.C.	Contenu de la section 5.3 : Interprétation par rapport aux normes.....	104
3.3.5.D.	Contenu de la section 5.4 : Volumétrie des pollutions	105
3.3.5.E.	Contenu de la section 5.5 : Analyse interprétative générale	105
3.3.6.	<i>Contenu du chapitre 6 : Définition des objectifs et des techniques envisageables en lien avec les usages</i>	<i>105</i>
3.3.7.	<i>Contenu du chapitre 7 : Opportunité et évaluation des coûts du projet d'assainissement</i>	<i>106</i>
3.3.8.	<i>Contenu du chapitre 8 : Conclusions et recommandations</i>	<i>106</i>
3.3.9.	<i>Contenu du chapitre 9 : Conformité et contrôle qualité de l'EC.....</i>	<i>106</i>
3.4.	Structure des annexes du rapport d'EC	107
3.5.	Structure des plans joints au rapport d'EC	109

Liste des Annexes

Annexe I : Formulaire administratif du terrain	111
Annexe II : Grille de la conformité d'une EC au GREC	116

Avertissement

Ce document est le "Guide de Référence pour l'Etude de Caractérisation" (GREC) qui a été élaboré en collaboration avec l'ISSeP, sur base d'une version non finalisée du "Cahier de bonnes pratiques n°3" fourni par la Société Publique d'Aide à la Qualité de l'Environnement (SPAQuE) en janvier 2011¹. Ce même cahier, et dès lors le présent guide, puise largement son inspiration dans le code de bonnes pratiques de la Région flamande (OVAM, 2009²). Par ailleurs, l'étude de caractérisation est souvent accompagnée, ou complétée par une étude de risques dont la réalisation fait l'objet d'un guide de référence spécifique, le guide de Référence pour l'Etude de Risques (GRER). Les sections traitant des risques s'inspirent ou réfèrent à ce guide. De même, les notions de techniques d'assainissement sont empruntées au Guide de Référence pour le Projet d'Assainissement (GRPA).

Le projet de guide a été soumis à la consultation des différents acteurs directement concernés par la mise en application de mesures préconisées par ce document et a ensuite été adapté en fonction des remarques émises.

Il est à noter que le présent document n'a pas pour vocation de se substituer aux lois et règlements en vigueur et ne peut être utilisé pour les contourner ou les éviter.

De même, le contenu du présent guide a pour but de fournir une méthodologie apte à répondre aux besoins et aux objectifs de la plus grande majorité des cas rencontrés, ces cas étant d'un niveau de complexité conventionnel. Il offre toutefois la possibilité d'adapter la méthodologie pour répondre à des situations spécifiques et non conventionnelles.

¹ SPAQuE (2011) Guide pour l'étude de caractérisation. Cahier de bonnes pratiques n°3, **draft**, janvier 2011, 80p.

² OVAM, 2009, Standaardprocedure beschrijvend bodemonderzoek, achtergronddocumenten bodemsanering, juin 2009, 232pp.

Liste des figures

Figure 1 : Place de l'étude de caractérisation dans le "décret sols"	11
Figure 2 : Étapes générales de l'étude de caractérisation	23
Figure 3 : Détail des étapes de l'étude préparatoire (phase 1)	27
Figure 4 : Détail des étapes de caractérisation des pollutions (Phase II)	35
Figure 5 : Formation de couches surnageantes et de couches denses	63
Figure 6 : Définition des zones de recharge et drainage sur carte topographique.....	68
Figure 7 : Analyse des linéaments sur photographie aérienne.....	69
Figure 8 : Détail des étapes d'interprétation des résultats (Phase III).....	82

Liste des tableaux

Tableau 1 : Points à éclaircir par une visite du site lors d'une EC	29
Tableau 2 : Stratégies et protocoles pour la caractérisation des pollutions	38
Tableau 3 : Remblais pollués monocomposants - analyses, sondages et piézomètres	48
Tableau 4 : Remblais pollués composites - analyses, sondages et piézomètres	50
Tableau 5 : Choix des valeurs représentatives	54
Tableau 6 : Tableau synthétique des travaux de terrain et d'analyses	101

Liste des liens Internet

Atlas du Karst :

<http://www.cwepss.org>

Carte numérique des sols de Wallonie :

<http://cartopro3.wallonie.be/CIGALE>

Carte numérique du sous-sol de Wallonie :

<http://carto1.wallonie.be/soussol>

Cartes d'occupation des sols :

<http://cartographie.wallonie.be/NewPortailCarto/index.jsp?page=subMenuCOSW>

Cartes géologiques :

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique>

Cartes hydrogéologiques :

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo>

Impéترants :

<http://www.klim-cicc.be>

Liste des sites naturels sous statut de protection :

http://environnement.wallonie.be/dnf/dnev/consnat/listes_utiles.htm

Ministère français de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables :

<http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr>

Outil géo-environnemental d'aide à la décision :

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/ogead>

OVAM :

<http://www.ovam.be>

Plan de secteur, Plan communal d'aménagement :

<http://mrw.wallonie.be/dgatlp/dgatlp>

Puits de captage - Approche géocentrique :

<http://carto1.wallonie.be/10Sousint>

Sites Natura 2000 :

<http://natura2000.wallonie.be>

http://environnement.wallonie.be/cartosig/pg_menu/telechargement.asp

Sources radioactives :

ONDRAF <http://www.nirond.be>

AFCN <http://www.fanc.fgov.be/page/homepage-agence-federale-de-controle-nucleaire-afcn/1.aspx>)

Système d'information sur la biodiversité en Wallonie (faune et flore) :

<http://biodiversite.wallonie.be>

Zones de prévention :

http://environnement.wallonie.be/zones_prevention

Préambule

Le présent guide définit le niveau de qualité auquel doit répondre l'étude de caractérisation (EC) pour répondre aux prescriptions fixées aux articles 42 à 44 du décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols, dénommé dans ce guide "décret sols". Il constitue le second guide du **Code Wallon des Bonnes Pratiques** (CWBP en abrégé dans la suite du texte). Il s'inscrit donc dans la suite logique directe du premier document de ce code, le "**Guide de Référence pour l'Etude d'Orientation** (GREO en abrégé dans la suite du texte).

Il précise également les spécificités méthodologiques auxquelles les experts en gestion des sols pollués au sens de l'article 2, 17° du "décret sols" doivent se conformer pour répondre à l'objectif de gestion des terrains pollués.

La réalisation d'une EC est organisée en trois phases.

La **Phase I**, ou "**étude préparatoire**" fait le bilan des données et observations pertinentes récoltées dans le cadre de l'étude d'orientation (EO) et des éventuelles études complémentaires disponibles. Elle s'attache tout particulièrement à inventorier les données manquantes pour l'obtention d'un **Modèle Conceptuel du Site** (MCS) suffisamment fiable pour se prononcer sur l'impact des pollutions mises en évidence et sur les mesures correctives (assainissement, sécurité/suivi, restrictions d'utilisation) à apporter pour pallier ces impacts et pour remettre le terrain dans un état environnemental conforme aux exigences du "décret sols".

La **Phase II** est la phase de **caractérisation proprement dite**, qui inclut les investigations, observations et mesures de terrain ainsi que les échantillonnages de sol, de remblais, de déchets, d'air et d'eaux, le tout en s'appuyant sur des "*stratégies standard de caractérisation des pollutions*". Ces stratégies se distinguent les unes des autres selon les hypothèses que l'on peut faire sur la distribution des polluants potentiellement présents dans le sol, en fonction de l'analyse préalable des activités ayant potentiellement conduit à sa pollution.

La **Phase III** concerne l'**interprétation des données récoltées** dans le cadre de l'étude préparatoire et, le cas échéant, de la phase de caractérisation. Elle doit permettre de rencontrer les objectifs de l'étude de caractérisation – art 42 du "décret sols" –, de finaliser le modèle conceptuel du site, d'évaluer la menace grave (éventuellement sur base d'une étude de risques) et de présenter les conclusions quant à la suite de la procédure (projet d'assainissement, mesures de sécurité, mesures de suivi, certificat de contrôle du sol).

Les principaux atouts de la méthodologie générale proposée sont les suivants :

- fonder la stratégie d'échantillonnage et de mesures de terrain sur des lignes de raisonnement claires et explicites ;
- relier ces dernières à la phase antérieure de l'étude d'orientation et les rendre cohérentes aux objectifs de la caractérisation ;
- définir un "standard commun" en matière d'investigations pour la caractérisation des pollutions : "à pollutions de même nature et d'intensité équivalente, quantité égale de mesures et niveau similaire de précision dans la caractérisation" ;
- fournir un cadre de référence permettant à l'autorité administrative de pouvoir juger de la conformité de l'étude et de la représentativité des résultats présentés.

Bien que fournissant des directives précises, la méthodologie n'a pas la vocation d'enfermer l'expert dans un carcan rigide ou un modèle figé et inflexible. Sur bon nombre d'aspects, elle laisse une place importante au jugement professionnel. Cette nécessité de flexibilité est encore plus affirmée qu'au stade de l'EO, dont l'objectif est de vérifier la présence d'une pollution du sol et qui procède, pour ce faire, par référence à un canevas méthodologique relativement rigide. L'EC doit se focaliser sur l'acquisition des données nécessaires pour :

- circonscrire les pollutions ;
- le cas échéant, les caractériser sur le plan statistique ;
- définir les solutions de gestion de la pollution du sol et des risques y afférant.

Il s'ensuit que le contenu des EC est toujours spécifique au site et fortement lié au degré de complexité des situations de pollution. En conséquence, les experts peuvent s'écarter des stratégies d'investigation définies pour autant qu'une justification, étayée par une argumentation de qualité, soit fournie et que la stratégie alternative permette d'obtenir un niveau équivalent dans la qualité de l'information.

Le présent guide s'organise comme suit :

Le **chapitre 1** présente les objectifs spécifiquement poursuivis par l'EC, les étapes à suivre et les principes méthodologiques, ainsi que le rôle de l'expert et les concepts sur lesquels s'appuie la méthodologie.

Le **chapitre 2** détaille la méthodologie en suivant chronologiquement les différentes étapes de réalisation :

- Phase I : Étude préparatoire
 - > Examen de l'EO et inventaire des connaissances ;
 - > Examen des types d'usage à considérer ;
 - > Identification des investigations nécessaires pour compléter le Modèle Conceptuel Simplifié du Site de l'EO (MCSS) et établir le MCS ;
 - > Identification des investigations nécessaires pouvant s'inscrire dans une étude de risques ;
- Phase II : Caractérisation des pollutions
 - > Principes généraux et critères de sélection des stratégies adéquates d'investigations, d'échantillonnages et d'analyses ;
 - > Élaboration du plan d'échantillonnage ;
 - > Exécution des travaux d'investigations et d'analyses ;
- Phase III : Interprétation des résultats et conclusions
 - > Interprétation des résultats, en ce compris l'actualisation du MCS ;
 - > Evaluation de la menace grave ;
 - > Objectifs d'assainissement et procédés d'assainissement envisageables ;
 - > Finalisation du MCS ;
 - > Conclusions et recommandations ;
 - > Conformité et contrôle qualité de l'EC ;
 - > Proposition de Certificats de Contrôle du Sol (CCS) ;

Le **chapitre 3** détaille le contenu du rapport de l'EC et fournit les prescriptions utiles pour sa rédaction.

1. CHAPITRE 1 : INTRODUCTION

A partir de ce point, et dans l'intégralité du guide, toute utilisation dans le texte d'un des **concepts** définis ou explicités dans la section 1.3 est mise en évidence par l'utilisation de caractères *gras italiques*.

1.1. Objet, place et fonction de l'étude de caractérisation

Le décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols (dénommé dans ce guide "décret sols") instaure une procédure d'évaluation des terrains potentiellement pollués dont la première étape clé est l'étude d'orientation (EO) et la deuxième, dans un grand nombre de cas, une étude de caractérisation (EC). La Figure 1 situe, sous forme d'un logigramme, la place de l'EC dans la procédure organisée par le "décret sols".

L'étude de caractérisation a pour objectifs (Cf. article 42 du "décret sols"¹) d'identifier la nature, de délimiter spatialement et d'évaluer l'intensité des **pollutions** rencontrées et, le cas échéant, d'établir si elles constituent des **menaces graves** - (Cf. article 43 du "décret sols"²). Dans ce dernier cas, la conclusion de l'étude doit également permettre de justifier la nécessité de procéder ou non à une **étude de risques et, le cas échéant, intégrer cette étude**. L'étude peut également conduire à des recommandations quant aux éventuelles **mesures de sécurité/suivi** à mettre en place.

L'étude de caractérisation doit également déterminer la nécessité de procéder ou non à un assainissement et donner des indications quant aux délais pour réaliser l'assainissement, aux techniques envisageables et aux coûts d'établissement du projet d'assainissement.

L'étude de caractérisation peut enfin conduire, dans le cas des **pollutions historiques**, à une proposition de certificat de contrôle du sol (CCS) lorsque ces dernières ne constituent pas une **menace grave**. Les conclusions de l'expert doivent alors permettre de garantir cette affirmation avec une qualité et un niveau d'information suffisants.

¹ Art 42 du Décret :

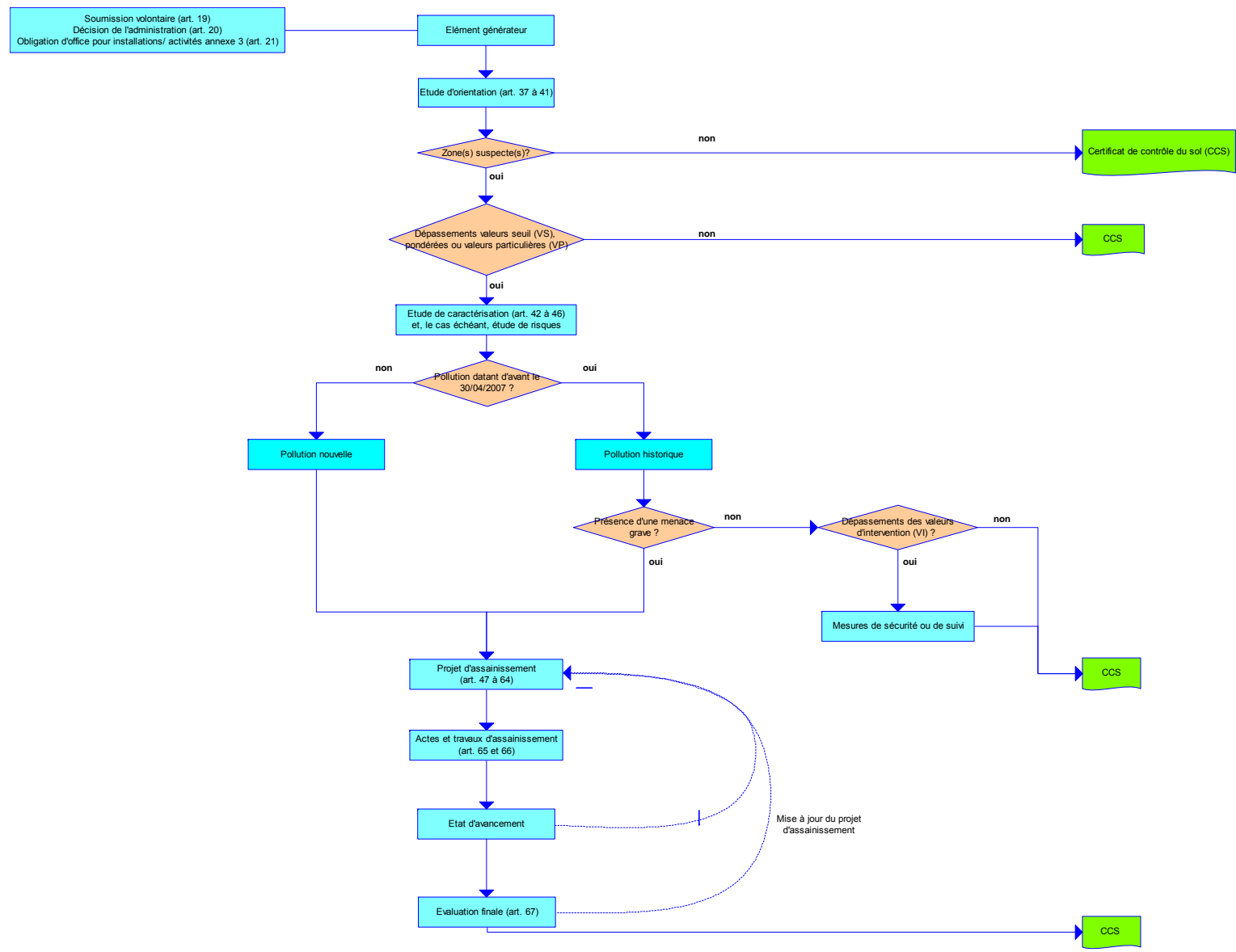
"l'étude de caractérisation a pour objectifs de :

- 1° connaître de manière exacte la nature et le niveau de la pollution et le cas échéant, établir si elle constitue une menace grave;
- 2° déterminer la nécessité d'assainir ainsi que les délais dans lesquels l'assainissement devrait être réalisé;
- 3° fournir les éléments nécessaires à la réalisation des actes et travaux d'assainissement en :
 - a) délimitant les poches de pollution et le volume du terrain à assainir,
 - b) délimitant le volume et le pourtour des eaux souterraines à assainir. "

² Art 43 du Décret :

"L'étude de caractérisation décrit et localise de façon détaillée la pollution du sol afin de permettre à l'administration de se prononcer sur la nécessité et les modalités d'un assainissement du sol.

Figure 1 : Place de l'étude de caractérisation dans le "décret sols"



Dans le cas d'un terrain pollué qui doit faire l'objet d'un **assainissement**, l'étude de caractérisation est donc l'élément charnière entre l'étude d'orientation, qui a confirmé la présence d'une **pollution**, et le projet d'assainissement qui doit définir et décrire les méthodes de dépollution à mettre en œuvre. Elle doit dès lors, par des investigations ciblées, compléter les données nécessaires à la sélection de ces techniques. Elle doit localiser au mieux les zones sources, délimiter les plumes de dispersion et en déduire les quantités de sol et d'eau souterraine à dépolluer.

Dans le cas d'un terrain pollué historiquement pour lequel il est finalement conclu qu'il n'y a pas de nécessité d'assainir, l'étude de caractérisation doit permettre l'acquisition de données fiables et en suffisance pour justifier l'absence de **menace grave et établir le(s) CCS**. Elle doit alors procéder à des tests, prélèvements, analyses, mesures et investigations et, le cas échéant, à des calculs prédictifs et des modélisations par le biais d'une **étude de risques** rendue conjointement. Les résultats de ces travaux doivent permettre de contrôler toutes les voies potentielles de transfert entre la pollution et les récepteurs identifiés et vérifier qu'elles sont inexistantes ou inopérantes.

Dans le cas d'un **remblai pollué**, elle doit permettre d'en déterminer le volume avec suffisamment de précision et d'en obtenir une connaissance suffisante tant du point de vue des matières qui le composent, que de sa composition chimique. Le cas échéant, alors sur base d'une étude de risques rendue conjointement, l'étude de caractérisation d'un remblai pollué doit en évaluer la dangerosité en matière de lessivage (risque de dispersion vers les eaux souterraines), en terme d'envol de poussières (risque d'inhalation de particules de sol), en tant qu'éventuelles terres de culture (risque de transfert sol-plantes) et en déduire la possibilité de le garder/réutiliser sur place - partiellement ou totalement, avec ou sans restrictions de mise en œuvre. Si son évacuation (totale ou partielle) est envisagée, l'EC donne l'occasion d'acquérir des données afin d'en déduire la meilleure filière de valorisation/élimination du remblai.

L'étude de caractérisation comprend une phase d'étude préparatoire, une phase de caractérisation des pollutions et une phase d'interprétation des résultats (Cf. article 44 du "décret sols").

1.2. Rôle de l'expert

L'étude de caractérisation doit être réalisée par un expert en gestion des sols pollués de catégorie 1 ou de catégorie 2, dûment agréé par l'autorité compétente. La mission de l'expert consiste à apporter les éléments pertinents permettant de répondre aux objectifs fixés par le "décret sols" dans un rapport d'expertise (nommé rapport d'EC dans la suite). Ce rapport d'EC pourra, le cas échéant, inclure une proposition de certificat de contrôle du sol.

En réalisant l'étude, la tâche de l'expert consiste :

- dans un premier temps :
 - > à réunir différents éléments d'information : pièces, documents, résultats, dont le détail figure dans le présent document ;
 - > à évaluer la pertinence de chaque élément ;
 - > à déterminer, pour chaque élément, son importance dans la (les) proposition(s) de décision formulée(s) dans le rapport d'EC.
- dans un second temps à rédiger un rapport d'EC visant à établir, sur base d'un argumentaire détaillé, chaque proposition de décision (certificat de contrôle du sol, mesures de sécurité...) qu'il soumet à l'approbation de l'administration.

Dans l'établissement de son argumentaire, l'expert accorde une attention particulière pour nommer et décrire tous les arguments et pour les qualifier, c'est-à-dire déterminer leur pertinence et importance dans la proposition de décision. Les propositions de décisions argumentées et formulées par l'expert visent également à attribuer une qualification de l'état du terrain en opérant les distinctions suivantes :

- les terrains affectés d'une **pollution nouvelle** caractérisée et délimitée par l'étude de caractérisation, qui doivent faire l'objet d'un assainissement (et donc d'un projet d'assainissement) ;
- les terrains affectés d'une **pollution historique** caractérisée et délimitée par l'étude de caractérisation qui présentent une **menace grave** rendant leur assainissement, et le projet d'assainissement préalable, nécessaires ;
- les terrains ou parties de terrains affectés de pollutions de type **remblais pollués** seront clairement identifiés par rapport aux terrains ou parties de terrain affectés par des **taches de pollution** ;
- le(s) terrain(s) qui ne présente(nt) pas d'obligation d'assainissement ; dans ce cas, l'expert établit une proposition permettant de qualifier les parcelles de ce(s) terrain(s) par un **CCS**.

De plus, s'il s'avère nécessaire d'appliquer des mesures de sécurité et/ ou des mesures de suivi, l'expert en définira le contenu.

Le rôle de l'expert est par conséquent déterminant. C'est la raison pour laquelle il est tenu de se conformer à des règles strictes de déontologie. L'expert doit en effet s'engager à remplir ses missions avec dignité, en toute impartialité et indépendance, dans le respect de la confidentialité et avec la probité requise.

L'arrêté du Gouvernement wallon du 27 mai 2009 relatif à la gestion des sols impose clairement ce devoir d'indépendance de l'expert (art.16, 4°).

L'expert veille à informer son donneur d'ordre sur ses droits, ses devoirs et ses responsabilités face aux dispositions réglementaires, plus particulièrement celles visées par le "décret sols" et l'AGW du 27 mai 2009 précité.

1.3. Concepts

L'étude de caractérisation s'appuie sur un certain nombre de concepts spécifiques, présentés ci-dessous et/ou dans les autres guides du CWBP.

1.3.1. Concepts en lien avec la définition des stratégies d'investigations

La plupart des concepts en lien avec les stratégies d'investigations pour caractériser les pollutions sont décrits dans le GREO. En particulier, il s'agit de :

- **Sol ;**
- **Terrain ;**
- **Parcelle ;**
- **Site ;**
- **Paquet Standard d'Analyses (PSA) ;**
- **Polluant présumé ;**
- **Source potentielle de pollution ;**
- **Zone critique ;**

Ces concepts restent pleinement d'application au stade de l'étude de caractérisation et ne nécessitent pas d'être redéfinis ou précisés.

Cependant, les stratégies d'investigations définies pour l'EO doivent se baser sur des "suspensions", des "sources potentielles", et des éléments historiques et cartographiques souvent imprécis. La base des EO est donc entachée d'un important degré d'incertitude qu'il faut compenser par des stratégies prudentes, intégrant des échantillonnages plus ou moins aléatoires. Grâce aux résultats d'investigations acquis dans le cadre de l'EO, l'EC dispose, quant à elle, d'éléments beaucoup plus tangibles pour sélectionner, guider, cibler et affiner les stratégies d'échantillonnages et d'analyses. Si l'EO a atteint ses objectifs, la présence de **taches de pollution** de sol ou de **remblais pollués** sur le terrain est d'ores et déjà connue et ce sont sur ces concepts plus précis, détaillés ci-dessous, que se basent et se différencient les stratégies de caractérisation développées au chapitre 2.

Pollutions

Le terme **pollution** utilisé sans attribut désigne une masse de sol (y compris l'eau souterraine) présentant des concentrations supérieures aux valeurs seuil, pondérées par les **concentrations de fond** du "décret sols". Il s'agit dès lors du concept le plus large, qui englobe tant les zones de **remblais pollués**, quelles que soient leur taille et leur nature, que les **taches de pollution**.

Taches de pollution

Le concept de **tache de pollution** est plus restrictif que celui de **pollution**. Par **tache de pollution**, on entend un volume de sol pollué par le dépôt ou l'immission volontaire ou accidentelle d'un polluant dans le sol et/ou les eaux souterraines au départ d'une ou de plusieurs sources et au sein duquel on s'attend dès lors à pouvoir observer un gradient de concentration décroissant depuis cette source vers la périphérie de la tache.

Les notions suivantes découlent du concept de **tache de pollution** :

- tache de pollution à source¹ unique/pollution multisource
On parle de **pollution à source unique**, lorsque la tache a été générée par un seul événement, incident ou activité. A contrario, une tache de **pollution multisource** est la conséquence de plusieurs événements, accidents ou activités qui ont provoqué l'émission du même polluant et généré une pollution unique, du fait de la proximité relative de ces sources, rendant impossible la distinction de plusieurs taches.
En pratique, la caractérisation d'une tache de pollution à source unique est facilitée par la plus faible extension de son **noyau**, ce qui limite le nombre de prélèvements à réaliser pour délimiter son extension.
- tache de pollution à source localisée/non localisée
Une tache est dite **à source localisée** lorsque la position du point d'émission du polluant est connue avec précision. A l'inverse, on parle de **tache de pollution à source non localisée** lorsqu'on n'a pas pu définir avec précision le lieu de l'émission du polluant.
En pratique, on parlera également de **source non localisée** lorsqu'un bâtiment ou la présence d'impétrants empêche le prélèvement près de la source ou lorsque cette dernière est localisée "quelque part" sur un tronçon de conduite ou d'égout défectueux. Ce manque de précision sur la position de la source doit en général être compensé par une augmentation du nombre de points de prélèvements dans le panache pour mieux en circonscrire l'étendue.
- tache de pollution à source ponctuelle/étendue
La **source** d'une tache de pollution est qualifiée de **ponctuelle** lorsque sa taille est négligeable par rapport à l'étendue du terrain et/ou de la tache elle-même. A l'inverse, lorsque les dimensions de la source sont non négligeables par rapport à la taille du terrain et/ou de la tache, on parle de **source étendue**.
Cette extension spatiale de la (des) source(s) impacte également sur le nombre de points de prélèvements nécessaires à une bonne délimitation des pollutions. Par exemple, un vaste bassin de décantation génère des risques de dispersion sous la totalité de sa surface et constitue une source de pollution très étendue. Ces derniers pourront se disperser à partir d'un front plus large, voire dans plusieurs directions simultanément.
- Noyau / panache des taches de pollution
Le terme **noyau de pollution** indique le volume de la partie solide de sol ou d'eau souterraine pollué, présentant les concentrations les plus élevées et généralement situé à proximité de la source potentielle de pollution. Le **noyau de pollution** se distingue du **panache de pollution** qui se forme suite à la dispersion des polluants et qui présente un phénomène de dilution croissant avec la distance par rapport à la source. En règle générale, on parle plus souvent de panaches (ou de "plumes") dans le cas de dispersion de polluants dans les nappes aquifères.

¹ Il est important de bien différencier la notion de "source de pollution" définie ici, du concept plus général de "source" utilisé dans les études de risque.

Zones de remblais pollués

Une zone de remblais est, au sens large, un volume de terres ou de matériaux solides mis en œuvre sur un terrain qui en modifie la topographie. Même en l'absence de toute pollution extérieure, il peut s'avérer que les matériaux utilisés pour réaliser ces travaux de terrassement présentent des teneurs en certains polluants (le plus souvent certains métaux lourds et certains HAP), supérieures aux valeurs seuil et/ou d'intervention du "décret sols". On est alors en présence d'une **zone de remblais pollués**. Les pollutions de type "remblai" sont très spécifiques en de nombreux points de vue :

- Elles sont inhérentes à la nature même des constituants du "sol" que le remblai pollué constitue une fois mis en œuvre et non à l'immission ultérieure d'un polluant.
- Elles sont généralement peu mobiles.
- Elles peuvent s'étendre sous de nombreuses parcelles ou sites sans distinction de propriété et sans qu'aucun des propriétaires ou utilisateurs actuels ne soient à l'origine de leur mise en œuvre.
- Elles peuvent avoir une extension quasi régionale (remblai d'autoroute, de chemin de fer, digue de quai,...).

Les notions suivantes découlent du concept de remblai :

- Remblai de comblement/de raccordement topographique/de rehaussement
Les remblais se distinguent notamment les uns des autres par leurs modes de mise en œuvre du point de vue topographique. Ces distinctions sont importantes car il en découle des contraintes techniques, donc des problèmes de faisabilité et/ou de surcoût en cas de nécessité d'excavation. On parle de :
 - > **remblai de comblement** lorsque son élévation ne dépasse pas le niveau naturel du terrain, le volume du remblai est en contact avec le terrain sur toutes ses "faces" sauf la surface supérieure ;
cas fréquent : comblement de caves d'une habitation lors de sa démolition ;
 - > **remblai de raccordement topographique** lorsque ce dernier possède une élévation topographique positive par rapport au niveau naturel du terrain mais est en contact avec le terrain sur plus d'un de ses côtés ;
cas fréquent : remblai routier ou terrassement de terrain à flanc de coteau ou au droit de dépressions topographiques ;
 - > **remblai de rehaussement** lorsque le remblai constitue dans son ensemble une unité de topographie surélevée par rapport à ses alentours et que son volume n'est en contact avec le terrain naturel que par sa base -
cas fréquent : renforcement de quai, rehaussement de berges, remblai d'autoroute ou de chemins de fer en plaine.
- Remblai paysager/structurel
Ces deux termes différencient les remblais dont la seule utilité est de modifier la topographie du sol (**remblais paysagers**) de ceux utilisés à des fins mécaniques telles que les bases d'une fondation, le soutien d'un ouvrage d'art ou d'une voie de communication au sens large, les barrages ou digues,... (**remblais structurels**).
- Remblai composite/monocomposant
Un **remblai composite** résulte du mélange ou de la juxtaposition d'éléments ou matériaux divers, de nature physique différente, provenant de plusieurs origines géographiques, ou produits par de multiples secteurs industriels, à l'exception de celui des déchets ménagers. En Région wallonne, on rencontre typiquement des mélanges de terres, de cendrées, de scories, de débris de construction souvent amenés à des moments différents et progressivement mélangés, remaniés, et déplacés au gré des changements d'utilisation des terrains. On attribue également à la catégorie des **remblais composites**, les remblais provenant de la démolition et du terrassement sur des sites de construction n'ayant pas fait l'objet d'un tri préalable dans un centre agréé. Dans un tel cas, l'hétérogénéité intrinsèque des matériaux d'origine suffit à rendre "composites" les remblais dont ils sont issus, indépendamment du fait qu'ils aient ou non la même provenance.

A l'inverse, un **remblai monocomposant** est un matériau d'origine géographique unique ou provenant d'un seul secteur industriel, et possédant une composition et des caractéristiques plus ou moins constantes au sens statistique du terme. La variance des distributions de concentrations d'un **remblai monocomposant** est plus faible et, en principe, le nombre d'échantillons présentant des concentrations "anormales"¹ y est moindre.

En pratique, il est parfois nécessaire de vérifier a posteriori le caractère composite d'un remblai. Au stade de l'étude de caractérisation, il est possible que des observations de terrain et résultats d'analyses en plus grand nombre permettent de requalifier un remblai composite ou une partie de ce dernier (voir concept de **sous-zone/horizons** ci-dessous) en **remblai monocomposant**, du moins du point de vue chimique.

- **Sous-zones/horizons particuliers d'une zone de remblai**
Il est notamment parfois possible de subdiviser un remblai globalement composite en **zones** ou **horizons** plus uniformes. Cela permet également de scinder le jeu de données de concentrations et de le traiter par populations séparées dont on retire des **concentrations représentatives** (concept défini au point 1.3.3) particulières qui permettront une caractérisation distincte, tant du point de vue décisionnel (nécessité d'assainir) que du point de vue technique (type de travaux à y effectuer).

Etant donné ces particularités des **zones de remblais pollués**, qui les distinguent des **taches de pollution**, il est nécessaire de leur appliquer des stratégies spécifiques de caractérisation et d'assainissement.

Cas particuliers

- **Tache de pollution dans un remblai**
Si un remblai, quelles que soient sa nature et sa composition (donc "pollué" ou non), subit un déversement ou un dépôt de produit polluant qui s'y disperse, on est en présence d'une **tache de pollution dans le remblai** qui doit être caractérisée comme telle.
- **Tache de pollution générée par un remblai**
Si un remblai pollué génère ou a généré une pollution indirecte du sol et/ou de l'eau souterraine par lessivage et remobilisation de polluant, cette pollution indirecte doit être considérée comme une **tache de pollution** et doit être caractérisée comme telle. Dans cette configuration, le remblai en lui-même peut soit être considéré comme une **source de pollution étendue** ayant généré des **taches** dans le sol et l'eau souterraine ou comme le **noyau** d'une tache dont les pollutions du sol et de l'eau souterraine sont le **panache**. Ce choix ne change pas fondamentalement la manière de réaliser la caractérisation de la pollution dans son ensemble (dans les deux cas via la stratégie propre aux **taches de pollution**) et est dès lors laissé à l'appréciation de l'expert.
- **Pollutions locales par dépôts atmosphériques**
Certaines **pollutions locales par dépôts atmosphériques**, en particulier lorsque la source est isolée, donc identifiable, n'entrent pas dans le concept des **concentrations de fond** (concept défini dans le GREO). Elles doivent ou peuvent alors entrer dans la catégorie des **taches de pollution** et, dès lors, faire l'objet d'études de caractérisation en utilisant les stratégies d'investigations propres à ces dernières.

¹ Concentration qui est très éloignée du mode principal de la distribution statistique des valeurs. Voir notion d'outliers utilisées dans la section 2.2.2.B

- Dépotoirs

Un dépotoir se distingue d'un remblai par sa composition, non pas – ou pas seulement - en terme de nature physique des matières qu'il renferme mais par le statut juridique et la finalité de leur dépôt. Le dépotoir est l'endroit sur ou dans lequel des déchets sont présents de manière illicite, c'est à dire sans que cette présence soit couverte par l'autorisation requise en vertu de la législation actuelle - celle-ci pouvant toutefois prévoir la conformité de certaines situations autorisées sous les régimes antérieurs et constitue un endroit sur ou dans lequel sont présents "des matières dont on a l'intention de se défaire".

Il faut donc faire la distinction entre un dépotoir et une décharge ou C.E.T. (centre d'enfouissement technique) ; ces deux dernières appellations étant juridiquement réservées aux centres autorisés de stockage de déchets.

Modèle Conceptuel du Site Caractérisé (MCSC)

Le Modèle Conceptuel du Site (MCS) est la représentation schématique des liens entre

- les activités actuelles et historiques menées sur ce site et susceptibles de polluer ou d'avoir pollué le sol ;
- les pollutions observées au niveau du sol et de l'eau souterraine ;
- les propriétés physico-chimiques des polluants ;
- les voies de transfert ;
- les impacts potentiels sur les cibles présentes.

Il est initié, sous une forme **simplifiée (MCSS)**¹, dès le début de l'EO sur la base des informations disponibles. Il est ensuite affiné tout au long des étapes suivantes, en particulier via les investigations réalisées durant l'EO et l'EC.

A l'issue de l'EC, il doit être "**caractérisé**" (MCSC) c'est-à-dire que :

- Toutes les investigations possibles (forages, prélèvements de sols et d'eau et analyses chimiques) permettant de délimiter/caractériser les **pollutions** ont été réalisées dans les limites des meilleures techniques disponibles ;
- Il permet :
 - > soit de conclure en l'absence de nécessité d'une étude de risques ;
 - > soit d'identifier les triplets source-voie de transfert-cible nécessitant une étude de risques et de définir clairement les mesures et modélisations à réaliser pour évaluer ces risques.

¹ Ce concept est repris du "guide de référence pour l'étude d'orientation"

1.3.2. Concepts liés à l'interprétation des résultats

Les concepts de :

- *Mesures de sécurité ;*
- *Planum ;*
- *Pollution historique du sol ;*
- *Pollution nouvelle du sol ;*
- *Usage planologique d'un terrain (ou d'une partie de terrain) ;*
- *Usage effectif d'un terrain (ou d'une partie de terrain) ;*
- *Valeur particulière ;*
- *Concentration de fond ;*

sont définis dans le GREO. Ils restent parfaitement d'application au stade de l'étude de caractérisation et ne nécessitent pas d'être redéfinis ou précisés. Au stade de l'interprétation d'une étude de caractérisation, il est nécessaire d'encore mieux détailler la définition de certains concepts et d'en intégrer de nouveaux.

Mesures de suivi (« décret sols », Art.2, 12°)

Mesures visant à s'assurer de la maîtrise des risques et de l'efficacité des mesures de sécurité ou des actes et travaux d'assainissement du sol.

1.3.3. Concepts liés à l'étude de risques

Les concepts expliqués dans cette section sont en lien direct avec le GRER. Pour éviter d'alourdir inutilement le présent guide de référence, seuls les concepts clés globaux de ce cahier ont été repris. Les concepts plus détaillés et/ou particuliers à un type de risques seront décrits dans le guide de référence spécialement dédié aux études de risques. Si ces notions, souvent plus complexes, sont utilisées plus loin dans le texte, un renvoi vers le GRER est fait explicitement, via des notes de bas de page.

Les concepts de :

- **Source potentielle de pollution ;**
- **Voie de transfert ;**
- **Récepteur ;**
- **Menace grave**

sont définis dans le GREO. Ils restent d'application au stade de l'étude de caractérisation et ne nécessitent pas d'être redéfinis ou précisés.

"Appréciation", "étude de risques" et "évaluation des risques"

Au stade de l'étude de caractérisation, le travail de l'expert relatif aux risques commence par une "**appréciation des risques**". Il s'agit de contrôler la présence ou non des trois éléments du triplet "source-vecteur-cible", et ce, tant pour le domaine "risques pour la santé humaine" que pour les aspects "dispersion-eaux souterraines" et "écosystèmes". Si l'un des trois éléments est absent pour tous les domaines, l'appréciation des risques peut s'avérer suffisante, exonérant l'expert de réaliser une **étude de risques** conformément aux prescriptions du GRER.

Lorsque les trois éléments du triplet sont présents pour au moins l'un des trois domaines, l'expert réalise une **étude de risques** conformément aux prescriptions du GRER. Cette étude inclut une **évaluation des risques** pour chacun des domaines où les trois éléments du triplet sont présents. Autrement dit, le terme "étude" reprend l'ensemble des trois domaines (humain, eaux souterraines et écosystèmes) alors que le terme "évaluation" est spécifique à un des trois axes d'étude. Dans un certain nombre de cas, l'expert est donc amené à réaliser **une étude de risques** regroupant (au sein d'un même rapport ou via trois rapports séparés) une **évaluation des risques** pour la santé humaine, une **évaluation des risques** pour les eaux souterraines et une **évaluation des risques** pour les écosystèmes.

Risque

Voir GRER

Risques actuels/potentiels

Voir GRER

Concentration/composition chimique représentative

La **concentration représentative** d'une pollution est la concentration prise en compte notamment dans l'évaluation des risques ; elle dépend du niveau de caractérisation de cette pollution et de ses caractéristiques. Au niveau des différentes étapes des investigations et en fonction des objectifs de l'étude de risques et des données disponibles, elle peut se rapporter aux **valeurs centrales** de la distribution des concentrations (moyenne, médiane) ou à ses **valeurs extrêmes** (maximum, centile 90, centile 95, cf. section 2.2.2.B). L'ensemble des concentrations représentatives pour tous les polluants présumés d'une pollution constitue sa **composition chimique représentative**.

1.4. Objectifs de l'étude de caractérisation

Si l'on veut résumer les prescriptions du "décret sols" (articles 42, 43 et 44), l'étude de caractérisation doit permettre de :

1. déterminer la nature, délimiter, définir l'évolution et cartographier ainsi qu'estimer la volumétrie des taches de pollution du sol et/ou de l'eau souterraine ;
2. déterminer le type, estimer le volume et la dangerosité des zones de remblais pollués, évaluer les implications en cas de travaux d'excavation, obtenir un jeu de données (concentrations) suffisamment complet pour pouvoir en déterminer leur **composition chimique représentative** ;
3. identifier la ou les sources de la pollution et établir le caractère nouveau ou historique de cette dernière ;
4. compléter le MCS pour obtenir un MCS « caractérisé » ;
5. définir la nécessité d'un assainissement et, le cas échéant (pollution nouvelle ou pollution historique présentant une menace grave), établir :
 - > le degré d'urgence de l'assainissement ;
 - > les techniques d'assainissement envisageables et les objectifs de l'assainissement ;
 - > la nécessité ou non de mettre en place des mesures temporaires de sécurité ;
 - > les coûts estimés de l'établissement du projet d'assainissement ;
6. fournir les recommandations quant aux mesures de sécurité ou aux mesures de suivi à mettre en place (qu'il y ait assainissement ou pas) ;
7. le cas échéant, proposer les valeurs particulières et le(s) certificat(s) de contrôle du sol ;

Il est à noter que ceci se base sur l'hypothèse selon laquelle l'EO est complète et conforme au GREO.

Pour rencontrer ces objectifs, l'EC peut être couplée à une étude de risques.

Dès lors, l'acquisition conjointe des données nécessaires à la réalisation de cette étude de risques voire du futur projet d'assainissement est également un objectif qui peut être poursuivi par l'expert dans le cadre de la réalisation de l'EC en vue de limiter au maximum les frais d'organisation de campagne de terrain.

1.5. Etapes et méthodologie générale de l'EC

1.5.1. Étapes de l'EC

Les étapes générales de l'étude de caractérisation sont schématisées à la Figure 2.

1.5.2. Méthodologie générale de l'EC

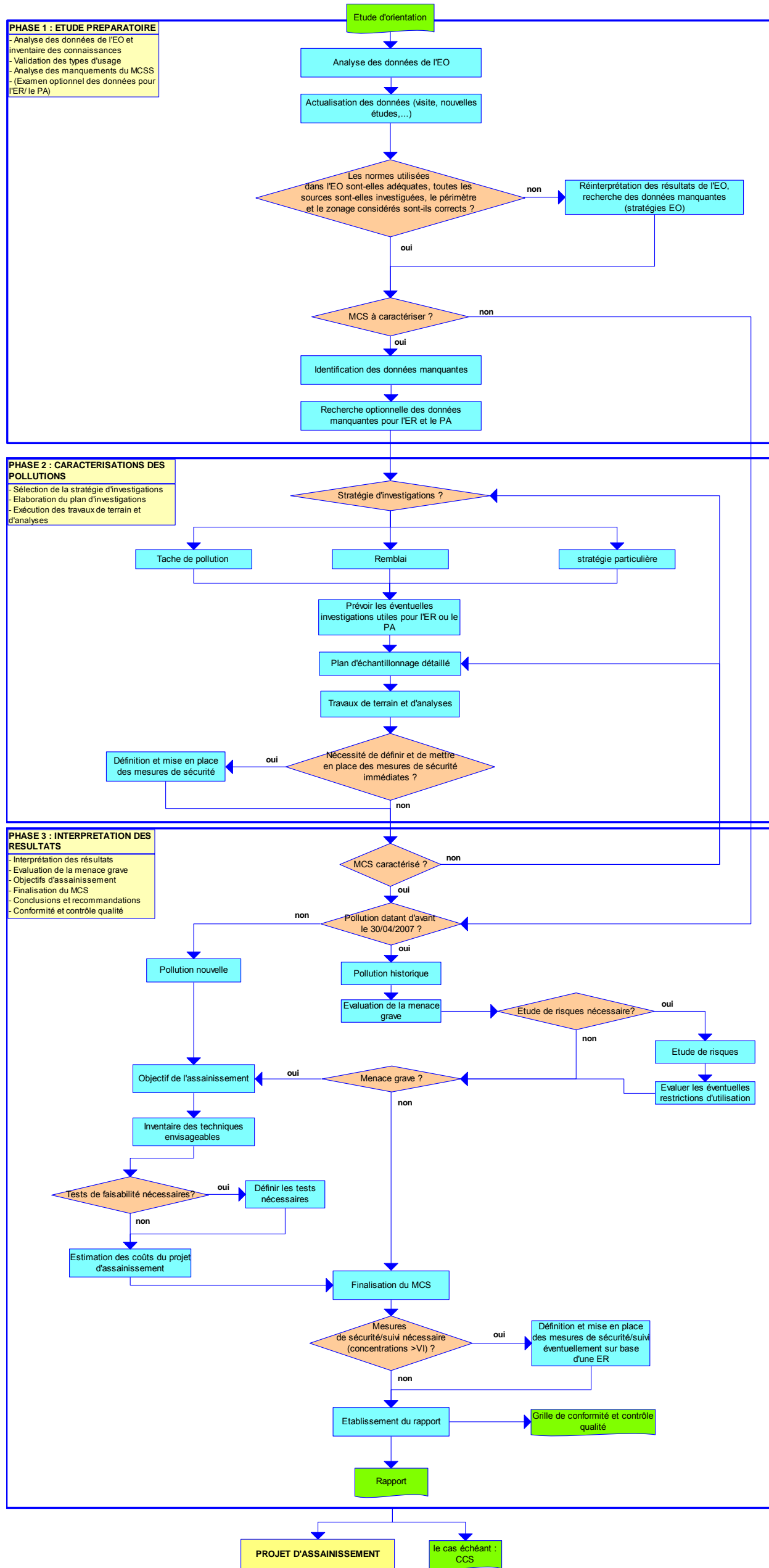
La méthodologie pour la réalisation de l'étude de caractérisation se fonde sur la réalisation de 3 phases successives, dont les objectifs sont succinctement présentés ci-dessous.

PHASE I : L'ÉTUDE PRÉPARATOIRE

L'étude préparatoire constitue la première phase de l'étude de caractérisation. Elle inclut les axes de réflexions suivants :

1. Examiner attentivement le **rapport d'étude d'orientation**, ses données de terrain et d'analyses en particulier et, partant, identifier et qualifier les pollutions présentes sur le site (passer des notions de "zones suspectes" aux concepts plus précis de **taches de pollutions** et de **remblais pollués**) ;
2. Compléter l'**inventaire des connaissances**, en y ajoutant :
 - > les éventuels rapports techniques rédigés dans l'intervalle ;
 - > le cas échéant, les éventuels constats, observations ou données nouvelles acquis notamment via une visite de site ;
 - > toute autre information jugée utile par l'expert ;
3. Valider et, le cas échéant, revoir ou préciser, sur base du contexte actuel et futur du site, les **types d'usages** à envisager, le cas échéant en différenciant ces usages parcelle par parcelle ;
4. Valider ou actualiser le **modèle conceptuel du site**, et recenser les inconnues ou données manquantes, en particulier :
 - > les éventuelles zones suspectes qui restent "non qualifiées" suite à l'EO ;
 - > toutes les pollutions déjà confirmées et déterminer leur type (zone de remblai, taches de pollution) ;
 - > les voies de transfert effectives ou potentielles et les cibles identifiées ou à rechercher ;
5. En déduire une **liste de données manquantes** pour l'obtention d'un **modèle conceptuel caractérisé** et donc une liste d'investigations à réaliser ;
6. Optionnellement, tenter de dégager les possibles interactions de cette liste avec des investigations "qui seront nécessaires pour l'étude de risques" et/ou "qui seront nécessaires pour évaluer la faisabilité des techniques d'assainissement" et permettre ainsi d'intégrer au maximum ces deux autres aspects au plan d'échantillonnage de la phase II.

Figure 2 : Étapes générales de l'étude de caractérisation



PHASE II : CARACTERISATION DES POLLUTIONS

La caractérisation proprement dite des pollutions, donc des **taches de pollution** et des **zones de remblais pollués**, constitue la deuxième phase de l'étude. Elle s'organise en respectant la séquence suivante :

1. **L'élaboration d'une stratégie d'investigations** soit en suivant les prescriptions générales relatives à la caractérisation des deux catégories de pollutions, comportant elles-mêmes un ou plusieurs protocoles d'investigations, soit via une stratégie alternative ou dérogatoire tenant compte des spécificités du terrain ou du contexte de l'étude mais avec une justification étayée de la part de l'expert. Cette sélection doit être motivée et est fonction des données et résultats fournis par l'étude préparatoire.

Les prescriptions générales et axes d'investigations, dont le contenu est détaillé dans la suite du document, sont les suivants :

- > **Stratégies A à E**, tirées du GREO, et sélectionnées selon les bonnes pratiques prescrites dans ce guide pour les éventuelles nouvelles zones suspectes ou zones non encore qualifiées suite à l'EO ;
- > **Stratégie Car1** : caractérisation des **zones de remblais pollués** :
 - ⇒ Protocole R1 : remblais pollués monocomposant ;
 - ⇒ Protocole R2 : remblais pollués composites ;
 - ⇒ Protocole R3 : zones et horizons particuliers des remblais pollués ;
- > **Stratégie Car2** : caractérisation/délimitation des **taches de pollution** :
 - ⇒ Protocole S : taches de pollution dans la matrice "sol" ;
 - ⇒ Protocole E1 : taches de pollution dissoute dans l'eau souterraine ;
 - ⇒ Protocole E2 : taches de pollution en couches surnageantes ;
 - ⇒ Protocole E3 : taches de pollution en couches denses ;
 - ⇒ Protocole E4 : taches de pollution dans des nappes superposées ;
 - ⇒ Protocole E5 : taches de pollutions en milieux fissurés/karstiques ;
 - ⇒ Technique alternative G : mesures du gaz du sol et composés volatils ou semi-volatils ;
 - ⇒ Autres techniques alternatives d'investigations ;
- > **Stratégies dérogatoires** : stratégies de caractérisation proposées et motivées par l'expert pour faire face à des cas particuliers ou pour remplacer l'une des stratégies standard définies ci-dessus.

Différentes stratégies (ou protocoles) peuvent être combiné(e)s pour un même terrain. Des forages, piézomètres ou prélèvements peuvent également être communs à plusieurs stratégies (ou protocoles) si, d'une façon générale, les prescriptions de chacun(e)s d'entre elles(eux) sont satisfaites.

2. **L'élaboration du plan d'échantillonnage** qui fournit le plan détaillé des pollutions à caractériser, la description des méthodes d'investigations, le planning des travaux, la localisation des impétrants, ...

Une description détaillée du plan d'échantillonnage et d'analyse est rédigé. Ce plan comprend au minimum les points suivants :

- > un plan détaillé du site avec la localisation :
 - ⇒ des éventuelles nouvelles zones suspectes à investiguer ;
 - ⇒ des pollutions à caractériser ;
 - ⇒ des récepteurs proches du terrain ;
 - ⇒ des zones du terrain où une activité est en cours ;
 - ⇒ des impétrants, revêtements de sol et zones d'exclusion ;
 - ⇒ des forages, piézomètres et points de prélèvements ;
- > une justification du choix des techniques de forage, des profondeurs d'échantillonnage et de l'équipement des piézomètres ;
- > un relevé prévisionnel des échantillons qui seront prélevés (sol, eau, déchets, etc.), les analyses prévues.

Avant la mise en œuvre du plan d'échantillonnage ainsi établi, il convient de définir les règles de sécurité relatives à sa bonne exécution sur le terrain.

3. L'exécution des travaux de terrain et d'analyse est la dernière étape de la phase II. Les activités de terrain sont menées en respectant :
 - > autant que possible le plan d'échantillonnage et d'analyse ;
 - > les directives applicables concernant les travaux de terrain, les méthodes de prélèvement de manutention et d'analyse des échantillons (CWEA) ;
 - > les règles de sécurité applicables lors des travaux d'investigation du terrain (potentiellement) pollué.

PHASE III : L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET CONCLUSIONS

Cette troisième phase de l'étude est composée des thèmes suivants :

1. l'interprétation des résultats proprement dits, comprenant :
 - > un examen des résultats comparativement aux **valeurs normatives** ;
 - > une **cartographie** (délimitation spatiale sur plan) des pollutions ;
 - > l'examen de la **nécessité d'une étude de risques** ;
 - > actualisation du MCS ;
 - > le cas échéant, le résumé et les conclusions ;
2. l'évaluation de la nécessité de réaliser un assainissement avec, le cas échéant, une évaluation de la menace grave, qui peut comporter :
 - > une évaluation des risques **pour la santé humaine** ;
 - > et/ou une évaluation des risques **de dispersion** ;
 - > et/ou une évaluation des risques **pour les écosystèmes** ;
3. le cas échéant, l'établissement des **objectifs d'assainissement** ;
4. le cas échéant, la revue des techniques d'assainissement envisageables ;
5. le cas échéant, une **évaluation des coûts d'établissement du projet d'assainissement**¹, en tenant compte, autant que faire se peut des coûts éventuels de tests de faisabilité et/ou d'investigations complémentaires liées aux techniques d'assainissement envisageables ;
6. la **finalisation du modèle conceptuel du site caractérisé** (MCSC) ;
7. une vérification de la **conformité** de l'étude **et son contrôle qualité**.
Concernant ces aspects, l'expert passe en revue chaque élément inscrit au rapport afin d'en contrôler la qualité et la conformité, une grille de contrôle des différents éléments lui permet d'effectuer ce travail ;
8. une (des) éventuelle(s) **proposition(s) de certificat(s) de contrôle du sol** (CCS).
En cas de pollution historique, lorsque l'étude a démontré l'absence de menace grave liée à cette dernière, l'expert établit une proposition de CCS par parcelle cadastrale concernée.

¹ Il ne s'agit pas de faire une analyse technique poussée des solutions envisageables ou d'en réaliser un avant projet mais d'établir, dans une première approche, l'estimation du coût d'établissement du projet d'assainissement, la probabilité (qui, elle, est connue si l'expert est expérimenté) de devoir réaliser certains tests, essais ou investigation). Cette prise en compte est primordiale car ces essais et tests constituent souvent la majeure partie d'un budget d'un projet d'assainissement lorsque ce dernier est complexe.

2. CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE

2.1. Phase I : Etude préparatoire

L'étude préparatoire vise d'une part à inventorier et actualiser les données existantes et d'autre part à identifier les données manquantes pour le MCS, l'étude de risques et le projet d'assainissement pour en déduire les investigations nécessaires pour finaliser l'étude de caractérisation (obtention d'un modèle conceptuel de site caractérisé) et, optionnellement, celles qui peuvent, en les combinant aux premières, fournir tout ou partie des données liées aux risques ou au projet d'assainissement. La Figure 3 schématise le raisonnement mené dans l'étude préparatoire.

Lorsque l'étude préparatoire ne permet pas de fournir suffisamment de données pour l'obtention d'un modèle conceptuel de site complet, des investigations de terrain sont effectuées de manière à en éliminer toutes les imprécisions ou incertitudes. Dans le cas contraire, il se peut que l'on puisse conclure dès la phase préparatoire que le MCS est caractérisé, et on peut alors passer directement à la phase III.

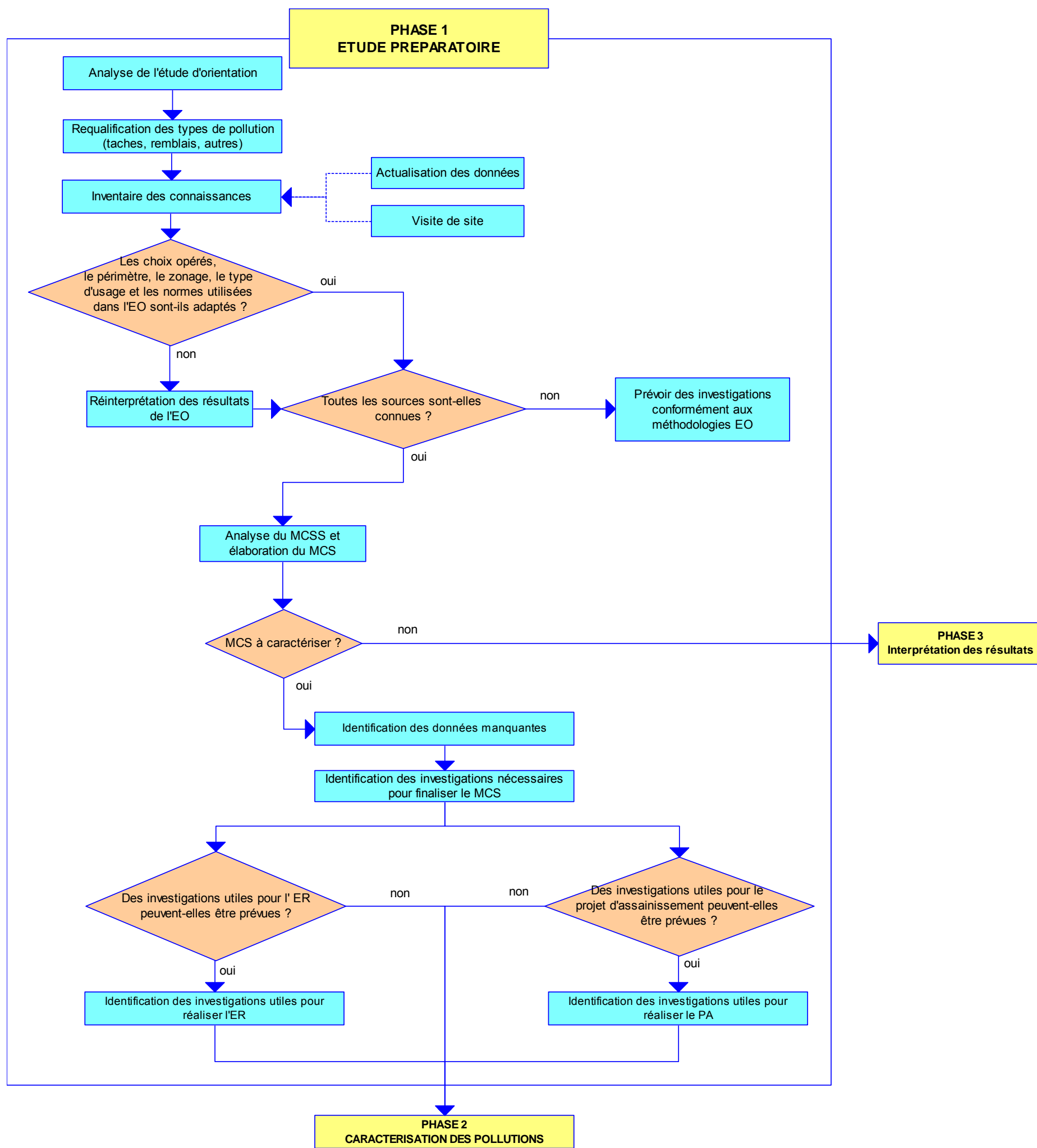
2.1.1. Examen de l'étude d'orientation

L'analyse interprétative générale conduite au terme de l'étude d'orientation (cf. GREO, section 2.3.) constitue l'élément le plus essentiel de l'étude préparatoire dans la mesure où l'EO aura statué sur la nature et les objectifs des travaux d'investigation à effectuer dans le cadre de l'étude de caractérisation et éventuellement sur la nécessité et les objectifs de l'étude de risques.

Il y a lieu, dans le cas général, de procéder à un réexamen détaillé des données de terrain et d'analyses. Si cela n'a pas été fait dans le dernier chapitre de l'EO relatif à l'interprétation des résultats, ce travail de synthèse consiste essentiellement à retravailler les données de façon à requalifier les pollutions, non plus sur base des concepts de "zones suspectes" mais sur ceux des **taches de pollution** et/ou **zones de remblais pollués** décrits plus haut.

Il est également primordial de réexaminer le MCSS de l'EO et d'en identifier les principales lacunes.

Figure 3 : Détail des étapes de l'étude préparatoire (phase 1)



2.1.2. Inventaire des connaissances actuelles du site

2.1.2.A. Requalification des types de pollution

Il s'agit, à partir des résultats de l'EO, de recenser les zones polluées (zones suspectes dont le caractère pollué a pu être confirmé par les résultats d'analyse de l'EO) et de les classer par type de pollution (tâches de pollution, remblais pollués, autres). Cette classification est un préalable indispensable à une réflexion plus approfondie sur la nécessité de poursuivre les travaux d'investigations (caractérisation) de ces pollutions et de sélectionner les stratégies adaptées à chacune d'elles.

2.1.2.B. Actualisation des données

La recherche et l'examen d'éventuelles autres études sont très importants, et ce d'autant plus que le délai entre les deux phases (EO-EC) est parfois long. Il s'agit en fait d'actualiser les données techniques, administratives et environnementales collectées au stade de l'EO. Au minimum, les questions suivantes doivent trouver une réponse :

- A-t-il été procédé, depuis l'EO, à une **étude urbanistique** dans le cadre de la réaffectation du terrain? Si oui, cela peut-il avoir des conséquences sur le choix des normes, en fonction du type d'affectation ?
- Indépendamment de la procédure "décret sols", a-t-il été procédé, depuis l'EO, à des **études techniques** (géologiques, géotechniques et géophysiques, hydrogéologiques, relatives aux risques géologiques et miniers, relatives à la construction d'infrastructures souterraines, audits techniques des bâtiments présents sur le site, reportages photographiques, inventaire amiante...)? Ces études sont en effet souvent rendues nécessaires par le simple contexte administratif, technique et commercial du dossier (vente de terrain, projets d'implantation d'infrastructures, projet de redéveloppement urbanistique, renouvellement de permis d'exploiter, études d'incidences sur l'environnement, etc.) et sont dès lors réalisées de manière proactive et/ou volontaire à l'initiative d'une des parties.
- Les **données administratives** : les coordonnées du(des) propriétaire(s), de(s) l'exploitant(s),... sont-elles toujours correctes ?
- Les **données cartographiques** acquises lors de l'EO ont-elles subi des modifications ou mises à jour depuis lors ? Et notamment :
 - > La base de données des captages (Dix-sous) indique-t-elle de nouveaux ouvrages ? Des modifications/ajouts de données ?
 - > Des planches de cartes (géologique, hydrogéologique, pédologique) contenant le site ou le joutant, ont-elle été publiées (ou rééditées) depuis l'EO ?
 - > Les bases de données "sites naturels" ont-elles subi des modifications depuis l'EO?
 - > Les plans de secteur et cadastral sont-ils toujours valides?
 - > Existe-t-il des nouveautés en matière de planification du territoire (PCA,...) ?
 - > Faut-il réitérer les demande de plans des conduites ?
 - >

Toute modification de ce type doit faire l'objet d'une mise à jour des plans préparatoires de l'étude de caractérisation, et le plan des investigations doit ensuite être adapté en conséquence.

L'inventaire des connaissances actuelles du site peut le cas échéant s'agréments de nouveaux éléments/ incidents découverts ou survenus entre les deux phases d'investigations (EO-EC).

2.1.2.C. Visite de site

Dans de nombreux cas, et au moins lorsque l'expert réalisant l'étude de caractérisation n'a pas réalisé l'EO, une visite de site au démarrage de l'EC est nécessaire. Pour rappel, les points à prendre en compte de manière générale lors d'une visite du site sont décrits en détails dans le GREO. L'expert s'y réfère au besoin pour réaliser sa visite dans le cadre de l'EC.

En particulier, une visite au stade de l'EC va se focaliser sur les éventuels changements survenus sur le site depuis l'EO et sur la recherche et l'examen des cibles potentielles et des voies d'exposition. Elle va, par ailleurs, souvent impliquer d'élargir le périmètre de la visite (et parfois celui du site) en recherchant des points de prélèvements en aval des pollutions, donc parfois en dehors du périmètre investigué lors de l'EO.

Le tableau 1 reprend une liste non exhaustive de points que la visite doit permettre d'éclaircir.

Tableau 1 : Points à éclaircir par une visite du site lors d'une EC

Description	Source d'information
Périmètre du site	<p><u>Vérifier la validité du périmètre du site :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Modification des sources de pollution depuis l'EO? • Modification des voies de transfert depuis l'EO? • Modification des cibles depuis l'EO?
Installations à risques	<p><u>Modification des installations à risques :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Survenance d'un incident susceptible de polluer le sol et/ou l'eau souterraine depuis l'EO? • Les installations et/ou activités à risques ont-elles été modifiées depuis l'EO?
Accès	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôle des accès machine et personnel • Visite des propriétaires de terrains devant faire l'objet d'autorisation d'accès / de forages
Impétrants et infrastructures	Présence d'infrastructures souterraines dans des parcelles non encore visitées lors de l'EO, changement dans la liste des impétrants (nouveaux propriétaires de conduites, ...), péremption des informations obtenues au stade de l'EO.

Il est à noter que, dans le cas où une nouvelle zone suspecte (ZS) est identifiée lors de la visite de site, elle doit être investiguée conformément au GREO et, le cas échéant, caractérisée.

Il va sans dire que la poursuite d'une délimitation de pollution dans des parcelles situées en dehors de la propriété du commanditaire de l'étude doit se faire en respectant la législation relative à la propriété privée, et notamment conformément aux dispositions de l'article 7 du Décret sol.

2.1.3. Périmètre, zonage et types d'usages à considérer

Sur base de l'inventaire et éventuellement de la visite de site dont il est question dans la section précédente, il est indispensable de redéfinir clairement les limites du site, l'ensemble des parcelles concernées par ce dernier et l'emprise probable, ou possible, des **taches de pollution** et **zones de remblais pollués** sur ces parcelles.

Les principales raisons d'un changement du périmètre d'étude sont :

- **Etendre le périmètre d'étude** sur les parcelles voisines :
 - > Mise en évidence d'une probable extension des pollutions détectées en dehors du périmètre initial ;
 - > Mise en évidence d'une possible voie de transfert entre une pollution située dans le périmètre du terrain et une cible localisée à l'extérieur ;
 - > Mise en évidence, sur base d'informations historiques recueillies au cours de l'EO, de l'existence de zones suspectes supplémentaires, situées en dehors du périmètre défini au stade de l'EO.
- **Restreindre le périmètre d'étude** défini au stade de l'EO :
 - > Une ou plusieurs zones suspectes définies au stade de l'EO ne présentent pas de concentrations en polluants supérieures aux valeurs seuil pondérées par les concentrations de fond ou aux valeurs particulières;
 - > Interdiction d'investigations, liée à des procédures de sécurité au niveau de certaines zones suspectes.

Il est également important, à ce stade, d'aborder les pollutions dans leurs trois dimensions spatiales, et donc d'en appréhender leur **volume**. Ces éventuels changements de périmètres à investiguer et/ou d'emprise horizontale des pollutions ont fatalement une incidence sur le volume de sol pollué dans la tache, ou le volume de remblai pollué à considérer.

Par ailleurs, si de nouveaux éléments (notamment tout projet ou décision intervenue depuis l'EO de modification, planologique ou effective, du terrain) justifient une modification de l'affectation du terrain dans son ensemble ou en partie, il faut adapter le "type d'usage" (au sens du "décret sols") du terrain ou de cette partie de terrain et, en conséquence, modifier les valeurs normatives (VS, VI) à prendre en compte. Cela implique bien entendu la réinterprétation de tous les résultats précédents jugés pertinents selon la nouvelle affectation (avec le nouveau jeu de normes). Finalement, une requalification des zones investiguées en **pollutions** et **zones non polluées** et une classification des parcelles cadastrales affectées ou non de pollutions s'impose.

Remarque importante :

Il est donc important de connaître et d'étudier, à ce stade de l'étude, non seulement l'affectation effective et planologique actuelle du terrain, mais également ses affectations potentielles (futures). Cet examen prospectif est indispensable pour permettre d'identifier les paramètres manquants et nécessaires en vue de réaliser une éventuelle étude de risques. A cet égard, devront être considérés :

- Les outils de planifications contraignants tels que les plans de secteurs ou les plans communaux d'aménagement ou les périmètres en surimpression.
- Lorsqu'ils sont d'application pour la commune concernée, le règlement communal d'urbanisme, le règlement général sur les zones protégées en matière d'urbanisme (RGB/ZPU) ou le règlement général sur les bâtisses en site rural (RGBSR) doit également être pris en considération.
- Le cas échéant, l'existence d'un schéma de structure communal, d'un site visé par les dispositions relatives à l'aménagement du territoire et à l'urbanisme opérationnel (SAR et SRPE), d'un programme de rénovation ou revitalisation urbaine, d'une zone d'initiatives privilégiées (Z.I.P.) doit également être pris en considération.
- Lorsqu'un site est inclus totalement ou partiellement au sein d'une zone d'aménagement communale concertée (ZACC), l'expert doit impérativement prendre en considération le rapport urbanistique et environnemental (RUE).

Des informations sont disponibles via le lien renseigné en début de ce guide.

Il est par ailleurs primordial que l'expert spécifie, au sein de ces affectations et/ou scénarios d'utilisation des terrains concernés ce qui est effectif ("actuel", "réel"), de ce qui est hypothétique ("futur", "potentiel") et appréhende les restrictions d'utilisation qui pourraient résulter du type d'usage pris en considération.

2.1.4. Modèle Conceptuel du Site

Les données provenant de l'inventaire des connaissances du site et de la visite, agrémentées de leur réexamen à la lumière de l'affectation et du type d'usage à considérer permet, sur base du MCSS établi au stade de l'EO, de construire une première version du modèle conceptuel du site. Ce modèle reste certes incomplet mais peut être plus étoffé que dans sa version simplifiée de l'EO. Sa présentation peut notamment être améliorée pour mettre en évidence ses points faibles, ses inconnues ou ses données manquantes.

Il est très important, en phase préparatoire d'une étude de caractérisation, de (re)localiser, de manière aussi large que possible dans un premier temps, toutes les cibles directes ou indirectes qui pourraient être affectées par les pollutions rencontrées sur le terrain. En parallèle, un examen approfondi des voies de transfert potentielles entre les pollutions et les cibles doit également être réalisé. C'est en effet cet examen qui va permettre de définir la nécessité de réaliser une étude de risques et les possibilités de combiner des investigations visant à délimiter/caractériser les pollutions avec des mesures dédiées à l'étude de risques.

Une manière pratique de procéder pour **élaborer une première version du modèle conceptuel du site** est de passer par une liste de questions clé, et d'en déduire les éléments "suffisamment connus" du modèle, et ceux nécessitant un complément d'information quel qu'il soit.

Questions à se poser pour compléter le modèle conceptuel du site

- Les **sources potentielles de pollutions** ont-elles toutes été localisées ?
- La **caractérisation chimique des noyaux** dans les taches de pollution est-elle suffisante, en ce compris le dosage des éventuels produits de biodégradation et les caractéristiques physico-chimiques de toutes ces substances primaires et secondaires (densité, solubilité, miscibilité dans l'eau, degré d'affinité avec différents types de solvants, volatilité, caractère biodégradable, faculté à migrer ou à rester piégés dans les sols) ?
- Les **panaches** de dispersion dans le sol et/ou l'eau souterraine sont-ils suffisamment **délimités tant horizontalement que verticalement**, en tenant compte d'une éventuelle adaptation des normes entre l'EO et l'EC ?
- A-t-on suffisamment bien appréhendé l'**emprise horizontale et la volumétrie des zones de remblais pollués** ?
- Ces **remblais pollués** sont-ils **suffisamment caractérisés** tant du point de vue typologie et granulométrie que du point de vue chimique (éventuellement au sens géostatistique du terme), en ce compris leur capacité à diffuser des polluants par percolation d'eau pluviale et la spéciation¹ éventuelle des métaux ?
- Existe-t-il, au sein des zones de remblais pollués, des **sous-zones, horizons** ou composants identifiables qui pourraient nécessiter une **caractérisation séparée** ?
- Les **récepteurs actuels et futurs** ont-ils tous été recensés, **identifiés** et éventuellement visités ?
- Les **voies de transfert actuelles et futures** entre les pollutions et ces récepteurs ont-elles toutes été **identifiées** ?

¹ La spéciation se définit comme l'espèce ou la forme moléculaire précise d'un composé dans le milieu considéré. La connaissance de la spéciation d'un polluant est essentielle car le degré de toxicité en dépend. C'est le cas notamment pour le chrome, l'arsenic, le plomb ou les cyanures.

Réalisation du modèle conceptuel du site

A ce stade du raisonnement, l'expert possède tous les renseignements nécessaires pour réaliser un **descriptif** (texte ou tableau) du modèle conceptuel du site et une **représentation schématique** (dessin/figure) de ce dernier.

- **Le descriptif du modèle** est constitué d'une liste de toutes les pollutions reprenant, pour chacune d'elles l'ensemble des données récoltées:
 - > localisation en termes de zone à risques et de parcelle ;
 - > extension déjà reconnue tant géographiquement qu'en terme de milieu récepteur pollué (sol, nappe, ...) ;
 - > typologie (voir concepts de la section 1.3.1) ;
 - > source, polluants détectés, concentrations, profondeur ;
 - > voies potentielles de transfert et récepteurs possibles.

Cette liste est présentée, au choix de l'expert, soit sous forme d'un texte structuré de manière uniforme pour chaque pollution, soit d'un tableau synoptique.

- Afin de faciliter la compréhension du modèle, l'expert en réalise une **représentation schématique** incluant au minimum une vue en plan et au moins une vue en coupe passant par chaque pollution. En plus des éléments connus (confirmés par analyse et/ou observation), l'expert y fait figurer les éléments supposés en utilisant un mode de tracé les distinguant des éléments certains et/ou en y ajoutant des points d'interrogation. Il est important de trouver, dans cette représentation, un compromis entre précision et schématisation. Il faut que les vues restent faciles à comprendre tout en y intégrant tous les éléments clés (décisionnels) en matière de stratégie d'investigation et d'étude de risques. La représentation schématique du modèle diffère fondamentalement d'un plan ou d'une coupe sensu stricto par l'abandon, dans les vues, de la notion d'échelle unique. La visualisation optimale des éléments clés, tout en évitant l'utilisation d'un format d'impression très large, y est préférée à la représentation des justes proportions des taches. L'ajout d'annotations écrites de distances, profondeurs, surfaces ou volumes, peut compenser utilement ces déformations graphiques. La Figure 5, présentée en page 63, présente un exemple de coupe dont le niveau de détail, et de qualité/quantité d'information est bien dosé.

2.1.5. Inventaire des données manquantes

Des deux versions (descriptive et schématique) du MCS, découlent naturellement une liste de données manquantes et les investigations associées nécessaires pour finaliser l'étude de caractérisation. Il est utile à ce stade de lister ces données/investigations. Les données manquantes sont classées en deux catégories, selon qu'elles ont trait uniquement à la caractérisation sensu stricto, ou (voir ci-dessous) qu'elles sont nécessaires à l'étude de risques ou à la vérification de la faisabilité de techniques d'assainissement. Les premières revêtent un caractère obligatoire, les secondes sont facultatives à ce stade. Le passage par ce tri des données manquantes et des investigations à mener permet aussi de structurer la présentation et l'interprétation des différents résultats.

Si à ce stade, l'expert n'identifie aucune données manquantes, le MCS peut être qualifié de « caractérisé » et il peut passer à la phase III d'interprétation des données.

Inventaire des données manquantes pour caractériser le MCS

Pour rappel (cf., 1.3.1) un **MCS** est considéré comme **caractérisé** une fois qu'il n'est plus possible (contrainte technique) ou nécessaire (délimitation suffisante et concentrations caractéristiques et/ou maximales connues avec suffisamment de précision) de réaliser des prélèvements et des analyses chimiques de sol et d'eau souterraine pour les polluants émis par la source ou leurs sous-produits de biodégradation.

Dès lors, toutes les investigations consistant ou menant à **mesurer** (in situ, sur site ou au laboratoire) **les concentrations en polluants** (y compris les produits de biodégradation) **dans le sol et l'eau souterraine** au sein ou en bordure directe des **taches de pollution** ou **des zones de remblais pollués** font partie intégrante de l'étude de caractérisation et sont classées par l'expert dans l'inventaire des données manquantes pour finaliser l'EC.

Il en va de même pour les tests et essais visant à évaluer le potentiel de libération de polluants en phase liquide par un remblai, en ce compris les essais de lixiviation/percolation en laboratoire. Dans le cas particulier d'un remblai pollué, ces essais ne sont pas seulement liés aux risques et au projet d'assainissement : le potentiel de libération de polluants vers l'environnement est une donnée caractérisant intrinsèquement le remblai.

Inventaire des données utiles ou nécessaires à l'ER ou au PA

Il existe une très grande variété de mesures, tests et investigations qui peuvent s'avérer utiles ou nécessaires à la réalisation d'études de risques (ER) ou pour contrôler la faisabilité des techniques du projet d'assainissement (PA).

L'acquisition conjointe de ces données dans le cadre de la réalisation de l'EC est optionnelle mais peut être un objectif poursuivi par l'expert en vue de limiter au maximum les frais d'organisation de campagne de terrain.

La description plus détaillée de tous les paramètres utiles ou nécessaires à l'élaboration de l'étude de risques et/ou du projet d'assainissement est reprise dans les guides de référence correspondants (GRER et GRPA).

Il est cependant utile d'en citer, à titre d'exemple, les plus usitées d'entre elles :

- Les études **minéralogiques** et de **spéciation** des métaux, le **fractionnement aromatiques/aliphatiques** des hydrocarbures et les recherches de **coefficients de partition** caractérisent indirectement la source pollution mais en permettant de se prononcer sur l'évolution temporelle de la situation, elles font donc partie intrinsèquement de l'**étude de risques**. Indirectement, certaines d'entre elles sont également utiles pour éliminer ou valider certaines options d'assainissement.
- Il en est de même des mesures et recherches de **paramètres hydrogéologiques des nappes aquifères** (gradient hydrogéologique, perméabilité, transmissivité, porosité, coefficient d'emmagasinement, potentiel d'atténuation naturelle, ...), qui caractérisent cette fois le vecteur pour l'**étude de risques de dispersion et d'atteinte aux réserves en eau potabilisable**.
- La **granulométrie** et les mesures de **paramètres physico-chimiques** caractérisent le milieu au sens plus large. Elles sont souvent utiles ou nécessaires tant pour l'étude de risques que pour l'évaluation de la faisabilité de techniques d'assainissement.
- A quelques exceptions près (technique alternatives -. section 2.2.2.C.4, eaux de surface en contact direct avec les pollution,...), l'obtention de **concentrations en polluant** dans tout autre milieu ou sur tout autre support que l'eau souterraine ou le sol (**air ambiant, air du sol, eau de distribution, eau de puits, eaux de sources et eaux de surface**, légumes, lait, sang,...) concerne directement les récepteurs potentiels. Elles ne sont menées que lorsqu'un doute subsiste sur une voie d'exposition et font dès lors partie intégrante de l'étude de risques.

2.2. PHASE II : Caractérisation des pollutions

La Phase II de l'étude de caractérisation en constitue l'essence même puisqu'elle regroupe toutes les investigations de terrain réalisées dans le but, entre autres, de délimiter spatialement les pollutions et d'en mesurer l'intensité. Les principales étapes de cette seconde phase sont illustrées dans le logigramme de la Figure 4.

Il s'agit principalement de sélectionner la(les) stratégie(s) d'investigations, d'établir un plan d'échantillonnage et de le mettre en œuvre. L'élaboration de la (des) stratégie(s) d'investigation se fait, soit en suivant les prescriptions générales relatives à la caractérisation des deux catégories de pollutions (remblais pollués et taches de pollution), comportant elles-mêmes un ou plusieurs protocole(s) d'investigation, soit en adoptant une stratégie alternative ou dérogatoire tenant compte des spécificités du terrain ou du contexte de l'étude, mais avec une justification étayée de la part de l'expert.

2.2.1. Directives générales concernant les travaux de terrain et d'analyses

Directives spécifiées dans le GREO et le CWEA

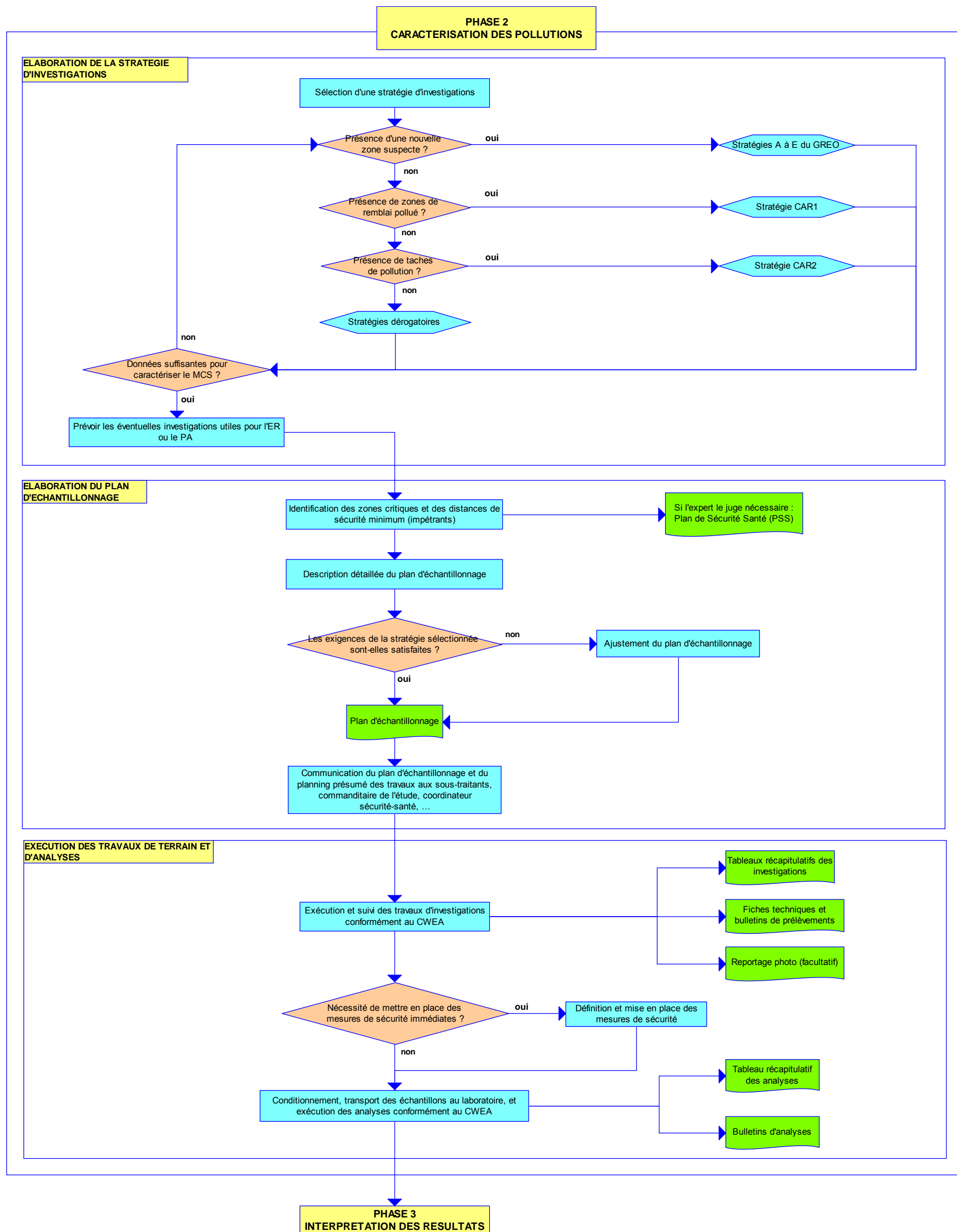
Les directives spécifiées dans le CWEA sont d'application pour toutes les investigations réalisées dans le cadre d'une EC. Le GREO, quant à lui, donne des directives générales relatives :

- Aux agréments exigés et aux protocoles techniques ;
- A la durée de validité des résultats ;
- A l'investigation de la partie solide du sol concernant :
 - > L'implantation et la profondeur des forages, ainsi qu'à leur exécution ;
 - > Le prélèvement des échantillons de sol ;
 - > Les types d'analyses ;
 - > Les mesures des propriétés générales ;
- A l'investigation des eaux souterraines :
 - > La décision d'échantillonnage de la nappe (profondeur des piézomètres) ;
 - > L'établissement du schéma d'implantation des piézomètres (nombre, position et caractéristiques) ;
 - > La détermination du nombre de prélèvements d'échantillons, du nombre d'analyses et des polluants à analyser ;
 - > Les mesures de la piézométrie ;
- A l'investigation des gaz du sol et composés volatils ou semi-volatils ;
- A la détermination des concentrations de fond.

Au sein de celles-ci, certaines considérations techniques ou administratives générales restent d'application, en particulier pour les deux premiers points et tout ce qui relève des bonnes pratiques en matière de forages, d'échantillonnages et d'analyses, donc du CWEA. Dans ces domaines, lorsque des spécificités doivent être prises en compte pour satisfaire les objectifs de l'EC, elles sont décrites dans la section 2.2.2 du présent guide décrivant les stratégies et protocoles d'investigation propres à l'EC.

Comme dans une EO, le type, la position et le nombre de forages, de piézomètres, de prélèvements et d'analyses de sol et d'eau souterraine à prévoir pour une EC, sont spécifiques au type de pollution, tributaires des objectifs particuliers à la démarche de caractérisation et différent en fonction de la stratégie d'investigation adoptée (cf. GREO). Le présent guide aborde dès lors ces questions au cas par cas dans les sections décrivant les différents protocoles et stratégies d'investigation (section 2.2.2).

Figure 4 : Détail des étapes de caractérisation des pollutions (Phase II)



Directives générales spécifiques à l'EC

Les directives générales suivantes sont, sauf exception dûment motivée, généralement applicables à la caractérisation des **pollutions** de tous types :

- **Détermination du sens d'écoulement des eaux souterraines**
Si dans le cadre de l'EO, aucun piézomètre n'a été installé, il convient d'envisager de manière plus approfondie la nécessité de le faire dans l'EC et ce, en fonction de la profondeur attendue de la nappe et de l'extension verticale supposée ou mesurée de la pollution. La mesure du sens d'écoulement de l'eau souterraine nécessite la présence d'au moins 3 ouvrages sur ou à proximité directe du site. Dans un certain nombre de cas (notamment les "petits sites"), si l'implantation de ces 3 ouvrages n'est pas pertinente, le sens d'écoulement peut alors être estimé à partir des documents cartographiques et des observations topographiques.
- **Nivellement des piézomètres**
Dans tous les cas, lorsqu'un piézomètre est placé, il est recommandé (voir CWEA) de réaliser le nivellement de ce dernier par rapport au niveau de la mer (référence).
- **Adaptation du protocole d'investigations, d'échantillonnage et d'analyses**
L'étude peut à tout moment être adaptée en fonction des nouveaux constats. L'adaptation est aussi bien réalisée pour les analyses et la délimitation de la pollution que pour l'exposition et l'évaluation des risques.
- **Recherche de produits de dégradation/ métabolites**
L'expert doit vérifier si les substances polluantes peuvent être transformées/dégradées. Si c'est le cas, et si les substances qui en résultent sont polluantes, elles doivent aussi être analysées. L'expert inclut le schéma de transformation/dégradation dans l'étude de caractérisation.
- **Sélection de la méthode analytique**
Les méthodes d'analyses sont sélectionnées en fonction de la pollution à caractériser : seuls les paramètres spécifiques à cette dernière (et au moins tous ceux qui sont >VS dans l'EO) sont intégrés aux paquets d'analyses réalisés. Les analyses sont effectuées conformément au CWEA et par un laboratoire agréé.
- **Volumétrie des pollutions**
L'une des questions fondamentales à laquelle doit répondre l'EC concerne la volumétrie des pollutions. On comprend facilement que, comme pour le périmètre et la superficie des zones polluées abordées dans le GREO, il n'est, a fortiori, pas possible de mesurer précisément le volume d'une tache de pollution ou d'un remblai pollué. Au terme d'une EC, il doit toutefois être possible d'en donner une estimation, dont la qualité sera fonction des conditions de terrains (accessibilité de la pollution), de la précision des instruments de mesure (positionnement (x,y) des forages, mesure de la profondeur des échantillons, limite de détection des analyseurs) ainsi que d'autres paramètres. Par ailleurs, l'expert est amené, le cas échéant, à distinguer plusieurs volumes pour une même pollution. Les **taches de pollution** possèdent autant de "volumes" qu'il existe de valeurs normatives :
 - > Le "volume total", délimité par la surface d'isoconcentration dont la valeur est égale à la valeur de référence¹.
 - > Le "volume seuil", délimité par la surface d'isoconcentration dont la valeur est égale à la valeur seuil.
 - > Le "volume d'intervention", délimité par la surface d'isoconcentration dont la valeur est égale à la valeur d'intervention.
 - > Le cas échéant (pour les pollutions historiques ou les pollutions nouvelles dont on veut évaluer l'urgence de l'assainissement), les "volumes à risque", délimités par les courbes d'isoconcentration dont les valeurs sont celles au-delà desquelles il y a une menace grave respectivement pour l'homme, l'environnement ou les écosystèmes. Par définition, il ne peut dès lors être estimé qu'à partir des résultats d'une étude de risques.

¹ Dans certains cas, l'expert peut recourir à des valeurs plus strictes en fonction de l'étude de risques (par ex., présence d'un captage de distribution, pour lequel l'apparition du polluant (donc limite de détection) peut s'avérer être requise)

Le "volume total" d'un **remblai pollué**, lui, n'est pas défini par des surfaces d'isoconcentration "abstraites" mais par l'interface lithologique entre la couche de matériau remblayé et le sol en place qui peut souvent être reconnu sur le terrain, sans qu'une analyse au laboratoire ne soit nécessaire.

- Enfin, il faut parfois adapter ces volumes en fonction des limites du terrain ou des parcelles cadastrales que la pollution affecte. C'est en particulier le cas pour les remblais pollués uniformément répartis sous plusieurs terrains adjacents.

2.2.2. Stratégies et protocoles d'investigations

Stratégie, protocoles et techniques : définitions

Dans cette section, seront fait usage de trois termes – stratégie, protocole et technique d'investigation - dont il convient de préciser la portée :

- Le terme "**stratégie d'investigation**" est la plus générale des trois notions. Elle englobe tous les éléments d'étude permettant d'arriver au but recherché, à savoir "la caractérisation d'une pollution". On ne définit une stratégie spécifique que si les objectifs de cette caractérisation varient. Deux stratégies standard sont principalement développées dans ce guide, l'une pour chaque grand type de pollution (taches de pollution et remblais pollués). Il est laissé à l'expert la possibilité d'utiliser une stratégie dérogatoire, dont il justifie l'utilisation et développe le contenu.
- Le terme "**protocole d'investigation**" désigne une étape, une phase ou une partie (éventuellement la totalité) d'une stratégie adaptée à la nature particulière de la pollution et/ou au milieu contaminé. On y précise la nature, le nombre, la disposition des prélèvements et analyse à effectuer. Ce n'est plus l'objectif mais le contexte, les aspects techniques du problème qui guide l'adoption de l'un ou l'autre des protocoles proposés.
- Le terme "**technique d'investigation**" est du domaine purement technologique. Il s'agit du moyen utilisé pour obtenir une information pertinente quand à l'intensité de la pollution en un point dans un milieu particulier. Dans ce guide, les techniques de prélèvement d'échantillons avec analyses au laboratoire des concentrations en polluant dans le milieu (sols ou eaux souterraines) sont considérées comme "standard", et recommandées par défaut. Un certain nombre de "techniques alternatives" est cependant présenté, à titre indicatif, et avec des balises quant à leur utilisation.

Distinction entre remblais pollués et taches de pollution

Les **remblais pollués** possèdent de très nombreuses spécificités qui les distinguent des **taches de pollution** (cf. définitions, caractéristiques et catégories détaillées à la section 1.3.1.). Ces caractéristiques particulières, et parfois antagonistes, justifient l'adoption de stratégies de caractérisation différentes pour ces deux grandes catégories de **pollutions**.

Le Tableau 2 ci-dessous présente de manière synthétique l'objet et la description sommaire des différentes stratégies et protocoles. La Figure 4 illustre, dans la partie supérieure du logigramme, les étapes de sélection des stratégies et protocoles de caractérisation des pollutions.

Tableau 2 : Stratégies et protocoles pour la caractérisation des pollutions

NOM	POLLUTION	DESCRIPTION
Stratégie standard Car 1	Remblais pollués	Caractérisation et délimitation des zones de remblais pollués
Protocole R1	Remblais pollués	Investigation d'un remblai monocomposant
Protocole R2	Remblais pollués	Investigation d'un remblai composite
Protocole R3	Remblais pollués – horizons, zones	Investigation de sous-zones ou d'horizons particuliers dans les remblais pollués composites
Stratégie standard Car 2	Taches de pollution	Caractérisation et délimitation des taches de pollution des sols et des eaux souterraines
Protocole S	Sol – tache de pollution	Caractérisation des taches de pollution dans le sol
Protocole E1	Eau souterraine	Caractérisation et délimitation des taches de pollution dissoutes dans l'eau souterraine
Protocole E2	Couches surnageantes	Caractérisation et délimitation des taches de pollution en couches surnageantes
Protocole E3	Couches denses	Caractérisation et délimitation des taches de pollution en couches denses
Protocole E4	Nappes superposées	Investigations des taches de pollution présentes au droit de deux nappes superposées
Protocole E5	Milieu fissuré/ karstique	Investigations des taches de pollution présentes dans un milieu fissuré ou karstique
Technique alternative G	Gaz du sol	Investigations via analyse des gaz du sol et composés volatils ou semi-volatils
Autres techniques alternatives	Sol/eau souterraine	Techniques permettant d'évaluer l'ampleur des taches de pollutions dans les sols et les eaux souterraines sans passer par le prélèvement et l'envoi d'échantillon au laboratoire
Stratégie dérogatoire proposée par l'expert		

Stratégies et protocoles "standard"

Il s'agit de stratégies utilisées dans les cas les plus "conventionnels", permettant globalement de se limiter, en matière de techniques d'investigations, à des prélèvements direct de sols, d'eaux souterraines, et éventuellement de produit pur et à les soumettre à des analyses en laboratoire pour les polluants concernés. La stratégie "Car 1" concerne les **zones de remblais pollués** et inclut 3 protocoles spécifiques. La stratégie "Car 2" concerne les **taches de pollution** et comporte 1 protocole standard dédié à la phase solide, 5 protocoles se rapportant aux eaux souterraines, une technique alternative ciblée sur les gaz du sol et certaines techniques alternatives utilisables dans des cas particuliers.

Stratégie(s) dérogatoire(s)

Il est laissé à l'expert la liberté de mener une stratégie dérogatoire, adaptée aux spécificités du terrain étudié. Sur base de son jugement professionnel, l'expert justifie sa "dérogation" en argumentant la qualité et l'équivalence de sa démarche. Pour cela, l'expert compare sa "stratégie dérogatoire" aux stratégies "standard" et démontre, in fine, qu'il a atteint un niveau équivalent en termes de qualité d'information.

Combinaisons et modifications de stratégies

En fonction de la complexité des pollutions rencontrées, l'expert peut être amené à combiner plusieurs stratégies ou protocoles (cas, par exemple, où une **tache de pollution** se superpose à une **zone de remblais pollués**). Dans ces combinaisons, des forages et piézomètres peuvent être communs à plusieurs stratégies, mais, au minimum, les exigences de chaque stratégie (nombre recommandé de forages, de piézomètres et d'échantillons portés à l'analyse) doivent être satisfaites.

Par ailleurs, le choix d'une stratégie doit être réévalué au regard des observations faites durant les travaux de terrain (détection de nouveaux indices de pollution par exemple). Si les résultats indiquent que la situation ne correspond plus aux stratégies préconisées initialement, il est nécessaire de modifier le plan d'échantillonnage. Les exemples ci-dessous illustrent différents motifs de modification :

- contradiction entre les observations de terrain et les polluants recherchés sur base de l'inventaire des connaissances ;
- source inaccessible aux engins de forages ;
- prélèvements d'horizons spécifiques en dehors des pollutions pour vérifier que certains dépassements de normes sont dus à des concentrations de fond ou des valeurs particulières ;
- prélèvements pour démontrer que la pollution provient d'une migration du terrain voisin.

Adaptation des stratégies en prévision d'ER ou de PA

Tout au long de la phase II de caractérisation des pollutions, l'expert peut veiller à favoriser au maximum les "acquisitions opportunistes de données". Chaque fois qu'il est possible d'obtenir une donnée importante pour l'étude de risques ou le projet d'assainissement en profitant des investigations dédiées à l'EC sensu stricto, l'expert est encouragé à saisir cette opportunité. Cette démarche prévoyante facilite les phases ultérieures, en évitant de devoir refaire certaines investigations, et diminue dès lors le coût total des investigations. A titre d'exemples, on peut suggérer à l'expert de :

- Réaliser les tests de lixiviation et/ou fractionnement aromatiques aliphatiques et/ou les mesures de paramètres physico-chimiques et/ou tests granulométriques sur les échantillons de sol prélevés durant l'EC ;
- Equiper préventivement certains forages de "piézairs" pour d'éventuels tests de venting ;
- Mesurer certains paramètres physico-chimiques ou hydrogéologiques lors des prélèvements d'eaux souterraines ;
- Sur-dimensionner certains piézomètres si un test de pompage peut devenir utile ;
- Adapter la position de certains piézomètres pour obtenir un meilleur dispositif de mesure si un tel test de pompage est envisagé ;

Au moment de figer le premier plan d'échantillonnage et de réaliser ceux des éventuelles phases ultérieures de délimitation, l'expert peut dès lors optimiser ces derniers en tenant compte de ces possibles combinaisons. Il se base pour ce faire sur les stratégies et protocoles fixés dans le GRER et le GRPA. Il fournit impérativement un argumentaire justifiant la pertinence de ces éventuels tests ou analyses complémentaires.

2.2.2.A. Stratégies d'investigation des nouvelles zones suspectes

Lorsqu'une nouvelle zone suspecte, une nouvelle pollution ou un nouveau dépôt de déchets est découvert au stade de l'étude préparatoire de l'EC, il y a lieu, dans un premier temps, de l'investiguer en utilisant l'une des stratégies définies dans le GREO. Il en va de même lorsque l'EO n'a pas, ou pas complètement satisfait aux exigences de ces stratégies en matière de "quantité d'investigations" préconisées. Dans ces cas particuliers, la phase II de caractérisation peut être réalisée, en tout ou en partie, simultanément à celle d'orientation, à condition de pouvoir distinguer le type de pollution dès l'étude préparatoire, et à condition que la logistique des travaux de terrain et leur planification le permettent. Pour rappel, les stratégies d'investigations prédéfinies dans le GREO, et applicables aux cas de nouvelles zones suspectes détectées lors de l'EC sont les suivantes :

- **Stratégie A :** Stratégie particulière aux cas des dépôts de déchets ;
- **Stratégie B :** Investigation d'une zone suspecte homogène (la stratégie pour l'investigation des remblais pollués y est incluse) ;
- **Stratégie C :** Investigation d'une zone suspecte hétérogène pour laquelle les sources potentielles de pollution ont pu être localisées ;
- **Stratégie D :** Investigation d'une zone suspecte hétérogène pour laquelle les sources potentielles de pollution n'ont pas pu être localisées ;
- **Stratégie E :** Investigation d'une zone suspecte non qualifiée ;
- **Stratégie dérogatoire :** Investigation d'une zone selon une stratégie alternative.

2.2.2.B. Stratégie Car 1 - caractérisation des remblais pollués

REMARQUES PRÉLIMINAIRES

1. La stratégie Car1, spécifique aux remblais pollués, n'est applicable que lorsque la pollution est "diffuse" dans tout le remblai, qu'elle lui est en quelque sorte "intrinsèque". En d'autres termes, il faut que les polluants soient portés par les matières ou matériaux qui composent le remblai dès la constitution de ce dernier et n'aient pas été "introduits" dans la masse après sa mise en œuvre. Il est bien connu que les métaux lourds et les HAP sont les polluants qui répondent le plus souvent à cette condition. Cependant, même pour ces deux familles, l'expert est tenu, s'il veut appliquer la stratégie Car 1, de démontrer que leur présence n'est pas due à une tache de pollution surimposée au remblai (par exemple, concentration en naphthalène liée à une tache de diesel ou d'essence).
A moins que l'expert ne démontre le contraire :
 - > la stratégie Car 1 est réservée à un remblai pollué par des métaux lourds et/ou des HAP ;
 - > si des composés d'une autre nature sont détectés dans un remblai, il y a de fortes chances qu'ils soient liés à une tache de pollution surimposée au remblai, qui doit être caractérisée via la stratégie et les protocoles de la section 2.2.2.C.
2. Un remblai ne peut être qualifié comme tel que lorsqu'il est mis en œuvre. Un tas de terre ou de gravats – ne constitue pas un remblai à part entière. Si la différenciation est parfois délicate, il est néanmoins important que l'expert fasse clairement la distinction entre ces deux notions dès le stade préparatoire des investigations. Dans le cas d'un tas simplement disposé sur le sol, sans objectifs autre que de stocker son contenu, il convient de considérer sa gestion dans le cadre du cas particulier "dépôt de déchets" prévu par le "décret sols" (voir la stratégie A du GREO et les objectifs d'assainissement décrits à l'article 50 du « décret sols »).
3. La stratégie Car 1 suppose que le remblai à caractériser a fait l'objet, au stade de l'EO, du nombre requis de prélèvements et d'analyses de sa partie solide, et ce via la stratégie "zone suspecte homogène". Autrement dit, on fait l'hypothèse d'une EC réalisée à la suite d'une EO conforme au GREO. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée, l'expert commence sa caractérisation par une "mise en conformité" de l'étude de ce point de vue : il prévoit au minimum une campagne d'échantillonnage permettant d'atteindre les "quantités d'investigations" applicables aux zones suspectes homogènes (voir tableau 7 du GREO).
4. Les forages, piézomètres et échantillonnages de sol et d'eau souterraine sont réalisés conformément au CWEA. Les règles générales fixées dans le GREO (section 2.2.1.B.3) restent majoritairement d'application.

2.2.2.B.1. Critères de caractérisation

2.2.2.B.1.1. Caractérisation macroscopique

Pour caractériser un remblai, il est avant tout primordial d'étudier en détail sa composition au sens macroscopique du terme (proportion de "sol" (gravier, sables limons argiles), de scories, de cendrées, de débris de construction, ...). Si cet aspect n'a pas été suffisamment développé au stade de l'EO, il est important de le préciser au moment de l'EC. Selon les cas, les actions suivantes doivent être envisagées par l'expert :

- recherche de ces données dans les rapports de terrain de l'EO ou d'autres études ;
- réalisation de sondages à but purement descriptifs (forages, fouilles ("aussi large que long") et tranchées (beaucoup plus long que large) à la pelle mécanique ;
- campagnes de terrain combinant des sondages/tranchées descriptifs(ves) et une sélection ciblée des échantillons en fonction des observations macroscopiques.

Dans tous les cas, les échantillons réalisés pour analyse durant l'EC doivent être décrits macroscopiquement, avec soin et minutie.

2.2.2.B.1.2. Caractérisation granulométrique

Pour les sols en place, l'analyse granulométrique est une donnée qui peut paraître "purement orientée étude de risques/projet d'assainissement" puisqu'elle va permettre d'estimer sa porosité et sa perméabilité, donc sa capacité à disperser plus ou moins vite les pollutions en phase liquide et à diffuser des vapeurs de polluants volatils.

Pour les remblais pollués, il s'agit néanmoins d'une information fondamentale au stade de l'EC. En effet, bien souvent, les différents composants macroscopiques du remblai auront un profil granulométrique particulier. Autrement dit, si la pollution intrinsèque du remblai est due à un composant, il est possible que la pollution soit concentrée dans une partie seulement de ses classes granulométriques. Par ailleurs, on sait que les remblais - même non pollués - posent des problèmes d'évacuation (filiales "déchets" ou "sol") et de réutilisation (qualités géotechniques), en cas de travaux de terrassement sur le terrain liés ou non à l'assainissement du sol.

Dans le cas des remblais pollués monocomposants, la granulométrie est également un aspect important car on sait que sa réactivité, sa capacité à libérer des polluants en phase liquide ou gazeuse (et dès lors aussi la faisabilité des méthodes de traitements physico-chimiques), sa propension à s'envoler (donc les risques d'ingestion de polluants par les voies respiratoires) et ses qualités géotechniques (angle de frottement, compacité, cohésion) sont intimement liées à sa granulométrie et en particulier à la proportion d'éléments fins qu'il contient. Il faut dès lors prévoir, en fonction du type et du volume de remblais pollués, un certain nombre d'analyses granulométriques (voir Tableau 3 et Tableau 4).

2.2.2.B.1.3. Libération de polluants par lessivage des remblais pollués

Comme expliqué en introduction, le lessivage (lixiviation) des remblais pollués constitue, contrairement aux taches de sols pollués, une de ses propriétés à **étudier nécessairement dans le cadre d'une étude de caractérisation** (indépendamment de la nécessité de réaliser une étude de risques). En effet, le remblai peut être considéré comme une source de pollution au départ de laquelle des polluants sont libérés (migration, désorption, dissolution) vers l'environnement. Par ailleurs, dès qu'un remblai est évacué du terrain, il devient un déchet dont la classification et la valorisation sont soumises à réglementation, éventuellement sur base d'un test de lixiviation. Les motifs sont donc nombreux pour justifier que la réalisation d'essais et de tests visant à appréhender les conséquences du lessivage par les eaux météoriques soit prévue dans tous les cas de figures, au sein des protocoles de base (R1 et R2) de caractérisation des remblais pollués.

Il est utile de préciser certains aspects techniques spécifiques au problème du lessivage. Il existe trois modes d'investigations pour appréhender le potentiel de libération de polluants par un remblai sous l'effet du lessivage. Ces approches sont reprises ci-dessous :

- **L'analyse in situ directe – eau des nappes perchées¹**

L'analyse de l'eau de rétention dans une nappe perchée est probablement la mesure la plus directe du lessivage puisqu'elle porte la signature réelle des polluants mis en solution par les constituants du remblai et, dès lors, rendus mobiles et potentiellement dangereux pour l'environnement. La technique est également très pratique pour appréhender tant les risques actuels que les risques potentiels, puisque les piézomètres peuvent être conservés et faire l'objet d'une surveillance. Il s'agit d'une analyse moins coûteuse que l'investigation de la nappe aquifère sous-jacente, car on peut souvent se contenter de "petits piézomètres" dont le placement est réalisé avec des machines légères. Par contre la seule analyse de l'eau directement en contact avec le remblai ne permet pas d'évaluer totalement le risque puisque les polluants émis par le passé par lessivage historique du massif sont potentiellement "déjà partis".

¹ Une nappe perchée dans un remblai est le résultat d'un contraste de perméabilité entre ce dernier et le sol en place sous-jacent. Dans un remblai graveleux par exemple, l'infiltration de l'eau météorique est rapide. Si des terrains en place sont limoneux, donc moins perméables, l'eau s'accumule lorsqu'elle atteint l'interface remblais/sol en place. Les nappes perchées ont souvent un caractère intermittent (absence d'eau durant les périodes de faible pluviométrie).

Par ailleurs, il faut tenir compte de la cinétique de la libération des polluants. Après de très fortes précipitations, la nappe perchée peut apparaître faussement moins polluée, du fait de la dilution.

- **Les essais en laboratoire**

- > L'**essai de lixiviation** présente l'avantage de pouvoir être réalisé sur un échantillon prélevé dans la zone insaturée du remblai, et donc d'être réalisable même en l'absence d'une nappe perchée. Par contre, il déstructure totalement l'échantillon et tend dès lors à surévaluer la quantité de polluants libérables par le remblai. Ce test doit dès lors n'être utilisé qu'en combinaison avec d'autres essais/mesures, ou alors "en dernier recours", lorsqu'aucune autre piste de caractérisation n'existe à un coût raisonnable. Son interprétation doit alors être réalisée avec un esprit critique.
- > L'**essai de percolation** en colonne diminue ce problème de surévaluation de la libération par déstructuration des échantillons mais est très lent, donc plus coûteux, et surtout, présuppose la possibilité de réaliser un carottage non remanié du remblai, ce qui est rarement le cas en raison de l'abondance d'éléments durs de taille importante dans un remblai commun.

Pour que, dans le cas où le remblai doit être évacué, les résultats soient utilisables pour définir sa "dangerosité" au sens des filières de valorisation/stockage des déchets, les conditions d'essai doivent être conformes à la Décision 2003/33/CE établissant des critères de classification des déchets. Pour les métaux lourds, l'interprétation des essais se fait au minimum à la lumière des valeurs limites fixées par ce texte. Pour les HAP, l'expert propose des seuils :

- > soit sur base d'autres législations internationales,
- > soit sur base de critères d'admissions dans les centres de traitement/d'enfouissement technique de la Région,
- > soit en appliquant aux HAP des facteurs similaires aux métaux lourds entre concentrations limites fixées par la Décision sur l'éluât et valeur seuil du décret sols dans l'eau souterraine.

- **Les analyses in situ indirectes – sol sous remblai et nappes aquifères**

- > Les **analyses d'eau souterraine dans les nappes aquifères sous les zones de remblai** fournissent une indication indirecte du lessivage des remblais pollués et ont la particularité d'être plus « proches de la cible ». Elles donnent une bonne idée de l'impact réel du remblai sur son environnement, à condition de connaître avec précision le fond géochimique naturel, ce qui est moins évident pour les métaux que pour les HAP. Par contre, la faisabilité de cette technique n'est pas toujours assurée et son coût est souvent élevé. A l'inverse des concentrations dans l'eau de rétention, elles donnent une bonne évaluation du lessivage déjà opéré, mais ne permettent pas de prévoir les évolutions futures. Ces analyses permettent toutefois de réaliser un monitoring mais dont les résultats arriveront parfois "trop tard pour agir".
- > Les **analyses de sol sous remblai** ont l'avantage d'être quasiment toujours possibles et de se situer juste sous la source de pollution. Elles constituent l'approche la moins coûteuse mais par contre sont encore moins directes que les analyses d'eau souterraine puisqu'elles supposent la libération (migration, désorption, dissolution) des polluants par le remblai vers l'eau d'infiltration et leur fixation (rétention, adsorption, cristallisation) ultérieure. Elles ne permettent ni d'évaluer totalement le lessivage passé (quelle quantité de polluants ne s'est pas refixée?) et ne permettent pas non plus de présager du futur.

Les deux principes généraux suivants sont à prendre en compte lors de l'élaboration du plan des investigations en matière de lessivage :

- Les mesures sont des faits : à faisabilité/coût équivalent, elles doivent être préférées aux calculs qui ne sont que des prédictions ;
- Les mesures in situ sont des essais "en conditions réelles" alors que les mesures en laboratoire sont réalisées "en conditions optimales". Ces dernières ne peuvent dès lors se substituer totalement aux premières et les résultats doivent dès lors être interprétés de manière critique.

En fonction de la faisabilité et du rapport coût-bénéfice des différents tests et mesures possibles, l'expert peut sélectionner un panel de techniques et méthodes optimales. En particulier, pour ce qui concerne le placement de piézomètres, trois possibilités lui sont offertes :

- Si le remblai est le siège d'une nappe perchée, et que l'accumulation d'eau possède une épaisseur suffisante, il peut être utile d'y placer au moins un piézomètre pour analyser sa composition.
- Si le remblai est en contact direct avec une nappe aquifère (cas des remblais de comblement), il est possible que la qualité de cette nappe soit modifiée par diffusion de polluants présents dans le remblai. Cette nappe est considérée a priori comme potentiellement polluée. Si les analyses d'un premier piézomètre implanté dans la zone de contact confirment ce fait, la **tache de pollution** est caractérisée selon la stratégie Car 2 - protocole E1 (cf. section 2.2.2.C.3.2). La zone en contact avec le remblai est caractérisée comme le noyau de cette tache en équipant d'autres piézomètres dans la couche de remblais saturée par l'eau de la nappe. Dans la mesure du possible, au moins un ouvrage crépiné plus en profondeur (dans le sol en place) est installé pour connaître l'état de dispersion verticale des polluants. Dans un tel cas, l'expert s'assure de l'isolation de la partie supérieure de l'ouvrage pour éviter toute contamination croisée.
- S'il n'y a pas d'eau de rétention dans la base du remblai et que cette dernière n'est pas en contact avec l'aquifère, l'expert décide d'investiguer ou non la nappe présente dans le sol ou la roche sous la zone de remblai. La décision dépend de plusieurs facteurs (niveau de pollution du remblai, profondeur attendue de l'aquifère, nature des terrains de couverture non saturés entre la base du remblai et l'aquifère, possibilité ou non d'analyser ces terrains,...). S'il est nécessaire de réaliser cet échantillonnage dans la nappe aquifère, il est alors recommandé (qu'il y ait ou non une nappe perchée dans le remblai) d'isoler totalement la "partie remblai" de la "partie terrain en place" de l'ouvrage. Cette protection est réalisée en installant un avant puits ancré dans le sol en place. Le forage est ensuite repris en diamètre inférieur à partir du fond bétonné de ce tubage protecteur. A nouveau, si une pollution est détectée dans l'aquifère, il y a lieu de la caractériser comme une tache de pollution dissoute dans l'eau, donc selon le protocole E1 (2.2.2.C.3.2).

Dans l'élaboration finale du plan d'échantillonnage, en particulier dans la justification technique des différents éléments d'investigations proposés, l'expert consacre une attention particulière à cet aspect "lessivage des remblais pollués" et y dédie une section dans son rapport d'étude.

2.2.2.B.1.4. Caractérisation volumétrique

Dans le cas général (en l'absence de sous-zone ou d'horizon particuliers), le volume d'un remblai pollué englobe la totalité des matériaux amenés sur le site. Il est donc estimé à partir des sondages qui atteignent le sol en place sous le remblai, éventuellement complétés par des analyses d'anciens plans et cartes qui représenteraient le terrain avant remblayage. C'est cette estimation du volume total dont il est question dans le Tableau 3 et le Tableau 4 présentés au point 2.2.2.B.3.

2.2.2.B.1.5. Caractérisation chimique

Paramètres analytiques

Une meilleure connaissance des concentrations de tous les éléments de la famille d'un polluant aide à l'interprétation de sa distribution dans le massif de remblai. Or, le coût analytique pour la réalisation d'un dosage unitaire d'un HAP ou un métal particulier est la plupart du temps identique à l'analyse conjointe des 16 HAP ou des 9 métaux lourds normés dans le "décret sols". Sauf cas particulier dûment argumenté, l'expert est dès lors tenu de réaliser systématiquement la totalité des dosages des familles pour lesquelles au moins un dépassement de VS a été observé. Une exception est faite pour le mercure, nécessitant une technique analytique qui lui est propre et qui peut, si l'EO n'a pas montré de dépassement de VS, être écarté des paramètres analysés systématiquement.

A ce stade, il est important d'interpréter les profils chromatographiques de manière détaillée. Des concentrations élevées en HAP peuvent générer un résultat supérieur à une des valeurs seuils affectées pour les fractions des hydrocarbures entre C₁₀ et C₃₅. Il peut alors s'agir d'un profil typique uniquement de HAP, qui ne proviennent alors pas d'une diffusion d'un produit (tache de pollution). La stratégie Car1 reste adaptée. Par contre, si le chromatogramme révèle la présence, outre un profil de HAP, d'un profil de type hydrocarbures pétroliers (carburants, huiles usagées,...), alors une caractérisation doit être réalisée en suivant les prescriptions et protocoles de la stratégie Car2 (section 2.2.2.C). L'expert formule ses conclusions sur base du chromatogramme et de son interprétation par le laboratoire ou par un chimiste expérimenté dans ce domaine.

Pour les analyses sur éluât de lixiviation, l'expert complète le set d'analyses des polluants par l'ensemble des paramètres requis pour les critères de classification des déchets selon la décision 2003/33/CE du conseil de l'Europe¹. Tout échantillon soumis à un test de lixiviation est au préalable analysé sur matière sèche. Dans la mesure du possible, la lixiviation est réalisée sur l'échantillon présentant les plus hautes concentrations sur matière sèche.

En ce qui concerne la filtration 0,45 µm des échantillons, pour les analyses sur les eaux souterraines ou les eaux de nappes perchées, l'expert réalise les analyses au moins selon les recommandations du CWEA, à savoir un échantillonnage non filtré pour les HAP et les métaux. Cependant, le dédoublement de l'échantillon pour obtenir des concentrations en éléments dissous est un complément qui s'avérera très souvent utile pour discuter de la mobilité de ces éléments, en particulier pour les eaux de nappes perchées.

Quantités d'investigations

Les protocoles R1 et R2 fixent des **standard minima** pour le nombre de points de prélèvements et d'analyses en fonction du type de remblai et/ou de l'objectif spécifique de la caractérisation. Il s'agit effectivement de standard minima, en d'autres termes, **tout supplément d'analyses par rapport à ces standard ne fait qu'améliorer la robustesse des valeurs représentatives. Par contre toute dérogation vers le bas (réalisation d'un nombre d'investigations inférieur à celui préconisé) doit faire l'objet d'un argumentaire technique rigoureux de la part de l'expert.**

En fonction de leur nature, les quantités préconisées sont fixées par unité de volume de remblai ou par unité de superficie de la zone remblayée.

Même si cela peut paraître en opposition avec le principe de proportionnalité, le nombre d'échantillons par unité de volume doit être plus important pour les petits remblais que pour les grands. C'est le seul moyen d'obtenir un niveau de confiance suffisant sur les concentrations représentatives, y compris pour les remblais pollués d'étendues (volume) limitées.

¹ DÉCISION DU CONSEIL du 19 décembre 2002 (2003/33/CE) établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE

2.2.2.B.2. Dispositions des sondages, échantillonnages et piézomètres

Sondages

La réalisation de **fosses ponctuelles ou de tranchées au moyen d'une pelle mécanique** peut s'avérer particulièrement adaptée pour la caractérisation des remblais pollués. Le volume plus important des matières rendues visibles par de telles investigations permet notamment une meilleure caractérisation macroscopique sans altérer de manière significative la qualité des analyses chimiques qu'on peut en tirer puisque les polluants majeurs (HAP et métaux lourds) ne sont pas volatils. Ils peuvent dès lors être dosés dans des échantillons réalisés dans la matière remaniée par la pelle. Dans la suite de ce paragraphe, dans la section 2.2.2.B.3 et en particulier dans le Tableau 3 et le Tableau 4, on regroupe sous l'appellation générique de "**sondages**", les forages conventionnels et les fosses et tranchées réalisées à la pelle mécanique.

En règle générale, les sondages sont positionnés selon un maillage régulier. Dans les cas les plus complexes, des techniques plus sophistiquées de positionnement, en lien avec l'étude géostatistique du remblai, peuvent être mises en œuvre. Ces techniques sont basées sur un schéma aléatoire stratifié afin de garantir une couverture suffisamment régulière de la zone tout en créant des intervalles de distance variables entre les points.

Les sondages sont éventuellement densifiés localement en fonction d'observations sur le terrain, comme par exemple la détection d'une zone plus riche en constituants porteurs de polluants (scories, cendrées, déchets d'enrobés bitumineux, ...) ou en cas d'observations organoleptiques suspectes (dégagements d'odeur). Dans ce dernier cas, l'expert évalue la pertinence de mettre en œuvre une stratégie "tache de pollution".

Dans l'épaisseur du remblai, les sondages sont prolongés jusqu'à atteindre le sol en place, dans lesquels des échantillons sont également prélevés. Il n'est pas rare en effet que le sol limoneux sous un remblai joue un rôle de filtre où se fixent à nouveau les éléments mobilisés par lessivage. Dans le cas général, entre la surface et la base du remblai, l'expert prélève des échantillons à différentes profondeurs pour obtenir un jeu de données le plus représentatif possible du massif dans son ensemble. Selon les cas (couche de remblai de nature particulière, horizon particulièrement important pour l'étude des risques ou l'aménagement futur), l'expert peut également densifier l'échantillonnage sur un horizon particulier.

Sous-échantillonnages

Les concentrations en HAP et métaux lourds sont parfois liées à la présence d'un élément particulier au sein du remblai (par exemple, des concentrations en métaux lourds causées par la présence d'une proportion plus ou moins grande de scories). Il est dès lors pertinent (décision motivée de l'expert au cas par cas) d'analyser certains échantillons choisis sur une fraction particulière. Sur cet aspect, l'expert examine cependant la distribution spatiale des éventuels échantillons plus riches en certains éléments afin de valider ou non la pertinence de réaliser une caractérisation séparée de sous-zones ou d'horizons particuliers (cf. section 2.2.3.B.3 - protocole R3).

Par ailleurs, les éléments fins peuvent poser des problèmes particuliers : ils sont plus réactifs (surface spécifique plus grande) donc plus sensibles au lessivage et ils sont plus légers (donc plus susceptibles d'être transportés dans l'air ambiant et, éventuellement, ingérés par inhalation de particules de sol). La séparation mécanique des fractions les plus grossières est un procédé relativement facile à mettre en place lors de gros chantiers de terrassement, ce qui permet de réutiliser ou d'évacuer séparément les deux fractions. Il peut dès lors s'avérer pertinent de penser, au moment de la caractérisation d'un remblai, à faire réaliser des analyses chimiques spécifiquement sur différentes fractions granulométriques. L'expert justifie également ce choix au cas par cas.

Echantillons composites

Dans les stratégies de caractérisation/délimitation des taches de pollution, la localisation précise et unique d'un échantillon est une condition indispensable à l'interprétation du résultat de son analyse chimique. Pour la caractérisation d'un remblai, c'est l'obtention d'une concentration représentative de l'ensemble du massif (ou d'un de ses horizons) qui constitue souvent l'objectif principal. Dès lors, à nombre d'analyses équivalent, l'augmentation du volume et/ou de l'intervalle de profondeur dont sont issus les échantillons ("taille du support") tendent à améliorer la représentativité du set de données finalement obtenu. En fonction de la discussion qui précède, et en justifiant sa proposition, l'expert peut intégrer des analyses d'échantillons composites, c'est-à-dire, constitués à partir de sous-échantillons localisés en des points distincts ou à des intervalles de profondeurs différents. Il est absolument primordial d'expliquer le point commun de tous ces échantillons composites. On peut par exemple envisager de prélever selon une maille régulière et de composer un échantillon par maille via un nombre constant de sous-échantillons pris aléatoirement dans la maille. On peut aussi regrouper des échantillons présentant la même composition macroscopique pour différencier le niveau de pollution "par type de constituant" plutôt que "par zone géographique". Le caractère composite d'un échantillon est impérativement précisé chaque fois que l'on cite ou représente sa composition (texte, tableau, figure,...).

Piézomètres

Le placement de piézomètres est lié à la caractérisation du potentiel de libération de polluants par le remblai ; ce point est traité dans la section suivante.

2.2.2.B.3. Protocoles

2.2.2.B.3.1. Protocole R1 : remblais pollués monocomposants

Les nombres recommandés de forages, de piézomètres, d'échantillons de sol et d'eau souterraine à analyser ou à tester pour la granulométrie ou la lixiviation pour la **caractérisation d'un remblai monocomposant**, varient avec son volume total estimé (lignes en rouge) ou avec la superficie (lignes en vert) de la zone qu'il occupe comme indiqué dans le Tableau 3 ci-dessous. Pour rappel, tant le volume que la superficie sont éventuellement pondérés par l'étendue du terrain ou scindés en parcelles. Comme expliqué au point 2.2.2.B.1.5., sauf cas particulier dûment argumenté, l'expert réalise systématiquement la totalité des dosages des familles pour lesquelles au moins un dépassement de VS a été observé. Ces paramètres sont éventuellement majorés des paramètres de classification des déchets pour les analyses sur éluats de lixiviation (et ce aussi pour le Tableau 4).

Tableau 3 : Remblais pollués monocomposants - analyses, sondages et piézomètres

	VOLUME ESTIMÉ DE REMBLAIS POLLUÉS (X 1000 m ³)				
	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100
sondages	3+1/0,2 ^(a)	8+1/0,8 ^(a)	14+1/1 ^(a)	24+1/5 ^(a)	34+1/20 ^(a)
analyses de "sol" ^(b)	1/0,2 ^(a)	5+ 1/1 ^(a)	10+1/2,5 ^(a)	14+1/5 ^(a)	24+1/25 ^(a)
granulométrie	1	2	4	6	8
test de lixiviation ^(c)	exp ^(h)	exp ^(h)	2+exp ^(a)	4+1/25 ^(a)	8+exp ^(a)
	SURFACE ESTIMÉE DE REMBLAIS POLLUÉS (X 1000 m ²)				
	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100
anal. sol sous remblais ^(d)	1/0,25 ^(e)	4+1/2,5 ^(e)	6+1/5 ^(e)	8+1/10 ^(e)	13+1/50 ^(e)
eau de rétention ^(f)	1/0,5 ^(e)	2+1/2,5 ^(e)	4+1/5 ^(e)	6+1/10 ^(e)	11+1/50 ^(e)
eau de nappe ^(g)	exp ^(h)	exp ^(h)	1+exp	1+exp	3+exp

(a) x + 1/y signifie "x items + 1 item par y milliers de m³ de remblais pollués présents au total"

(b) signifie "analyse sur matière sèche dans la fraction solide du remblai"

(c) en fonction de la possibilité d'analyser l'eau de rétention ou l'eau de nappe

(d) signifie "analyse sur la matière sèche du sol en place sous le remblai"

(e) u + 1/v signifie "u items + 1 item par v milliers de m² de superficie de zone remblayée"

(f) signifie "analyse dans l'eau de la nappe perchée, si elle existe"

(g) signifie "analyse dans l'eau de la nappe aquifère sous-jacente, si elle existe".

(h) "exp" signifie que le nombre est laissé à l'appréciation de l'expert, assortie d'une explication argumentée, en fonction des conditions locales.

Ce tableau est présenté avec une annotation simplifiée qu'il faut comprendre comme suit, **avec pour simplifier, un remblai d'1 mètre d'épaisseur** :

- Si le volume de remblai est compris entre 0 et 1.000 m³ (donc dans le cas particulier de l'épaisseur d'1 mètre, une surface de 0 à 1.000 m²), il faut réaliser :
 - > 3 sondages + 1 sondage par 200 m³ de remblais pollués ;
 - > 1 analyse sur matière sèche par 200 m³ de remblais pollués ;
 - > 1 granulométrie ;
 - > 1 analyse du sol en place sous remblai par 300 m² de superficie de zone remblayée ;
 - > Si une nappe perchée est détectée, 1 piézomètre par 500 m² de superficie de zone remblayée ;
 - > Eventuellement, si une nappe est présente sous le remblai et que l'expert estime que les risques d'atteinte à cette nappe ne peuvent être écartés, un ou plusieurs piézomètres dans cette nappe.
 - > Eventuellement 1 ou des tests de lixiviation (et analyses chimiques sur l'éluât), notamment en l'absence de nappe perchée et/ou dans le cas où la nappe sous jacente serait profonde et/ou si les travaux risquent de conduire à une évacuation partielle ou totale de ce remblai ;

- Si le volume de remblai est compris entre 1.000 et 5.000 m³, il faut réaliser :
 - > 8 sondages + 1 sondage par 800 m³ de remblais pollués ;
 - > 5 analyses sur matière sèche + 1 analyse par 1.000 m³ de remblais pollués;
 - > 2 granulométries ;
 - > 4 analyses de sol en place sous remblai + 1 analyse du sol en place sous remblai par 2.500 m² de superficie de zone remblayée ;
 - > Si une nappe perchée est détectée, 2 piézomètres + 1 piézomètre par 2.500 m² de superficie de zone remblayée ;
 - > Eventuellement, si une nappe est présente sous le remblai et que l'expert estime que les risques d'atteinte à cette nappe ne peuvent être écartés, un ou plusieurs piézomètres dans cette nappe.
 - > Eventuellement 1 ou des tests de lixiviation (et analyses sur l'éluât).
- **Pour des volumes de remblai dans les intervalles 5 à 10.000, 10 à 50.000 et 50 à 10.000 m³**, les quantités sont calculées de la même manière hormis le nombre de piézomètres à implanter dans l'aquifère sous-jacent. Sauf impossibilité technique motivée par l'expert (absence d'aquifère), au moins un piézomètre doit être implanté (du côté de l'aval hydrogéologique présumé) dès 5.000 m³ de remblai et 3 au-delà de 50.000 m³ (dont au moins 2 vers l'aval hydrogéologique présumé). La nécessité d'en placer d'autres est quant à elle laissée à l'appréciation de l'expert, principalement sur base des risques potentiels.

Les quantités sont systématiquement calculées en arrondissant les volumes et surfaces de remblai à la borne supérieure du pas de progression. Par exemple, pour une zone remblayée de 1.600 m² de superficie avec une épaisseur de remblais moyenne de 2 mètres (soit un volume total de 3.200 m³) et avec une nappe perchée à la base de toute la zone, on obtient respectivement les quantités d'analyses sur matière sèche et d'analyses d'eau de rétention sous remblai comme suit :

- 5 + 3,2/1 (arrondi à 4) analyses sur matière sèche = 9 analyses
- 2 + 1,6/2 (arrondi à 1) analyses d'eau de rétention = 3 analyses

Une tranchée de grande longueur peut avantageusement remplacer plusieurs fouilles notamment dans le cas où l'épaisseur du remblai est limitée et qu'il est possible d'en atteindre la base tout au long de cette tranchée. Dans ce cas, l'expert donne une justification argumentée quant au nombre de tranchées à réaliser et il dispose les échantillonnages le long de cette dernière pour se conformer aux quantités préconisées.

Comme spécifié dans le cas particulier des analyses à la section 2.2.2.B.1.5, les chiffres repris dans les tableaux sont des quantités minimales standard, l'expert est bien entendu libre de les augmenter en fonction des particularités du site. Par contre **toute dérogation vers le bas (réalisation d'un nombre d'investigations inférieur à celui préconisé) doit faire l'objet d'un argumentaire technique rigoureux de la part de l'expert.**

Les quantités d'analyses d'eau de nappe et de tests de lixiviation sont majoritairement laissées à l'appréciation de l'expert qui module ces deux types de tests en favorisant, pour autant que cela soit techniquement possible, les analyses de la nappe et/ou de l'eau de rétention. La réalisation d'au moins un test de lixiviation et d'au moins 1 piézomètre sous remblai ne devient une obligation que pour les remblais pollués respectivement de volume supérieur à 5000 m³ et de superficie supérieure à 5000 m².

Lorsqu'une nappe perchée n'est détectée que dans certaines sous-zones du remblai, il est évident que le nombre d'analyses d'eau de rétention est réévalué à la baisse pour tenir compte de cette particularité.

Pour les remblais pollués dont le volume et/ou la surface dépasse(nt) respectivement 100.000 m³ et 100000 m², l'expert les subdivise en sous-zones auxquelles il applique individuellement les règles de calcul des quantités d'investigation en fonction de leurs volume et surface respectifs.

2.2.2.B.3.2. Protocole R2 : remblais pollués composites

Les nombres recommandés de forages, de piézomètres, d'échantillons de sol et d'eau souterraine à analyser ou à tester pour la granulométrie ou la lixiviation pour la **caractérisation d'un remblai pollué composite**, varie avec son volume total estimé (lignes en rouge) ou avec la superficie de la zone qu'il occupe (lignes en vert) comme indiqué dans le Tableau 4 ci-dessous. Pour rappel, tant le volume que la superficie sont éventuellement pondérés par l'étendue du terrain ou scindés par parcelles

Tableau 4 : Remblais pollués composites - analyses, sondages et piézomètres

	VOLUME ESTIMÉ DE REMBLAIS POLLUÉS (X 1000 M ³)				
	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100
sondages/forages	3+1/0,1 ^(a)	13+1/0,5 ^(a)	23+1/1 ^(a)	35+1/2,5 ^(a)	55+1/10 ^(a)
analyses de "sol" ^(b)	1/0,1 ^(a)	10+ 1/0,5 ^(a)	20+1/2 ^(a)	25+1/5 ^(a)	35+1/20 ^(a)
granulométrie	1	3	5	7	9
test de lixiviation ^(c)	exp ^(h)	exp	2+exp	4+1/25	8+exp
	SURFACE ESTIMÉE DE REMBLAIS POLLUÉS (X 1000 m ²)				
	0-1	1-5	5-10	10-50	50-100
anal. sol sous remblais ^(d)	1/0,25 ^(e)	4+1/2,5 ^(e)	6+1/5 ^(e)	8+1/10 ^(e)	13+1/50 ^(e)
eau de rétention ^(f)	1/0,5 ^(e)	2+1/2,5 ^(e)	4+1/5 ^(e)	6+1/10 ^(e)	11+1/50 ^(e)
eau nappe ^(g)	exp ^(h)	exp	1+exp	1+exp	3+exp

(a) x + 1/y signifie "x items + 1 item par y milliers de m³ de remblais pollués présents au total

(b) signifie "analyse sur matière sèche dans la fraction solide du remblai"

(c) en fonction de la possibilité d'analyser l'eau de rétention ou l'eau de nappe

(d) signifie "analyse sur la matière sèche du sol en place sous le remblai"

(e) u + 1/v signifie "u items + 1 item par v milliers de m² de superficie de zone remblayée

(f) signifie "analyse dans l'eau de la nappe perchée, si elle existe"

(g) signifie "analyse dans l'eau de la nappe aquifère sous-jacente, si elle existe".

(h) "exp" signifie que le nombre est laissé à l'appréciation de l'expert, assortie d'une explication argumentée,

Le tableau se lit de la même manière que le précédent. Ce sont essentiellement dans la réalisation des forages et des analyses de remblais pollués sur matière sèche que les quantités sont revues à la hausse par rapport au remblai pollué monocomposant. La variabilité intrinsèque de la composition macroscopique et chimique du remblai pollué composite est, par définition, plus importante que celle d'un remblai pollué monocomposant. Il est dès lors indispensable de compenser cette hétérogénéité accrue par un surcroît d'observations. Pour les remblais pollués de gros volume, l'augmentation du nombre de sondages à réaliser est proportionnellement plus importante que pour les analyses, car il est jugé prioritaire dans de tel cas de s'assurer surtout de la représentativité des analyses réalisées, plus que de leur nombre. Le nombre plus important de sondages donne la possibilité d'évaluer cette représentativité, notamment en réalisant des échantillons composites et/ou en sélectionnant les analyses sur les échantillons visuellement les plus riches en éléments macroscopiques potentiellement pollués. La remarque faite à la section précédente concernant la réalisation de longues tranchées reste applicable pour les remblais pollués composites.

Les autres investigations sont moins directement dépendantes de l'hétérogénéité du remblai. Les tests de lixiviation, de granulométrie et d'analyses de sols sous remblais doivent cependant faire l'objet d'une attention particulière quant à la sélection des échantillons à tester et/ou des forages qui sont prolongés jusqu'au sol en place :

- Il est important que le sol soit analysé sous les zones de remblais pollués présentant les proportions de "constituants à risque" les plus importantes.
- Il est primordial de réaliser la lixiviation sur le ou les échantillon(s) contenant les plus fortes proportions en ces mêmes constituants.
- Eventuellement, des échantillons composites (cf. section 2.2.2.B point d.4) peuvent être constitués spécialement pour les tests de lixiviation afin d'améliorer la représentativité intrinsèque de ces derniers.

2.2.2.B.3.3. Protocole R3 : sous-zones/horizons particuliers de remblais pollués

Les raisons qui peuvent pousser l'expert à considérer un horizon particulier du remblai pollué ou à subdiviser ce dernier en sous-zones, et donc à caractériser séparément ces sous-ensembles, sont de deux types :

- les sous-zones et horizons qui présentent une **composition macroscopique particulière** laissant supposer qu'ils pourraient présenter des concentrations représentatives plus fortes ou plus faibles que le reste du massif de remblai ;
- les sous-zones ou horizons qui sont (ou "pourraient devenir en fonction d'un projet de réaffectation du terrain"), **les plus susceptibles de générer un risque** pour l'homme ou l'environnement.

On peut citer quelques exemples illustrant les deux catégories de "particularités" que sont un horizon ou une sous-zone de remblais pollués :

- remblayage avec un matériau pollué particulier (connu grâce à l'historique, par des témoignages, ...) sur une partie du site ;
- épandage, à un moment donné, d'une couche plus ou moins régulière avec un matériau monocomposant par au dessus d'un remblai pollué composite ;
- importance particulière de l'horizon superficiel pour la dispersion et l'inhalation de particules de sols ;
- importance d'une zone particulière en raison de l'implantation à cet endroit d'une activité sensible (par exemple des jardins potagers,...) ;
- importance particulière de l'horizon en contact avec la nappe aquifère ou la nappe perchée ;
- etc...

En règle générale, les nombres recommandés de forages, de piézomètres, d'échantillons de sol et d'eau souterraine à analyser ou à tester pour la granulométrie ou la lixiviation pour la caractérisation d'un horizon particulier ou d'une sous-zone de remblais pollués sont déduits respectivement du Tableau 3 et du Tableau 4 selon que ces sous-ensembles sont monocomposants ou composites et en réduisant les quantités proportionnellement à leur volume. Il ressort indirectement des exemples présentés ci-dessus que, dans la plupart des cas pratiques, le plan échantillonnage optimal (c'est-à-dire qui permet l'obtention de statistiques les plus représentatives mais aussi la réalisation d'une évaluation des risques ou d'un projet d'assainissement mieux paramétrés) nécessite des adaptations de quantités et/ou de types d'analyses pour les différents sous-ensembles. L'expert propose alors une variante argumentée, en partant des protocoles R1 et R2, avec pour principale préoccupation celle de densifier les investigations dans les horizons ou sous-zones potentiellement plus problématiques.

2.2.2.B.4. Caractérisation (géo)statistique

Contexte

Les concentrations en polluants rencontrés dans les remblais pollués – a fortiori s'ils sont composites – peuvent présenter une forte variabilité. Par conséquent, les seules concentrations maximales de ces polluants au sein d'un remblai pollué ne décrivent pas avec suffisamment de précision le niveau de pollution global. Elles ne sont pas **représentatives** du remblai pollué au sens du concept défini à la section 1.3.1. Il est par conséquent nécessaire de caractériser statistiquement, à partir des résultats analytiques des campagnes d'investigations, la population des concentrations de l'élément dans la zone de remblai pollué pour représenter cette population par quelques grandeurs statistiques : concentration moyenne ou médiane, dispersion autour de la moyenne (écart-type), concentration maximale, etc. Cette caractérisation n'est possible qu'à condition de disposer d'un jeu de données suffisant.

Principe de proportionnalité

Le niveau de caractérisation (géo)statistique d'un remblai pollué (outils utilisés, niveau de complexité des calculs,...) doit être proportionnel au volume de ce dernier et/ou à son degré de pollution et/ou au problème potentiel (risques, coût d'évacuation) dont il peut être la cause. En pratique, les considérations qui suivent nécessitent un nombre de résultats analytiques relativement important. Vu que le nombre minimal d'analyses requises dépend également du volume estimé du remblai pollué (voir protocoles R1 et R2), on assure déjà a priori une partie de ce "principe de proportionnalité". Pour les aspects plus subjectifs de ce principe (degré de pollution, risques, surcoûts,...), il appartient à l'expert d'adapter la puissance des outils qu'il utilise, et le surcroît d'analyses chimiques qui en découle, sur base d'une argumentation technique approfondie. Par ailleurs, ces adaptations se font en référence aux éventuelles prescriptions formulées dans le GRER et le GRPA.

Analyse exploratoire des données

L'analyse exploratoire des résultats analytiques comporte plusieurs étapes, à savoir :

- En premier lieu, l'expert valide l'absence de tache de pollution au sein du remblai, en étudiant la répartition spatiale des concentrations. Il faut étudier la présence d'éventuelles concentrations atypiques qui pourraient provenir d'une source de pollution non détectée durant l'EO ou d'un(e) horizon/zone de remblais pollués de nature différente particulièrement pollué(e). Le recours à des graphiques simples tels que des histogrammes ou des cartes d'implantation des données permet la plupart du temps de répondre à la question générale suivante : *"les fortes concentrations correspondent-elles à un remblai de nature différente, ou n'existe-t-il pas de spécificité de ces échantillons par rapport aux autres forages ?"*. Ces fortes concentrations feront l'objet d'une attention particulière : en effet, elles devront soit être intégrées à la caractérisation du remblai, soit en être exclues si elles s'avèrent provenir d'une tache de pollution surimposée, et donc être étudiées séparément (stratégies dédiées aux taches de pollution).
- Dans un second temps, surtout pour les zones de remblais pollués plus importantes, lorsque le jeu de données et/ou le niveau de pollution est plus conséquent, on peut procéder à des analyses statistiques multivariées (analyses en composantes principales, matrices d'autocorrélations, ...). L'objectif de ces traitements est de diminuer le nombre de variables (donc d'analyses) en recherchant des relations qui lient certains polluants à d'autres. Ces relations peuvent provenir de processus paragénétiques (assemblages d'éléments issus d'un même processus physico-chimique), soit géologiques, soit liés aux activités industrielles anciennes dont pourraient provenir les remblais. L'analyse multivariée, en composantes principales, permet également d'obtenir une quantification de "l'anormalité" d'un résultat, en mesurant une distance multidimensionnelle entre ce résultat et le centre du nuage de points. Si cette distance est trop importante, on considère le résultat comme "susceptible d'être entaché d'une erreur ou de provenir d'un autre phénomène" et, à condition d'avoir suffisamment de résultats (voir Tableau 5), l'expert peut envisager de les retirer des données pour la synthèse statistique ("outliers").
- Le cas échéant, il est intéressant de comparer les niveaux de concentrations mesurés dans les remblais étudiés avec ceux issus de remblais analogues (de même nature) et ayant déjà fait l'objet d'investigations similaires. La cohérence entre les niveaux de concentrations contribue, d'une part, à valider le modèle conceptuel du site et la fiabilité de l'historique et d'autre part, à rendre l'évaluation des risques plus robuste. Elle est alors basée sur une "meilleure" caractérisation des remblais pollués, dans le sens où cette caractérisation bénéficie de précédentes investigations de matériaux similaires. A l'inverse, observer des niveaux de concentrations incompatibles avec le type de remblai pollué présumé peut conduire à remettre en doute la fiabilité de l'historique du site et/ou le modèle conceptuel du site. A cet effet, la banque de données de l'état des sols, au fur et à mesure qu'elle va contenir les résultats d'un nombre croissant d'études, fournit un référentiel de plus en plus fiable pour ce type d'étude comparative.

Une telle analyse exploratoire peut être réalisée en début de caractérisation, pour définir de manière optimale le plan d'échantillonnage de la (des) phase(s) d'investigations. Elle peut éventuellement être répétée après chaque campagne de terrain jusqu'à ce que le jeu de données soit suffisamment étoffé pour fournir des concentrations statistiquement représentatives.

Intégration de campagnes d'investigations plus anciennes

Afin d'accroître la fiabilité de l'évaluation statistique menée dans le cadre de l'EC, il est judicieux d'intégrer les résultats analytiques de l'étude d'orientation et d'éventuelles autres études antérieures. Il est cependant important d'établir au préalable si ces campagnes peuvent être raisonnablement comparées : similarité des niveaux échantillonnés et des protocoles d'échantillonnage et d'analyse. Des protocoles d'investigations, de prélèvements et d'analyses différents, ainsi que des supports d'échantillonnage variables peuvent conduire à des résultats d'investigations peu comparables.

Synthèse statistique

Remarque : ce paragraphe et le suivant font, sensu stricto, partie de la phase d'interprétation des données. Ils sont présentés ici pour des raisons de lisibilité, en groupant la totalité des phases de l'analyse géostatistique dans un seul bloc de texte cohérent et complet.

Une fois l'ensemble des résultats analytiques obtenus, l'expert est en possession d'un jeu de données plus complet, qu'il peut soumettre une dernière fois aux tests et calculs statistiques opérés en phase exploratoire. Cette synthèse statistique est, selon les cas, réalisée sur l'ensemble de la zone de reblais pollués ou séparément sur tout horizon ou sous-zone particulier que l'analyse exploratoire a mis en évidence.

Les histogrammes des concentrations fournissent, polluant par polluant, des représentations de leurs distributions statistiques. Les moyennes et les écarts-types des valeurs observées sont usuellement calculés pour résumer cette distribution. Néanmoins, dans le cas courant de distributions dissymétriques (forte proportion de valeurs faibles complétées par quelques concentrations intermédiaires et fortes), ces statistiques sont biaisées en raison de la forte influence de ces valeurs extrêmes sur le résultat. Par conséquent, il est conseillé de privilégier les statistiques descriptives plus robustes telles que les quantiles¹ (ou centiles ou percentiles), pour autant que le jeu de données soit suffisant.

Lorsque le nombre de données (échantillons analysés) est inférieur à 25, il est toutefois délicat d'estimer ces valeurs de quantiles directement à partir de la distribution statistique empirique. Sous certaines hypothèses de distribution (normalité, log-normalité), ces quantiles peuvent alors être déduits des valeurs de moyennes et d'écart-type².

Techniques de dégroupement des données

Il est important que l'expert, à ce stade de l'étude statistique, mène une réflexion sur le fait que l'échantillonnage est généralement préférentiel : même si celle-ci est inconsciente il existe une tendance à faire analyser les échantillons dans lesquels on suspecte des concentrations plus élevées. La distribution obtenue est alors biaisée vers les valeurs élevées et n'est plus représentative de l'entièreté du terrain. Une façon de réduire cet effet consiste à dégroupier les données, c'est-à-dire à donner à chaque échantillon un poids proportionnel à son isolement spatial. On calcule ensuite des statistiques pondérées (histogrammes, moyenne, écart-type, quantiles, etc.) qui devraient mieux refléter la réalité du terrain.

¹ Le quantile à x % est la valeur de concentration c telle que x % des valeurs observées sont inférieures à C. Ainsi, 50 % des valeurs sont inférieures (et 50 % supérieures) à la médiane, qui est le quantile à 50 %.

² Par exemple, dans le cas d'une distribution statistique gaussienne, la moyenne plus ou moins deux fois l'écart-type fournit un intervalle de confiance à 95 % pour la moyenne, et donc les quantiles à 2,5 et 97,5 %

Prise en compte des "effets de support"

Une concentration très élevée sur un échantillon ponctuel de quelques dm³ n'aura pas la même signification qu'une même concentration mesurée sur un échantillon composite représentatif d'un bloc de plusieurs m³. La façon de traiter statistiquement les données doit tenir compte de ces "effets de support", en utilisant des techniques spécifiques.

Concentrations représentatives

Comme dit plus haut, il n'est pas pertinent de résumer la distribution statistique d'un élément donné par une seule valeur de concentration en raison de la variabilité inhérente au phénomène. Ainsi, l'enveloppe des concentrations est généralement décrite par des quantiles extrêmes, par exemple les quantiles à 5 % et 95 % (intervalle de confiance à 90 %) voire à 2,5 % et 97,5 % (intervalle de confiance à 95 %), voir EPA 1995¹, Birke 2000², Folke& Kuehstert 2001³, Chen et al. 2002⁴. Le choix du seuil limite pour la caractérisation des remblais pollués est ainsi généralement situé entre le 90^e et le 98^e quantile.

Si le nombre de concentrations disponibles est inférieur à 20 ou 25 par élément, toute valeur déduite de l'histogramme des concentrations doit être considérée avec précaution, le risque étant grand de fournir un résultat non représentatif de la pollution présente. Il est par conséquent important de prendre en compte l'incertitude associée à la concentration retenue pour la comparaison aux normes. Pour l'étude de risques, une analyse de sensibilité de l'évaluation des risques au choix de concentration (scénario optimiste / pessimiste) peut s'avérer utile.

L'existence de remblais pollués de nature similaire ayant déjà fait l'objet de caractérisations préalables permet d'affiner le choix, pour chaque polluant, de la **concentration représentative** retenue pour la comparaison aux normes ou l'ER.

Tableau 5 : Choix des valeurs représentatives

	VALEURS REPRÉSENTATIVES	
	du centre de la distribution	des concentrations extrêmes
Pour n ≤ 5	C moyenne	C max
pour 5 < n ≤ 15	C moyenne	C max ou C moyenne + 2 écarts-type
Pour 15 < n < 25	C moyenne ou C médiane	Centile 90
Pour n > 25	C moyenne* ou C médiane*	Centile 90*

* avec éventuelle élimination préalable d'"outliers" (cf. supra). La manière d'utiliser les valeurs représentatives pour les comparaisons aux normes et/ou la décision de réaliser une étude de risques est détaillée dans la partie « interprétation des résultats ».

En fonction du nombre d'analyses disponibles, l'expert définit une valeur représentative du "centre de la distribution" (le "niveau moyen de pollution") ainsi qu'une valeur représentative des "concentrations extrêmes" (le "niveau de pollution maximal"). Sauf justification argumentée, l'expert utilise pour ces deux types de valeurs les paramètres statistiques repris dans le Tableau 5, avec n représentant le nombre de mesures de concentrations disponibles.

Note : de nombreux tests statistiques existent afin de répondre à différents objectifs : déterminer un nombre d'échantillons minimum pour atteindre un objectif fixé ; valider l'estimation d'une valeur moyenne ou d'un quantile ; comparer plusieurs distributions, etc. Une présentation détaillée de ces approches peut être trouvée dans EPA (2000)⁵.

¹ EPA (1995), Determination of Background Concentrations of Inorganics in Soils and Sediments at hazardous Waste Sites - Engineering Forum Issue, EPA/540/S-96/500. Washington DC: Office of Solid Waste and Emergency Response

² Birke M., Rauch U. (2000), Urban Geochemistry : Investigations in the Berlin Metropolitan Area, in Environmental Geochemistry and Health, Sept. 2000, vol. 22, no. 3, pp. 233-248(16).

³ Folkes D., Kuehstert T. (2001), Contributions of Pesticide use to Urban Background Concentrations of Arsenic in Denver, Colorado, USA, in Environmental Forensics, Vol. 2, pp. 127-139.

⁴ Chen M., Ma L., Harris W. (2002), Arsenic Concentrations in Florida Surface Soils - Influence of Soil Type and Properties, in Soil Science Society of America Journal, Vol. 66, pp. 632-640.

⁵ EPA (2000), Guidance for Data Quality Assessment - Practical Methods for Data Analysis, EPA QA/G-9, EPA/600/R-96/084.

2.2.2.C. Stratégie Car 2 – caractérisation/délimitation des taches de pollution

REMARQUES PRÉLIMINAIRES

1. L'application des lignes directrices de la stratégie Car 2 suppose que toutes les sources potentielles de la tache de pollution ont été investiguées conformément aux prescriptions du GREO et que les noyaux de pollution correspondant à ces sources ont été détectés.
2. Dans la mesure où ces conditions ne seraient pas assurées au stade de l'étude de caractérisation, l'expert commence cette dernière par une "mise en conformité" de l'étude de ce point de vue : il prévoit au minimum une campagne d'échantillonnage permettant de détecter et de localiser les sources et noyaux de pollution en référence aux méthodes décrites dans le GREO (stratégie "zones hétérogènes").
3. Les forages, piézomètres et échantillonnages de sol et d'eau souterraine sont réalisés conformément au CWEA. Les règles générales fixées dans le GREO (section 2.2.1.B.3) restent majoritairement d'application. Les spécificités liées aux objectifs de caractérisation des taches de pollution sont décrites ci-dessous.

2.2.2.C.1. Critères de caractérisation

2.2.2.C.1.1. Caractérisation macroscopique

Pour caractériser macroscopiquement les couches de sols rencontrées lors des forages, et indirectement la nature pédo-lithologique des échantillons prélevés, les règles générales fixées dans le GREO et le CWEA restent pleinement d'application.

2.2.2.C.1.2. Mesures des propriétés générales

Pour les sols en place, l'analyse granulométrique et les autres mesures de "propriétés générales" (carbone organique, pH) sont des données "purement orientées risque/projet d'assainissement" puisqu'elles vont essentiellement permettre d'estimer la porosité, la perméabilité, la mobilité des métaux et le potentiel de biodégradation du milieu. Indirectement, ces mesures concernent la capacité du sol à stocker plus ou moins de pollution, à la diffuser ou à la retenir, à l'atténuer naturellement ou la transformer. Il est cependant important de prévoir un nombre minimal de mesures de ces propriétés générales sur les échantillons prélevés à des fins d'analyses chimiques afin de ne pas devoir réitérer inutilement des prélèvements dans les phases ultérieures de la procédure organisée par le décret sols.

2.2.2.C.1.3. Libération de polluants par lessivage des taches de pollution

Contrairement aux remblais pollués, le lessivage des sols pollués en place ne constitue nullement un aspect distinct de la caractérisation. L'analyse de l'eau de la nappe en contact ou sous la pollution de sol doit être la méthode appliquée dans la grande majorité des cas. Cette méthode revient à utiliser le protocole E1.

Dans de très rares situations, que l'expert justifie de manière détaillée, l'utilisation de tests de lixiviation sur un échantillon de sol, ou de percolation sur une carotte non remaniée de ce dernier, peut être envisagée pour se substituer à la mesure directe dans la nappe. Dans ce cas-là, l'expert sélectionne le (les) échantillon(s) le(s) plus pollué(s) pour le(s) test(s).

2.2.2.C.1.4. Caractérisation volumétrique

L'estimation du volume d'une tache de pollution est, comme expliqué dans la section 2.2.1, dépendante des valeurs normatives utilisées comme seuil distinctif entre la tache et son environnement. Une fois cette valeur définie (VR, VS, ou Vrisque selon les cas), l'estimation du volume se base sur un tracé le plus précis possible de la surface d'isoconcentration. La position de ce tracé est réalisé, dans la dimension x-y par régression linéaire (ou une autre fonction d'interpolation) entre les "premiers points non pollués" et les "derniers point pollués". Le dessin du tracé peut être réalisé soit manuellement, soit via des logiciels ad-hoc. Pour la délimitation en profondeur, l'expert estime de manière conservatoire l'extension verticale de la tache sur base des forages ou piézomètres non pollués en profondeur ou sur base d'une décroissance effective des concentrations mesurées sur échantillons prélevés à profondeur croissante.

2.2.2.C.1.5. Caractérisation chimique

Au stade de l'étude de caractérisation, l'expert cible les analyses sur les composés qui dépassaient les valeurs seuil dans l'EO, et à leurs éventuels dérivés de biodégradation. Il n'est a priori pas nécessaire d'ajouter d'autres composés, sauf si de nouvelles observations de terrain laissent suspecter la présence d'une pollution non détectée durant l'EO ou si certaines incertitudes demeurent après l'EO. Dans de tels cas, si la nouvelle pollution concerne des polluants non normés, l'expert suit les directives exposées dans le GREO en la matière.

Les échantillons les plus pollués (sélectionnés sur base de critères organoleptiques ou à l'aide de techniques rapides de terrain) qui auront été prélevés au droit du noyau de pollution sont analysés afin de pouvoir déterminer la concentration maximale des différents composés responsables de la pollution.

2.2.2.C.2. Dispositions des sondages, échantillonnages et piézomètres

Les forages, piézomètres et échantillonnages de sol et d'eau souterraine sont réalisés conformément au CWEA. Les règles générales fixées dans le GREO (section 2.2.1.B.3) restent majoritairement d'application. Les spécificités liées aux objectifs de caractérisation sont décrites plus bas (protocoles S et E1 à E5).

La caractérisation d'une tache de pollution suit une stratégie d'échantillonnage qui part du noyau de la pollution vers l'extérieur. Les forages sont répartis autour du noyau de pollution de façon à ce que, sur la base des données obtenues, il soit possible de définir avec suffisamment de précision les lignes d'isoconcentration égales aux valeurs normatives tant sur le plan horizontal que sur le plan vertical.

Sous-échantillonnages

Sauf cas très particulier argumenté par l'expert, le sous-échantillonnage et l'analyse d'une partie seulement (par exemple d'une classe granulométrique) d'un échantillon ne présente que rarement un intérêt dans la stratégie Car 2 et est donc à éviter.

Echantillons composites

Sauf cas particulier, l'analyse d'échantillons composites n'est pas autorisée dans le cadre de l'application de la stratégie Car2. Elle est dans tous les cas à proscrire, pour la recherche de composés volatils (les échantillons ne pouvant pas, dans ce cas, être remaniés afin d'éviter la perte de polluants).

2.2.2.C.3. Protocoles

2.2.2.C.3.1. Protocole S : taches de pollution du sol

Pour la caractérisation des taches (noyaux et panaches) de pollution existantes dans la zone non saturée du sol et/ou sous le niveau de nappe mais en phase non dissoute, les forages sont répartis dans et autour du noyau de pollution de façon à ce que, sur la base des données obtenues, il soit possible d'estimer le gradient de concentration et surtout, de positionner avec suffisamment de précision les lignes d'isoconcentration correspondant, selon la situation rencontrée, à la VR, VS, VI ou, lorsqu'une étude de risque est réalisée, celle au-dessus de laquelle il existe une menace grave (Vrisque).

Emplacement et profondeur des forages

Les forages réalisés pour la délimitation des extensions verticales de la pollution sont prolongés jusqu'à 0,5 m minimum au-delà de la pollution. En raison de la complexité d'effectuer un échantillonnage en profondeur, et aussi d'estimer a priori l'extension verticale de la pollution si celle-ci ne présente pas de caractéristiques détectables "organoleptiquement", il est recommandé de prélever des échantillons supplémentaires, qui seront conservés adéquatement et ainsi disponibles pour analyse s'il est nécessaire de vérifier les résultats obtenus ou de les compléter. Sous réserve des précautions d'usage, les forages peuvent être prolongés jusqu'à la nappe phréatique si des indications laissent à penser qu'elle peut être polluée. Le cas échéant, un forage est implanté en dehors de la tache de pollution, en aval hydrogéologique.

L'expert détermine la densité et le nombre d'échantillons à analyser, qui dépendent fortement des conditions hydrogéochimiques locales et du contexte dans lequel est réalisée l'étude. On peut suggérer un intervalle moyen entre forages de 10 mètres, à titre d'**ordre de grandeur moyen** pour la densité des forages. En pratique, l'expert adapte cet intervalle afin de prendre en compte les spécificités du terrain et de la pollution observée. Il veille à justifier son choix en la matière en respectant quelques principes :

- Adapter l'intervalle à la taille de la pollution et/ou du terrain étudié ("à plus grandes taches, densité plus faible") ;
- Préférer le positionnement ciblé au maillage régulier, afin notamment de concentrer la précision dans les zones de passage probable des lignes d'isoconcentration ;
- Veiller à obtenir une délimitation chimique dans toutes les directions mais avec une plus grande précision vers l'aval topographique et hydrogéologique ;
- Penser aux possibilités d'obtenir des données nécessaires pour l'étude de risques, donc tenir compte des cibles potentielles pour positionner les forages ;
- Penser aux problèmes de répartition de la pollution sur les parcelles cadastrales : positionner des prélèvements le long des limites parcellaires situées le plus près de la source pour en connaître la concentration maximale.

Echantillonnages et analyses de sol

Dans les cas où une caractérisation plus approfondie du noyau s'avérerait nécessaire : des échantillonnages sont réalisés dans la partie la plus polluée de la tache, donc normalement le plus près possible de la source de pollution. L'expert précise alors les objectifs recherchés par ces investigations.

Dans la perspective de la délimitation horizontale de la pollution : étant donné que, dans le cas d'une tache de pollution, la concentration de substances polluantes dépend de la distance par rapport à la source de pollution, il convient d'analyser des échantillons prélevés à diverses distances de la source. Au besoin, notamment dans les cas de pollution de grande dimension ou à grande profondeur, l'expert complète les analyses sur échantillons prélevés au sein de la tache par l'utilisation de techniques alternatives plus rapides, moins coûteuses et/ou mieux adaptées à la situation (voir section 2.2.2.C.4).

La délimitation du front doit, par contre, être exclusivement réalisée au moyen des techniques traditionnelles (forages, piézomètres, prélèvements et analyse au laboratoire agréé hors site).

Dans la perspective de la délimitation verticale de la pollution : Les couches de sol situées tant au-dessus qu'en-dessous de la pollution sont analysées.

Le nombre de "forages délimitants" dépend de la dimension de la tache. Pour les taches de pollution de très petite dimension, il convient de confirmer analytiquement la délimitation dans au moins un forage. Pour les taches de pollution de plus grande dimension, il est nécessaire de confirmer cette délimitation dans plusieurs forages différents.

Délimitation d'une tache de pollution du sol sous le niveau de la nappe :

Lorsqu'une substance polluante se disperse dans le sol et atteint le niveau statique de la nappe, plusieurs phénomènes peuvent se produire, parfois simultanément :

- Dissolution de polluants qui passent alors en phase liquide et se dispersent avec la nappe - caractérisation par le protocole E1;
- Formation d'une couche de produit pur à la surface de l'eau lorsque la densité du polluant est moins élevée que celle de l'eau ("couche surnageante") - caractérisation par le protocole E2 ;
- Poursuite de la percolation de produit pur plus profondément lorsque la densité du polluant est plus élevée que celle de l'eau et accumulation des polluants dès qu'ils rencontrent un horizon de sol moins perméable ("couche dense") - caractérisation par le protocole E3.

Dans les trois cas, il se forme dans la plume de dissolution, sous la couche surnageante et au-dessus de la couche dense, un équilibre entre phase aqueuse et phase solide. La phase solide du sol est polluée, même sous le niveau de la nappe. Dans la mesure du possible, l'expert prélèvera donc des échantillons de sol saturé en eau pour délimiter horizontalement et verticalement la pollution de sol. En pratique, trois niveaux sont particulièrement critiques, donc à caractériser préférentiellement :

- le sol juste au-dessus des niveaux moins perméables pour les polluants denses (solvant chlorés, PCB's) ;
- la frange de sol juste au-dessus du niveau haut du battement de la nappe pour les composés organiques semi-volatils (par exemple huile et gasoil) ;
- la frange de sol située juste en-dessous du niveau bas du battement de la nappe pour les composés organiques volatils (essence).

Ces dernières considérations sont surtout valables dans les aquifères sablo-limoneux. En terrain rocheux ou graveleux. Il n'y a pas de matrice fine permettant une analyse en laboratoire de type "matrice sol", ces dernières ne sont alors pas pertinentes, seules les analyses sur matrice liquide sont réalisées et interprétées pour la caractérisation.

2.2.2.C.3.2. Protocole E1 : taches de pollution dissoutes dans l'eau souterraine

Ce protocole s'attache à la caractérisation des taches de pollution qui s'étendent sous forme soluble dans l'eau souterraine, soit que le noyau de pollution se situe à hauteur du toit de la nappe ou à proximité directe, soit que les polluants se sont dispersés depuis le noyau et ont été transportés par lessivage jusqu'à la nappe où ils ont été ensuite entraînés par le flux d'eau souterraine.

Le protocole suit, comme pour la caractérisation des taches de pollution dans la zone insaturée, une stratégie d'échantillonnage qui part du noyau de la pollution (ou de l'emplacement présumé du noyau de la pollution) vers l'extérieur. Les piézomètres seront disposés autour du noyau de pollution de façon à ce que l'on puisse estimer le gradient de concentration dans la plume mais en concentrant les efforts sur le positionnement précis des lignes d'isoconcentration correspondant selon les cas à la VR, à la VS, à la VI ou à la Vrisque. Si un captage d'eau potabilisable est situé à faible distance du front du panache, il peut être nécessaire de délimiter la pollution jusqu'à la limite de détection du polluant par le laboratoire.

Emplacements et nombre de piézomètres

Les emplacements des piézomètres ainsi que la détermination du nombre d'ouvrages à prévoir sont fonction des caractéristiques de distribution et de l'extension présumée du panache dissous, lesquelles dépendent :

- de l'ancienneté du fait ou du processus à l'origine de la pollution ;
- des propriétés hydrogéologiques du terrain ;
- des propriétés des substances polluantes ;
- de la/des direction(s) d'écoulement des eaux souterraines ;
- des extensions maximales les plus probables du panache dissous ;
- des premiers résultats des mesures de concentrations en polluants acquises.

Le cas échéant, le schéma d'implantation des piézomètres tient également compte des cibles particulières (puits de captage, cours d'eau, limite de parcelles) qui pourraient être atteintes par le transport des polluants dans l'eau souterraine. Sur base du Modèle Conceptuel du Site, un (voire plusieurs) point(s) de contrôle de la qualité de l'eau, où les exigences applicables à la qualité des aquifères wallons doivent être vérifiées, peuvent éventuellement être définis et un (voire plusieurs) piézomètre(s) additionnel(s) peut (peuvent) être implanté(s) dans l'optique de contrôler la qualité de l'eau en ces points ou à l'amont hydrogéologique de ceux-ci (par exemple à mi-distance entre la source et la cible).

Niveau des crépines

Le niveau de crépine est adapté en fonction du type de pollution. Pour les polluants denses, les crépines sont positionnées au-dessus des niveaux peu perméables, pour les polluants légers, les crépines sont positionnées juste au-dessous du niveau inférieur de battement de la nappe. L'échantillonnage de crépines coupantes placées dans le cadre d'une délimitation de couche surnageante est déconseillé, même lorsque l'absence de produit pur est constatée dans la crépine, le résultat analytique risque de conduire à une mauvaise interprétation :

- Si le sol est encore pollué au niveau du battement de la nappe, l'analyse de l'eau reflétera cette pollution du sol et non elle de l'eau proprement dite ;
- Si le sol n'y est plus pollué, l'aération due au prélèvement risque de fausser le résultat analytique, notamment si le polluant est volatile.

Investigation dans une nappe d'épaisseur importante

Si la première nappe rencontrée présente une épaisseur importante et qu'une pollution a été mise en évidence au cours de l'étude d'orientation dans la partie superficielle de celle-ci (partie investiguée), il conviendra dans le cadre des travaux pour la délimitation de la pollution, de prévoir des piézomètres profonds en plus des piézomètres superficiels. Ces piézomètres profonds comporteront une crépine dans la partie profonde de la nappe. Dans une première phase, et au minimum, ces piézomètres profonds sont placés dans le noyau de la pollution, sauf si une couche surnageante y est suspectée. Dans ce dernier cas, l'expert place le(s) piézomètre(s) de contrôle profond(s) en aval direct du front de dispersion de cette couche surnageante. Dans les cas les plus complexes, et pour les aquifères d'épaisseur particulièrement importante, l'utilisation d'ouvrages de prélèvement à profondeurs discrètes multiples (type "Waterloo") peut apporter une solution optimale en matière de caractérisation de la répartition verticale des concentrations dans l'aquifère.

L'utilité de placer des piézomètres plus profonds également plus en aval dans la plume de dispersion est étudiée par l'expert en se basant sur les propriétés des polluants et de l'aquifère. Il est notamment crucial d'installer de tels ouvrages lorsque les polluants ont une tendance naturelle à "plonger", comme les sels et les solvants chlorés, de densité plus élevée que celle de l'eau.

Analyses à effectuer sur l'eau souterraine

En règle générale, sont analysées au minimum, les substances polluantes détectées durant l'étude d'orientation. Quels que soit les paramètres à analyser, les méthodes analytiques sélectionnées se conforment aux recommandations du CWEA.

Si la qualité de l'eau souterraine n'a pas été investiguée durant l'étude d'orientation, les analyses sur l'eau souterraine porteront sur le **Paquet Standard d'Analyses** (voir concept de PSA dans le GREO) ainsi que sur les substances polluantes présumées d'après l'historique des activités et/ou les substances constatées d'après l'étude d'orientation et qui ont motivé la mise en œuvre du protocole d'investigation de la pollution soluble dans l'eau souterraine.

Dans le cas de prélèvement d'échantillons d'eau dans les couches profondes de la nappe, les analyses de ces échantillons porteront au minimum sur les substances polluantes constatées dans la partie superficielle de l'aquifère et/ou dans la zone insaturée au dessus de l'aquifère.

Vérification de la qualité de la zone insaturée

Lorsque qu'il existe un doute sur la source à l'origine des pollutions à l'état soluble mises en évidence dans l'eau souterraine, l'expert mettra en œuvre, conjointement ou alternativement, selon les hypothèses les plus vraisemblables que l'on pourra formuler sur les origines de la pollution :

- des investigations complémentaires de la zone insaturée, par forage et prélèvement d'échantillons de sol, orientées sur la détection de noyaux de pollution qui auraient pu échapper aux investigations menées dans le cadre de l'étude d'orientation ;
- des investigations complémentaires sur la qualité de l'eau en amont hydrogéologique du terrain (ou à la limite périphérique du terrain) et en amont hydrogéologique de la zone où des concentrations solubles sont mises en évidence.

2.2.2.C.3.3. Protocole E2 : taches de pollution en couches surnageantes

Ce protocole s'applique dans le cas où les résultats de l'étude d'orientation ont révélé que la pollution de la nappe est constituée de substances polluantes qui ont tendance à former une couche surnageante (ou "flottante"), constituée de "liquides non miscibles légers", ci-après abrégés LNML, comme par exemple les huiles minérales.

Le protocole vise à préciser en particulier :

- l'étendue spatiale de la couche surnageante ;
- l'épaisseur de la couche surnageante ;
- la nature des produits purs (si inconnue).

Délimitation des couches surnageantes

L'expert utilise la méthode du "piézomètre à crépine coupante" pour détecter et délimiter les couches surnageantes. Cela consiste à placer des tubages piézométriques dont la partie crépinée est placée sur un segment intégrant au minimum 1 mètre de terrain insaturé et 1 mètre de terrain saturé par l'eau souterraine (sur base de la piézométrie mesurée le jour du forage). Si les caractéristiques du terrain ou si les variations locales du niveau de l'eau sont telles que cela ne s'avère pas possible, l'expert détermine d'autres caractéristiques de piézomètre qui permettent malgré tout d'effectuer des mesures de la couche surnageante.

Pour la délimitation des couches surnageantes, l'expert dispose autour du piézomètre à hauteur duquel a été détectée la couche surnageante dans le cadre de l'EO, au minimum trois piézomètres à crépine coupante. Ils sont placés en moyenne à une distance radiale de 8 à 20 m du piézomètre principal. Selon les caractéristiques du terrain, l'expert décide des emplacements et des distances qu'il convient d'adopter. Selon les observations dans les piézomètres, il sera décidé s'il est nécessaire d'installer des piézomètres supplémentaires et dans quelles directions ils doivent être orientés. L'ajout de piézomètres doit finalement permettre de circonscrire la couche de façon suffisamment précise.

Une fois la couche surnageante délimitée, il convient dans le cas général de disposer des piézomètres supplémentaires destinés à délimiter, horizontalement et verticalement, le panache des produits dissous au départ du produit pur. L'expert se réfère pour cela au protocole E1.

Il est à noter :

(1) Que le relevé piézométrique (réalisé à l'aide de sondes piézométriques classiques) peut être faussé par la présence d'une couche surnageante. Il revient dès lors à l'expert de juger la représentativité du niveau d'eau au droit des piézomètres présentant des couches surnageantes.

(2) Que lorsqu'une couche surnageante est présente dans un piézomètre, l'échantillonnage de l'eau souterraine dans ce dernier est à proscrire en règle générale : un prélèvement de ce type présente la plupart du temps un risque inacceptable de rabattement dans l'ouvrage qui attire le produit pur plus en profondeur dans l'aquifère. Pour la même raison, le forage d'un piézomètre est, dans la mesure du possible systématiquement arrêté à maximum 2 mètres sous le niveau piézométrique si, en forant, la présence de produit pur est détectée ou suspectée.

Mesure de l'épaisseur des couches surnageantes

La mesure de l'épaisseur des couches surnageantes est réalisée au moyen d'un échantillonneur de couches liquides approprié pour cet usage (par exemple une sonde à double phase ou un tube à clapet transparent) ou d'autres matériaux ou instruments disponibles sur le marché (sonde piézométrique à interface, senseur de densité, etc.¹). Pour obtenir des données précises, il est important de mesurer la profondeur du produit ainsi que la profondeur de l'eau et pas uniquement l'épaisseur de la couche surnageante.

La hauteur d'une couche surnageante mesurée dans un piézomètre ne correspond généralement pas à l'épaisseur réelle de la couche de produit flottant sur le toit de la nappe (les épaisseurs mesurées dans les piézomètres peuvent être de 2 à 10 fois supérieures aux épaisseurs réelles). Pour estimer les épaisseurs réelles des couches surnageantes au départ des épaisseurs apparentes dans les piézomètres, on se réfère à l'équation :

$$h = \frac{H(\rho_{\text{eau}} - \rho_{\text{LNML}})}{\rho_{\text{LNML}}}$$

avec

- h = épaisseur moyenne du liquide (en m) non miscible léger dans l'aquifère
- H = épaisseur (en m) de liquide non miscible léger mesurée dans le puits
- ρ_{eau} = masse volumique de l'eau (en kg/m³)
- ρ_{LNML} = masse volumique du liquide non miscible léger (en kg/m³)

Nature, composition et autres caractéristiques des couches surnageantes

Lorsque la nature et la composition du produit surnageant ne sont pas connues (par exemple lorsque la pollution n'est pas récente et/ou lorsque les sources qui ont généré la pollution ne sont pas connues ou sont incertaines), la couche surnageante sera échantillonnée et analysée pour sa composition chimique et ses différentes propriétés telles que densité, viscosité, tension superficielle, tension d'interface produit pur – eau qui permettront notamment d'évaluer la mobilité potentielle du produit.

Dans cette optique, la méthode de prélèvement recommandée est décrite dans le CWEA (protocole P-5, point 11). Un prélèvement avec un appareillage analogue est acceptable pour autant qu'il permette d'éviter toute contamination croisée, en particulier par rabattement du niveau piézométrique (la méthode doit être à très faible débit). Si le prélèvement est réalisé à l'aide d'un échantillonneur simple ou à fermeture commandée (sonde à clapet), le flacon doit être suffisamment grand pour permettre la collecte d'un volume suffisant de produit dans le mélange eau - produit pour réaliser les analyses spécifiées. Pour la collecte de l'échantillon, il est conseillé d'utiliser un flaconnage transparent afin de relever des paramètres importants de la couche surnageante :

- Couleur ;
- Odeur ;
- Viscosité ;
- Toute autre information jugée utile par l'expert.

La mobilité potentielle d'une couche surnageante pourra aussi être évaluée à l'aide d'un "test Bailldown"².

Vérification de la qualité de la zone insaturée

L'expert vérifie par ailleurs si la pollution est présente dans la zone insaturée. Il convient pour cela d'analyser des échantillons de sol prélevés juste au-dessus de la couche surnageante. Si une pollution du sol est constatée, le protocole d'investigation approprié pour la délimitation de la pollution du sol sera appliqué.

¹ voir aussi : CWEA protocole P5V1

² Ce test consiste à enlever en une fois le produit pur présent dans un piézomètre coupant la nappe et de mesurer ensuite la remontée du niveau de produit et du niveau d'eau en fonction du temps. Il est conseillé de réaliser un Bailldown test dans un piézomètre comprenant une couche surnageante apparente de minimum 10 cm.

2.2.2.C.3.4. Protocole E3 : taches de pollution en couches denses

Les couches denses (ou "plongeantes ") sont générées par accumulation de liquides immiscibles dans l'eau qui ont une densité supérieure à 1 (liquides non miscibles denses, DNAPL en anglais). Parmi les produits pouvant former des couches denses, on peut citer à titre d'exemple : la plupart des composés organiques volatils chlorés (ex. perchloroéthylène, trichloroéthylène), le créosote (mélange de HAP et de phénols), le goudron et les polychlorobiphényles (PCB).

Les couches denses se forment par l'accumulation de ces produits sur une couche imperméable comme la base d'un aquifère ou une lentille argileuse qui serait située dans l'aquifère en question (Figure 5). La migration des couches denses est surtout régie par la topographie des couches sur lesquelles elles reposent et moins par la direction d'écoulement des eaux souterraines.

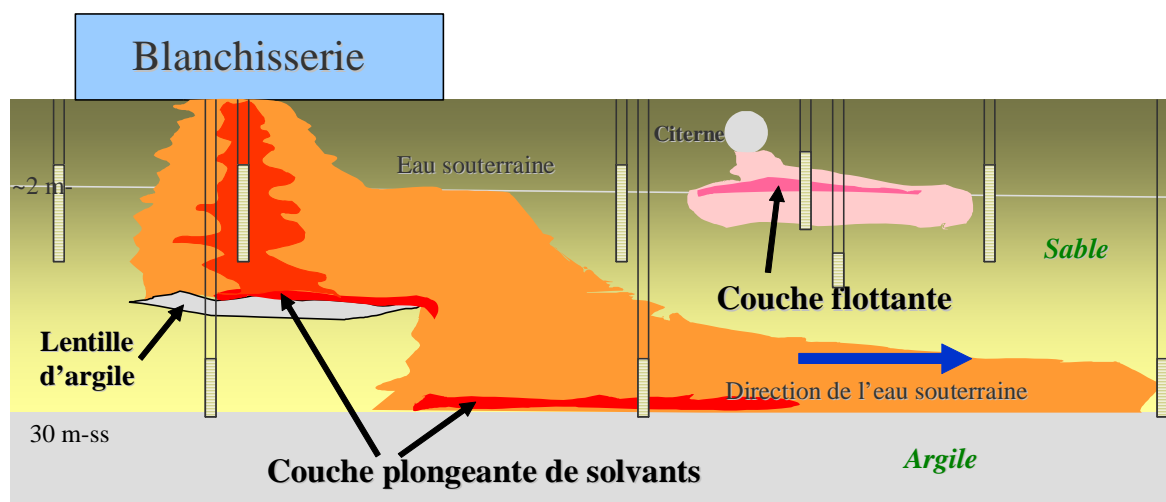


Figure 5 : Formation de couches surnageantes et de couches denses
(source : ERM, 2007¹)

Les couches denses peuvent être caractérisées tant par les techniques dites "classiques" (basées sur la réalisation de forages et de piézomètres), que par des "techniques alternatives" (basées sur différentes prises de mesures in situ par des méthodes intrusives ou non). Pour ces techniques alternatives, on se reportera au protocole "autres techniques alternatives" (cf. § 2.2.2.C.4.2.).

Le protocole E3, qui concerne exclusivement les techniques classiques, sera préféré dans le cas où l'étude d'orientation a révélé une pollution de la nappe par des substances polluantes qui ont tendance à former une couche dense. Il vise à contrôler la présence de couches denses, d'une part, et à vérifier la distribution des substances polluantes diffusées dans la tranche d'aquifère entre la source et de celles solubilisées depuis la couche dense dans la nappe d'autre part ou plus profondément vers un éventuel aquifère sous-jacent.

La présence de couches denses s'établit plus souvent sur base d'un faisceau d'indices convergents plutôt que par observation directe. On peut trouver au chapitre 7 du guide méthodologique de l'UK-EA (Kueper et al., 2003²) des éléments méthodologiques utiles pour identifier la présence de couches denses.

¹ ERM, 2007, Guide pour l'étude de caractérisation - second draft proposé à la SPAQuE pour le cahier 3 (bonnes pratiques de réalisation des études pour la société publique).

² B.H.Kueper, G.P.Wealthall, J.W.N.Smith, S.A.Leharne and D.N.Lerner UK-EPA, 2003, An illustrated handbook of DNAPL transport and fate in the subsurface, United Kingdom Environment Agency,

Données utiles pour caractériser et délimiter les couches denses

Le transport et, in fine, la (les) localisation(s) des composants lourds qui constituent la couche dense dépendent de plusieurs facteurs tels que :

- L'historique de la pollution ;
- La nature du produit ;
- La configuration hydrogéologique du terrain ;
- La pente topographique de la couche imperméable (calculée par exemple d'après les courbes isopaques) ;
- La conductivité hydraulique de la nappe.

Avant de pouvoir identifier une couche dense et par la suite la délimiter, il importe d'identifier les substances concernées ainsi que leurs éventuels produits de dégradation. Leurs propriétés sont déterminantes pour évaluer leur mode de distribution dans la nappe.

En cas de détection d'une couche dense, les travaux de caractérisation porteront sur :

- les caractéristiques de profondeur et la délimitation de la superficie de la couche dense,
- les concentrations atteintes dans la couche dense et les panaches de dissolution associés.

Délimitation horizontale et verticale des couches denses

Une connaissance approfondie de la configuration (hydro)géologique de la zone est nécessaire pour spécifier l'emplacement le plus judicieux des piézomètres et de leur partie crépinée. En général, une couche dense ne peut être interceptée que si la crépine du piézomètre est placée de manière à capter la base de la zone saturée ou la base des lentilles argileuses, si les couches denses sont présentes à ces niveaux (Figure 5).

Pour la délimitation des couches denses, on dispose autour du piézomètre à hauteur duquel on a détecté ou suspecté l'existence d'une couche dense au minimum trois piézomètres équipés d'une crépine profonde et coupante par rapport à la couche dense. Ils sont placés en moyenne à une distance radiale de 4 à 20 m du piézomètre principal. Selon les caractéristiques du terrain, l'expert décide des emplacements et des distances qu'il convient d'adopter. Selon les observations dans les piézomètres, il est décidé d'installer ou non des piézomètres supplémentaires et dans quelles directions ils doivent être orientés. L'ajout de piézomètres doit finalement permettre de circonscrire de façon plus précise la couche dense. Une fois la couche dense délimitée, il convient dans le cas général de disposer des piézomètres supplémentaires destinés à délimiter – horizontalement et verticalement - le panache de dissolution qui se développe à partir de cette couche. L'expert se réfère pour cela au protocole E1.

Pour la mesure de la délimitation verticale de la couche dense, on peut procéder par mesure de l'épaisseur de la couche dense en procédant à son échantillonnage à l'aide de méthode d'échantillonnage par prise directe, comme par exemple en utilisant un tube à clapet transparent. Une technique alternative pour la délimitation verticale consiste à équiper des faisceaux de piézomètres à différentes profondeurs dans des forages individuels indépendants les uns des autres.

Nature, composition et autres caractéristiques des couches denses

La couche dense est échantillonnée et analysée pour sa composition chimique et ses différentes propriétés telles que densité, viscosité, tension superficielle, tension d'interface produit/eau, qui permettent notamment d'évaluer la mobilité potentielle de la couche dense.

Dans cette optique, la méthode de prélèvement recommandée est décrite dans le CWEA (protocole P-5, point 11). Un prélèvement avec un appareillage analogue est acceptable pour autant qu'il permette d'éviter toute contamination croisée, en particulier par rabattement du niveau piézométrique (la méthode doit être à très faible débit). Si le prélèvement est réalisé à l'aide d'un échantillonneur simple ou à fermeture commandée (sonde à clapet), le flacon doit être suffisamment grand pour permettre la collection d'un volume suffisant de produit dans le mélange eau - produit pour réaliser les analyses spécifiées. Pour la collecte de l'échantillon, il est conseillé d'utiliser un flaconnage transparent afin de relever des paramètres importants de la couche dense, tels que couleur, odeur et viscosité.

Des détails complémentaires pour la caractérisation des couches denses pourront être retrouvés dans le guide de guide méthodologique de l'UK-EA.

Suivi de la mobilité

Une question d'intérêt particulier pour caractériser les risques associés aux couches denses est de savoir si les couches existantes sont toujours en cours de déplacement. A moins que la topographie de la couche imperméable ne présente une configuration particulière permettant de présumer que la couche dense ne se déplace pas, cet aspect doit être évalué dans le cadre de mesures de suivi.

2.2.2.C.3.5. Protocole E4 : cas des nappes superposées

Ce protocole est d'application lorsque les recherches documentaires de l'étude d'orientation ont mis en évidence deux nappes superposées (séparées par un horizon moins perméable (aquitard)), qu'une pollution au niveau de la nappe superficielle a été mise en évidence et que la nappe plus profonde n'a pas fait l'objet d'investigations.

Dans ce cas, les investigations/analyses suivantes peuvent alternativement ou conjointement être réalisées en vue de vérifier le potentiel de migration verticale et latérale des pollutions :

- **Etude avec option de non percement de l'aquitard séparant les deux nappes :**
 - > forages jusqu'à la couche imperméable (mais sans percement de celle-ci) ;
 - > prélèvement des échantillons de cette couche imperméable ;
 - > analyse des polluants présumés, du pH, de la matière organique et de la teneur en argile ;
 - > le cas échéant (si l'aquitard est pollué) : réalisation de tests de lixiviation pour les polluants détectés dans l'aquitard.
- **Etude avec option de percement de l'aquitard (si existant) :**

D'une façon générale, il y a lieu de veiller à ne pas mettre les deux nappes en communication afin d'éviter toute contamination croisée. Pour le percement de l'aquitard - si celui-ci s'avère réellement justifié- il est très important de prévoir la technique de forage et les mesures de prévention adéquates afin de prévenir tout entraînement vertical de la pollution, par exemple par l'utilisation d'un double tubage :

 - > le premier est descendu jusqu'à l'aquitard, au sommet duquel il est ancré (ciment bentonitique) ;
 - > le second est repris à partir du fond du premier pour atteindre l'aquifère inférieur dans lequel il est équipé de tubages ajourés. L'expert suit en la matière les prescriptions et recommandations du CWEA (P3V1).

Les investigations consisteront dans :

- > le prélèvement d'échantillons dans la couche imperméable avec analyse des polluants présumés, du pH, de la matière organique et de la teneur en argile ;
- > l'installation d'un piézomètre captant la nappe plus profonde, avec prélèvement d'échantillons d'eau souterraine et analyse des polluants présumés.

Si une pollution est mise en évidence au niveau de la nappe plus profonde, il est recommandé de la délimiter par l'installation, dans un premier temps, de trois piézomètres profonds.

2.2.2.C.3.6. Protocole E5 : taches de pollutions en milieux fissurés/karstiques

Le présent protocole est mis en œuvre si, au terme de l'EO, il s'avère que :

- la couche de sol surmontant la roche fissurée ou le milieu karstique est polluée ;
- le rapport d'étude d'orientation conclut que la pollution est susceptible d'avoir été entraînée avec un flux significatif dans le milieu fissuré ou karstique.

La stratégie d'investigation du milieu fissuré ou karstique visera à déterminer si ce milieu est pollué ou non et si la pollution est susceptible de présenter un risque de dispersion tel qu'un (ou plusieurs) objectif(s) de qualité à respecter pour une ou des cible(s) particulière(s)¹ existant dans le contexte hydrogéologique du site risque(nt) d'être significativement compromis.

La stratégie à mettre en œuvre est par nature complexe, en raison du fait que la circulation des eaux dans les milieux fissurés ou karstiques s'opère pour l'essentiel dans des réseaux de fissures, diaclases, failles, ainsi que, en ce qui concerne les milieux karstiques, dans des conduits plus ou moins ouverts dont la géométrie et les paramètres hydrodynamiques/hydrodispersifs sont variables et demeurent in fine incomplètement caractérisés.

La stratégie proposée ci-après à titre exemplatif² est fondée sur l'approche "boîte à outil" développée par Fiacco et al. (2005)³ et procède successivement par voie non intrusive (phase 1) et intrusive (phase 2). D'une façon générale, en raison de sa complexité, la stratégie d'investigations gagnera à être développée par une équipe multidisciplinaire disposant d'une expertise en géologie structurale, géophysique, hydrogéologie et géochimie.

Phase 1 : Examen complémentaire de la géologie/hydrogéologie locale

La phase 1 de la stratégie d'investigations vise à évaluer les voies potentielles d'écoulement de l'eau souterraine, les zones situées à l'aval hydrogéologique les plus susceptibles d'être concernées par les écoulements, les caractéristiques structurales du socle qui pourraient constituer des voies de migration préférentielles ainsi que les emplacements des cibles sensibles les plus proches. Les études qui pourront être réalisées dans cette optique comprendront :

- l'analyse de l'ensemble des données acquises dans le cadre de l'étude d'orientation et des données concernant les terrains étudiés aux alentours ;
- l'examen des cartes géologiques/hydrogéologiques et des cartes des karsts, en se focalisant sur l'examen des types de roches, de leur structure, de leur tectonisation et degré d'altération / déconsolidation ;
- l'inspection des cartes topographiques afin de prendre en compte les éléments de la géomorphologie locale ainsi que les bassins hydrologiques, en se focalisant sur les limites d'extension des zones de recharge et de drainage ;
- l'évaluation des caractéristiques majeures de l'hydrogéologie régionale, telles que l'existence de zones de recharge préférentielle, de drainage régional imposé par le réseau hydrographique ou le contact de sous-bassins ;
- l'analyse des données disponibles sur la qualité de l'eau - et en particulier sur les concentrations en polluants détectés sur le terrain et dont on suspecte qu'ils ont pu être entraînés dans le milieu fissuré - qui résulteraient de mesures effectuées dans d'autres contextes (par exemple : surveillance de masses d'eau dans le cadre de la mise en œuvre de la "directive-fille" sur l'eau souterraine et contrôle de la qualité de l'eau extraite de puits de captage) ;

¹ cours d'eau, plan d'eau, puits de captage, nappe exploitée ou exploitable à l'aval du terrain, riverains susceptibles d'inhaler les vapeurs de la nappe, ou autres cibles visées dans le GRER.

² Toute adaptation ou encore toute autre méthodologie peut être proposée par l'expert dès lors qu'elle soit motivée au regard d'une expérience et de connaissances hydrogéologiques spécifiques

³ R.J. Fiacco, M. H. Daly & J.C. Drobinski (2005) Application of the toolbox approach to characterize fractured bedrock sites . Proceedings of the 9th International FZK / TNO Conference on Contaminated Soil, CONSOIL 2005.

- la réalisation d'une analyse des linéaments (à partir de vues aériennes ou d'images satellitaires) afin de préciser le cadre structural / tectonique à l'échelle régionale et locale et de chercher à identifier des axes de compartimentage ou encore d'écoulements préférentiels des eaux souterraines ;
- la réalisation d'un levé structural visant à la caractérisation des réseaux de joints / fractures, si des affleurements indurés sont présents aux alentours du terrain ;
- la réalisation d'investigations géophysiques orientées sur l'évaluation de la profondeur, de la nature, de la géométrie et du degré de déconsolidation de l'aquifère fissuré et/ou karstique. Une attention particulière sera apportée à l'adéquation des paramètres d'acquisition et à l'utilisation de techniques complémentaires (par exemple tomographies électriques et sondages sismiques) favorisant une interprétation aussi univoque que possible.

Les données récoltées à ce stade sont utilisées pour le développement (ou la consolidation) du **modèle conceptuel du site**.

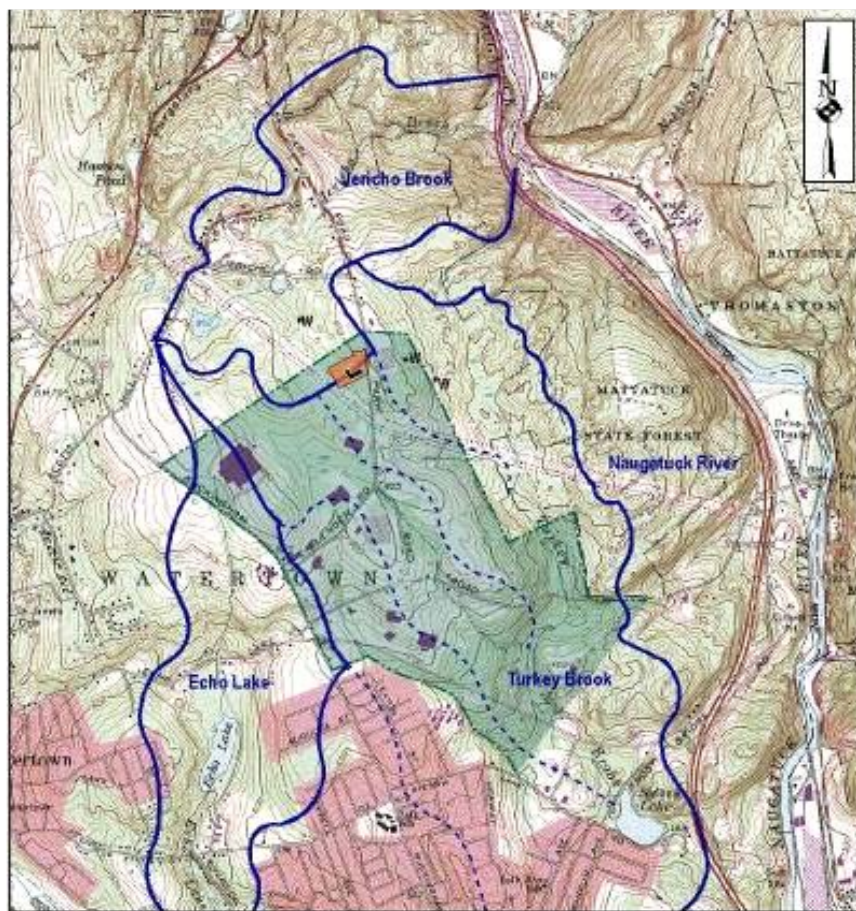


Figure 6 : Définition des zones de recharge et drainage sur carte topographique

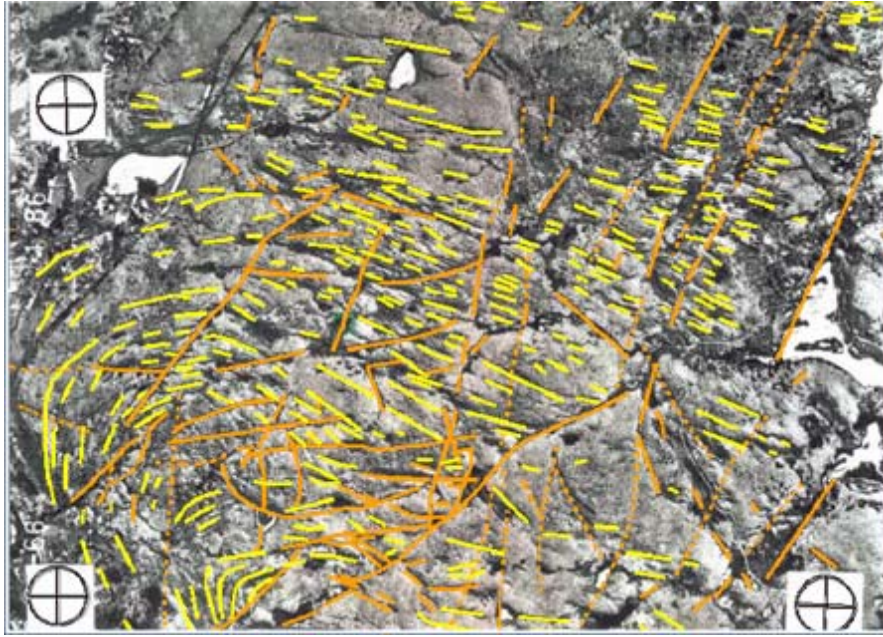


Figure 7 : Analyse des linéaments sur photographie aérienne

Phase 2 : Phase d'investigations par des moyens directs et intrusifs

La mise en œuvre, dans une deuxième étape, des techniques d'investigations directes aura pour objectif général de tester le Modèle Conceptuel du Site et, dans le cas le plus général, d'acquérir l'ensemble des données utiles à la modélisation des flux voire à la modélisation du transport des polluants. Les investigations porteront classiquement sur trois plans, brièvement décrits ci-dessous.

Géologie du socle

Un nombre limité de forages dans la roche (de préférence par forage rotatif à l'air) seront réalisés dans l'optique de collecter des données sur la géologie particulière du socle au droit du site. Si les caractéristiques lithologiques et/ou structurales le justifient, certains forages seront en outre réalisés en mode carotté (de type PQ3 avec un diamètre de carotte de 82 mm, pour autoriser un monitoring ultérieur). Selon la structure du socle, des échantillons de roche pourront être collectés à différentes profondeurs et analysés entre autre pour les paramètres : porosité primaire, teneur en carbone, densité apparente.

La caractérisation pourra être complétée par recours à des tests géophysiques ("cross hole tomography",...) ou encore par des diagraphies réalisées dans les forages, à même de fournir des informations telles que la profondeur et l'orientation des fissures et l'identification des fissures hydrauliquement actives, déterminantes pour le transport des polluants. Ces ouvrages seront autant que possible équipés en piézomètres dont les profondeurs de tubage aveugle/ crépiné ainsi que les dispositifs visant à éviter tout artefact ou toute contamination croisée auront été adéquatement motivés.

En présence de panaches de pollution sensibles se développant dans des structures aquifères de type multi-compartment, le réseau piézométrique permettra d'apprécier le degré d'interaction des compartiments aquifères (piézomètres spécifiques à chaque compartiment ou encore piézomètres multi-niveaux avec usage de "bouchons scellant" ("packer" en anglais¹).

¹ pour une description de ces systèmes on peut notamment se référer au manuel : "Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3, échantillonnage des eaux souterraines" publié par le MINISTÈRE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE, DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PARCS DU QUÉBEC en 2008 et disponible à l'adresse : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage.htm>

Propriétés hydrauliques de l'aquifère rocheux et/ou karstique

Les méthodes - à sélectionner en fonction des spécificités du terrain et du modèle conceptuel - à mettre en œuvre selon les règles de l'art, comprendront notamment :

- les tests géophysiques et/ou diagraphies dans les forages/carottages ;
- les monitorings piézométriques opérés en régime d'équilibre approché (périodes de hautes eaux et de basses eaux) ou encore en régime dynamique de pompage (confinement) ;
- les pompages d'essais ;
- les "slug tests" (essais à niveau variable) ;
- les essais de traçage quantitatifs.

Les recommandations et modalités opératoires utiles à la préparation, la mise en œuvre et l'interprétation efficace de ces méthodes seront concertées avec les experts hydrogéologues impliqués. Des informations générales relatives à ces méthodes sont disponibles dans la littérature spécialisée¹.

Les résultats dûment interprétés de tels essais correctement mis en œuvre sur le terrain permettront en particulier de déduire :

- les connections hydrogéologiques entre les compartiments aquifères et entre les ouvrages de monitoring ;
- les paramètres hydrodynamiques (et le cas échéant hydrodispersifs) utiles à la modélisation des flux (et le cas échéant du transport des polluants) : conductivité hydraulique horizontale et verticale, transmissivité, coefficient d'emménagement, porosité efficace, dispersivité longitudinale et transversale.

Phase 3 : Echantillonnage de l'eau souterraine – Monitoring hydrogéochimique

Des échantillons d'eau souterraine représentatifs de différentes profondeurs ou plus généralement de différents compartiments aquifères seront collectés et analysés pour la détermination des concentrations locales des polluants (polluants détectés sur le terrain et dont on suspecte qu'ils ont pu être entraînés dans le milieu fissuré).

Les prélèvements porteront nécessairement sur un nombre suffisant (afin de garantir la représentativité des résultats eu égard à la variabilité spatiale des données acquises à ce stade) de piézomètres d'un diamètre adapté à la problématique, permettant dans un premier temps de caractériser le principal réseau de fissures saturées recoupant ou jouxtant les endroits les plus pollués (d'après les résultats de l'étude d'orientation).

D'autres prélèvements intéresseront des piézomètres spécifiquement implantés dans les axes d'écoulements préférentiels présumés / avérés qui auront été déduits des investigations géologiques et hydrogéologiques décrites ci-dessus et à des distances données entre la source de pollution et les cibles sensibles les plus proches.

L'interprétation des résultats issus de ce réseau de monitoring piézométrique et hydrogéochimique, dont la géométrie et la densité seront à préciser spécifiquement pour chaque situation, permettra de préciser / valider le Modèle Conceptuel du Site de même que, le cas échéant, les pronostics de migration effectués par modélisation (voir GRER). Ce réseau de surveillance pourra être maintenu dans le cadre du suivi qui pourrait devoir être assuré dans le cadre du programme de gestion du site, éventuellement après son assainissement si celui-ci s'avérait nécessaire.

¹ Voir notamment The Handbook of Groundwater Engineering – 2nd Edition – CRC Press

2.2.2.C.4. Techniques alternatives d'investigation

Par "techniques alternatives", on entend des mesures et des applications sortant du cadre de la méthode "classique" qui consiste à forer et échantillonner les sols, à placer des piézomètres et à prélever des échantillons d'eau en vue d'analyses. Plutôt que de se substituer totalement à ces procédés classiques, les "techniques alternatives" leur sont complémentaires, elles apportent **soit des variantes plus rapides** mais semi-quantitatives, **soit une aide à la décision** pour le placement d'ouvrages plus coûteux, soit des solutions techniques pour des cas complexes où les forages et piézomètres ne donnent pas satisfaction ou ne sont pas réalisables.

En résumé, ces techniques alternatives ont pour vocation de recueillir de manière efficace, économique, rapide et claire des informations utiles et/ou nécessaires contribuant à la caractérisation et à la délimitation de la pollution. Lorsqu'il s'agit de techniques substitutives (variantes) aux forages, l'expert met tout en œuvre pour étalonner ou vérifier les données obtenues en y ajoutant une proportion suffisante de résultats obtenus par la méthode "classique", conformément aux stratégies développées ci-avant. Cette vérification doit permettre d'établir clairement un lien entre les résultats obtenus via la méthode classique et la technique alternative.

Donner une liste exhaustive de toutes les techniques alternatives possibles n'est pas l'objet de ce guide. Quel que soit son choix de technique, il appartient à l'expert, de fournir à l'administration une documentation suffisamment détaillée de l'appareillage utilisé, les limites de détection théoriques, et surtout de valider les données par des prises d'échantillons de contrôle.

2.2.2.C.4.1. Technique alternative G : mesures du gaz du sol

Les mesures des gaz du sol et composés volatils ou semi-volatils sont des techniques alternatives d'investigations dédiées à l'étude et à la délimitation des taches de polluants volatils dans le sol. Elles ont également d'importantes implications dans les études de risques en ce qui concerne l'inhalation des vapeurs de polluants (à l'air libre ou dans les habitations en contact avec les sols pollués).

Mise en œuvre des piézairs

La technique consiste à équiper des forages avec des tubages, généralement de petit diamètre (1 à 2 pouces), dont un tronçon ajouré est placé dans la partie insaturée du sol. L'annulaire de ces ouvrages dénommés communément "piézairs" est ensuite rebouché à la manière d'un piézomètre : massif filtrant en regard du tronçon ajouré et bentonite par au-dessus. Si le sol est pollué par des substances volatiles, celles-ci vont s'accumuler dans le tubage.

La tête de puits est équipée d'un dispositif étanche avec une vanne permettant l'analyse directe (via une sonde à large spectre équipée d'un capteur PID, FID ou IR) ou le prélèvement dans des ballons pour analyses au laboratoire.

Avantages et limitations

Cette méthode ne remplace pas l'analyse de sol, dans le sens où la mesure obtenue n'est pas une concentration par unité de masse de matière sèche, et elle ne peut donc pas être comparée aux normes. Cependant, dans le cas de polluants très volatils (chlorures de vinyle, TCE, ...), il peut être très délicat d'obtenir un échantillon suffisamment non remanié et non aéré pour mesurer la concentration réelle dans le sol. En particulier, dans les cas de dispersion de produits volatils dans des remblais pierreux, la technique des piézairs et/ou une autre des techniques alternatives décrites à la section suivante, peu(ven)t s'avérer utile(s)...

L'utilisation de piézairs revêt trois autres avantages non négligeables :

- Le piézair est un ouvrage permanent, il peut être conservé et servir de point de surveillance pour étudier l'évolution temporelle de la situation et/ou pour surveiller l'efficacité d'un éventuel assainissement in situ ultérieur ;
- En mesurant la pollution sur le fluide porteur de pollution le plus dispersif dans les sols (l'air), on appréhende de manière optimale les risques liés à l'inhalation d'air pollué en provenance du sol. Cette mesure étant plus directe que l'analyse du sol lui-même, rend les calculs et modélisations plus fiables (voir protocoles décrits dans le GRER) ;
- La mise en place de piézairs revêt également un grand intérêt dans la perspective du projet d'assainissement. Les pollutions volatiles sont souvent propices à des assainissements par extraction d'air du sol (venting et bioventing, sparging), dont les tests de faisabilité nécessitent le placement d'ouvrages de type piézairs (voir protocoles décrits dans le GRPA).

Protocoles de prélèvements et d'analyses

Cette technique alternative de caractérisation ne fait pas encore l'objet d'un protocole particulier du CWEA.

En attendant la parution de ce protocole dans une prochaine version, l'expert peut trouver de la documentation sur les meilleures techniques de prélèvements/analyses d'air du sol dans les documents suivants :

- la norme allemande VDI 3865- Part 2 - « Measurement of organic soil pollutants – Techniques of active sampling of soil gas »,
- la norme ISO 10381-7 (2005) intitulée « Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 7 : lignes directrices pour l'investigation et l'échantillonnage des gaz du sol et composés volatils ou semi-volatils »,
- la méthodologie développée aux Etats-Unis en 2003 par le « Department of Toxic Substances Control (DSTB) » et le « California Regional Water Quality Control Board – Los Angeles Region (LARWQCB) ».

En pratique, deux techniques sont communément utilisées :

- le prélèvement en ballons (sac tedlar) par dépression et analyse au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse. Ce mode de prélèvement est plus adapté pour les composés majeurs de l'air (CO₂, O₂, CH₄, H₂S) ;
- le prélèvement par pompage au travers d'un tube adsorbant. Il existe plusieurs types d'adsorbant. L'expert fait un choix argumenté en fonction du type de polluant à mesurer.

Comme on l'a dit, il existe une alternative moins coûteuse au prélèvement sur tube ou en sac : l'utilisation de détecteurs à large spectre. L'expert choisit le type de sonde/détecteur en fonction de la nature du produit. Il justifie son choix en annexant la fiche technique du détecteur. Il indique clairement dans son justificatif les limites de détections de la sonde pour les différents polluants recherchés.

2.2.2.C.4.2. Autres techniques alternatives d'investigation

Une liste non exhaustive de techniques, avec leurs domaines d'applications, est fournie ci-dessous, à titre informatif.

Mesures à/depuis la surface du sol

Bon nombre d'informations utiles, complémentaires aux forages peuvent être utilement recueillies via des mesures ou observations réalisées à la surface du sol, et ce, avant, pendant ou après la réalisation des campagnes classiques de prélèvements.

Imagerie (hyper)spectrale

L'utilisation d'images aériennes prises au moyen de caméra infrarouge ou avec des capteurs sensibles dans d'autres zones du spectre, et la combinaison de ces images est une technique héritée de la télédétection satellite qui peut, surtout dans le cas de terrains de grande superficie, apporter une aide à la décision pour l'implantation des forages et pour obtenir une image plus ou moins précise de zones polluées. Ces techniques sont cependant réservées à certains cas très particuliers car il faut que le sol pollué offre un contraste spectral avec le sol non pollué, ce qui n'est le cas que pour des catégories très limitées de polluants.

Géophysique de surface

Les mesures géophysiques depuis la surface apportent essentiellement des données complémentaires aux analyses (et non pas des données de substitution). Les mesures et/ou images réalisées renseignent principalement sur les propriétés hydrogéologiques (perméabilité), mécaniques (compacité, fracturation), et physiques (conductivité,...). En combinant ces données, on peut souvent reconnaître les grandes catégories de lithologie (grès, calcaires, schistes), leur degré d'altération et on peut y localiser des zones fissurées ou karstiques, des zones déconsolidées ou faillées. Il s'agit donc de techniques plutôt "orientées risques" qui font l'objet de développements spécifiques dans le GRER. Cependant, l'un des apports essentiels des mesures géophysiques de surface est une aide au positionnement de forages et piézomètres, notamment et surtout dans le cas où l'investigation du bedrock est nécessaire. Ces mesures sont citées dans ce guide, notamment parce qu'elles font partie intégrante des investigations à mener dans le cadre de la caractérisation des pollutions dans les milieux fissurés et karstiques (protocole E5, section 2.2.2.C.3.6). Par ailleurs, dans le cas de nappes superficielles, les tomographies électriques et/ou les profils géoradar peuvent être utilisés, en fonction de la nature du polluant, pour visualiser en coupe la plume de pollution. La condition indispensable (en plus du caractère superficiel de la nappe) est que le polluant ait une nette influence sur la conductivité du milieu et/ou sur la propagation des ondes radars. Par exemple, une pollution saline va nettement augmenter la conductivité de l'aquifère, et apparaître comme une anomalie négative sur le profil tomographique de résistivité.

Analyses/mesures de concentrations sur le terrain

L'utilité des analyses ou campagnes de mesures rapides sur le terrain est essentiellement logistique. Il s'agit d'obtenir des valeurs de concentrations en polluants dans le sol, l'eau souterraine, l'air du sol ou l'air ambiant au dessus du sol, à moindre coût ou à plus grande vitesse. On peut classer les sondes et analyseurs de terrain selon les critères suivants :

- La gamme/type de polluants pour lesquels ils sont adaptés ;
- La matrice (air/sol/eau) qu'ils peuvent accepter ;
- Le "lieu" de l'analyse : dans le sol, à la surface du sol, dans l'air ambiant au-dessus du sol, sur un échantillon de sol ou d'eau ramené à la surface et analysé sur place.
- La précision des résultats et la limite de détection qu'ils permettent d'atteindre.

Ci-dessous, une liste non exhaustive des systèmes et méthodes d'analyses rapides sur terrain :

- Capteurs chimiques par fibre optique, permettant de mesurer soit in situ, soit durant le fonçage (cf. ci-dessous), soit sur des échantillons extraits (fluorescence laser induite, polarisation de la lumière, IR, Raman) ;
- Analyseurs GC portables, sur échantillons extraits ;
- Spectrométrie atomique par absorption, sur échantillons extraits ;
- Dosage immunologique ("Immunoassay test"), sur échantillons extraits ;
- Spectroscopie infrarouge à distance (FTIR), sur l'air ambiant au-dessus des pollutions ;
- Analyseurs à fluorescence X portables, à la surface du sol ou sur échantillons extraits, sonde XRF durant fonçage (cf. ci-dessous) ;
- Spectromètres de masse embarqués, sur échantillons extraits ;
- Capteurs PID, FID ou IR, dans l'air, à la surface du sol ou dans l'air ambiant au-dessus des pollutions ;
- Kits de test, avec réactifs divers qui permettent la détection de polluants en réagissant avec ceux-ci, sur échantillons extraits ;
- ...

L'agence de l'environnement britannique (UK-EA) fournit un descriptif très complet de ces techniques de mesures rapides ainsi qu'un protocole de sélection et de mise en œuvre de campagnes de ce type. Le tout est compilé dans un rapport en téléchargement libre sur le site internet de l'Agence¹. L'US-EPA fournit également des fiches techniques très détaillées sur toutes ces méthodes².

Techniques de fonçages

Il s'agit d'enfoncer (simple poussée ou avec légère rotation/percussion/vibration) dans le sol une sonde ou un dispositif de prélèvement fixé au train de tige et relié électroniquement à la surface à un "logger" qui enregistre les mesures durant la descente. On obtient soit des profils continus des paramètres mesurés par la sonde, soit des échantillons d'eau prélevés à profondeurs discrètes.

Fonçages d'analyseurs/sondes à large spectre :

Il s'agit de techniques de substitution très "proches" de la méthode classique puisqu'elles impliquent un contact direct avec la pollution. La seule différence réside dans la mesure qui est réalisée directement dans le forage au lieu d'extraire l'échantillon pour l'analyser à la surface ou au laboratoire. La précision des mesures est bien entendu moindre, les limites de détection plus élevées et les analyses sont, la plupart du temps, non discriminantes (on obtient des signaux proportionnels à la somme des concentrations de toute une famille de composés similaires). Par contre, on obtient des profils verticaux continus des concentrations estimées. On privilégie donc une bonne résolution spatiale par rapport à la précision et à la résolution spectrale.

Il existe différents analyseurs ou sondes que l'on peut installer en série parmi lesquels :

- **Système MIP** : pour "membrane interface probe"
Comme son nom l'indique, ce système est équipé d'une membrane en polyéthylène basse densité, placée en contact avec le sol et son eau interstitielle. Les polluants volatils pénètrent au travers de la membrane vers l'axe du tubage d'où ils sont reliés à un analyseur à large spectre (PID, FID, ou les deux en série) placé en surface. Le MIP peut également être relié à un analyseur GC embarqué sur le terrain qui, lui, est discriminant. Encore faut-il disposer de cet équipement plus lourd et très coûteux. Les sondages MIP sont très utiles pour la caractérisation des pollutions en hydrocarbures volatils, en particulier les solvants chlorés, et leurs couches denses. En cas de

¹ <http://www.environment-agency.gov.uk/research/planning/40387.aspx>, voir le rapport téléchargeable (pdf 497 kB) : "Framework for the use of rapid measurement techniques (RMT) in the risk management of land contamination"

² <http://www.clu-in.org/characterization/>

pollutions très profondes ou dans des milieux complexes (comme la craie), l'obtention d'un échantillon représentatif non remanié, pour analyse ex-situ en HC volatils est très difficile, voire impossible. Dans ce cas, le système MIP peut devenir plus précis, voire le seul possible pour délimiter les pollutions.

- **Systèmes à fluorescence laser (UV)**

Le système est basé sur un principe similaire à celui du MIP. Plutôt qu'une diffusion au travers d'une membrane depuis la paroi du forage, on enregistre l'intensité de la fluorescence-UV des terrains au fur et à mesure de la descente de la sonde. Le capteur, reste, comme pour le MIP, en surface où le signal est envoyé par fibres optiques.

- **Sondes XRF : pour "X-Ray Fluorescence"**

Le principe de ce système est identique au précédent, la seule chose qui le différencie, est la longueur d'onde du signal lumineux. Plutôt qu'un bombardement aux UV, on expose ici le sol à un intense rayonnement RX dont on mesure la "fluorescence" en cours de fonçage. Le capteur est descendu en même temps que le train de tige car le signal doit être lu directement dans une chambre en contact avec le sol.

- **Mesures géotechniques**

Les mesures géotechniques que l'on peut réaliser à l'avancement en cours de fonçage ne se substituent nullement aux analyses de sol et d'eaux souterraines. Elles renseignent essentiellement sur la nature, sur les propriétés mécaniques et hydrogéologiques et sur la lithologie du sous-sol, et pas sur le niveau de pollution de ce dernier. Il existe différents capteurs que l'on peut installer en série parmi lesquels :

- > capteur de pression statique ;
- > capteur de pression hydrostatique ;
- > dispositif de mesure de résistivité électrique ;
- > capteurs soniques ;
- > capteur optique (caméra) ;

- **Prélèvements uniques ("one shoot") ou "piézomètres temporaires"**

La plupart des plateformes de fonçage sont munies de train de tige avec un mécanisme permettant le prélèvement de carotte de sol et/ou le prélèvement d'un échantillon d'eau. Ils rejoignent alors la méthode de caractérisation classique (protocoles S et E1) avec la différence importante que, pour les échantillons d'eau, il est impossible de revenir ultérieurement prélever dans l'ouvrage un nouvel échantillon pour réaliser une surveillance temporelle.

La mise en œuvre de ces dispositifs tient compte de ce que la profondeur à laquelle sont placés les filtres au départ desquels les échantillons sont prélevés doit être connue de façon exacte. Par ailleurs, il faut tenir compte du fait que ces dispositifs ne conviennent pas pour la mesure des niveaux piézométriques ni pour le suivi de longue durée (monitoring) de la qualité de l'eau. Ils sont dès lors plus adaptés aux investigations intermédiaires entre le noyau et le front du panache.

Les résultats issus de ces piézomètres temporaires revêtent un caractère indicatif et ne peuvent être utilisés pour définir la délimitation de la pollution. Les prélèvements qu'on peut y réaliser ne sont pas conformes au CWEA et fournissent des résultats analytiques moins fiables et/ou moins précis. Ils doivent être réservés à la caractérisation "intérieure de la tache", pour y préciser l'évolution spatiale des concentrations.

Mesures dans les puits et piézomètres

Une fois un (ou plusieurs) puits réalisés, il est encore possible de mobiliser des appareillages de mesures pour caractériser le milieu ou la pollution dans l'eau :

Les diagraphies

Il s'agit de réaliser des profils verticaux ("logs") de propriétés physiques du sous-sol enregistrés à partir de dispositifs émetteur-récepteur descendus dans le forage et/ou à l'intérieur du tubage piézométrique.

Les tomographies géophysiques

Basées sur le même principe que les tomographies géophysiques de surface, elles tirent parti de la présence de plusieurs ouvrages verticaux pour travailler en transmission. Les signaux sont envoyés depuis un forage et enregistrés dans les forages adjacents. Cela permet d'améliorer nettement la résolution des coupes verticales obtenues.

Trois grands types d'ondes/signaux sont le plus communément utilisés pour ces tomographies : le courant électrique, les ondes radars et les ondes sismiques. Comme pour la géophysique de surface, les images ne permettent de délimiter une pollution que dans certains cas particuliers. Elles permettent par contre toujours d'obtenir une information sur la nature et les propriétés du sol, utiles pour les études de risques.

Les piézomètres multi-niveaux et les préleveurs par sac/tube passif

Il s'agit ici de techniques de substitution. Le but est d'obtenir des concentrations en polluants à profondeur croissante dans un aquifère de forte épaisseur, en évitant de devoir réaliser plusieurs puits indépendants. Elles sont donc essentiellement utilisées pour améliorer la caractérisation dans le cadre du protocole E1. Deux types de techniques sont à disposition de l'expert dans ce domaine :

- **Les piézomètres multi-niveaux**
Ces systèmes, dont les caractéristiques sont spécifiques à ce type d'installation, requièrent d'être "planifiés à l'avance" puisqu'ils sont équipés dès finalisation du forage. Plusieurs systèmes commerciaux se concurrencent, et possèdent chacun leurs avantages et leurs inconvénients, dont le principal est le prix, bien que ce dernier soit nettement inférieur à celui qu'il faudrait pour obtenir la même discrétisation verticale via des puits indépendants. Le choix entre les systèmes commerciaux est, comme pour les autres options technologiques, laissé à l'expert qui en motive les raisons dans son rapport. Deux gros avantages à ce type d'ouvrages : le premier est qu'ils sont pérennes, et donc permettent un suivi temporel, le deuxième est qu'ils permettent de contrôler n'importe quel polluant, puisque l'eau est envoyée pour analyse dans un laboratoire agréé.
- **Préleveurs passifs par sac/tube**
Cette technique innovante permet d'obtenir de manière assez fiable, un profil vertical de concentration dans un puits existant, dont la partie crépinée recoupe toute l'épaisseur de l'aquifère. Le principe consiste à descendre grâce à un contrepoids un train de sacs membranaires remplis d'air dans le puits; les composés organiques volatils présents dans l'eau vont traverser la membrane et s'y accumuler lentement. Une fois l'accumulation jugée suffisante, on peut retirer les poches d'air et analyser la composition du gaz à l'intérieur. Pour les composés moins volatils, il existe des systèmes avec un matériau adsorbant (charbon actif ou autre) permettant le dosage de composés moins volatils.

L'avantage de la technique est de pouvoir utiliser des ouvrages existants. Ses limitations principales sont :

- > l'impossibilité de doser n'importe quel composé ;
- > le caractère semi-quantitatif des mesures - on peut comparer des niveaux relatifs de pollution mais on ne dispose que d'une idée très grossière des concentrations exactes présentes dans l'eau;
- > la durée de la mesure, dépendante du niveau de pollution et de l'intensité du flux d'eau souterraine qui traverse l'ouvrage – il faut souvent laisser les membranes durant plusieurs jours/semaines, ce qui peut poser des problèmes logistiques et/ou de sécurité.

Sur son site "Contaminated site clean-up information"¹, l'US-EPA, fournit des descriptifs bien plus complets de toutes ces techniques de mesures en cours de fonçage, et dans ou depuis les puits existants. L'agence américaine fait le tour de ces questions du point de vue scientifique et technique et décrit pour chacune d'elles ses avantages, ses limitations et son domaine d'application.

Il convient enfin de rappeler que ces techniques, et bien d'autres, sont également (ou surtout) très utiles, voir nécessaires, pour acquérir les données dont l'expert a besoin pour mener à bien la réalisation d'études de risques, en particulier les paramètres hydrogéologiques indispensables pour la réalisation des modèles de dispersion. Le GRER contient dès lors des renseignements plus détaillés sur les techniques alternatives en lien avec les risques.

2.2.2.C.5. Caractérisation géostatistique des taches de pollution

La délimitation des taches de pollution est, en règle générale, plus efficace et directe par analyses de sol de proche en proche que par des méthodes de calculs estimatifs. Dans le cas de très grandes pollutions (et donc avec un grand nombre de résultats analytiques), la géostatistique peut constituer un outil intéressant de cartographie (traçage de courbes d'isoconcentration). L'expert peut en outre utiliser la géostatistique, en fonction des besoins du demandeur, pour affiner les estimations et en particulier les agréments de mesures de l'incertitude. La géostatistique peut notamment fournir :

- en tout point 3D du terrain, la probabilité de dépasser les valeurs seuils pour chaque polluant ;
- une classification multi-polluants des zones à dépolluer, délimitées par rapport aux valeurs seuils choisies (ex. métaux lourds, HAP, benzène, etc.) ;
- une estimation des volumes de sols à dépolluer, avec une incertitude sur cette estimation, permettant ainsi de définir des scénarios de coût de dépollution optimistes et pessimistes ;
- une cartographie donnant les positions les plus probables des volumes de sols à dépolluer, mais aussi des volumes de sols les plus probablement non pollués.

¹ <http://www.clu-in.org/characterization/>

2.2.3. Elaboration du plan d'échantillonnage

La préparation du plan d'échantillonnage comprend les étapes suivantes :

- l'étude détaillée des plans des impétrants ;
- la description détaillée du plan d'échantillonnage et sa représentation sur plan(s) ;
- l'établissement d'un planning présumé des travaux.

En fonction du type et de la complexité des travaux d'investigation prévus, l'expert évalue la nécessité de rédiger un plan de sécurité et de santé, ainsi qu'un plan d'assurance contrôle qualité des travaux. Si la nécessité est avérée, il réalise ou fait réaliser ce document par une personne habilitée à le faire.

2.2.3.A. Plans des conduites et câblages et zones critiques

Remarque préliminaire

La définition d'un plan d'échantillonnage nécessite la connaissance préalable de l'emplacement de tous les câblages, conduites, voiries et infrastructures au droit et autour du terrain susceptibles de générer des risques ou d'être endommagés lors des travaux de terrain.

Si l'étude préliminaire de l'EO n'étendait pas sa recherche de telles installations à un périmètre suffisamment vaste pour englober la zone d'emprise de l'étude de caractérisation, il y a lieu de compléter cette recherche. Par ailleurs, en fonction du délai entre les deux phases d'étude, le travail de recherche de l'EO doit éventuellement être actualisé. En la matière, il est utile de rappeler que les plans obtenus auprès des impétrants ont une validité limitée dans le temps (variable selon les sociétés). Au besoin, une actualisation des données est réalisée.

Définition des zones critiques et distances de sécurité minimales à respecter

Une "zone critique" est un périmètre de sécurité établi par l'expert autour des installations citées plus haut, renseignées par les plans et/ou informations de sociétés qui les possèdent ou les exploitent (y compris les installations superficielles comme une cabine à haute tension, une installation de pompage, etc.), et en tenant compte des éventuelles recommandations ou interdictions liées à ces impétrants .

Aucun forage ne peut être réalisé à l'intérieur d'une zone critique.

La largeur de la zone critique est fonction du type d'impétrant et peut être précisée sur simple demande auprès de la société d'exploitation.

Pour les impétrants majeurs (gaz, air comprimé, haute tension, pipe-line, etc.) et avant la mise en œuvre du plan d'échantillonnage, il est indispensable de réaliser une visite de terrain avec un responsable de la société d'exploitation pour assurer une implantation sécuritaire des points de forages.

2.2.3.B. Description détaillée du plan d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage synthétise les différentes stratégies d'investigations retenues pour les différentes zones repérées. Il comprend :

- la localisation des conduites et câblages sur plan et des éventuelles zones critiques y associées ;
- les investigations réalisées au cours de l'étude d'orientation ;
- une description des différentes **taches de pollution** ou **zones de remblais pollués** à investiguer ;
- une description des techniques et méthodes d'investigations ;
- par pollution à caractériser :
 - > le nombre, l'emplacement et la profondeur présumée des sondages et des piézomètres (y compris la profondeur des crépines, air, gaz du sol, etc.) ;
 - > une description et une justification de la profondeur d'échantillonnage ainsi que des composés à analyser ;
 - > le mode d'échantillonnage du sol, de l'eau souterraine, de l'eau de surface, de l'air, des gaz, etc. ;
 - > la méthode d'analyse des composés si celle-ci n'est pas reprise dans le CWEA ;
- un (ou des) plan(s) reprenant toutes les zones à investiguer, tous les points et types d'investigations.

2.2.4. Exécution des travaux de terrain et d'analyses

L'exécution des travaux de terrain doit se faire conformément au CWEA et dans le respect des règles de sécurité. L'expert veille à la bonne exécution des points suivants :

- La tenue éventuelle d'une réunion de démarrage du chantier d'investigations (pour les cas les plus complexes) ;
- L'exécution et le suivi des travaux de terrain ;
- Le prélèvement, le conditionnement et le transport des échantillons au laboratoire ;
- La remise en état du terrain à la fin des travaux de terrain ;
- L'évacuation des déchets ;
- L'exécution des analyses par un laboratoire agréé ;
- L'exécution d'un relevé topographique minimal du terrain.

L'expert veille également à résumer dans un tableau l'ensemble des travaux d'investigations et d'analyses réalisés (voir section 3.3.3.C).

2.2.4.A. Suivi des travaux de terrain

L'expert suit et contrôle les travaux de terrain de manière permanente et tient un cahier reprenant tous les événements relatifs aux investigations de terrain ainsi que les détails techniques de ces investigations. Le cahier de terrain est un document relié reprenant au minimum les informations techniques (fiches des logs de forages, fiches de développement, ..) et les bulletins de prélèvements. Des modèles de ces fiches techniques sont proposées dans le CWEA.

2.2.4.B. Conditionnement et transport des échantillons

Le conditionnement des échantillons, leur étiquetage, leur numérotation et leur transport au laboratoire agréé sont réalisés dans les règles de l'art (CWEA).

2.2.4.C. Remise en état du terrain à la fin des travaux de terrain

L'expert est responsable de la remise en état du terrain après la fin des travaux. Il y a lieu de s'assurer en particulier :

- que les travaux de sondage n'ont pas laissé en surface des matériaux pollués dangereux (le cas échéant, prévoir leur évacuation vers une filière appropriée) ;
- du rebouchage des tranchées et des sondages avec un niveau de compaction et de finition de surface équivalent au terrain dans lequel ils sont implantés;
- en particulier, de la réfection (cimentage, dallage, asphaltage, ...) en surface des trous de sondage effectués sur des aires revêtues.

2.2.4.D. Evacuation des déchets

L'expert veille à ce que les déchets issus des travaux d'investigations soient stockés et évacués dans le respect des dispositions légales en vigueur.

2.2.4.E. Exécution des analyses

Les analyses sont réalisées par un laboratoire disposant de l'agrément visé à l'article 27 du "décret sols" conformément aux directives du CWEA.

L'ensemble des certificats d'analyses, visés par la personne habilitée du laboratoire agréé, est joint en annexe du rapport d'EC. L'expert s'assure que les méthodes utilisées sont décrites dans les bulletins d'analyses (protocoles, seuils de détection, ...).

2.2.4.F. Exécution du relevé topographique minimal

Un relevé topographique du terrain (détermination des coordonnées Lambert 72 X, Y et Z avec une précision suffisante) est réalisé. Il comprend au minimum :

- les localisations X-Y-Z (au sol) des échantillons ;
- la représentation des tranchées (extrémités) ;
- la localisation précise (selon les prescriptions du CWEA) des piézomètres et puits;
- le niveau de l'eau des cours d'eau (sites traversés par ou jouxtant un cours d'eau) ou plans d'eau éventuellement existants, si échantillonnés.

Selon la situation du terrain et du contexte de l'étude, un relevé topographique plus complet peut être engagé.

2.3. PHASE III : Interprétation des résultats et conclusions

2.3.1. Interprétation des résultats

2.3.1.A. Objectifs

L'étude de caractérisation (cf. point 1.4 du présent guide méthodologique) vise principalement à établir un **modèle conceptuel du site que l'on qualifiera de "caractérisé"**. Au terme des investigations menées dans le cadre de l'étude de caractérisation, l'expert est en mesure de déterminer si une étude de risques et/ ou un assainissement sont nécessaires. Le cas échéant, il dispose des éléments nécessaires pour réaliser cette étude de risques et/ou l'inventaire des techniques d'assainissement envisageables dans la situation étudiée. La Figure 8 présente sous forme de logigramme les différentes étapes de cette phase d'interprétation des résultats de l'étude de caractérisation (Phase III).

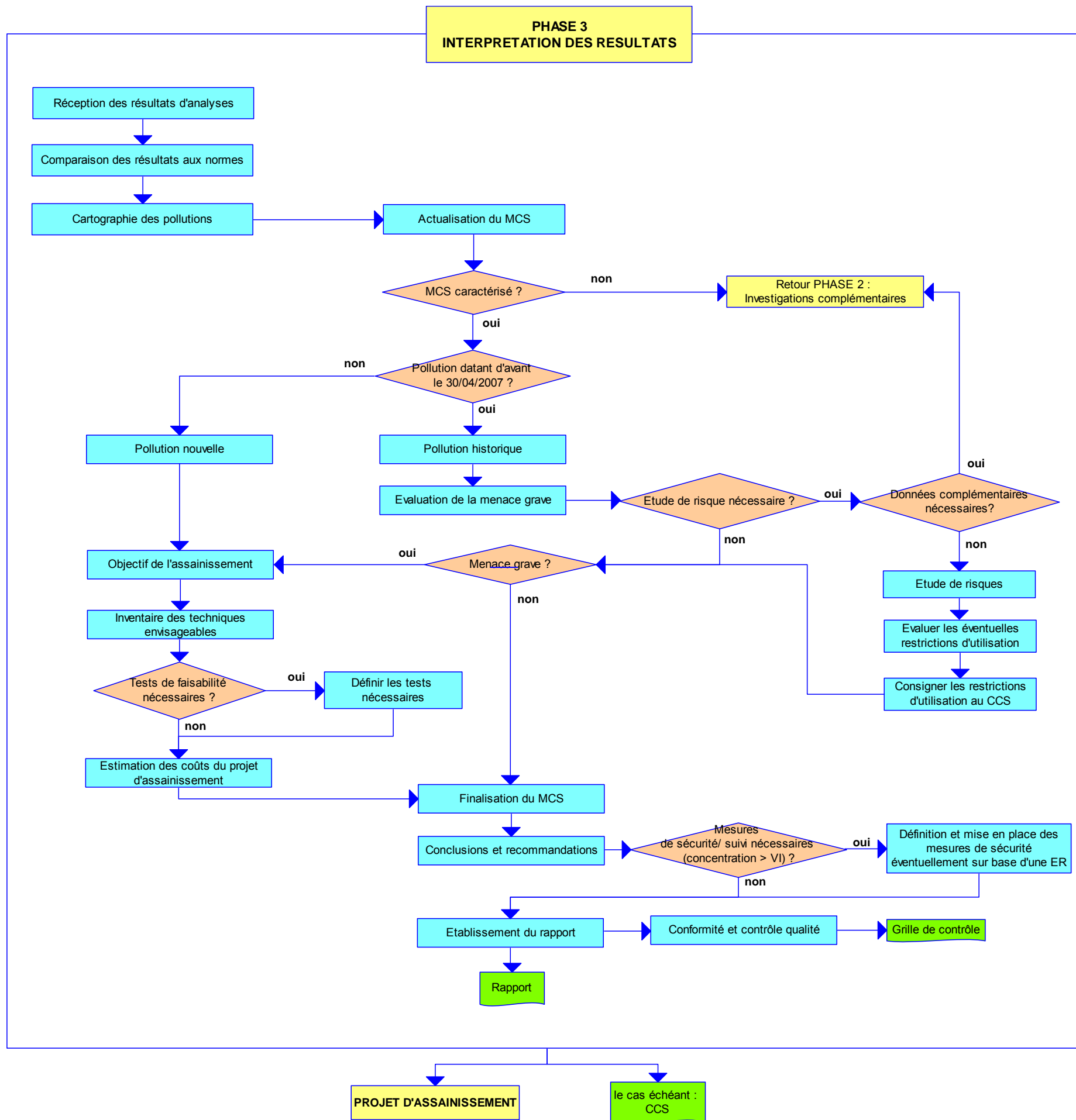
2.3.1.B. Méthodologie

Par "interprétation des résultats", il faut entendre une analyse attentive des observations/données de terrain - sol (observations organoleptiques et autres), eau souterraine (mesures piézométriques, ...), reblais pollués (composition macroscopique et autres) - et des résultats des analyses par rapport aux normes VR, VS, VI de l'annexe 1 du "décret sols" et, le cas échéant, par rapport aux concentrations de fond, aux valeurs particulières qui prévalent pour le terrain ainsi que, le cas échéant, par rapport à la V_{risque} qui représente la concentration au-delà de laquelle il existe une menace grave, estimée sur base d'une étude des risques. Cet examen doit permettre de vérifier les hypothèses de départ et d'évaluer a posteriori la pertinence des stratégies appliquées. En outre, les éventuelles mesures de sécurité sont définies et mises en place si des risques immédiats sont mis en évidence.

Si, au terme de cette analyse, les données nécessaires pour finaliser le modèle conceptuel du site ne sont pas présentes, des investigations complémentaires doivent être prévues. Le travail d'interprétation s'effectue sur:

- **le plan légal et administratif** : examen des implications des résultats au regard des dispositions du "décret sols" avec, le cas échéant, le tracé des perspectives pour mettre le terrain en conformité ;
- **le plan méthodologique** : analyse critique de la méthodologie mise en œuvre afin de préciser les incertitudes et les biais possibles dans les pollutions caractérisées suffisamment ou non, et les limites à porter aux conclusions générales de l'étude (par exemple, le fait que certaines pollutions ou parties de pollution n'ont pas pu être caractérisées ou délimitées pour des raisons techniques) ;
- **le plan de la compréhension des processus, de l'évaluation et de la maîtrise des risques** : interprétation de la distribution des polluants et des facteurs qui ont généré la pollution (validation ou ajustement des hypothèses faites dans le cadre du Modèle Conceptuel du Site).

Figure 8 : Détail des étapes d'interprétation des résultats (Phase III)



2.3.1.C. Compilation des observations et mesures de terrain

Toutes les mesures et observations réalisées à l'occasion des opérations de sondages et échantillonnages sont compilées et interprétées par l'expert car elles font partie intégrante de l'étude de caractérisation :

- Certaines observations sont utilisées directement pour compléter les données sur la pollution et sont consignées dans les **tableaux généraux d'interprétation des observations et des analyses par rapport aux normes**. Un modèle de ces tableaux figure en annexe VI du GREO. En fonction du nombre et du type d'échantillons, ces tableaux peuvent être subdivisés par milieu concerné : sols, dépôts de déchets, eaux, air – gaz, ... Lorsque l'étude comporte au total moins de 20 échantillons analysés, l'ensemble des résultats est fourni dans un tableau unique qui est inséré au sein du rapport (voir section 3.3.5.C). Au-delà de 20 échantillons analysés, le(s) tableau(x) est (sont) annexé(s) au rapport d'EC (Annexe E - voir section 0). Parmi ces données relatives à la pollution on peut citer :
 - > les observations visuelles (textures, couleur, présence d'éléments reconnaissables à l'œil nu,...);
 - > les observations d'odeurs particulières ;
 - > les résultats des tests huile/eau ;
 - > les mesures in situ de paramètres physico-chimiques réalisées dans les eaux souterraines ou de surface (T, conductivité, pH, turbidité, couleur de l'eau, ...) ;

Ces données sont présentées conformément au CWEA.

- D'autres mesures ou constats ne concernent qu'indirectement la caractérisation de la pollution car ils ont trait aux caractéristiques physiques, géomécaniques ou (hydro)géologiques du site. :
 - > Les descriptions (« logs ») des forages reprenant la technique de forage utilisée, la profondeur atteinte (et, le cas échéant, un justificatif des divergences avec les profondeurs initiales prévues), les caractéristiques géométriques, la lithologie rencontrée, le niveau de l'eau, les observations organoleptiques, les échantillons prélevés,... (pour rappel, l'encodage de ces résultats se fait via des fiches techniques d'un niveau de détail équivalent au modèle fourni dans l'annexe V du GREO) ;
 - > La description de l'équipement des éventuels piézomètres (caractéristiques du tubage (diamètre, matière,...), profondeur totale et profondeur des crépines, descriptif du comblement de l'espace annulaire, type de couvercle) est, comme la lithologie, reprise dans les fiches techniques (annexe V du GREO). Ces équipements font également l'objet d'un récapitulatif dans cette phase interprétative, par exemple sous forme d'un tableau placé dans la partie "hydrogéologie locale". Il s'agit en effet d'informations utiles tant à la bonne compréhension des résultats qu'à l'établissement des caractéristiques physiques et hydrogéologiques du sol.
 - > Le développement des piézomètres : volume d'eau purgée, rabattement, débit, qualité de la recharge etc... ;
 - > Les éventuels résultats d'observations ou de mesures granulométriques ;
 - > Les éventuels résultats de mesures obtenus par les techniques alternatives décrites dans la section 2.2.2.C.4.
 - > Toute autre observation de terrain pouvant être utile.

Leur interprétation est intégrée à la partie "caractérisation du site" du rapport d'EC, afin de regrouper dans la seule section 2.4 "*aspects environnementaux*" de ce rapport les informations bibliographiques et les résultats de terrain (voir point 3.3.2.C) ayant trait aux aspects géologiques et hydrogéologiques du site.

2.3.1.D. Examen critique des résultats d'échantillonnage et d'analyse

A ce stade, il importe de vérifier la complétion des objectifs de l'étude de caractérisation en répondant aux questions suivantes : La stratégie d'investigation choisie, entre autre la distinction entre **tache de pollution** et **remblai**, a-t-elle atteint les objectifs de délimitation fixés ? Le plan d'échantillonnages a-t-il été respecté ? Sinon, possède-t-on suffisamment d'éléments pour justifier ces écarts ?

En se basant sur la synthèse réalisée au point précédent, l'examen critique doit au moins porter sur les questionnements suivants :

- Réalisation de tous les forages planifiés ?
- Conformité des piézomètres ?
- Respect du nombre d'analyses effectuées pour la partie solide du sol et pour les eaux souterraines ?
- Investigation de chaque zone polluée ?
- Conformité des travaux d'investigations et d'analyses au CWEA ?
- Conditionnement et transport des échantillons conformément au CWEA ?

Il importe également d'analyser de manière critique les résultats des analyses fournis par le laboratoire et de vérifier notamment leur concordance avec les observations de terrain.

2.3.1.E. Interprétation des résultats comparativement aux normes

La première étape clé de l'interprétation des résultats, consiste à comparer les concentrations mesurées pour tous les polluants rencontrés aux normes de l'Annexe 1 du "décret sols" (V_R , V_S , V_I pour le sol et l'eau souterraine), aux concentrations de fond et aux valeurs particulières potentielles du terrain.

Etape 1 : Examen de l'ensemble des résultats

Tous les résultats des mesures de concentrations dans le sol et l'eau souterraine sont comparés pour les usages de droit et de fait actuels, ainsi que pour les éventuels usages futurs (depuis le moins sensible jusqu'au plus sensible) aux normes V_R , V_S et V_I du "décret sols".

Pour chaque type d'usage, l'expert dresse la liste des échantillons qui présentent des teneurs supérieures soit à V_R , soit à V_S , soit à V_I et le cas échéant à V_{Risque} . Pour chacun de ces échantillons, il indique les paramètres faisant l'objet d'un dépassement. La présentation s'effectue par **tache de pollution** ou **zone de remblais pollués** et par parcelle cadastrale, sous la forme d'un ou deux tableaux, accompagné(s) d'un commentaire de l'expert. Pour rappel :

- Les **dépassements observés des valeurs seuil (V_S)** sont interprétés comme des indications de ce que la zone investiguée nécessite,
 - > Si la pollution est reconnue comme relevant du régime des **pollutions nouvelles**, un assainissement ;
 - > Si la pollution est reconnue comme relevant du régime des **pollutions historiques** et en cas de menace grave, d'un assainissement et, le cas échéant, de mesures de sécurité et/ou de mesures de suivi.
- Les **dépassements observés des valeurs d'intervention (V_I)** sont interprétés comme des indications de ce que la zone du terrain concernée doit systématiquement faire l'objet d'une action qui peut être, le cas échéant, simultanément un assainissement, des mesures de sécurité, des mesures de suivi.

Dans le cadre de ces interprétations, pour les **taches de pollution**, ce sont les **concentrations maximales** pour chaque polluant qui sont **prises en considération** ; **tandis que** pour les **remblais pollués**, ce sont les **valeurs représentatives des concentrations extrêmes** (voir Tableau 5).

De l'ensemble des comparaisons des résultats analytiques aux normes, une première conclusion peut être tirée à propos des différentes zones polluées énumérées au stade de l'étude préparatoire.

Sous réserve des incertitudes méthodologiques éventuellement mises en évidence, pour chaque parcelle du terrain investiguée de façon conforme à la méthodologie (ou selon des variantes justifiées par l'expert fournissant un niveau de qualité de l'information équivalent), une proposition de CCS peut être établie par l'expert si l'étude :

- soit ne révèle aucun dépassement des normes VS ;
- soit, en cas de pollution historique, conclut que la pollution ne présente pas de menace grave.

Etape 2 : Prise en compte des concentrations de fond et/ou des valeurs particulières

Les conclusions visées ci-dessus pourront être nuancées pour les V_S et V_R en tenant également compte, lorsqu'elles existent :

- des concentrations de fond ;
- et/ou des valeurs particulières qui auraient été fixées pour le terrain ou pour certaines des parcelles constituant le terrain.

L'interprétation s'effectue par **tache de pollution** ou **zone de remblais pollués** d'une part et par parcelle cadastrale d'autre part.

2.3.1.F. Polluants non normés

Pour les polluants ne figurant pas dans la liste de l'annexe 1 du "décret sols", l'expert peut proposer des valeurs, notamment, la reprise de normes à fonction et signification identiques issues de systèmes de valeurs en vigueur à l'étranger. Il justifie cette proposition par un argumentaire qui est évalué par la SPAQuE et l'ISSeP (art 8 du "décret sols" et art. 3 de l'AGW du 27 mai 2009 relatif à la gestion des sols (M.B. du 31/08/2009, p. 59385).

2.3.1.G. Cartographie et volumétrie des pollutions

Les **taches de pollution** et/ou **zones de remblais pollués** sont représentées graphiquement sur un plan présentant les délimitations cartographiques des zones concernées par des dépassements de normes V_S et de normes V_I , en distinguant éventuellement les polluants par familles (métaux lourds et métalloïdes, HAP, BTEX, hydrocarbures chlorés, hydrocarbures pétroliers...).

Les plans détaillés du terrain, et la représentation graphique du MCS sont finalisés en conséquence.

2.3.1.H. Actualisation du Modèle Conceptuel du Site (MCS)

Pour rappel, le modèle conceptuel simplifié du site est établi dans le cadre de l'étude d'orientation et est affiné tout au long des investigations menées durant l'étude de caractérisation.

Au début de l'EC, le modèle conceptuel simplifié du site (MCSS) est complété dans le cadre de la phase préparatoire. Il est ensuite actualisé de manière itérative après chaque phase d'investigation de terrain.

A l'issue de l'étude de caractérisation, il doit être **caractérisé** c'est-à-dire que :

- Toutes les investigations possibles (sondages, prélèvements de sol et d'eau et analyses chimiques) permettant de délimiter/caractériser les **pollutions** ont été réalisées dans les limites des meilleures techniques disponibles ;
- Il permet :
 - > soit de conclure en l'absence de nécessité d'une étude de risques ;
 - > soit d'identifier les triplets source-voie de transfert-cible nécessitant une étude de risques ainsi que les mesures et modélisations à réaliser pour évaluer ces risques.

D'une manière générale, toutes les questions posées lors de l'établissement du **MCS** et du **plan d'échantillonnage** ont trouvé une réponse. Lorsque toutes les investigations de terrain possibles ont été réalisées et que les résultats des investigations sont connus et ont été comparés aux normes adéquates, le MCS peut être complété, toujours sous forme de schémas accompagné d'un texte descriptif et/ou d'un tableau. Par contre, à l'inverse du MCS établi au début de l'EC, tous les éléments doivent être connus, sauf en cas de contraintes techniques n'ayant pas permis la réalisation d'un forage.

Il est évident que cette actualisation du modèle n'intègre pas seulement les résultats d'analyses chimiques, caractérisant la pollution, mais également toutes les observations et mesures réalisées dans le but de caractériser le sol, le sous-sol et les nappes aquifères (caractérisation des vecteurs) et les résultats d'études ou de recherches sur la sensibilité des récepteurs potentiels (caractérisation des cibles).

2.3.2. Evaluation de la menace grave

Lorsque, sur base de l'étude préparatoire, des investigations de terrain, des résultats d'analyses et du MCS, l'expert a pu conclure à la nature historique de la pollution, il doit se poser la question de la **menace grave** et de la nécessité de réaliser une ER.

Pour rappel, pour qu'il y ait un risque potentiel, il faut qu'un triplet source-voie de transfert-cible soit présent. Ce triplet a été mis en évidence lors de l'établissement du MCS du site. Au cas où aucun de ces triplets n'est présent ou qu'il a pu être vérifié de manière probante durant les investigations que la voie de transfert est coupée par une barrière physique naturelle ou artificielle, l'expert peut conclure en l'absence de menace grave sans passer par l'étape de l'étude de risques. Dans le cas contraire, c'est sur base des résultats de l'étude de risques (réalisée conformément au GRER) que l'expert statue sur la menace grave.

A ce stade, il y a lieu de prendre en considération l'éventuel projet d'aménagement et le délai dans lequel celui-ci sera mis en œuvre. En effet, si d'importants travaux sont prévus à court terme, et que les zones concernées doivent de toute façon être excavées pour les besoins du génie civil, l'expert oriente l'étude de risques sur les zones susceptibles d'être toujours présentes au terme des travaux d'aménagement. Une argumentation détaillée est fournie dans tous les cas par l'expert pour justifier les options choisies pour poser les bases de son étude de risques.

L'objectif de l'étude de risques est de vérifier la compatibilité entre la situation environnementale et l'usage actuel ou futur du site et d'optimiser les décisions relatives à son assainissement. Il s'agit donc d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des terrains pollués, plus particulièrement dans le cas des pollutions historiques.

A noter qu'une étude de risques peut éventuellement s'avérer nécessaire dans le cas d'une pollution nouvelle, afin de définir les mesures de sécurité ou de suivi à mettre en œuvre avant le début de l'assainissement, et de définir dans quel délai l'assainissement doit avoir lieu.

Des résultats d'une étude de risques peuvent découler des **restrictions d'utilisation** pour les terrains étudiés ou les parcelles de celui-ci touchées par une **tache de pollution** ou une **zone de remblai**. L'expert ne perdra pas de vue que lorsque des restrictions

d'utilisation sont définies pour une parcelle, celles-ci doivent être clairement énoncées dans la proposition de **certificat de contrôle du sol** de cette parcelle.

C'est le GRER qui fixe les modalités techniques des stratégies d'étude et les protocoles d'investigation propres aux études de risques.

2.3.3. Nécessité, objectifs et techniques d'assainissement

2.3.3.A. Nécessité et objectifs d'assainissement (OA)

Pour rappel, le "décret sols" impose un assainissement en cas de dépassement des VS pondérées par les concentrations de fond dans le cas d'une pollution nouvelle ou, dans le cas des pollutions historiques, en présence d'une menace grave et de dépassement des VS pondérées par les concentrations de fond.

Le décret sols fixe comme suit les objectifs d'assainissement :

Art. 50. *L'assainissement d'un terrain affecté d'une pollution nouvelle restaure le sol, pour les polluants qui dépassent les valeurs seuil, au niveau des valeurs de référence pondérées par les concentrations de fond ou, à défaut, au niveau le plus proche de ces valeurs que les meilleures techniques disponibles permettent d'atteindre. Dans ce dernier cas, des mesures de réparation complémentaire et compensatoire sont prises conformément au chapitre II du titre V de la partie VII du Livre Ier du Code de l'Environnement.*

Par dérogation à l'alinéa précédent, les valeurs à atteindre sont les valeurs particulières fixées dans le certificat de contrôle du sol.

Art. 51. *L'assainissement d'un terrain affecté d'une pollution historique restaure le sol, pour les polluants qui répondent aux conditions visées à l'article 48, au niveau déterminé par l'administration sur proposition de l'expert.*

Ce niveau tend vers les valeurs de référence pondérées par les concentrations de fond et permet au minimum de supprimer l'existence d'une menace grave pour la santé humaine et l'environnement en tenant compte des caractéristiques du terrain.

Ce niveau est fixé au niveau que les meilleures techniques disponibles permettent d'atteindre lorsque le niveau déterminé ne peut être atteint."

Dans le cas des pollutions historiques, les objectifs d'assainissement minimum découlent donc directement des conclusions et recommandations de l'étude de risques et des éventuelles restrictions d'utilisation établies.

L'expert présentera un argumentaire pour défendre les objectifs d'assainissement qu'il préconise, eu égard notamment au type d'usage considéré et le cas échéant aux restrictions d'utilisation qui y sont liées.

2.3.3.B. Revue des techniques d'assainissement envisageables

Compte tenu des enseignements récoltés au cours des investigations, de l'établissement du MCS, des résultats de l'éventuelle étude de risques et des objectifs d'assainissement définis ci-avant, l'expert présente de manière succincte une revue des différents procédés d'assainissement envisageables dans le cas étudié.

L'expert présente notamment les arguments qui le conduisent à éliminer dès ce stade certaines options. Il ne s'agit pas ici d'établir les rendements environnementaux et les coûts liés à chacune des options, mais bien d'établir, sur base des éléments connus, quelles techniques peuvent être appliquées aux pollutions rencontrées en fonction également de l'objectif à atteindre.

L'expert profite de cet inventaire pour lister les éventuels tests de faisabilité encore à mettre en œuvre afin de valider les différentes options, lesquels tests seront mis en œuvre et interprétés au début du projet d'assainissement.

2.3.3.C. Estimation des coûts du projet d'assainissement

Sur base de l'inventaire établi ci-dessus et des éventuels tests de faisabilité à réaliser, l'expert établit une estimation des coûts nécessaires pour établir le projet d'assainissement.

2.3.4. Finalisation du MCS

Le modèle conceptuel du site peut éventuellement encore être affiné au terme de l'étude de risques et/ou de l'établissement des options d'assainissement. Par exemple, si des restrictions d'utilisation d'une parcelle donnée s'imposent, des sources ou des cibles du MCS peuvent disparaître. Dans ce cas, le texte de finalisation ne reprend que ces nouveaux éléments avec ou non l'insertion d'une figure complémentaire.

2.3.5. Conclusions et recommandations

Les conclusions et recommandations comportent au minimum les informations suivantes :

- une synthèse du modèle conceptuel du site caractérisé (MCSC) ;
- la détermination des pollutions historiques et nouvelles ;
- pour chacune des pollutions historiques caractérisées, l'évaluation de la présence d'une menace grave le cas échéant en donnant un résumé des conclusions de la (des) étude(s) de risques réalisée(s) ;
- les conclusions relatives à la conduite du dossier, à savoir la nécessité de réaliser une ER, ou un assainissement ;
- les mesures de sécurité et de suivi à mettre ou mises en place, le cas échéant, en attendant l'assainissement, telles que :
 - > clôture du terrain ;
 - > ventilation des caves ;
 - > élimination des fûts engendrant des fuites de produits ;
 - > traitement après pompage ;
 - >

Dans le cas où un assainissement est nécessaire (pollution nouvelle ou pollution historique avec menace grave), les conclusions de l'étude de caractérisation doivent reprendre (le cas échéant par parcelle):

- les objectifs d'assainissement ;
- les volumétries de sol et/ou eau souterraine à assainir ;
- une synthèse de l'évaluation détaillée des risques (le cas échéant) ;
- une liste des procédés techniques envisageables ;
- le délai des travaux (urgence) ;
- une estimation des coûts d'établissement du projet d'assainissement.

Dans le cas où un assainissement n'est pas nécessaire, les conclusions de l'étude de caractérisation doivent reprendre la proposition de certificat de contrôle du sol comportant, le cas échéant ;

- les mesures de sécurité (en ce compris les restrictions d'utilisation) et de suivi éventuellement nécessaires ;
- les valeurs particulières.

2.3.6. Conformité et contrôle qualité de l'EC

Sur base d'une liste de points à vérifier fournie dans la grille de conformité d'une EC reprise en annexe II du présent guide, au terme de l'exécution de l'étude et de la rédaction du rapport, l'expert établit une vérification de la conformité et un contrôle de qualité de l'ensemble des travaux ayant conduit à l'établissement du rapport d'EC et de ses annexes. Il rappelle les éventuelles dérogations qu'il a été forcé de prendre ainsi que les motifs qui l'ont poussé à ces choix.

2.3.7. Proposition de Certificat de Contrôle du Sol (CCS)

L'expert rédige une proposition de certificat de contrôle du sol sur base des prescriptions reprises à l'article 2 de l'arrêté du Gouvernement wallon du 27 mai 2009 qui établit le contenu minimum des informations reprises dans ce certificat.

Pour mémoire, le contenu minimum est le suivant :

- L'identification et la localisation du terrain ;
- Les données cadastrales ;
- Le(s) type(s) d'usage(s) considéré(s) en référence à l'Annexe 2 du "décret sols" ;
- Le(s) valeur(s) particulière(s) du terrain ;
- La description des mesures de sécurité et de suivi, en ce compris les éventuelles restrictions d'utilisation ;
- La référence des études d'orientation ou de caractérisation ou de l'évaluation finale des actes et travaux d'assainissement (la référence inclut le numéro du rapport, sa date de rédaction, et sa date d'approbation par l'administration) ;
- L'identité, les coordonnées et qualité du (des) destinataire(s) du certificat.

La proposition de certificat est jointe au rapport d'EC.

3. CHAPITRE 3 : RAPPORT D'EC

Le présent chapitre fixe les règles de mise en forme (section 3.1.) et la table des matières (section 3.2.) du "rapport d'étude de caractérisation" qui est rédigé par l'expert au terme de sa mission et en détaille son contenu (section 3.3.).

Ce rapport est introduit auprès de l'administration par le titulaire de l'obligation ou par une tierce personne dûment mandatée (qui peut être en l'occurrence l'expert).

Le rapport est obligatoirement daté et signé par une personne habilitée telle que visée à l'article 7, 4° de l'AGW du 27 mai 2009 relatif à la gestion des sols.

Pour chacune des sections du rapport d'étude, le contenu du rapport détaillé à la section 3.3. renvoie aux sections des chapitres I et II qui doivent impérativement être prises en considération pour la rédaction du rapport.

L'expert indique la mention « Sans objet » si une des sections ou sous-sections ne doit pas être complétée eu égard au caractère particulier de l'étude.

D'une façon générale, si pour une raison ou l'autre, certaines données ne sont pas disponibles ou s'il existe des doutes quant à la qualité de l'information ou de la source, l'expert le mentionne clairement dans le rapport.

Le rapport d'étude de caractérisation vise à compléter et préciser l'étude d'orientation. Dès lors, l'expert veille à valider ou compléter ou commenter de manière univoque, les éléments de l'étude d'orientation (EO). Des informations fournies au stade de l'E.O. devront nécessairement être complétées au stade de l'EC¹. De manière générale, les éléments complémentaires doivent être présentés d'une manière similaire aux prescriptions du Guide de Référence pour l'Etude d'Orientation (GREO). Une colonne a spécifiquement été ajoutée à la grille de conformité du GREC (cf; Annexe II) pour permettre à l'expert de facilement mettre en évidence les éléments nouveaux par rapport à l'EO qui ont été actés lors de l'EC. Si des informations ont été fournies au stade de l'EO et que l'expert évalue que celles-ci sont toujours valides et suffisantes pour répondre aux objectifs de l'EC, il peut faire référence de manière claire et non équivoque au contenu de l'EO.

L'expert veille toutefois à ne pas recourir à des renvois systématiques et à maintenir la lisibilité du rapport de l'EC. Par ailleurs, en ce qui concerne les données administratives, celles-ci doivent apparaître dans chaque rapport d'étude et doivent donc être systématiquement reprises.

Les éventuelles nouvelles informations disponibles depuis la parution de l'EO telles que :

- les rapport(s) technique(s) ;
- les modification(s) de donnée(s) administrative(s) ou urbanistique(s) et notamment le périmètre du terrain et ses coordonnées cadastrales;
- les donnée(s) cartographique(s) ;
- les nouvelle(s) information(s) acquise(s) lors d'une éventuelle visite du site ;
- toute information jugée utile par l'expert ;

sont clairement détaillées dans le texte, au sein des sections concernées du rapport. L'expert précise dans quelles mesures elles ont influencé le déroulement de l'étude de caractérisation ou l'interprétation des résultats.

¹ Dans certains cas de figure, et conformément à l'article 46 3° du décret, l'administration peut juger que les objectifs de l'étude de caractérisation tels que visés à l'article 42 du décret sont rencontrés au terme de l'étude d'orientation, dispensant en conséquence de réaliser une étude de caractérisation. Dans ce cas de figure, les dispositions du rapport d'étude de caractérisation doivent nécessairement être considérés dès l'étude d'orientation.

Les éléments nécessaires à la compréhension du rapport doivent être présentés au sein du corps de texte. Les éléments permettant d'illustrer ou de compléter le propos tenu dans le corps du rapport sont présentés au sein des annexes.

3.1. Règles de mise en forme

Documents (art. 43 du décret)

Le rapport et ses annexes sous format papier sont fournis en trois exemplaires (un original et deux copies). L'exemplaire original comprend s'il échet les extraits originaux des plans et matrices cadastrales, ainsi que les rapports originaux d'analyses signés par la personne habilitée du laboratoire. Il doit être également remis au format informatique PDF (Portable Document Format d'Adobe Systems).

Le rapport est (contre)signé par la personne habilitée de l'expert agréé.

Les pièces informatiques utilisées pour constituer le rapport doivent également être fournies dans leur format d'origine comme le montre la liste non exhaustive suivante :

- Documents textes au format Word (.doc)
- Tableaux au format Excel (.xls)
- Plans et cartes au format Autocad (.dxf) et Autocad (.dwg) et/ou Shapefile (.shp)
- Documents scannés au format PDF (.pdf) ou TIFF (.tif)
- Les prises de vues au format JPEG.

Toute carte doit comporter son échelle, graphique et numérique, son orientation géographique et être accompagnée d'une légende.

Matériel et présentation











Hormis la page de garde et les éléments figurant aux annexes (plans, cartes, photos...) réalisés en quadrichromie, le rapport peut être édité en monochromie couleur noire.

Cartographie des résultats

La technique d'exploitation et de traitement des résultats doit permettre de réaliser une cartographie des éléments suivants :

1°) Etat des sols en surface (0-0.5 m)

En respectant la légende suivante :

- | | |
|---|--|
|  | Revêtement très peu perméable (dalle de béton non fissurée, asphalte,...) |
|  | Revêtement peu perméable (dalle de béton fissurée,...) |
|  | Revêtement perméable (clinkers, pavés,...) |
|  | Revêtement très perméable (graviers, empierrement,...) |
|  | Pas de revêtement - zone couverte (sol, terre battue, remblais,...) |
|  | Pas de revêtement - zone non couverte (sol, terre battue, remblais,...) |
|  | Couverture végétale faible ou absente (sol apparent sur plus de 50% de la surface) |
|  | Couverture végétale moyenne (sol apparent sur moins de 50% de la surface) |
|  | Couverture végétale dense non étagée (type prairie) |
|  | Couverture végétale dense et étagée (type prairie avec arbres et/ou arbustes) |

2°) Installations liées aux activités sur le site

- Bâtiments encore en activité ;
- Bâtiments exempts d'activité ;
- Installations en sous-sol ;
- Impétrans.

3°) Zones

- Taches de pollution du sol, de l'eau souterraine et/ou dans des remblais ;
- Zones de remblais pollués ;
- Zones non investiguées ;

Présentation des cartes, plans, schémas et figures

La numérotation des cartes, plans et schémas annexés à l'étude respecte la structure et les dispositions reprises ci-après.

1. Format des cartes

Toutes les cartes sont imprimées et exportées au format standard A3, sauf cas particulier. En tout état de cause, un plan de situation reprenant les parcelles concernées par le projet sur une carte topographique exécutée à l'échelle 1/10000e (ou 1/50000e suivant l'étendue du site) sera fourni et complété par les coordonnées Lambert 72 du site.

2. Mise en page

La mise en page est revue afin que le numéro de la figure soit visible lorsque la carte A3 est pliée dans le rapport (passer du format A3 au format A4). Le modèle joint en Annexe VIII du GREO peut servir de référence pour la mise en page des informations de la carte.

3.2. Table des matières du rapport d'EC

L'expert présente le rapport suivant la table des matières ci-après :

1. Introduction

(mandat)

- 1.1. Contexte
- 1.2. Résumé non technique
- 1.3. Etude d'orientation : résultats et conclusions / recommandations

2. Caractérisation du site

- 2.1. Aspects administratifs
- 2.2. Aspects historiques
- 2.3. Aspects environnementaux
 - 2.3.1 Caractéristiques générales du site
 - 2.3.2 Sensibilité des récepteurs potentiels du site
- 2.4. Type(s) d'usage(s) à considérer

3. Caractérisation des pollutions

- 3.1. Stratégie(s) sélectionnée(s)
- 3.2. Plan d'échantillonnage
- 3.3. Travaux de terrain et d'analyse

4. Modèle conceptuel du site caractérisé

5. Interprétation des résultats et délimitation des pollutions

- 5.1. Atteinte des objectifs et validation des résultats
- 5.2. Interprétation en rapport avec la menace grave
- 5.3. Interprétation par rapport aux normes
- 5.4. Volumétrie des pollutions

6. Définition des objectifs et des techniques envisageables en lien avec les usages

7. Opportunité et évaluation des coûts du projet d'assainissement

8. Conclusions et recommandations

- 8.1. Conclusions de l'étude de caractérisation
- 8.2. Propositions et recommandations

9. Conformité et contrôle qualité de l'EC

Annexes

Plans

3.3. Contenu du rapport

Le rapport de l'étude de caractérisation est introduit par le titulaire ou par son mandataire auprès de l'administration compétente.

Le titre du rapport doit obligatoirement contenir la mention "Étude de caractérisation-décret sols¹", ainsi que la dénomination, l'adresse (à défaut la localisation) et les références cadastrales du terrain.

3.3.1. Contenu du chapitre 1 : Introduction

Le mandat est signé par le titulaire en vue de conférer à un tiers la possibilité de déposer, auprès de l'Administration, l'étude de caractérisation. Le modèle figurant à la page suivante peut être utilisé.

3.3.1.A. Contenu de la section 1.1 : Contexte

L'expert expose les raisons qui ont conduit à cette étude.

Il reprend les références de l'EO (date de réalisation, parcelle(s) investiguée(s), expert) et fait un résumé succinct des conclusions et recommandations de cette étude.

L'expert précise également si d'autres études (urbanistiques, géotechniques...) ou événements importants (accident, ...) ont eu lieu depuis l'EO.

L'expert mentionne aussi les références du CWBP et du CWEA sur lesquelles se base l'EC.

3.3.1.B. Contenu de la section 1.2 : Résumé non technique

Le résumé non technique est présenté de manière succincte, en maximum deux pages.

Il identifie et localise clairement les parcelles ayant fait l'objet de l'étude et précise la superficie globale du terrain investigué.

La structure du résumé est identique à celle du rapport de l'EC dans son ensemble, à savoir une brève synthèse des caractéristiques générales du site, des travaux d'investigations et d'analyses, de l'interprétation des résultats, des conclusions et des recommandations finales (opportunité d'un assainissement, projet de CCS², mesure de suivi, etc.).

¹ Cette précision est importante afin de distinguer les études de caractérisation réalisées dans le cadre de l'AGW du 4 mars 1999 (stations-service) des études de caractérisation réalisées dans le cadre du décret sols

² Certificat de contrôle du sol

Modèle de mandat

Date :

NOUS SOUSSIGNES :

..... (Dénomination de l'expert),
Expert agréé par la Région wallonne (n° d'agrément : _____),

AGISSANT A LA REQUETE DE :

Mandant : Dénomination :

Adresse :

Code Postal Ville :

N° de téléphone :

En qualité de :

- propriétaire
- exploitant
- auteur présumé
- tiers volontaire
- autre :

AVEC MISSION :

D'effectuer sur les parcelles suivantes :

P1 :

P2 :

P3 :

...

Pn :

Une étude de caractérisation conformément aux dispositions du décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols

En conséquence de notre mission, nous déclarons nous être rendus sur les lieux, avoir analysé l'ensemble des données disponibles relatives aux parcelles faisant l'objet de l'étude et avoir consigné le résultat de nos investigations et constatations dans le rapport joint en annexe.

D'introduire pour compte du mandant auprès de l'autorité compétente :

L'étude dont le rapport est joint en annexe sous l'intitulé :

.....

Remarques :

Il n'est pas tenu compte dans le rapport des éléments suivants :

1. Pour des raisons d'accès :

2. Pour des raisons de sécurité :

Signature (Mandant)

Signature (Expert)

Nom, prénom

Nom et prénom de la personne habilitée

3.3.1.C. Contenu de la section 1.3 : Résultats, conclusions et recommandations de l'EO

La rédaction de cette section du rapport doit prendre en considération les éléments des points :

- **2.1.1 Examen de l'étude d'orientation**
- **2.1.2 Inventaire des connaissances actuelles du site**
 - 2.1.2.C Visite de site
- **2.1.5 Inventaire des données manquantes**
- **2.2.3.A Plans des conduites et câblages et zones critiques**

issus du chapitre II du présent guide.

Rappels des conclusions et des recommandations au stade de l'EO

Les conclusions et recommandations de l'EO sont reprises en détails. L'expert reprend également un tableau synthétique des travaux d'investigation et d'analyse tels que définis dans le tableau 18 du GREO¹.

Rappels des mesure(s) de sécurité recommandée(s) par l'expert lors de l'EO

L'expert décrit les **mesures de sécurité** qui ont été prises au stade de l'étude d'orientation en rappelant de manière synthétique le type de mesures préconisées et le degré d'urgence.

Visite(s) du terrain

L'expert rappelle, de manière synthétique, les éléments majeurs de la visite du site effectuée au stade de l'EO. C'est également ici que sont rapportés les éléments issus de la section 2.1.2.C (Visite de site) et 2.2.3.A (Plans des conduites et câblages et zones critiques) du chapitre II.

Pour cette dernière section, le plan proprement dit est repris, le cas échéant, en annexe au rapport d'EC.

L'expert précise ici dans quelles mesures des modifications ont été apportées, depuis l'EO, au niveau du périmètre du site, des installations à risques, de l'accès au site et des impétrants et / ou infrastructures.

Polluants non normés

Dans le cas de polluants non normés, l'expert précise et valide les valeurs qui ont été considérées comme normes de références dans l'EO. Il rappelle par ailleurs la méthodologie qui sous-tend la définition de ces valeurs en l'appuyant par des références probantes qu'il présente en annexe au rapport d'EC.

Actualisation et remarques

L'expert peut compléter cette partie par toute remarque et/commentaire pertinent relatif aux éléments et conclusions constitutifs de l'EO. Il complète aussi les éléments actuels et données nouvelles dont il a connaissance qui sont susceptibles de modifier l'interprétation des données de l'EO et / ou ses conclusions.

¹ Tableau 18 : Tableau synthétique des travaux d'investigation et d'analyse

3.3.2. Contenu du chapitre 2 : Caractérisation du site

3.3.2.A. Contenu de la section 2.1 : Aspects administratifs

L'ensemble des données administratives est repris dans le rapport et présenté selon le formulaire repris en annexe I du présent guide. Il y a lieu de joindre un nouveau plan cadastral si l'étude d'orientation a été approuvée plus d'un an avant le dépôt de l'étude de caractérisation ou si des modifications sont apparues entretemps. Les éléments administratifs qui ont évolué depuis la réalisation de l'EO sont clairement identifiés dans ce formulaire. Le cas échéant, ces données sont complétées par les annexes A et plans A relatifs aux données administratives (voir sections 3.4 et 3.5).

3.3.2.B. Contenu de la section 2.2 : Aspects historiques

La rédaction de cette section du rapport prend en considération les éléments du point :

- **2.1.5 Inventaire des données manquantes**

issu du chapitre II du présent guide.

L'expert peut se limiter à valider les données issues de l'étude d'orientation. Dans ce cas, il le mentionnera explicitement.

Si une quelconque modification des données doit être imputée au présent rapport, l'expert doit veiller à compléter les données en suivant la même démarche que celle adoptée pour l'EO. A cet égard, l'expert adapte le formulaire des données historiques déjà présenté dans le GREO¹.

Celle-ci vise à rassembler les sources historiques et précise la disponibilité et la fiabilité de celles-ci. Au terme de cette section, l'expert veille à présenter distinctement le lien qu'il établit entre les données historiques d'une part et les investigations réalisées d'autre part.

L'ensemble des données historiques peut être complété par les annexes B et un **planum** au sein des plans B. Pour rappel, le **planum** est un plan qui synthétise dans l'espace et dans le temps l'ensemble des informations pertinentes issues de l'étude historique et des observations de terrain. Il localise ainsi en 4 dimensions, (dont le temps), l'ensemble des activités, les sources potentielles de pollution et les zones suspectes et non suspectes. Ce plan constitue un des éléments qui permet à l'expert d'établir le Modèle Conceptuel Simplifié du Site (MCSS), de mettre au point sa stratégie d'échantillonnage et de déterminer les paramètres à analyser.

Sources consultées

S'il existe des données nouvelles au stade du présent rapport, les sources desquelles elles sont issues sont présentées de manière à ce que l'information brute puisse être consultée et/ou vérifiée. A cet effet l'expert se réfère à l'annexe IX du GREO (inventaire descriptif de ressources documentaires mobilisables pour la constitution du dossier documentaire).

Historique des activités et des implantations sur les parcelles étudiées

Si de nouvelles données historiques ont été identifiées, il y a lieu de mettre à jour la présentation de l'historique des activités.

Inventaire global des sources potentielles de pollution

Si de nouvelles sources potentielles de pollution sont apparues au cours des investigations de l'EC, elles devront être prises en considération et présentées conformément aux prescriptions édictées aux tableaux 16 et 17 du GREO.

¹ Annexe III du GREO : Formulaire indicatif d'encodage des données historiques

3.3.2.C. Contenu de la section 2.3 : Aspects environnementaux

La rédaction de cette section du rapport doit prendre en considération les éléments des points :

- 2.1.2.C Visite de site
- **2.1.5 Inventaire des données manquantes**
- **2.2.4 Exécution des travaux de terrain et d'analyses**
- 2.2.4.F Exécution du relevé topographique minimal
- 2.3.1.C Compilation des observations et mesures de terrain

issus du chapitre II du présent guide. Les données environnementales sont complétées par les Annexes C et les plans C (voir sections 3.4 et 3.5).

Si des études géologiques, géophysiques hydrogéologiques, hydrologiques ou écologiques approfondies ont été menées dans le cadre notamment d'évaluations des risques de dispersion ou des risques pour les écosystèmes, l'expert peut en reprendre les principaux résultats (minéralogie, granulométrie, propriétés géomécaniques, perméabilité, paramètres de transports, propriétés géophysiques, débits des cours d'eau, espèces/écosystèmes/habitats protégés/sensibles observés...), au sein des sous-sections correspondantes listées plus bas. Les études complètes, qui font par essence partie de l'étude de risques, sont quant à elles présentées sous forme d'annexes –(annexes C ou annexes E si liées directement à l'étude de risques - voir section 3.4).

Caractéristiques générales du site

L'expert intègre les informations issues des travaux de terrain et d'analyses ainsi que des recherches complémentaires destinées à compléter les données obtenues au stade de l'EO.

a°) Topographie

L'expert actualise et détaille la topographie du site.

Le cas échéant, si l'expert le juge opportun, le relevé topographique qui doit être réalisé conformément aux projections Lambert 1972 (2.2.4.F. Exécution du relevé topographique minimal) afin de caractériser le site dans son contexte topographique régional, est joint en annexe afin d'illustrer la topographie décrite.

Toutes les cartes topographiques que l'expert juge utile de présenter sont localisées sur fond topographique IGN récent à 1/10.000 ou 1/50.000 en fonction de l'étendue du site.

b°) Pédologie

Dans cette partie, l'expert veille à préciser si les données obtenues au moyen des investigations à l'échelle locale corroborent ou non, d'une part les informations disponibles au moyen de la Carte Numérique des Sols de Wallonie et d'autre part les données recueillies au stade de l'EO et de l'EC. En d'autres termes, l'expert veille à interpréter les données locales à la lumière des données générales disponibles. Le cas échéant, il appuie ses interprétations au moyen d'une carte pédologique annexée au rapport.

c°) Géologie régionale

L'expert valide et, le cas échéant, complète la description générale fournie au stade de l'EO. Toutefois, si pour une quelconque raison cette étape n'a pas été réalisée, elle doit être réalisée au stade du rapportage de l'EC.

Dans cette partie, l'expert veille à extraire les éléments probants utiles à l'appréhension du site étudié dans son contexte géologique. Il n'est pas opportun de reprendre ici l'intégralité des éléments issus d'une notice explicative relative à la carte géologique.

d°) Géologie locale

L'expert décrit la géologie locale et précise si les données obtenues au moyen des investigations à l'échelle locale corroborent ou non, d'une part, les informations disponibles au moyen de la carte géologique Wallonie et d'autre part les données recueillies au stade de l'EO et de l'EC. Il appuie ses interprétations en présentant une ou des coupe(s) lithologique(s) typique(s) du site (déduite des logs de forages) qu'il compare à la suite lithostratigraphique attendue sur base des cartes et /ou de coupes géologiques régionales, elles-mêmes jointes sous forme de plans en fin de rapport (plans C - voir section 3.5). Il veille à bien faire la distinction entre les informations déduites de ces cartes et plans et celles observées sur le terrain.

e°) Hydrogéologie régionale

L'expert valide et, le cas échéant, complète la description générale fournie au stade de l'EO. Toutefois, si pour une quelconque raison cette étape n'a pas été réalisée, elle doit être réalisée au stade du rapportage de l'EC.

f°) Hydrogéologie locale

L'expert décrit l'hydrogéologie locale, il recense et identifie les masses et nappes d'eaux souterraines existantes à proximité du site et détaille les caractéristiques de celles qui sont susceptibles d'être impactées par les pollutions. A ce titre, l'approche géocentrique complète est reprise en annexe du rapport d'EC.

Si des piézomètres ont été placés sur le site, il en présente ici un récapitulatif sous forme de tableau reprenant leurs caractéristiques et les mesures piézométrique réalisées. Il en déduit le sens d'écoulement de la (des) nappe(s) et il compare ces résultats à ceux attendus sur base des connaissances régionales (carte hydrogéologique de Wallonie).

g°) Hydrologie locale

L'expert valide ou complète les données obtenues au stade de l'EO. Il identifie les masses d'eaux de surface susceptibles d'être impactées par la pollution et en précise les caractéristiques. Le cas échéant, si le site est partiellement ou totalement inclus dans une zone inondable, l'expert prend cet élément en considération.

h°) Sites karstiques et autres zones de contraintes géologiques

L'expert valide ou complète les données géologiques et hydrogéologiques obtenues au stade de l'EO. Il complète les données à la lumière des contraintes géologiques et évalue les risques complémentaires de dispersion des polluants et les risques généraux à prendre en considération lors de l'élaboration d'un éventuel projet d'assainissement subséquent.

Le cas échéant, l'expert appuiera ses interprétations au moyen d'une carte (hydro)géologique complémentaire, prenant en considération les milieux fissurés ou karstiques, annexée au rapport.

Sensibilité des récepteurs potentiels du site

L'expert valide et complète le recensement des zones sensibles du site, des voies de transfert et des récepteurs potentiels du site. Il présente une analyse de leur vulnérabilité par rapport à un risque potentiel de migration d'une pollution afin que ces éléments puissent être introduits dans le MCS caractérisé (chapitre 4 du rapport d'EC) et pris en considération lors de l'interprétation des résultats par rapport à la menace grave (section 2.3.2 du rapport d'EC). Le rapportage s'établit selon les deux sous-sections suivantes :

- a°) désignation et, le cas échéant, localisation des récepteurs
- b°) détermination de la sensibilité des récepteurs

Par ailleurs, si au terme de l'étude de caractérisation et d'une visite de site complémentaire, l'expert juge opportun de mettre en place des mesures de sécurité ou de **modifier les mesure(s) de sécurité recommandées au terme de l'EO** (rappelée à la section 2.3 du rapport d'EC), il le précise ici.

3.3.2.D. Contenu de la section 2.4 : Type(s) d'usage(s) à considérer

La rédaction de cette section du rapport prend en considération les éléments du point :

- **2.1.3 Périmètre, zonage et types d'usages à considérer**

issus du chapitre II du présent guide.

Cette section doit être élaborée de manière à ce qu'un lien formel puisse être établi entre la caractérisation du site et le(s) type(s) d'usage à considérer pour le terrain.

Périmètre du terrain

L'expert valide ou modifie le périmètre établi lors de l'EO, à la lumière des investigations de l'EC.

Affectation planologique des parcelles du terrain

Au sein de cette section, l'expert présente l'affectation planologique pour chaque parcelle du terrain. Il devra prendre en considération l'ensemble des éléments de droit pertinents afin de synthétiser indubitablement la situation de droit.

Les plans illustrant cette (ces) affectation(s) (plan de secteur, PCA,...) sont joints en annexe du rapport d'EC.

Usage(s) de fait actuel et futur des parcelles du terrain

Au sein de cette section, l'expert expose la situation actuelle et, si elle est connue, la situation future envisagée et précise le(s) type(s) d'usage correspondant au sens de l'annexe 2 du décret sols.

Type(s) d'usage à considérer

L'expert justifie ici, sur base des éléments de fait et de droit présentés aux points précédents, le(s) type(s) d'usage considéré(s) dans le cadre de l'EC en distinguant, le cas échéant, une situation actuelle et une situation potentielle tout en appréhendant les restrictions d'utilisation y afférentes.

Cette section est primordiale dans la mesure où elle établit le triple lien formel entre une situation de fait et de droit, l'éventuel projet d'assainissement et les affectations futures. Le cas échéant, c'est également à la lumière des bases établies ici que l'étude de risques est réalisée.

3.3.3. Contenu du chapitre 3 : Caractérisation des pollutions

Ce chapitre est le cœur même du rapport sur l'étude de caractérisation. Elle vise à présenter le raisonnement établi pour réaliser les travaux d'investigations et à présenter ces derniers.

3.3.3.A. Contenu de la section 3.1 : Stratégie(s) sélectionnée(s)

La rédaction de cette section du rapport prend en considération les éléments des points :

- **1.3.1 Concepts en lien avec la définition des stratégies d'investigations**
- **2.2.1 Directives générales concernant les travaux de terrain et d'analyses**
- **2.2.2 Stratégies et protocoles d'investigations**

issus du chapitre II du présent guide.

L'expert présente la (les) stratégie(s) et le (les) protocole(s) d'investigation adoptés et justifie qu'ils sont adaptés à la situation rencontrée pour chaque zone(s) polluée(s), tache(s) de pollution ou nouvelle(s) zone(s) suspecte(s). L'expert démontre le respect des prescriptions du GREC par la(les) stratégie(s) sélectionnée(s). La présentation de cette section est laissée à la libre appréciation de l'expert tant qu'y figurent toutes les informations ayant servi à la détermination de la ou des meilleure(s) stratégie(s) et le ou les protocole(s) d'investigations adéquat(s) dont notamment :

- Le(s) type(s) de pollution(s) (remblais pollués, tache de pollution, sol, eau souterraine couche flottante, couche dense, ...) ;
- La nature du ou des polluant(s) pour chaque pollution ;
- Le cas échéant, les données qui justifient le choix d'une stratégie particulière ou dérogatoire ou d'une technique d'investigation alternative comparativement aux stratégies édictées dans ce guide.

3.3.3.B. Contenu de la section 3.2 : Plan d'échantillonnage

La rédaction de cette section du rapport prend en considération les éléments des points :

- **2.2.1 Directives générales concernant les travaux de terrain et d'analyses**
- **2.2.3 Elaboration du plan d'échantillonnage**

issus du chapitre II du présent guide.

Le plan d'échantillonnage reprend, sous forme d'un descriptif textuel ou de tableau(x), présentés dans le corps du rapport, l'ensemble des investigations de terrain **qu'il est prévu de réaliser** dans le cadre de l'étude de caractérisation. Dans ce descriptif figurent :

- La position, la profondeur et éventuellement la longueur de chaque forage, fouille ou tranchée à réaliser ;
- L'équipement des forages en piézomètres avec la nappe visée ;
- La profondeur de chaque échantillon de sols ou de remblais à prélever ;
- Les paramètres d'analyses à effectuer sur chaque échantillon ;

Si l'investigation de certaines zones suspectes est rendue impossible pour des raisons de sécurité ou d'accès, un justificatif pour chaque zone doit figurer dans cette sous-section.

3.3.3.C. Contenu de la section 3.3 : Travaux de terrain et d'analyses

La rédaction de cette section du rapport prend en considération les éléments des points :

- **2.2.1 Directives générales concernant les travaux de terrain et d'analyses**
- **2.2.4 Exécution des travaux de terrain et d'analyses**

issus du chapitre II du présent guide.

De manière générale, l'expert veille à distinguer la partie "exécution et suivi des travaux de terrain" de la partie "exécution des analyses". Si plusieurs phases de travaux de terrain ont été réalisées dans le cadre de l'étude, chacune d'entre elle est présentée séparément de manière analogue.

Les échantillonnages et analyses réalisés sont localisés sur un plan du site (Plan(s) E - voir section 3.5).

a°) Exécution et suivi des travaux de terrain

Cette partie synthétise toutes les informations relatives au déroulement des travaux de terrain et d'analyse.

L'expert place en Annexe D (voir section 3.4):

- les fiches techniques (logs de forages, fiches de développement, ...) – cf. Annexe V du GREO.
- les bulletins de prélèvements (signés par la personne habilitée de l'expert ou du laboratoire),
- les certificats d'analyses (signé par la personne habilitée du laboratoire agréé)
- éventuellement un reportage photographique des travaux.

L'expert peut présenter sa synthèse sous la forme d'un ou de plusieurs tableau(x) synthétique(s) (voir exemple ci-dessous), placé(s) au sein du corps de texte du rapport, reprenant toutes les caractéristiques des échantillonnages réalisés (forages, fouilles, tranchées et/ou piézomètres) durant la phase d'investigations avec leurs caractéristiques. Les analyses réalisées au terme de la phase d'investigations, avec leurs caractéristiques, notamment eu égard aux prescriptions du CWEA doivent également être fournies. Le tableau mentionné au point 3.2. du rapport d'EC, dûment complété peut typiquement être utilisé pour présenter les résultats. Il sert ainsi de base aux commentaires détaillés des travaux réalisés.

Tableau 6 : Tableau synthétique des travaux de terrain et d'analyses

Investigation au droit des sources potentielles de pollutions							
N° de la zone	N° de la pollution	Dénomination de la pollution	N° des forages et profondeur	Dénomination des échantillons de sol	N° des piézomètres et trajet crépiné	Nombre d'analyses de sol	Nb d'analyses de l'eau souterraine
Zone A	1	Tache d'essence au nord de la piste	F11 (4 m-ns) F12 (5 m-ns)	F11 (3-4m-ns) F12 (0-1m-ns) F12 (3-4m-ns)	F12 (3-5 m-ns)	1HM+BTEX 1HM+BTEX	1HM+BTEX
	2	Tache de diesel près de l'ancienne citerne enterrée de 10.000l	F13 (5 m-ns) F14 (3 m-ns)	F13(0-1m-ns) F13 (4-5m-ns) F14 (2-3m-ns)	F13 (3-5 m-ns)	1 HM 1HM+BTEX	1HM+BTEX
	3	Tache d'huile usée sous la fosse de graissage	F15 (2 m-ns) F16 (6 m-ns)	F15 (0-1m-ns) F16 (5-6m-ns)	F16 (4-6 m-ns)	1HM+BTEX 1HM	1HM+BTEX
	4	Tache essence-diesel au point de remplissage	F17 (5 m-ns)	F17 (0-1m-ns) F17 (3-4m-ns)	F17 (3-5 m-ns)	1HM+BTEX	1HM+BTEX
Zone B	1	Zone de remblais pollués derrière le garage	F18 (2 m-ns) F19 (6m-ns)	F18 (0-1m-ns) F19 (4-5m-ns) F19 (5-6m-ns)	F9 (4-6 m-ns)	1 HAP+ML 1 HAP+ML 1 HAP+ML	1 ML
	2	Tache de solvants au nord de la cabine à peinture	F20 (6m-ns)	F20 (0-1m-ns) F20 (4-5m-ns) F20 (5-6m-ns)	F20 (2-6 m-ns)	1 PSA	1 SolvCl
TOTAL			10 forages	16 échantillons de sol	6 piézomètres	5BTEX 7 HM 3 HAP 3 ML,1 PSA	4 BTEX 4 HM 1 ML 1 SolvCl

La synthèse peut également être réalisée uniquement sous la forme d'un texte bien structuré. A titre d'exemple, le(s) tableau(x) peu(ven)t prendre la forme du Tableau 6. L'expert commente les résultats des investigations eu égard notamment au déroulement des travaux de terrain et aux observations réalisées (conditions météo, indices organoleptiques de pollution, absence d'eau...).

En particulier, l'expert synthétise et commente les observations organoleptiques faites pendant la réalisation des travaux (les modèles de logs de forage repris en Annexe V du GREO peuvent servir de référence). Il établit la relation entre les observations des investigations et le choix des échantillons sélectionnés pour analyse.

b°) Exécution des analyses

Elle comprend obligatoirement un ou plusieurs tableau(x) synthétique(s) reprenant l'ensemble des informations concernant les analyses réalisées au terme de la phase d'investigations, avec leurs caractéristiques, notamment eu égard aux prescriptions du CWEA.

3.3.4. Contenu du chapitre 4 : Modèle conceptuel du site caractérisé

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments des points :

- **2.1.4 Modèle Conceptuel du Site ;**
- **2.1.5 Inventaire des données manquantes ;**
- **2.3.1.H Actualisation du Modèle Conceptuel du Site (MCS) ;**
- **2.3.4 Finalisation du MCS**

issus du chapitre II du présent guide.

Sur base de l'inventaire des données manquantes pour l'EC, des éléments repris dans les sections précédentes de ce rapport et des informations tirées de l'EO, l'expert est en mesure de présenter le modèle conceptuel du site caractérisé.

Pour rappel, le MCS est présenté au moins sous la forme d'un texte descriptif accompagné d'une représentation schématique incluant au minimum une vue en plan et une vue en coupe passant par chaque *pollution*. Si l'expert le juge utile, le MCS peut être complété par un tableau. A titre d'exemple, le tableau 4 du GREO peut servir de base à son élaboration.

3.3.5. Contenu du chapitre 5 : Interprétation des résultats et délimitation des pollutions

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments des points :

- **1.3.2 Concepts liés à l'interprétation des résultats ;**
- **2.3.1 Interprétation des résultats ;**

issus du chapitre II du présent guide.

Pour rappel, les aspects environnementaux de la caractérisation du site que l'on a pu étudier grâce aux travaux de terrain sont traités et rapportés dans la section 2.4 "aspects environnementaux" du rapport d'EC (voir point 3.3.2.C). Il n'est dès lors pas opportun d'en reparler ici.

3.3.5.A. Contenu de la section 5.1 : Atteinte des objectifs et validation des résultats

La rédaction de cette section du rapport prend spécifiquement en considération les éléments des points :

- **2.3.1.C Compilation des observations et mesures de terrain ;**
- **2.3.1.D Examen critique des résultats d'échantillonnage et d'analyse ;**

issus du chapitre II du présent guide.

Pour chaque investigation prévue dans le plan d'échantillonnage qui n'a pu être réalisée pour des raisons de sécurité ou d'accès, l'expert présente un justificatif argumenté.

En particulier, l'expert mentionne si des forages ont dû être interrompus avant que ne soit atteinte la profondeur requise. Il en précise la raison et indique les numéros des forages réalisés en remplacement des forages interrompus. S'il n'a pas été possible de les remplacer, l'expert en mentionne la raison dans le texte du rapport.

L'expert commente et mentionne la conformité des **travaux d'investigations et d'analyses effectivement réalisés** par rapport au guide de référence et au plan d'échantillonnage établi initialement (section 3.2 du rapport d'EC). Il démontre que les objectifs de l'étude ont bien été atteints, le cas échéant moyennant des modifications à ce plan d'échantillonnage, qu'il motive dans cette section. Ces écarts sont également mentionnés dans la liste de vérification pour établir la conformité de l'étude de caractérisation (Annexe II).

L'expert se prononce sur la complétion des investigations eu égard aux objectifs de l'EC, sur l'adéquation de(s) la stratégie(s) choisie(s), sur la correspondance entre les résultats et les observations de terrains / le déroulement des investigations, la cohérence des résultats d'analyse....

C'est également dans cette section que l'expert expose et argumente le caractère suffisant de la caractérisation/délimitation de la ou des pollution(s). Ce point est discuté séparément pour chaque tache de pollution ou zone de remblais pollués.

3.3.5.B. Contenu de la section 5.2 : Interprétation en rapport avec la menace grave

La rédaction de cette section du rapport prend spécifiquement en considération les éléments du point :

- **2.3.2 Evaluation de la menace grave**

issu du chapitre II du présent guide.

L'expert commente et argumente, sur base du MCS, la situation rencontrée en matière de risques et se prononce distinctement pour les trois types de risques tels que définis dans les sous sections-suivantes.

- 5.2.1. Risques pour la santé humaine
- 5.2.2. Risques pour les eaux souterraines
- 5.2.3. Risques pour les écosystèmes

Le cas échéant, et plus particulièrement en cas de pollution historique, l'expert se prononce sur la présence ou l'absence d'une menace grave à la lumière du MCS et d'une étude de risques menée conformément au GRER.

Dans cette hypothèse, l'expert reprend les conclusions de l'ER et précise les valeurs limites définies au-delà desquelles il peut être considéré qu'il y a présence d'une menace grave.

L'ER proprement dite est jointe en Annexe E du rapport d'EC (voir section 3.4) et présentée conformément au GRER.

L'expert doit garder à l'esprit qu'en fonction des hypothèses de base de l'étude de risques, peuvent découler des **restrictions d'utilisation** pour le(s) terrain(s) étudié(s) ou les parcelles de celui-ci. L'expert doit rester attentif aux conséquences du choix de ses hypothèses qui peuvent se traduire, à termes par des restrictions mentionnées dans le **certificat de contrôle du sol** de cette parcelle.

3.3.5.C. Contenu de la section 5.3 : Interprétation par rapport aux normes

La rédaction de cette section du rapport prend spécifiquement en considération les éléments du point :

- **2.3.1.E Interprétation des résultats comparativement aux normes**

issu du chapitre II du présent guide.

Après avoir défini et justifié, pour chaque **pollution**, le caractère nouveau ou historique de celle-ci, l'expert présente l'interprétation des résultats relativement aux normes VR, VS, VI (étape 1) ainsi que, le cas échéant, aux concentrations de fond et aux valeurs particulières (étape 2) pour chaque zone de remblais pollués ou tache de pollution.

Si une étude de risque (ER) a été réalisée et que celle-ci a permis de définir une (des) valeur(s) limite(s) au-delà de laquelle (desquelles) il peut être considéré qu'il y a menace grave, l'expert interprète également les résultats par rapport à cette (ces) valeur(s).

Pour rappel, l'expert base son interprétation des résultats par rapport aux normes dans deux tableaux distincts, l'un par **tache de pollution** ou **zone de remblai pollué**, l'autre par parcelle cadastrale. Ces tableaux sont présentés dans le corps du présent rapport (lorsque l'étude comporte au total moins de 20 échantillons analysés) ou en Annexe E (voir section 3.4). Pour la mise en forme de ces tableaux il est suggéré à l'expert de se baser sur l'annexe VI du GREO. En fonction du nombre et du type d'échantillons, ces tableaux peuvent être subdivisés par milieu concerné : sols, dépôts de déchets, eaux, air – gaz.

Chaque tableau présenté doit permettre d'identifier aisément et visuellement, les dépassements observés des valeurs seuil (VS), des valeurs d'intervention (VI) et le cas échéant à VRisque et / ou aux valeurs de références (VR).

Pour les polluants non normés, l'expert rappelle les valeurs énoncées dans la section 2.3. de son rapport d'EC.

Chaque tableau est accompagné d'un commentaire de l'expert

L'expert justifie le choix des normes prises en considération en regard des **types d'usages** considérés (cf. section 2.5.4 du rapport d'EC).

L'expert présente également un ou plusieurs tableau(x) synoptique(s) des dépassements de valeurs prises en considération pour l'interprétation des résultats. Ce(s) tableau(x) est (sont) intégré(s) dans le corps du rapport et peut (peuvent) être présentés selon l'exemple repris dans le tableau ci-après. Il(s) est (sont) établis respectivement pour le sol et/ou les eaux souterraines.

Zone investiguée	Zone A		Zone B		Zone C
Parcelle cadastrale	Division 2 B 67 / D / 0 / 35		Division 2 -B 67 / D / 0 / 38	Division 2 -B 67 / D / 0 / 41	Division 2 -B 67 / D / 0 / 41
Echantillons (profondeur / profondeur crépines)	F7(0-0,5m)	F8 (3,5 – 4 m)	F15 (3,5-4m)	F16 (2,5 – 3m)	Pz 4 (2,5m)
Type de matrice ou horizon prélevé	Sol en place	Remblai	Sol en place	Sol en place	Eau souterraine
Paramètre présentant un dépassement de « la norme considérée » ou de V_{Risque}	TCE, Benzène, Toluène	Pb, Cr ⁶⁺ ,	TCE, As	TCE, Toluène	Pb, As, Benzène

3.3.5.D. Contenu de la section 5.4 : Volumétrie des pollutions

La rédaction de cette section du rapport prend spécifiquement en considération les éléments du point :

- **2.3.1.G Cartographie et volumétrie des pollutions**

issu du chapitre II du présent guide.

Sur base de l'interprétation des résultats (sections 5.1 à 5.4 du rapport d'EC) l'expert estime la volumétrie de chaque tache de pollution ou de massif de remblais.

Les délimitations horizontales et verticales sont préalablement précisées par l'expert afin que les calculs destinés à estimer les volumétries des pollutions puissent être aisément vérifiables.

Toutes les pollutions sont représentées sur un(des) plan(s) détaillé(s) final (finaux) du site (Plans E - voir section 3.5), à une échelle adaptée, avec la localisation et les résultats des analyses ayant permis de délimiter horizontalement la tache ou la zone investiguée. La présentation de cette section est laissée à l'appréciation de l'expert en fonction des spécificités du site étudié, toutefois l'expert fournit, au minimum un plan, sur lequel peuvent être identifiés et positionnés précisément les éléments suivants :

- les forages, fosses et / ou piézomètres ;
- les délimitations des pollutions selon des contours d'iso-concentration reprenant suivant les cas : VR, VS, VI et /ou VRisque ;
- le cas échéant, une délimitation du(des) massif(s) de remblais pollués (plan(s) et coupe(s) longitudinale(s)).
- l'identification et la délimitation précise des parcelles ;

Si des incertitudes persistent quant à la volumétrie d'une pollution, cela est clairement explicité dans le texte et sur les plans (e.g. délimitation sous forme de pointillés).

3.3.5.E. Contenu de la section 5.5 : Analyse interprétative générale

Au sein de cette section, l'expert interprète en synthèse, les résultats à la lumière de l'ensemble des résultats présentés ci-avant et se prononce sur la nécessité d'un assainissement pour chacune des pollutions et chacune des parcelles du terrain investigué.

3.3.6. Contenu du chapitre 6 : Définition des objectifs et des techniques envisageables en lien avec les usages

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments du point :

- **2.3.3 Nécessité, objectifs et techniques d'assainissement**

issu du chapitre II du présent guide.

En fonction de l'analyse interprétative générale présentée ci-avant, l'expert le cas échéant, présente, par parcelle et de manière chiffrée, les objectifs d'assainissement qui devront être atteints, tant en terme de volumétrie qu'en terme de concentration à atteindre.

L'expert présente également les techniques envisageables en prenant en considération les pollutions rencontrées, les objectifs d'assainissement et la configuration des lieux.

L'expert peut synthétiser et compléter ces éléments sous la forme d'un tableau tel que présenté ci-après :

Parcelle	Tache de pollution massif remblais de / de	Nécessité d'un assainissement	Objectif d'assainissement	Technique envisageable
Division 2 B 67 / D / 0 / 35	Zone A	Oui	Assainissement d'un volume de 350 m ³ de terres permettant d'atteindre 0,2 mg/kg en Toluène ; 0,1 mg/kg en Benzène	- excavation, bioremédiation in-situ, extraction sous pression réduite etc...
Division 2 -B 67 / D / 0 / 41	Zone B	Non	-	-
Etc...				

3.3.7. Contenu du chapitre 7 : Opportunité et évaluation des coûts du projet d'assainissement

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments du point :

- **2.3.3 Nécessité, objectifs et techniques d'assainissement**

issu du chapitre II du présent guide.

Sur base des conclusions en matière d'assainissement, l'expert présente une estimation des coûts nécessaires pour établir le projet d'assainissement en tenant compte des éventuels tests de faisabilité à réaliser.

3.3.8. Contenu du chapitre 8 : Conclusions et recommandations

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments des points :

- **2.3.5 Conclusions et recommandations**
- **2.3.7 Proposition de Certificat de Contrôle du Sol (CCS) Nécessité, objectifs et techniques d'assainissement**

issus du chapitre II du présent guide.

L'expert subdivise le chapitre 8 en 2 sections organisées comme suit :

8.1. Conclusions de l'étude de caractérisation

8.2. Propositions et recommandations

8.2.1. Mesure(s) de sécurité

8.2.2. Projet(s) de certificat(s) de contrôle du sol par parcelle

Les informations relatives à la rédaction des CCS sont reprises dans le GREF.

3.3.9. Contenu du chapitre 9 : Conformité et contrôle qualité de l'EC

La rédaction de ce chapitre du rapport prend en considération les éléments du point :

- **2.3.6 Conformité et contrôle qualité de l'EC**

issu du chapitre II du présent guide.

L'expert remplit le tableau de l'Annexe II et extrait de cette dernière les éléments qu'il juge utiles à relever au sein de la présente section.

3.4. Structure des annexes du rapport d'EC

De manière générale, les annexes font l'objet d'une validation ou d'une mise-à-jour sur base de celles présentées lors de l'EO. Les annotations et appellations suivantes sont utilisées. Si d'autres données similaires, doivent être fournies sous ces formes, l'expert continuera la numérotation dans la même logique.

Annexes A : Données administratives

Les pièces à annexer aux données administratives sont :

- Annexe A.1 : Formulaire administratif de terrain, **modèle imposé fourni en Annexe I du présent guide**
- Annexe A.2 : Copie de l'autorisation d'exploiter, du permis d'environnement ou du permis unique
- Annexe A.2 : Copie de l'arrêté d'expropriation

Si certaines pièces n'ont pas lieu d'être, elles porteront la mention «Sans Objet».

Si d'autres pièces administratives sont jointes, elles sont ajoutées en respectant la numérotation présentée (Annexe A.3, annexe A.4, ...).

Annexes B : Données historiques

Sauf cas particulier, l'étude historique fait intégralement partie de la phase d'orientation. Il n'est dès lors pas nécessaire d'annexer systématiquement de nouvelles données. Si un complément d'étude historique a dû être réalisé lors de l'EC, ce dernier est annexé comme suit :

- Annexe B.1 : complément d'étude historique.

Si d'autres pièces liées à l'environnement du terrain sont jointes, elles sont ajoutées en respectant la numérotation présentée (annexe B.2, annexe B.3, annexe B.4, ...).

Annexes C : Données environnementales

Les pièces à annexer sont:

- Annexe C.1 : Liste récente des captages (si l'expert juge nécessaire d'actualiser cette liste par rapport à celle annexée à l'EO).
- Annexe C.2 : Rapport(s) de visite

Si d'autres pièces liées à l'environnement du terrain sont jointes, elles sont ajoutées en respectant la numérotation présentée (annexe C.3, annexe C.4, annexe C.5 ...).

Annexes D : Exécution des travaux

Les pièces à annexer sont:

- Annexe D.1 : Fiches techniques des forages (d'un niveau de détails équivalent aux exemples présentés en annexe V du GREO) et bulletins de prélèvement
- Annexe D.2 : Certificats d'analyse
- Annexe D.3 : Reportage photographique (facultatif)

Si d'autres pièces liées à l'exécution des travaux sont jointes, elles sont ajoutées en respectant la numérotation présentée (annexe D.4, Annexe D.5, ...).

Annexes E : Interprétation des résultats

Les pièces à annexer sont:

- Annexe E.1 : **tableaux généraux d'interprétation des observations et des analyses par rapport aux normes**, par *tache de pollution* ou *zone de remblai pollué*, et par parcelle (si plus de 20 échantillons, sinon ces tableaux sont insérés au corps du texte).
- Annexe E.2 : Rapport d'évaluation des risques rédigé conformément au GRER (si cette évaluation a été jugée nécessaire).

Si d'autres pièces liées à l'environnement du terrain sont jointes, elles sont ajoutées en respectant la numérotation présentée (annexe E.3, annexe E.4, annexe E.5 ...).

Annexes F : Conformité et contrôle de la qualité de l'étude d'orientation

Si l'expert le juge opportun, il peut annexer (**Annexe F.1**) la "**grille de la conformité d'une étude de caractérisation au GREC**" fournie en annexe II du présent guide. Si elle n'est pas complétée sensu stricto, elle sert au minimum de repère à l'expert pour résumer dans le chapitre ad-hoc de son rapport, les points de non conformités ou dérogations auxquels il donne une explication motivée.

3.5. Structure des plans joints au rapport d'EC

De manière générale, les plans font l'objet d'une validation ou d'une mise-à-jour sur base de ceux présentés lors de l'EO. Les numérotations et appellations reprises plus bas sont utilisées par l'expert. Si d'autres données similaires, doivent être fournies sous ces formes, l'expert continuera la numérotation dans la même logique.

Afin d'éviter à l'administration de devoir consulter les plans de l'EO de manière systématique, l'expert joint à l'EC, une copie, le cas échéant actualisée, des principaux d'entre eux.

L'expert tient compte du modèle de présentation des cartes et figures présenté à l'annexe VIII du GREO pour réaliser les plans joints au rapport d'EC.

Plans A : Données administratives

PA1 : Localisation du terrain sur fond topographique récent à 1/10.000 ou 1/50.000

PA2 : Localisation des parcelles sur fond cadastral

PA3 : Localisation du terrain sur le plan de secteur et / ou sur le plan communal d'aménagement

Plans B : Données historiques

PB1 : Planum

Plans C : Données environnementales

PC1 : Localisation du terrain, des captages, des eaux de surface et des zones particulières sur fond topographique

PC2 : Carte pédologique

PC3 : Carte géologique

PC4 : Coupe(s) géologique(s)

PC5 : Carte hydrogéologique et des niveaux piézométriques

PC6 : Carte complémentaire pour les milieux fissurés ou karstiques

PC7 : Coupe(s) géologique(s) complémentaire(s) pour les milieux fissurés ou karstiques

PC8 : Approche géocentrique

PC9 : Carte de l'aléa inondation

Plans D : Échantillonnage

Une seule pièce est recensée dans les Plans D : le **Plan D.1 - Plan d'échantillonnage des pollutions à caractériser**. Si d'autres plans ou cartes sont joint(e)s, notamment dans le cas où plusieurs zones à investiguer sont éloignées l'une de l'autre pour les représenter conjointement sur le même plan, ils (elles) sont ajouté(e)s en respectant la numérotation présentée (Plan D.2, Plan D.3, ...)

Le(s) plan(s) d'échantillonnage comprend (comprennent) :

- la localisation des infrastructures souterraines ;
- la localisation des incidents (déversement de produit sur une zone dépourvue d'un revêtement en béton, fuite de produit au droit d'un tuyau de transfert de produit, etc.) ;

- toutes les zones à investiguer, tous les points et types d'investigation.

Plans E : Interprétations des résultats

Dans les cas simples (un seul polluant ou famille de polluants), une seule pièce est recensée dans les Plans E : le **Plan E.1 - plan d'extension de la pollution**. Si d'autres plans ou cartes sont joint(e)s, ils (elles) sont ajouté(e)s en respectant la numérotation présentée (Plan E.2, Plan E.3, ...). Ces ajouts de plans sont notamment nécessaires dans le cas où plusieurs polluants distincts sont présents et que la surimposition des cartes d'isoteneur rendrait leurs extensions respectives peu lisibles. Toutes ces cartes sont réalisées à une échelle et sur un format offrant le meilleur compromis entre lisibilité et facilité de manipulation. . L'expert utilise en fond de plan le plan des installations et/ou le découpage cadastral et/ou la carte topographique, à nouveau en optimisant la lisibilité de l'ensemble. Les différents contours sont réalisés dans une couleur et avec une épaisseur optimale pour les faire ressortir du fond, l'utilisation des pointillés est de rigueur pour les contours dont le tracé est incertain, faute de résultats analytiques en densité suffisante

L'expert évalue la nécessité de réaliser une représentation de la pollution en coupe, et ce, notamment si cette pollution s'étend dans plusieurs horizons géologiques et/ou dans plusieurs couches aquifères.

Annexe I : Formulaire administratif du terrain

1 Identification du terrain soumis à étude

Nom usuel du terrain (ou lieu-dit) :				
Rue et n° :				
Commune :				
Localité (ancienne commune) :				
Code postal :				
Coordonnées Lambert :				
	Xmin :		Ymin :	
	Xmax :		Ymax :	
	Xmoyen :		Ymoyen :	

2 Fait(s) générateur de l'étude

<input type="radio"/>	Cession du terrain étudié
<input type="radio"/>	Demande de permis d'environnement (activité à risque)
<input type="radio"/>	Cessation d'activités (activité à risque)
<input type="radio"/>	Décision de l'administration selon l'Art. 20 du décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols
<input type="radio"/>	Demande volontaire selon l'Art.19 du décret du 5 décembre 2008 relatif à la gestion des sols
<input type="radio"/>	Autres, à préciser :

3 Liste des parcelles cadastrales faisant l'objet de l'étude

	Prov.	Com.	Div	Section	Radical	Bis/ter	Exposant	Puissance	Superficie (m ²)	Nature cadastrale
P1										
P2										
P3										
...										
Pn										

4 Identification du titulaire de l'obligation

Nom, prénom :		
Personne morale	<input type="radio"/>	N° d'identification d'entreprise (entreprise belge : N° BCE, ...) :	
Personne physique	<input type="radio"/>		
En qualité de	<input type="radio"/>	propriétaire	
	<input type="radio"/>	exploitant	
	<input type="radio"/>	curateur	
	<input type="radio"/>	autre, à préciser :	
Rue et n° :			
Commune :			
Localité (ancienne commune)			
Code postal :			
N° de téléphone :			
N° de mobile :			
Courriel :			

5 Coordonnées de l'Expert, du laboratoire agréé et du préleveur

EXPERT	
Nom de l'Expert:
Catégorie 1	<input type="radio"/>
Catégorie 2	<input type="radio"/>
N° d'agrément :	

LABORATOIRE	
Nom du laboratoire agréé	
N° d'agrément :	

PRELEVEUR	
Nom du préleveur	
agissant sous la responsabilité de	<input type="radio"/> l'expert <input type="radio"/> le laboratoire

6. Identification des propriétaires et/ou exploitants des parcelles concernées par l'étude

Parcelle(s)	Nom(s) Propriétaire(s)	Nom(s) Exploitant(s)
P1		
P2		
P3		
...		
Pn		

Nom(s) (propriétaires / exploitants)	N° d'identification (N° BCE, ...)	Rue et n°	Commune	Code Postal

7. Affectation(s) et type(s) d'usage actuel(s) des parcelles concernées par l'étude

Parcelle(s)	Situation de droit	Usage(s) de fait actuel (Annexe 2 du "décret sols")		Cartographie des usages (*)	Parcelle située en zone particulière ?			Type(s) Usage(s) considéré(s) pour étude
	affectation au plan de secteur / PCA	Type (I,II,III,IV ,V)	Libellé	Type (I,II,III,IV ,V)	Nat 2000 (**)	Prot. 12/07/1973 (***)	Prév. Prise ESOUT (****)	(I,II,III,IV ,V)
P1								
P2								
P3								
...								
Pn								

(*) Selon le Décret relatif à la gestion des sols (M.B. 18.02.2009)

(**) Situées dans un site Natura 2000.

(***) Bénéficiant d'un statut de protection au sens de la loi du 12-07-73 sur la conservation de la nature.

(****) Situées en zone de prévention d'un ouvrage de prise d'eau souterraine (périmètre arrêté ou, à défaut, forfaitaire).

8 Usage(s) ou Activité(s) projetée(s) sur les parcelles concernées par l'étude

Parcelle(s)	Usage projeté (Annexe 2 du "décret sols")		Description de l'utilisation projetée	Rubrique de l'Annexe III (*)
	Type	Libellé		
P1				
P2				
P3				
...				
Pn				

* si pertinent

Annexe II : Grille de la conformité d'une EC au GREC

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
1. Introduction					
1.1. Contexte					
1.2. Résumé non technique					
1.3. Etude d'orientation - résultats et conclusions / recommandations					
rappel des conclusions et recommandations au stade de l'EO					
rappel des mesure(s) de sécurité recommandées par l'expert au stade de l'EO.					
type des mesures et degré d'urgence					
2. Caractérisation du site					
2.1. Aspects administratifs (Formulaire administratif)					
identification du terrain soumis à étude					
éléments générateur(s) de l'étude de caractérisation					
identification du titulaire de l'obligation					
liste des parcelles cadastrales faisant l'objet de l'étude					
coordonnées de l'expert, du laboratoire agréé et du préleveur					
identification des propriétaires et/ou exploitants des parcelles concernées par l'étude					
affectation(s) et type(s) d'usage des parcelles concernées par l'étude (situation actuelle).					
usage(s) ou activité(s) projetée(s) sur les parcelles concernées par l'étude.					
liste des documents fournis en annexe des données administratives					
2.2. Aspects historiques					
2.2.1. Sources consultées					
identification des sources consultées					
fiabilité des sources consultées					
confrontation des sources consultées					
existence d'études sur la qualité des sols antérieures					
synthèse des études antérieures					

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)	Conformité		Non-conformité justifiée	REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
		Conformité	Non-conformité			
2.2.2. Historique des activités et des implantations sur les parcelles étudiées						
identification des propriétaires, exploitants et / ou occupants successifs du terrain et par période d'activité						
évolution des activités et dépôts						
description et localisation des activités du terrain						
description des activités développées sur les terrains avoisinants						
description et localisation des dépôts – réservoirs souterrains (situation actuelle et ancienne)						
description et localisation des dépôts - réservoirs aériens (situation actuelle et ancienne)						
description et localisation des dépôts – autres souterrains (situation actuelle et ancienne)						
description et localisation des dépôts - autres aériens (situation actuelle et ancienne)						
évolution cadastrale						
évolution des bâtiments et des infrastructures						
situation actuelle						
situation ancienne						
topographie primitive et ses éventuelles modifications						
mode de gestion actuel et ancien des parcelles						
pratiques environnementales						
matières premières, produits, sous-produits ou déchets résultant des activités et susceptibles d'avoir contaminé le sol						
incidents sur le terrain étudié susceptibles d'avoir contaminé le sol						
périmètre d'extension maximale des activités passées						
éventuelles périodes d'abandon du terrain étudié, de dépôt illicite de déchets et la nature la plus probable de ces déchets						
études ou assainissements de sol antérieurs et liste des décisions administratives, avec localisation des zones concernées						
2.2.3. Inventaire global des sources potentielles de pollution						
sources potentielles de pollution						
inventaire global des sources potentielles de pollution						
2.3. Aspects environnementaux						

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)	Conformité		Non-conformité		REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
		Conformité	Non-conformité	Non-conformité	Justifiée		
2.3.1. Caractéristiques générales du site							
données topographiques							
données pédologiques							
données géologiques							
géologie régionale							
géologie locale							
données hydrogéologiques:							
identification des aquifères présents au droit du site (y compris caractéristiques)							
présence de nappe de fracture ou de nappe karstique							
complément d'information géologique et hydrogéologique pour les sites présentant une nappe phréatique en milieu fissuré ou karstique							
le niveau naturel présumé des nappes aquifères identifiées en hautes et basses eaux							
la direction présumée de l'écoulement des nappes aquifères identifiées							
la présence d'une zone de protection ou d'un projet de zone de prévention des captages dans les environs							
données hydrologiques							
2.3.2. Sensibilité et vulnérabilité des récepteurs potentiels du site							
identification et localisation des zones sensibles et autres récepteurs potentiels							
identification de la vulnérabilité des récepteurs potentiels (compte tenu de la distance, la topographie, existence de barrières naturelles, ...)							
2.4. Types d'usage à considérer							
périmètre du terrain défini							
affectation planologique des parcelles du terrain							
usage(s) de fait actuel et futur des parcelles du terrain							
type(s) d'usage(s) à considérer à la lumière des affectation(s) et usage(s)							

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
2.5. Autres					
2.5.1. Visite de terrain					
résumé des observations					
synthèse de la compatibilité des informations documentaires avec les informations récoltées lors de la visite					
rapport de visite du terrain					
questionnaire de visite en annexe					
évaluation de la nécessité de joindre le rapport de visite en annexe du rapport d'expertise de l'EO					
2.5.2. Polluants non normés					
2.5.3. Actualisation et remarques					
3. Caractérisation des pollutions					
justification de la stratégie sélectionnée					
élaboration du plan d'échantillonnage					
travaux de terrain et d'analyses - respect du plan d'échantillonnage					
suivi des travaux de terrain					
justification des éventuelles impossibilités d'investiguer					
description détaillée des travaux réalisés					
bon déroulement des travaux d'investigation					
remise en état du terrain					
élaboration d'un tableau synthétique des travaux d'investigation et d'analyse					
4. Modèle conceptuel du site caractérisé (MCSC)					
identification des polluants et des polluants dérivés issus de la biodégradation					
identification des taches de pollution et / ou zone de remblais.					
identification des types d'usage à considérer					
identification des voies de transferts					
identification des récepteurs potentiels					
élaboration du modèle conceptuel du site					
tableau final du MCSC					
représentation schématique finale du MCSC					
plan détaillé du terrain					

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
5. Interprétation des résultats des travaux d'investigation et d'analyses					
5.1. Atteinte des objectifs et validation des résultats					
interprétation des résultats des travaux d'investigation des sols (observations, prélèvements et analyses)					
interprétation des résultats des travaux d'investigation des eaux souterraines (observations, prélèvements et analyses)					
interprétation des résultats des travaux d'investigation des déchets (observations, prélèvements et analyses)					
délimitation des taches de pollution ou zone de remblais					
délimitation horizontale des pollutions					
délimitation verticale des pollutions					
exécution des analyses conformément au CWEA					
localisation et description des forages selon les recommandations du guide de référence pour l'EO					
conformité des piézomètres selon le protocole décrit dans le guide de référence pour l'EO					
conditionnement et transport des échantillons conformément au CWEA					
respect des procédures de stockage et d'évacuation des déchets (solides, liquides)					
5.2. Interprétation des résultats par rapport à la menace grave					
évaluation des risques pour la santé humaine					
évaluation des risques pour les eaux souterraines					
évaluation des risques pour les écosystèmes					
interprétation "globale" ou conclusions par rapport à la menace grave					
5.3. Interprétation par rapport aux normes					
justification du choix des normes					
justification spécifiques aux polluants non normés					
examen de l'ensemble des résultats					
prise en compte des concentrations de fond et/ou des valeurs particulières					
prise en compte de l'évaluation des risques (V_{Risque}).					
élaboration d'un tableau synoptique des dépassements de valeurs					

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
5.4. Estimation de la volumétrie des pollutions					
délimitation de la volumétrie des remblais					
plan détaillé final du site					
6. Définition des objectifs et des techniques envisageables					
définition des objectifs en terme de volumétrie					
définition des objectifs en terme de concentration					
définition des objectifs par parcelle					
7. Opportunité et évaluation des coûts d'assainissement					
définition des techniques envisageables					
estimation du coût lié à l'élaboration du projet d'assainissement					
8. Conclusions et recommandations					
8.1. Conclusions de l'EC					
conclusions d'ensemble en termes administratifs et opérationnels					
8.2. Propositions					
mesures de sécurité (mesures de gestion temporaires et à long terme, ...)					
nécessité d'un projet d'assainissement (cas de dépôt de déchets)					
projet(s) de Certificat de contrôle du sol par parcelle					
9. Conformité et contrôle qualité de l'EC					
validation de la conformité et de la qualité de l'étude					
10. Annexes					
Annexes A					
A1 : formulaire administratif de terrain					
A2 : copie de l'autorisation d'exploiter, du permis d'environnement ou du permis unique					
A3 : copie de l'arrêté d'expropriation + matrice cadastrale					
A4 : ...					
Annexes B					
B1 : complément d'étude historique					
B2 - Bx : autres documents historiques (anciennes cartes, photos aériennes, plans d'usines, représentations iconographiques, etc)					
Annexes C					
C1 : liste actualisée des captages					

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
C2 : rapport(s) de visite					
C3 : ...					
Annexes D					
D1 : fiches techniques (logs de forage, fiches de développement, ...) et bulletins de prélèvements (niveaux piézométriques, débits de purges, ...)					
D2 : bulletins d'analyses avec descriptions des méthodes utilisées (protocoles, seuils de détection, seuils de quantification, ...)					
D3 : reportage photographique (facultatif)					
D4 : ...					
Annexes E					
E1 : tableaux d'interprétation des résultats par rapport aux normes, par tache de pollution ou zone de remblai pollué, et par parcelle					
E2 : rapport d'évaluation des risques					
E3 : ...					
Annexes F : Conformité et qualité de l'EC					
F1 : grille de conformité de l'EC au GREC					
Annexes G: Rapports annexes					
7. Plans					
Plan A : Données administratives					
A1 : Localisation du terrain sur fond topographique récent à 1/10.000 ou 1/50.					
A2 : Localisation des parcelles sur fond cadastral					
A3 : Localisation du terrain sur le plan de secteur et / ou sur le plan communal d'aménagement					
Plans B : Données historiques					
B1 : Planum					
Plans C: Données environnementales					
C1 : Localisation du terrain, des captages, des eaux de surface et des zones particulières sur fond					
C2 : Carte pédologique					
C3 : Carte géologique					
C4 : Coupe(s) géologique(s)					
C5 : Carte hydrogéologique et des niveaux piézométriques					
C6 : Carte complémentaire pour les milieux fissurés ou karstiques					
C7 : Coupe(s) géologique(s) complémentaire(s) pour les milieux fissurés ou karstiques					

Intitulé	Elément nouveau / EO (o/n)			REMARQUES DE LA PERSONNE HABILITEE	REMARQUES DE L'ADMINISTRATION
	Conformité	Non-conformité	Non-conformité justifiée		
C8 : Approche géocentrique					
C9 : carte de l'aléa inondation					
Plans D : Échantillonnage					
D1 : Plan d'échantillonnage					
Plans E: Interprétation					
E1 : Plan détaillé final du site (avec les dépassements de normes éventuellement extension de la pollution)					
Plans F : Autres plans ou cartes					
F1 : plans des impétrants					