

Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués



Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	Avril 2017	

SOMMAIRE

1. SCHEMA CONCEPTUEL	9
1.1 Construire le schéma conceptuel à partir des diagnostics et des études spécifiques	9
1.2 Identifier les enjeux à protéger	10
1.2.1. Les populations et les variables humaines d'exposition aux pollutions	10
1.2.1.a. Les populations	10
1.2.1.b. Les voies d'exposition	11
1.2.1.c. Les vecteurs de transfert	12
1.2.1.d. Les paramètres d'exposition	13
1.2.2. Les ressources et les milieux naturels	14
1.2.2.a. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et autres documents relatifs aux eaux	15
1.2.2.b. La biodiversité	17
1.2.2.c. Le dialogue avec l'administration et les associations de protection de l'environnement	17
1.3 Recueillir les données existantes	18
1.3.1. Les études historiques et documentaires	18
1.3.1.a. Les documents d'urbanisme	19
1.3.1.b. Les inventaires miniers	19
1.3.1.c. Les études de vulnérabilité des milieux	20
1.3.2. La visite des lieux et les entretiens avec les personnes	20
1.4 Caractériser les milieux et les pollutions	20
1.4.1. Les caractéristiques intrinsèques des milieux	21
1.4.1.a. Les propriétés du sol et du sous-sol	21
1.4.1.b. Les caractéristiques des eaux souterraines	21
1.4.1.c. Les caractéristiques des gaz du sol	22
1.4.2. Les caractéristiques des polluants	22
1.4.2.a. La toxicité pour la santé humaine	22
1.4.2.b. La biodisponibilité et la bioaccessibilité orale	23
1.4.2.c. Tenir compte de la dégradation des polluants	25
1.4.2.d. Tenir compte de la spéciation	26
1.4.3. Le comportement des polluants dans leur environnement	26
1.4.3.a. Les indicateurs biologiques	27
1.4.3.b. La dendrochimie et le phytoscreening	29
1.4.3.c. La géophysique	30
1.5. Construire les campagnes de diagnostics spécifiques à chaque site	31
1.5.1. La priorité aux mesures de terrain	31
1.5.2. L'identification des pollutions attribuables aux activités du site : des échantillons témoins à l'environnement local témoin	31
1.5.2.a. Les eaux souterraines et superficielles	32
1.5.2.b. Les sols	33
1.5.2.c. Les gaz du sol et les milieux précédents l'exposition	33
1.5.2.d. L'air intérieur	34

1.5.2.e.	Les denrées alimentaires	35
1.5.3.	La définition des programmes d'investigation : de la caractérisation à la quantification des polluants	35
1.5.4.	L'articulation et la cohérence avec la réglementation sur les déchets	36
1.5.5.	Les rôles et les responsabilités des bureaux d'études et des laboratoires	36
1.6.	Identifier les premières mesures de protection des populations et des milieux	37
1.7.	Du schéma conceptuel au modèle de fonctionnement : le bilan quadriennal	38
2.	LA DEMARCHE D'INTERPRETATION DE L'ÉTAT DES MILIEUX (IEM)	39
2.1.	Les objectifs et principes de l'IEM	40
2.2.	Les situations pour lesquelles l'IEM est à proscrire	40
2.3.	Les caractéristiques de la démarche	41
2.3.1.	Une démarche progressive et réfléchie	41
2.3.2.	Le constat des usages des milieux, des pratiques, des habitudes de vie et de consommation des personnes concernées	41
2.3.3.	L'identification des sources de pollution, des pollutions concentrées et de leur étendue	42
2.3.4.	Les campagnes de diagnostics pour caractériser l'état des milieux d'exposition	43
2.3.5.	Une démarche qui peut nécessiter l'appui des pouvoirs publics	43
2.4.	La gestion des résultats des diagnostics réalisés dans le cadre de l'IEM	43
2.4.1.	Un processus de gestion de résultats de diagnostics environnementaux et non une évaluation de l'état sanitaire des populations	44
2.4.1.a	La démarche d'évaluation des risques pour gérer les résultats des diagnostics	44
2.4.1.b	La comparaison à l'environnement local témoin et aux référentiels disponibles	44
2.4.1.c	La comparaison à l'état initial de l'environnement ou aux éléments du rapport de base	45
2.4.1.d	L'utilisation des valeurs de gestion	45
2.4.2.	Les valeurs d'analyse de la situation	46
2.4.2.a	Pour les teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols	46
2.4.2.b	Pour les pollutions volatiles	47
2.4.2.c.	Mise à jour des valeurs d'analyse de la situation	49
2.4.2.d	Limites et modalités d'utilisation des valeurs d'analyse de la situation	49
2.4.3.	Les compléments spécifiques au milieu Sol	49
2.4.3.a	La comparaison à l'environnement local témoin et aux référentiels disponibles	49
2.4.3.b	Cas particulier du plomb : l'application de l'avis du HCSP du 23 mai 2014	50
2.4.4.	Les eaux souterraines et de surface (eau douce et eau marine)	52
2.4.5.	Les eaux destinées à la consommation humaine	54
2.4.6.	Les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine	54
2.4.6.a	En application des valeurs réglementaires	54
2.4.6.b	Absence de valeurs réglementaires	56
2.4.7.	L'air intérieur en relation avec les sols pollués	56
2.4.7.a	Les valeurs de gestion	56
2.4.7.b	Gestion des résultats sur l'air intérieur couplés à ceux des gaz du sol	57
2.4.7.c	Gestion des résultats d'air intérieur (sans gaz du sol)	58
2.4.7.d.	Gestion des résultats de gaz du sol sans mesures d'air intérieur	59
2.4.8.	L'air extérieur (polluants sous forme particulaire ou vapeur)	61

2.4.9.	Le recours à une évaluation quantitative des risques sanitaires	62
2.5.	Les actions à engager	63
2.5.1.	Assurer la pérennité des usages et gérer les sources de pollution en cas de compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages	63
2.5.1.a.	Un plan de gestion pour les sources de pollution et les pollutions concentrées	64
2.5.1.b.	La mise en place d'une surveillance pour contrôler la pérennité des conclusions	64
2.5.1.c.	Pérennité des usages constatés au moment de l'étude	64
2.5.2.	Gérer les sources de pollution dans l'intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie ou en cas d'incompatibilité	64
2.5.2.a	Identifier et mettre en œuvre les premières mesures de maîtrise des risques	65
2.5.2.b	Concertation avec les élus, l'information des populations et des associations	66
2.5.3.	Transmettre l'information nécessaire aux autorités publiques	66
2.6.	L'évaluation et la gestion d'un signal sanitaire	67
2.7.	Synthèse	67
3.	LES ELEMENTS PRELIMINAIRES AU PLAN DE GESTION	69
3.1.	L'état des lieux	69
3.1.1.	Les définitions génériques	69
3.1.2.	La gestion des pollutions concentrées	69
3.1.3.	Le principe de spécificité inhérent à la gestion des sols pollués	70
3.2.	La localisation, la quantification et la caractérisation des pollutions pour déterminer des seuils de coupure théoriques	70
3.2.1.	La localisation et la quantification des pollutions dans les sols	71
3.2.1.a	Les constats de terrain et les indices organoleptiques	72
3.2.1.b	Déterminer la distribution des polluants au droit du site	72
3.2.1.c	Construire les courbes d'iso-concentration	73
3.2.1.d	La quantification de la masse de polluant	76
3.2.1.e	Limites et points d'attention	77
3.2.2.	La caractérisation de la mobilité : la localisation et la quantification des pollutions dans les gaz du sol et les eaux souterraines	78
3.3.	La définition des objectifs de réhabilitation	79
3.4.	Le traitement et la gestion des pollutions	80
3.4.1.	Les traitements <i>in situ</i> ou sur site	80
3.4.2.	Les traitements hors site	81
3.4.3.	Les mesures de confinement	82
3.4.4.	La prise en compte des dispositions constructives dans les projets de construction	84
3.4.5.	La gestion des pollutions pour les bâtiments existants	84
3.4.6.	Les jardins potagers et les arbres fruitiers dans les projets d'aménagement	85
3.4.6.a	La qualité des sols pour ces usages	86
3.4.6.b	La profondeur d'excavation des sols pour les jardins potagers et les arbres fruitiers	86
3.4.7.	La gestion des pollutions par l'atténuation naturelle	87
3.4.8.	La surveillance environnementale	88
3.4.8.a	À l'issue d'un projet d'aménagement	88
3.4.8.b	À l'issue d'un plan de gestion	88
3.4.8.c	L'exploitation des résultats de la surveillance environnementale : le bilan quadriennal	88

3.4.9.	Le statut réglementaire des installations de traitement et de confinement des pollutions	89
3.5.	La gestion des terres excavées et la gestion des déchets de déconstruction	90
3.5.1.	Les terres excavées	90
3.5.2.	Les déchets de déconstruction	91
3.6.	La validation sanitaire : de l'ARR « prédictive » à l'ARR de validation des travaux	91
3.6.1.	L'Analyse des Risques Résiduels des scénarios de gestion : une ARR « prédictive »	92
3.6.2.	L'ARR à la réception des travaux : la validation sanitaire des travaux de réhabilitation	93
3.6.3.	Les niveaux de risques de référence, les règles d'additivité des risques et le choix des VTR	93
3.6.4.	Une finalité : aboutir à des niveaux de risques acceptables en respectant les valeurs de gestion	94
3.7.	Les estimations financières	94
4.	LE PLAN DE GESTION	97
4.1.	Des mesures de gestion proportionnées aux situations	97
4.1.1.	La gestion des pollutions accidentelles	97
4.1.2.	La gestion des pollutions d'un volume limité et accessibles	98
4.1.3.	L'enlèvement des pollutions concentrées et leur gestion dans les filières appropriées	98
4.2.	Les différents contextes de gestion concernés par un plan de gestion	98
4.3.	Un processus progressif, itératif, évolutif et interactif	99
4.4.	Le choix des scénarios de gestion	100
4.5.	Le bilan « coûts - avantages » pour choisir au moins deux scénarios de gestion	101
4.6.	Les cas particuliers de la démarche de plan de gestion	101
4.6.1.	La caractérisation de l'état des milieux est partiellement possible	101
4.6.2.	Les sources de pollutions se situent hors du périmètre du projet	102
4.6.3.	L'élaboration d'un plan de gestion sans projet d'aménagement précis	103
4.6.4.	Les suites du plan de gestion dans le cadre des procédures d'urbanisme	103
4.7.	Le contrôle de l'efficacité et de la pérennité des mesures de gestion	104
4.7.1.	La mise en œuvre des restrictions d'usage	104
4.7.2.	Le contrôle des mesures de gestion	105
4.7.3.	La mise en œuvre d'une surveillance environnementale	105
4.8.	La restitution du plan de gestion	105
4.8.1.	Une synthèse non technique	106
4.8.2.	Une synthèse technique	106
4.9.	Les éléments de la stratégie de communication	106
5.	L'INGENIERIE DE DEPOLLUTION : CONCEPTION ET SUIVI DE REALISATION DES TRAVAUX	107
5.1.	Les principaux acteurs du projet	107
5.2.	Le plan de conception des travaux	108
5.2.1.	Le contenu du plan de conception des travaux	108
5.2.2.	Le cadre réglementaire	109
5.3.	La consultation des entreprises de travaux	109
5.4.	La suivi de la réalisation des travaux	110

5.4.1.	Le suivi des travaux	110
5.4.2.	La réception des travaux	111
5.4.3.	Le dossier de récolement et l'ARR de validation de travaux	112
5.4.4.	Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)	113
6.	LA GESTION DES ANCIENS SITES MINIERS	114
6.1.	L'organisation pour gérer l'après-mine en France	114
6.2.	L'inventaire et la classification des anciens sites miniers	115
6.2.1.	La classification des déchets des mines « métalliques »	115
6.2.2.	La classification des déchets des mines de charbon	116
6.3.	L'application de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués au cas des sites miniers	117
6.3.1.	Le contexte géologique	117
6.3.2.	Le contexte hydrogéologique	118
6.3.3.	La gestion à différentes échelles	118
6.3.4.	Les sources potentielles de pollution et les polluants associés	119
6.3.5.	Le comportement des polluants dans l'environnement minier	119
6.3.6.	Le retour d'expérience des premières IEM menées sur des sites miniers	120
6.3.6.a	La détermination du fond géochimique local et le recours à l'environnement local témoin	120
6.3.6.b	Le choix des scénarios d'exposition et des paramètres d'exposition pertinents	120
6.3.6.c	L'exploitation des résultats de l'évaluation des risques sanitaires	121
6.3.7.	Des mesures de gestion adaptées	121
ANNEXE :	LES PRESTATIONS DEFINIES DANS LA NORME NF X 31-620	123

Tableaux

Tableau 1 : Teneurs totales en élément traces dans les sols - Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles» - Tableau ASPITET.	47
Tableau 2 : Valeurs R1, R2 et R3 pour quelques polluants (valeurs à la date de publication du présent document).	48
Tableau 3 : Valeurs d'alerte proposées par le Haut Conseil de la Santé Publique pour les principales sources de plomb dans l'environnement.	51
Tableau 4 : La qualité de l'air intérieur mesurée directement sans gaz du sol.	59
Tableau 5 : La qualité de l'air intérieur estimée à partir des gaz du sol.	61
Tableau 6 : Intervalles de gestion des risques dans le cadre de l'IEM.	63
Tableau 7 : Exemple de quantification des volumes de sol et des masses de polluants associées (cas d'étude n° 2).	76
Tableau 8 : Profondeur des racines de certains légumes et arbustes.	86
Tableau 9 : Profondeurs des racines arbres fruitiers.	87
Tableau 10 : Termes de risques associés aux classements par secteurs relatifs au « volet sanitaire et environnemental » et au « volet géotechnique ».	116
Tableau 11 : Offres globales de prestations (Norme NF X 31-620-2).	123
Tableau 12 : Prestations de conseil et d'assistance (Norme NF X 31-620-2).	124
Tableau 13 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-2).	124
Tableau 14 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-3).	125
Tableau 15 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-4).	125

Figures

Figure 1 : Les éléments constitutifs du schéma conceptuel	9
Figure 2 : La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux.	39
Figure 3 : Cas d'étude n° 1 présentant l'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées.	73
Figure 4 : Cas d'étude n° 2 de courbes d'iso-concentration (utilisation d'un logiciel de cartographie avec interpolation par krigeage).	74
Figure 5 : Cas d'étude n° 3 – exemple de représentation en 3 dimensions d'une pollution.	75
Figure 6 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration (cas d'étude n° 2).	77
Figure 7 : Volumes de sol et coûts de réhabilitation associés en fonction des différentes gammes de concentration (cas d'étude n° 2).	95
Figure 8 : Les différentes étapes du plan de gestion.	97

1. Schéma conceptuel

1.1 Construire le schéma conceptuel à partir des diagnostics et des études spécifiques

La construction du schéma conceptuel repose sur une démarche de proportionnalité et de spécificité. Elle s'appuie sur une collecte d'informations nécessitant des recherches documentaires, des constats de terrain, des enquêtes auprès des utilisateurs du site, des campagnes de mesures réalisées sur place, c'est-à-dire des diagnostics ainsi que des études spécifiques (études faune et flore, dossier Loi sur l'Eau, étude géotechnique). Le schéma conceptuel va permettre d'établir un bilan factuel de l'état des milieux du site en vue d'appréhender les relations entre les sources de pollution, les voies de transfert et les enjeux à protéger. Le processus est progressif, itératif, évolutif tout en étant interactif avec les données acquises et les orientations envisagées. Ainsi, du schéma préliminaire construit à l'aide des données initiales, le schéma conceptuel évolue au fur et à mesure de l'acquisition des connaissances.

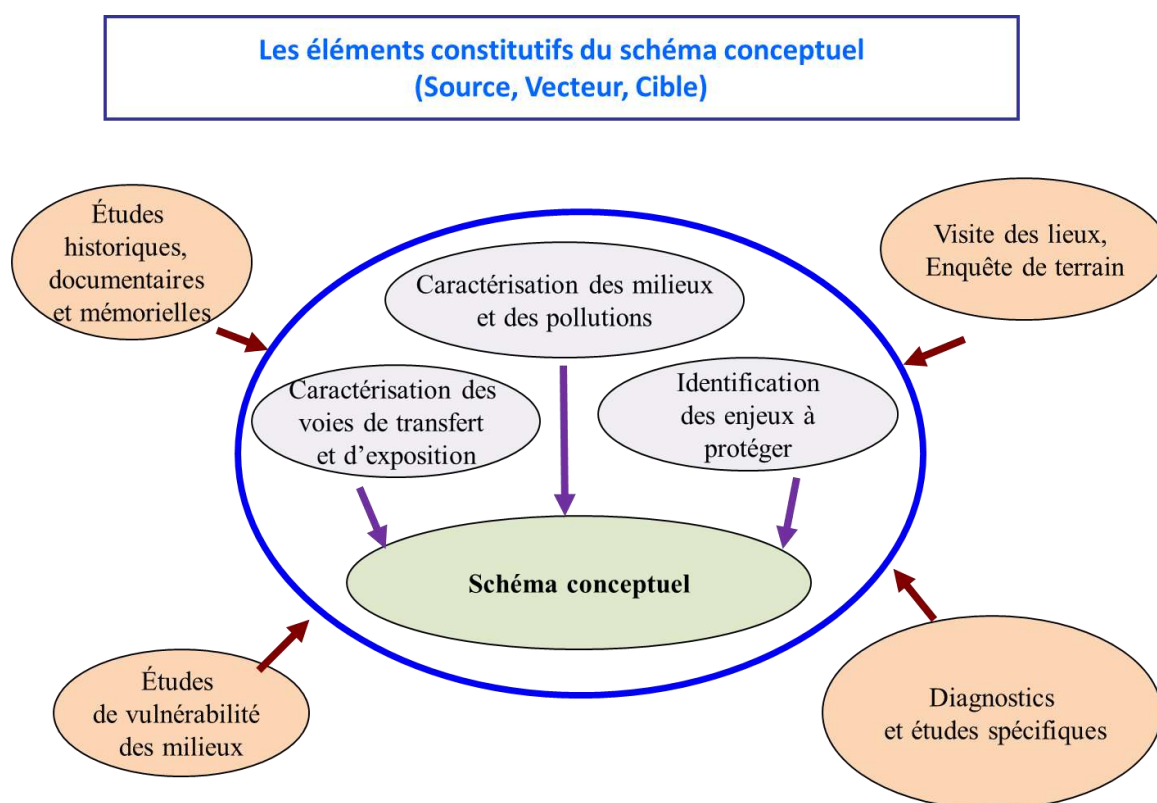


Figure 1 : Les éléments constitutifs du schéma conceptuel.

Le schéma conceptuel doit permettre de préciser les relations entre :

- les sources de pollution et les pollutions concentrées ;
- les différents milieux de transfert et leurs caractéristiques, ce qui détermine l'étendue des pollutions ;
- les enjeux à protéger : les populations, les ressources naturelles, la biodiversité, les ouvrages du génie civil.

S'il s'agit d'un projet de réhabilitation, les usages peuvent être choisis ou adaptés. Le schéma conceptuel évolue d'une configuration initiale, qui consiste à caractériser l'état du site pollué avant le projet de réaménagement, vers la représentation du projet dans sa configuration finale.

S'agissant de la démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM), le schéma conceptuel doit aussi bien s'attacher :

- à identifier et à caractériser les sources de pollution, les pollutions concentrées et les milieux dégradés par ces pollutions ;
- à connaître les vecteurs de transfert ;
- à constater les usages des milieux pour caractériser leur état.



Le guide « Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement », élaboré par le ministère en charge de l'environnement, détaille les éléments nécessaires à l'élaboration du schéma conceptuel.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#schema

1.2 Identifier les enjeux à protéger

1.2.1. Les populations et les variables humaines d'exposition aux pollutions

1.2.1.a. Les populations

Selon l'origine de leur exposition, on distingue deux catégories de population : la « population générale » et les « travailleurs ».

- **La population générale**

Les personnes soumises aux expositions par des pollutions provenant de l'environnement relèvent de la « population générale ».

Cette catégorie comprend :

- la population prise dans son ensemble y compris les enfants, les femmes enceintes, les personnes âgées ou les personnes présentant des pathologies ;
- les travailleurs exposés à des substances chimiques par leur environnement, pour lesquels aucune utilisation spécifique de ces substances n'est identifiée dans leur activité professionnelle. Ces personnes ne disposent pas de suivi médical pour ces substances. Par exemple, il peut s'agir des travailleurs d'un site exposés à des pollutions issues d'un autre site industriel ou à des pollutions historiques sur leur lieu de travail. Dans ce cas, l'inspection du travail peut recommander de mettre en œuvre la méthodologie IEM pour apprécier les expositions.

Pour protéger la population générale des expositions par des pollutions provenant de l'environnement, des valeurs de gestion ont été fixées par les pouvoirs publics sur l'air extérieur, l'air intérieur, les denrées alimentaires et les eaux de boisson, les eaux superficielles et souterraines. À défaut de valeurs, des évaluations quantitatives de risques sanitaires sont réalisées à partir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR - cf. § 1.4.2.a) au regard du contexte et des paramètres d'exposition pour apprécier l'acceptabilité des expositions.

En cas de dépassement de ces valeurs ou des niveaux de risques de référence, il revient aux autorités sanitaires, les Agences Régionales de Santé (ARS) en lien avec leurs médecins de santé publique, d'analyser la situation et de mettre en place, le cas échéant, les outils adaptés pour l'évaluation de l'état sanitaire des populations exposées. En cas de besoin, les autorités sanitaires s'entretiennent avec les personnes afin d'appréhender leur état de santé et identifier d'éventuelles pathologies en relation avec les expositions. Des mesures sanitaires peuvent être mises en œuvre si besoin (cf. § 2.6.).

- **Les travailleurs**

Les personnes exposées à des substances chimiques dans le cadre de leur activité professionnelle et qui bénéficient d'un suivi médical adapté assuré par la médecine du travail, le cas échéant en lien avec le comité d'hygiène de sécurité et des conditions de travail (CHSCT¹), et pour lesquelles le port des équipements de protection (EPI² ou EPC³) est obligatoire en cas d'exposition, relèvent de la catégorie « travailleurs ».

Cette population est, par nature, composée essentiellement d'adultes. Pour les substances les plus dangereuses certaines dispositions protègent spécifiquement certaines populations comme les femmes enceintes ou les mineurs entre 14 et 18 ans.

Les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP) protègent les travailleurs au cours de leur activité professionnelle. Deux types de valeurs sont disponibles : les Valeurs Limites Court Terme (VLCT) et les Valeurs limites sur 8 heures ou Valeur limite de Moyenne d'Exposition (VME).



Le document de l'INRS (2007) liste les valeurs professionnelles disponibles : INRS (2007) - Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France – ED 984 Aide-Mémoire :

www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-984/ed984.pdf

Document unique (cas du travailleur exposé dans le cadre de son travail) : transposition par écrit de l'évaluation des risques imposés par tout employeur par le code du travail) :

www.inrs.fr/risques/chimiques/evaluation-risques.html

1.2.1.b. Les voies d'exposition

L'exposition directe à des substances polluantes se fait soit par inhalation de poussières ou de gaz provenant des sols, des eaux souterraines, soit par ingestion d'eau ou de sols pollués, soit par contact cutané de sols ou de poussières. L'exposition indirecte se fait, par exemple, par consommation de végétaux, de produits d'animaux d'élevage ou de produits de la pêche qui, au contact de sols, des eaux ou de poussières pollués, sont susceptibles d'être eux-mêmes pollués.

La présence des personnes n'est donc pas le seul élément à considérer. Ce sont surtout les types d'usages des milieux par ces personnes qui vont déterminer les modes potentiels d'exposition.

La réalisation du schéma conceptuel devra donc s'attacher à identifier l'ensemble des voies d'exposition pertinentes :

- l'inhalation de substances volatiles émises par les nappes ou les sols pollués ;

¹ CHSCT : Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail

² EPI : Equipement de Protection Individuelle

³ EPC : Equipement de Protection Collective

- l'ingestion de terres notamment par les enfants ;
- l'inhalation de poussières ou de particules ;
- l'ingestion de légumes ou autres denrées alimentaires (poisson, viande, œuf, produits laitiers, etc.) exposés aux polluants (par l'air, l'eau ou le sol) ;
- la consommation ou l'utilisation d'eau souterraine, si des captages ou des puits sont présents ;
- la consommation d'eau du robinet susceptible d'avoir été polluée. En effet, suivant la nature des canalisations, les pollutions organiques peuvent dégrader l'eau du robinet (phénomène de perméation) ;
- le contact cutané avec les milieux eaux ou sols pollués*.

* En l'absence de VTR associée à cette voie d'exposition, l'évaluation des risques ne peut se faire que de manière qualitative.

1.2.1.c. Les vecteurs de transfert

- Les pollutions volatiles

S'agissant des pollutions volatiles émises par les nappes ou les sols, le schéma conceptuel s'attache à comprendre les possibilités de transfert ; il s'agit d'identifier :

- la présence de vides sanitaires, de caves, de parking en vérifiant si ces locaux sont ventilés ou non, mécaniquement ou naturellement ;
- la présence de canalisations (chauffage, distribution d'eau...) ou d'aménagements tels que les vides ordures, les cages d'ascenseurs qui peuvent constituer des vecteurs préférentiels de diffusion des pollutions présentes dans les sols, les gaz du sol ou les eaux souterraines ;
- la présence de chaudière ou autres appareils dont le fonctionnement et l'entretien peut créer une dépression du local qui conduit à « aspirer » les polluants du sol ;
- l'état des dalles pour déceler d'éventuelles fissures, joints de dilatation ou tassement différentiel ;
- la présence et le type de ventilation des différents locaux (ventilation mécanique ou naturelle...) et, en cas de présence de dispositifs de ventilation, le constat de leur fonctionnement et de leur entretien ;
- la présence, l'état et l'opérabilité des ouvertures permettant l'arrivée d'air neuf qui peuvent être partiellement ou totalement obturées l'hiver pour limiter les entrées d'air froid.

Une attention particulière doit également être apportée aux aménagements spécifiques à chacun des sites (structures enterrées, passages de canalisations, voiries, sols compactés, tranchées remblayées...) et aux réseaux enterrés de toute nature desservant le site et son voisinage (eau, assainissement, électricité, gaz,...) qui peuvent modifier les transferts des polluants dans les sols et les eaux souterraines et constituer des vecteurs préférentiels de propagation.

- Les pollutions non volatiles

Pour les pollutions non volatiles, le schéma conceptuel devra s'attacher à identifier les possibilités de transfert de ces substances vers les populations potentiellement exposées. Ainsi, toutes les voies d'exposition pour lesquelles un éventuel contact direct avec les matrices

potentiellement impactées est possible doivent être répertoriées ; cela concerne :

- la présence d'animaux dont la viande ou les produits dérivés (lait, œufs...) seraient consommés. Une attention particulière doit être portée à l'alimentation de ces animaux (lieux de pâture, d'abreuvement...) ;
- la présence de jardins potagers individuels ou collectifs ou de zones de cultures (ingestion de végétaux, inhalation de poussières). Des questionnaires doivent être utilisés afin de mieux identifier les pratiques et les habitudes (type de végétaux cultivés, amendements...) des jardiniers ;
- la possibilité d'exposition par inhalation ou ingestion des poussières. Une attention particulière sera portée sur les paramètres favorisant le ré-envol de poussières (granulométrie, couvert végétal, humidité des sols superficiels, pluviométrie...) ;
- la présence d'aires de jeux pour les enfants dont les sols ne seraient pas recouverts (ingestion non intentionnelle, inhalation de particules...) ;
- la présence d'eaux de surface dans lesquelles des activités récréatives ou de pisciculture sont répertoriées (ingestion de poissons, ingestion non intentionnelle d'eau...) ;
- la présence de puits privés (arrosage du potager, ingestion d'eau de boisson, usages domestiques des eaux (eau sanitaire...)).

1.2.1.d. Les paramètres d'exposition

- La durée d'exposition

La connaissance de la durée d'exposition aux pollutions est un autre paramètre à considérer. Ainsi, les risques résultant de l'occupation permanente de locaux pollués sont d'une toute autre importance que ceux correspondant à des lieux fréquentés de manière occasionnelle.

Les modes et les durées d'exposition possibles des populations aux polluants constituent des paramètres essentiels à l'appréciation des risques. Leur connaissance relève d'enquête(s), de visite(s) à mener au niveau de chacun des sites et des milieux avoisinants.

Les modes d'exposition potentielle conjugués aux durées d'exposition conduisent ainsi à construire les différents scénarios d'expositions à considérer. Il convient de ne retenir que les scénarios qui sont effectivement pertinents pour les populations étudiées. Les scénarios d'exposition retenus permettent alors d'orienter la stratégie de diagnostic de l'état des milieux.

Les durées d'exposition généralement considérées, avant que les effets sanitaires potentiels ne se manifestent, sont de plusieurs années. La problématique des sites et sols pollués relève en effet, pour la population générale, du domaine des expositions chroniques. Certains cas, compte tenu des teneurs et concentrations rencontrées dans les milieux d'exposition, peuvent relever des expositions aiguës dont les effets sanitaires peuvent, par contre, être rapidement observables.

- La quantité ingérée

La voie d'exposition par ingestion concerne d'une part l'ingestion directe de sols ou de poussières potentiellement pollués et d'autre part la consommation d'eau ou de denrées alimentaires ayant été au contact de sols pollués.

La quantité de terre et de poussières ingérée représente un paramètre d'exposition clé dans le domaine des sols pollués, qui peut avoir une influence notable sur le calcul de la dose

d'exposition des populations en contact avec des terres polluées. Cette question fait débat depuis de nombreuses années. En 2007, l'Institut de veille sanitaire (InVS) et l'Institut national de l'environnement et des risques (INERIS) ont mis en place un groupe de travail afin d'apporter des clarifications et analyses autour de cette variable humaine d'exposition à travers un rapport faisant état des connaissances et des propositions d'utilisation des données en matière d'exposition et d'évaluation des risques sanitaires, publié en 2012.

En 2014, le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), à l'occasion d'une étude sur les « expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion » s'est appuyé sur des études plus récentes et a fixé des quantités de sols ingérés comprises entre 100 mg/j (valeur médiane de l'étude de l'agence de protection de l'environnement américaine (US EPA) de 2011) et 200 mg/j (valeur percentile « élevée » de l'étude US EPA de 2011).

Par ailleurs, en 2014, l'INERIS a réalisé une revue approfondie des différentes études portant sur la détermination des taux d'ingestion pour les enfants et les adultes. Ce travail propose une large gamme de valeurs : des valeurs réalistes jusqu'à des valeurs très précautionneuses (utilisables en cas de situations de fortes expositions).

Afin d'assurer la cohérence entre les études, les valeurs proposées par l'InVS et l'INERIS en 2012 sont à utiliser dans la gestion des sols pollués en première approche. Ces valeurs n'empêchent pas d'affiner les résultats au regard du contexte propre au site. Les gammes de valeurs proposées incluent la valeur du 95ème centile de l'étude de Stanek et al, 2001, retenue dans le document INVS-INERIS publié en 2012, soit 91 mg/j pour les enfants jusqu'à 6 ans.

Pour les adultes, une quantité ingérée de 50 mg/j est à retenir en première approche. Néanmoins, cette valeur doit être adaptée aux scénarios d'exposition pertinents (par exemple, l'US EPA recommande, pour des cultures potagères conduisant à du bêchage, de retenir une valeur de 200 mg/j à pondérer selon le nombre de jours d'activité).

1.2.2. Les ressources et les milieux naturels

La préservation des ressources et des milieux naturels fait l'objet de dispositions spécifiques aux niveaux européen, national ou local.

La Directive « Habitats » (92/43/CEE) mise en place avec la Directive « Oiseaux » (79/409/CEE) définit un cadre commun pour la conservation des plantes et des animaux. Elle prévoit ainsi la mise en place d'un réseau de « zones spéciales de conservation » baptisé « Natura 2000 » dont l'objectif est de promouvoir une gestion adaptée des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages, tout en respectant les exigences économiques, sociales et culturelles, ainsi que les particularités régionales et locales de chaque État membre.

Les Zones Naturelles d'Intérêt Écologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF) et les Zones Importantes pour la Conservation des Oiseaux (ZICO) ont pour objectif d'identifier et de protéger les zones particulièrement intéressantes sur le plan écologique. Sans imposer de contraintes réglementaires particulières, ces zones constituent des espaces naturels exceptionnels ou représentatifs à protéger particulièrement.

Il en va de même en ce qui concerne les zones humides qui sont des milieux de vie remarquables pour leur diversité biologique. Ainsi, les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE), qui définissent les orientations nécessaires pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, intègrent la protection et la mise en valeur de ces zones.

D'autres outils juridiques, adaptés au contexte local et à l'importance de la zone à protéger, assurent la conservation des zones humides : réserves naturelles, arrêtés de protection de biotope, réserves naturelles volontaires, zones de protections spéciales, sites Natura 2000, réserves biologiques domaniales, réserves de chasse, de pêche, Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE)...

1.2.2.a. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et autres documents relatifs aux eaux

Dans le domaine de la protection du milieu eau (eau de surface et eau souterraine), les exigences réglementaires proviennent pour une part importante de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) du 23 octobre 2000 (directive 2000/60) qui vise à donner une cohérence à l'ensemble de la législation nationale en lien avec la politique communautaire dans ce domaine. Elle définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen avec une perspective de développement durable.

La DCE fixe des objectifs pour la préservation et la restauration de l'état des eaux superficielles (eaux douces et eaux côtières) et pour les eaux souterraines. L'objectif général est d'atteindre d'ici à 2021 et 2027 le bon état des différents milieux sur tout le territoire européen. Les grands principes de la DCE sont :

- une gestion par bassin versant ;
- la fixation d'objectifs en prenant comme unité de gestion : la masse d'eau ;
- une planification et une programmation avec une méthode de travail spécifique et des échéances ;
- une analyse économique des modalités de tarification de l'eau et une intégration des coûts environnementaux ;
- une consultation du public dans le but de renforcer la transparence de la politique de l'eau.

Parmi les objectifs environnementaux cités dans l'article 4 de la DCE (paragraphe 1), on peut citer les suivants :

- « les États membres mettent en œuvre les mesures nécessaires pour prévenir ou limiter le rejet de polluants dans les eaux souterraines et pour prévenir la détérioration de l'état de toutes les masses d'eau souterraines... » ;
- « les États membres mettent en œuvre les mesures nécessaires pour inverser toute tendance à la hausse, significative et durable, de la concentration de tout polluant résultant de l'impact de l'activité humaine afin de réduire progressivement la pollution des eaux souterraines. »

La DCE définit également une méthode de travail, commune aux 27 États membres, qui repose sur quatre documents essentiels :

- l'état des lieux : il permet d'identifier les problématiques à traiter ;
- le plan de gestion : il correspond au SDAGE qui fixe les objectifs environnementaux ;
- le programme de mesures : il définit les actions qui vont permettre d'atteindre les objectifs ;
- le programme de surveillance : il assure le suivi de l'atteinte des objectifs fixés.

L'état des lieux, le plan de gestion et le programme de mesures sont à renouveler tous les 6 ans.

En 2015, un premier bilan a été établi sur le bon état des eaux. Il a été suivi par l'élaboration d'un second plan de gestion et programme de mesures. L'échéance pour la réalisation des objectifs est fixée en l'année 2027.

La Directive « fille » 2006/118/EC vise l'estimation de l'état qualitatif de toutes les masses d'eau et notamment l'établissement d'un Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS). En particulier, ses objectifs sont de :

- fournir une image cohérente globale de l'état chimique ;
- détecter la présence de tendances à la hausse à long terme ;
- spécifier les contrôles opérationnels et les futurs programmes de surveillance ;
- permettre de déterminer l'état chimique des masses d'eau et le risque de ne pas atteindre les objectifs environnementaux. Pour cela, un Réseau de Contrôle Opérationnel (RCO) a été mis en place.

Cette Directive « fille » concerne ainsi les ressources pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP), les écosystèmes aquatiques associés (rivières, lacs) et les écosystèmes terrestres associés (marais, zones humides,...).

Enfin, de manière plus large, d'autres textes peuvent être également cités compte tenu de leur intérêt dans le cadre de la gestion des sites et sols pollués :

- Arrêté du 17 décembre 2008 modifié et sa circulaire d'application du 23 octobre 2012 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines ; Les valeurs seuils (VS) appliquées aujourd'hui sont inscrites dans cette circulaire ;
- Arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines. Ce document fixe la liste des substances dangereuses mentionnées à l'article R. 212-9-1 du code de l'environnement relatif à la prévention de l'introduction de toute substance dangereuse dans les eaux souterraines. Il permet au préfet coordonnateur de bassin de fixer des dispositions plus strictes d'interdiction de substances dangereuses ou de limitation de l'introduction de polluants non dangereux lorsque cela est nécessaire pour atteindre le bon état des eaux prévu au IV de l'article L. 212-1 du code de l'environnement. Selon l'article 4 de cet arrêté, « Le programme de mesures (...) comprend toutes les mesures destinées à limiter l'introduction [des] polluants dans les eaux souterraines, de telle sorte qu'elle n'entraîne pas de dégradation ou de tendances à la hausse significatives et durables des concentrations de polluants dans les eaux souterraines. Ces mesures tiennent compte des meilleures pratiques établies, notamment des meilleures pratiques environnementales et des meilleures techniques disponibles » ;
- Arrêté du 27 juillet 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement. Cet arrêté comprend les Normes de Qualité Environnementales (NQE) (concentrations maximales admissibles et de valeurs moyennes annuelles, comme l'exige la DCE) ;
- Arrêté du 7 août 2015 modifiant l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement.

1.2.2.b. La biodiversité

La politique du ministère en charge de l'environnement visant à enrayer l'érosion de la biodiversité se structure en quatre volets :

1 - la protection des espaces et des milieux : au-delà des nombreux outils développés depuis plus de cinquante ans (parcs nationaux, réserves naturelles, Natura 2000, parcs naturels régionaux, réserves de biotope...), le ministère en charge de l'Environnement réfléchit à l'élaboration d'une stratégie des aires protégées terrestres métropolitaines. Chantier prioritaire du Grenelle de l'Environnement, l'objectif est de placer d'ici 10 ans, 2 % au moins du territoire terrestre métropolitain sous protection forte. Cette stratégie repose à la fois :

- sur une recherche de complémentarité entre les outils de protection disponibles (parcs nationaux, réserves naturelles, réserves biologiques, arrêté de protection de biotope) ;
- sur l'adaptation de ces outils aux situations locales et sur la promotion d'un partenariat avec les collectivités locales et l'ensemble des acteurs intéressés ;
- et sur une recherche d'efficacité du réseau des aires protégées.

2 - la protection des espèces : le ministère mène une politique de valorisation et de restauration de la faune et de la flore sauvages menacées d'extinction ;

3 - la diffusion des enjeux de la biodiversité dans toutes les sphères de la vie économique, culturelle et sociale française : c'est l'objet de la stratégie nationale pour la biodiversité et des dix plans d'actions sectoriels qui la déclinent ;

4 - une présence sur la scène internationale avec la ratification de différentes conventions visant à protéger les espèces migratrices.

1.2.2.c. Le dialogue avec l'administration et les associations de protection de l'environnement

Au-delà des documents administratifs disponibles, l'identification des ressources, des milieux naturels et de la biodiversité à protéger repose sur le dialogue avec l'administration mais aussi avec les associations de protection de l'environnement œuvrant au niveau local pour la préservation des espèces naturelles et concernées par le projet.

Il en va, par exemple, des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement (CPIE) qui peuvent intervenir comme acteurs privilégiés, agir en médiateurs et travailler en étroite relation avec les acteurs locaux, les institutions publiques et les collectivités.

Ce dialogue, engagé le plus en amont possible, doit être maintenu au fur et à mesure de l'avancement du processus de gestion.



Pour en savoir plus consulter les sites internet :

de l'Union Nationale des Centres Permanents d'Initiatives pour l'Environnement :

www.cpie.fr

et du Ministère en charge de l'Environnement :

www.developpement-durable.gouv.fr

1.3 Recueillir les données existantes

Qu'il s'agisse d'identifier les populations et les activités riveraines (y compris l'agriculture et l'élevage) et les ressources naturelles à protéger ou de procéder au contrôle de l'état des milieux, les recherches bibliographiques, documentaires et de vulnérabilité des milieux sont nécessaires pour déterminer les premières orientations.

1.3.1. Les études historiques et documentaires

Les études historiques sont une première étape incontournable dans le processus de gestion des sites et sols pollués. En effet, à travers l'histoire des pratiques industrielles et environnementales du site, elles ont pour but :

- de recenser et de localiser les activités et pratiques exercées, les incidents ou accidents passés ;
- d'identifier les zones potentiellement polluées ;
- de déterminer la nature et la quantité (en ordre de grandeur) des produits utilisés et des polluants potentiellement présents dans les milieux.

Quand elles sont disponibles et suffisamment exhaustives, elles permettent de limiter certaines incertitudes et de bien dimensionner le programme d'investigations.

Ces études historiques et documentaires s'appuient sur la collecte d'un maximum d'éléments permettant de reconstruire l'histoire d'un site et de son environnement. Différentes sources d'information sont ainsi généralement consultées (liste non exhaustive) :

- archives du site (par exemple : exploitant pour un site industriel) ;
- archives municipales et départementales ;
- administration (DREAL et bureau de l'environnement de la Préfecture pour les ICPE) ;
- photographies aériennes de l'IGN ;
- bases de données usuelles telles que BASIAS⁴, BASOL⁵ et ARIA⁶ ;
- ...

Dans ce cadre, différents outils existent comme la matrice "activités - polluants" qui permet à partir de la connaissance des activités exercées au droit d'un site, de leur associer un panel de polluants susceptibles d'être retrouvés dans les différents milieux considérés. Cet outil permet ainsi de constituer un premier filtre pour la construction d'un programme d'investigation qu'il convient de confronter aux éléments collectés dans le cadre des études historiques et documentaires.



Le guide « Diagnostics de site », élaboré par le ministère en charge de l'environnement, traite les aspects relatifs aux diagnostics documentaires et à la recherche des données de terrain, en fonction des différents milieux susceptibles d'être concernés :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#diagnostic

⁴ BASIAS : Inventaire historique de Sites Industriels et Activités de Service

⁵ BASOL : Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif

⁶ ARIA : Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

La matrice « activités – polluants » actualisée en 2015 par le BRGM est disponible sur le site du ministère en charge de l'environnement :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Bases-de-Donnees.html#map

Sur le volet des outils de recherche historique, il apparaît essentiel de rappeler que la base BASIAS ne renseigne en aucune manière sur l'état de pollution des sites qui y sont recensés. En revanche, cette base de données doit permettre d'orienter et d'optimiser les études historiques à mener sur les sites qu'elle recense dans le cas d'un changement de leur usage.

BASIAS peut donc contribuer au devoir d'information des vendeurs prévu à l'article L.514-20 du code de l'environnement. De même, pour chaque site répertorié dans BASOL, une fiche donne notamment des informations sur l'état des sols, l'existence de restriction d'usage et les parcelles cadastrales concernées. Ces informations doivent être reprises par les secteurs d'informations des sols (SIS) établis en application de l'article L. 125-6 du code de l'environnement.

1.3.1.a .Les documents d'urbanisme

Des recherches documentaires devront également être menées. Parmi les différentes sources à investiguer, la consultation des documents d'urbanisme apparaît essentielle, autant pour la connaissance des usages des sols (identification des ERP⁷...) que pour la connaissance de contraintes qui seraient imposées par le biais de restrictions d'usage : Servitudes d'Utilités Publiques (SUP), Projet d'Intérêt Général (PIG).

S'agissant des autres mécanismes de restrictions d'usage telles que les servitudes de droit privé, leur existence est portée à la connaissance des acquéreurs au moment de la transaction foncière du fait de leur publication au fichier immobilier.

L'article 173 de la loi du 24 mars 2014 prévoit la création de secteurs d'information sur les sols. Ces « SIS » doivent faire l'objet d'une information des acquéreurs et locataires, conformément à l'article L.125-7 du code de l'environnement. Les secteurs d'information sur les sols (SIS), une fois élaborés, seront annexés aux documents d'urbanisme et mis à la disposition du public sur le site Géorisques.



Le site GéoRisques permet de recueillir l'ensemble des informations disponibles sur les risques naturels (inondations, séismes, mouvements de terrain, argiles, avalanches,...) et technologiques (usines à risques, nucléaire, sols pollués,...) :

www.georisques.gouv.fr

1.3.1.b. Les inventaires miniers

L'article 20 de la directive 2006/21/CE du Parlement et du Conseil du 15 mars 2006 prévoit que « les États membres veillent à ce qu'un inventaire des installations de gestion de déchets fermées, y compris les installations désaffectées, situées sur leur territoire et ayant des incidences graves sur l'environnement ou risquant, à court ou à moyen terme, de constituer une menace sérieuse pour la santé humaine ou l'environnement soit réalisé et mis à jour régulièrement ». La méthodologie de gestion des sites et sols pollués, notamment l'IEM, a été adaptée pour les sites relevant de cette directive. Les dispositions du § 6 tiennent compte du retour d'expérience issu des premières études réalisées sur ces sites.

⁷ Établissement Recevant du Public

1.3.1.c. Les études de vulnérabilité des milieux

Elles permettent de déterminer les premiers éléments des processus de transfert des polluants potentiellement dangereux vers les récepteurs. Y sont abordés, pour chacun des milieux suivants (sol, flore, eaux souterraines et superficielles, faune, air) les paramètres physico-chimiques qui ont une influence sur le transfert et le devenir des polluants. Par exemple, pour les eaux souterraines, des données sont recherchées telles que l'épaisseur et la nature de la zone non saturée, l'épaisseur, la nature et la perméabilité de l'aquifère, les sens d'écoulement, les caractéristiques hydrauliques de la nappe...

Les études de vulnérabilité permettent également de réaliser un premier recensement des usages des différents milieux autour du site étudié (occupation des sols, présence de captage d'AEP, localisation des zones naturelles à protéger, des zones de production agricole, etc.), qui est complété par la visite des lieux.

1.3.2. La visite des lieux et les entretiens avec les personnes

Une démarche de gestion ne peut être basée sur les seules études historiques et documentaires, aussi complètes soient-elles. Il est impératif de visiter le site une ou plusieurs fois, le plus tôt possible dans le déroulement des études, afin :

- de dimensionner à leur juste proportion les premières mesures de précaution et de maîtrise des risques quand elles sont nécessaires ;
- d'orienter la recherche documentaire, d'en vérifier certaines informations ou de les compléter ;
- d'orienter la stratégie de contrôle des milieux.

Par ailleurs, le recours à la mémoire des populations riveraines, des responsables locaux et surtout à celle des personnes ayant été employées sur le site, peut permettre de recueillir des informations précieuses, complémentaires aux informations documentaires recherchées par ailleurs.



Le « Guide de visite » du ministère en charge de l'environnement propose des modalités pratiques pour la réalisation d'une visite de site :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#visite

1.4 Caractériser les milieux et les pollutions

Pour caractériser un milieu pollué, il faut, d'une part, connaître les caractéristiques intrinsèques du polluant et, d'autre part, les contextes géologiques et hydrogéologiques, les caractéristiques des milieux (les eaux souterraines et de surface, les sols et les gaz du sol), les conditions environnementales mais également les spécificités du site (présence de Voiries et Réseaux Divers : VRD, existence de bâti,...). Ces éléments permettent d'appréhender la répartition potentielle du polluant et ses éventuelles interactions avec les différentes matrices. Ces données seront nécessaires à l'élaboration du schéma conceptuel.

1.4.1. Les caractéristiques intrinsèques des milieux

1.4.1.a. Les propriétés du sol et du sous-sol

Le sol est un milieu poreux, constitué d'une matrice solide et d'interstices dans lesquels les fluides (liquide ou gazeux) peuvent circuler. Les propriétés du sol et du sous-sol (porosité, perméabilité, minéralogie, microflore...) contrôlent le comportement des polluants et leur migration.

Le pH du sol, sa teneur en matière organique, sa teneur en eau, la présence de bactéries,... sont autant de paramètres spécifiques susceptibles d'influencer le comportement des polluants dans le milieu (via notamment des phénomènes de solubilisation, adsorption, biodégradation, volatilisation, bioaccumulation) ainsi que l'importance du transfert notamment vers les gaz du sol, les eaux souterraines, l'air et/ou les végétaux.

Il convient de rappeler que dans de nombreux cas, les sols, au droit du site étudié, sont souvent constitués des sols restés en place mais aussi de matériaux d'apports qui ne présentent donc pas les mêmes caractéristiques.

1.4.1.b. Les caractéristiques des eaux souterraines

Les eaux souterraines sont plus ou moins vulnérables aux pollutions selon les caractéristiques de l'aquifère (nappe libre, nappe captive, nappe profonde).

Si une pollution parvient à la nappe, un certain nombre de facteurs liés à l'aquifère (type de porosité, hétérogénéité) et à la dynamique de la nappe (gradient hydraulique, effets de pompage) joue sur la propagation du/des polluants (extension longitudinale, transversale et verticale selon la dispersivité du milieu) et leur persistance (taux de renouvellement).

De même, les eaux souterraines réagissent différemment à l'arrivée d'une pollution selon la nature de cette dernière, et selon les conditions physico-chimiques du milieu (pH, Eh (potentiel d'oxydoréduction), conditions aérobies, anaérobies, présence et concentrations d'accepteurs d'électrons,...).

Les eaux souterraines ont également la particularité de présenter des fluctuations saisonnières, voire pluriannuelles de leur niveau qui peuvent jouer sur leur sens d'écoulement. Les relations qu'elles peuvent avoir avec le réseau hydrographique peuvent également conduire à des fluctuations journalières (influence des marées) ou saisonnières (soutien d'étiage⁸).

Les perturbations des sens d'écoulement liées, par exemple à des pompages (industriels, agricoles, privés, AEP) ou des ouvrages (tunnels, confinement, plan d'eau artificiel) doivent aussi être prises en compte.

Quand les interstices du sol sont remplis d'eau, on parle de Zone Saturée (ZS). Dans la zone située au-dessus du toit de l'aquifère, ces interstices sont remplis de gaz et d'eau interstitielle. Il s'agit alors de la Zone Non Saturée (ZNS). La répartition des polluants entre ces différentes zones (notamment frange capillaire⁹) est à étudier tout particulièrement lors de la réalisation des diagnostics.

⁸ Action d'augmenter le débit d'un cours d'eau en période d'étiage à partir d'un ouvrage hydraulique ou d'un aquifère.

⁹ Zone de transition entre une zone saturée et une zone non-saturée

1.4.1.c. Les caractéristiques des gaz du sol

La mesure des polluants contenus dans les interstices du sol, dans la zone non saturée, permet d'identifier la présence puis de caractériser une pollution volatile aussi bien située dans les sols que dans les eaux souterraines.

Les principaux paramètres qui vont concourir au remplissage des interstices du sol sont les suivants :

- les propriétés intrinsèques des polluants ;
- les propriétés intrinsèques des milieux (porosité, perméabilité,...) ;
- les caractéristiques environnementales : pression atmosphérique, température du sol et de l'air atmosphérique, pluviométrie, vent, niveau statique des eaux souterraines.

1.4.2. Les caractéristiques des polluants

Les pollutions en cause sont des substances organiques, des métaux ou métalloïdes, d'origine anthropique ou naturelle, et qui peuvent pour certaines être radioactives.

Les polluants se présentent sous différentes formes : solide (métaux lourds...), liquide (carburants, solvants...), gazeuse (substances organiques volatiles,...). Les caractéristiques physico-chimiques des polluants identifiés sont à étudier.

La densité, la solubilité et la miscibilité dans l'eau, le degré d'affinité du polluant avec différents types de solvants (eau, solvants organiques naturels ou non,...), la volatilité et le caractère (bio)dégradable, la faculté à migrer ou à rester piégé dans les sols et dans les eaux, sont des paramètres nécessaires à la compréhension du comportement des polluants dans les milieux. Ils sont tout aussi importants que la connaissance de la toxicité des polluants sur le plan de la santé humaine et environnemental.



S'agissant des pollutions radioactives, un guide de « Gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives », décembre 2011 a été élaboré sous l'égide de l'ASN, du ministère en charge de l'environnement et de l'IRSN :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#radio

1.4.2.a. La toxicité pour la santé humaine

Il apparaît essentiel de rappeler que les polluants se trouvant dans l'environnement peuvent avoir des effets sur la santé humaine en cas d'exposition. Leurs effets peuvent être locaux (altération cutanée, du tractus digestif ou respiratoire), systémiques (altération d'organes tels que le rein, le foie ou le cerveau). Des effets Cancérogènes, Mutagènes ou toxiques pour la Reproduction (CMR) peuvent également survenir.

Selon le contexte de l'étude considéré, la gestion des résultats des diagnostics, se base sur :

- la comparaison aux valeurs caractérisant l'environnement local témoin (cf. § 1.5.2) ;
- les valeurs de gestion en vigueur ;
- la réalisation d'une Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) qui repose sur l'utilisation de Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).

Une VTR correspond à la relation existante entre la dose d'exposition et l'apparition probable d'un effet sanitaire lié à une exposition répétée allant de plusieurs jours à plusieurs années.

Les VTR sont construites pour l'ensemble de la population générale, à partir d'études chez l'animal ou d'études épidémiologiques. Elles utilisent pour toutes les substances un facteur de sécurité pour protéger l'ensemble de la population. Une VTR est un indice toxicologique qui permet de quantifier un risque pour la santé humaine. Les VTR sont spécifiques d'une durée d'exposition (aiguë, subchronique ou chronique), d'une voie d'exposition (orale, respiratoire,...), d'un type d'effet (effet à seuil ou effet sans seuil ...).

En fonction des polluants et de leurs effets, plusieurs types de VTR sont proposés par les organismes internationaux :

- les VTR pour les substances à effets à seuil : elles correspondent à la quantité d'un produit ou à sa concentration dans l'air à laquelle un individu peut être exposé (par ingestion ou inhalation) sans constat d'effet néfaste sur une durée déterminée (les effets attendus peuvent être systémiques ou CMR) ;
- les VTR pour les substances à effets sans seuil : elle quantifie la relation quantitative entre la dose d'exposition et la probabilité de survenue de l'effet.

Pour le choix des VTR, il convient de se référer à la note d'information de la Direction Générale de la Santé (DGS) N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études. Cette note propose notamment un logigramme qui permet d'avoir recours à une expertise collective nationale pour le choix des VTR. Ainsi, le recours aux VTR issues de l'expertise de l'INERIS, organisme de référence, est recommandé pour permettre une gestion harmonisée au niveau du territoire national.



Les VTR résultant de l'expertise de l'INERIS sont disponibles sur le portail substances chimiques de l'INERIS :

www.ineris.fr/substances/fr/

1.4.2.b. La biodisponibilité et la bioaccessibilité orale

Classiquement, les évaluations quantitatives des risques sanitaires considèrent, selon une approche majorante, que la biodisponibilité d'un polluant dans les milieux étudiés (la terre ingérée, les végétaux autoproduits consommés, etc.) est totale, c'est-à-dire que la totalité des polluants ingérés se retrouvent absorbés dans l'organisme. Physiologiquement si une partie des polluants passe effectivement dans la circulation sanguine, une partie est éliminée directement au cours de la digestion.

Pour un composé donné, la biodisponibilité (fraction ayant passé les barrières biologiques), peut être approchée notamment par la bioaccessibilité (« fraction libérée dans les sucs gastro-intestinaux humains et donc disponible pour absorption »).

Ce paramètre appliqué en tant que facteur correctif de la concentration totale, permet une estimation plus réaliste de l'exposition. Il améliore ainsi l'estimation des niveaux de risques et permet de proposer des actions mieux proportionnées.

Cependant, les données concernant la biodisponibilité et la bioaccessibilité orale sont encore éparpillées, peu nombreuses dans la littérature et donc pas toujours adaptées au contexte étudié. Seuls trois métaux (arsenic, cadmium et plomb) et quelques polluants organiques sont actuellement documentés pour l'ingestion. Les éléments bibliographiques actuellement disponibles, montrent qu'il existe d'importantes variabilités de valeurs de bioaccessibilité notamment dans les sols issus de différents contextes historiques ou de différentes lithologies.

Ainsi, il apparaît difficile aujourd'hui d'intégrer uniquement des données de biodisponibilité ou de bioaccessibilité sur la base des seules données émanant de la littérature.

Il est recommandé d'utiliser en priorité des valeurs de bioaccessibilité mesurées dans les matrices prélevées sur le site d'étude et selon des protocoles validés, et spécifiques du milieu d'exposition.

- ***Dans la démarche d'IEM ou dans un plan de gestion réalisé à l'issue d'une IEM***

Dans la démarche d'Interprétation de l'État de Milieux (IEM), le recours à la bioaccessibilité permet d'affiner les évaluations quantitatives des risques sanitaires avant de s'engager dans une démarche de plan de gestion : sur le site étudié, des prélèvements en nombre suffisants sont réalisés sur les milieux d'expositions considérés, pour la réalisation de tests de bioaccessibilité en laboratoire.

La bioaccessibilité est très variable selon les polluants :

- dans les sols, elle est généralement supérieure à 50 % pour le plomb alors que pour l'arsenic et le cadmium, elle peut être beaucoup plus basse justifiant d'autant sa caractérisation.
- pour les PolyChloroBiphényles (PCB), les études actuelles conduisent à considérer 100 % de bioaccessibilité.

La pertinence de ces analyses devra être mise en perspective avec les apports éventuels liés à cette donnée, en particulier, lorsque les teneurs sont importantes.

- ***Dans la démarche de plan de gestion pour un projet d'aménagement ou de réhabilitation***

Dans la démarche de plan de gestion, lorsqu'elle est d'emblée requise, la prise en compte de la bioaccessibilité orale sera réservée à des situations singulières. Ainsi, lorsqu'il est démontré d'une part que l'influence de ce paramètre est significatif sur le résultat de l'évaluation des risques et d'autre part qu'il impacte de manière très importante le bilan coût-avantage du projet, au point notamment de remettre en cause sa viabilité financière (grande surface concernée par exemple), ce paramètre pourra être retenu sous réserve d'un argumentaire détaillé. Celui-ci reposera sur des protocoles de mesures validés et sur un nombre d'échantillons suffisant pour garantir la représentativité et robustesse des résultats afin de sécuriser le scénario de gestion choisi.



La norme : XP ISO/TS 17924 - Mars 2008 « Qualité du sol - Évaluation de l'exposition humaine par ingestion de sol et de matériaux du sol » donne les lignes directrices pour l'application et la sélection de méthodes d'extraction fondées sur le point de vue physiologique pour l'estimation de la bioaccessibilité/biodisponibilité pour l'être humain de métaux dans le sol. **Elle est actuellement en cours de révision, avec l'intégration du test UBM (Unified Barge Method). Actuellement, ce test est uniquement validé pour l'arsenic, le cadmium et le plomb.**

Guide pratique relatif à la quantité de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants - État des connaissances et propositions de l'INERIS et l'InVS, septembre 2012 :

www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Guides/Quantites-de-terre-et-poussieres-ingerees-par-un-enfant-de-moins-de-6-ans-et-bioaccessibilite-des-polluants

Ce document mentionne notamment les modalités d'utilisation des valeurs de bioaccessibilité dans les calculs des expositions et des risques avec leur formulation, actuellement disponible uniquement pour l'arsenic, le cadmium et le plomb.

Présentation réalisée lors de la Journée Technique organisée par l'INERIS en concertation avec le ministère en charge de l'Environnement de 2014 « Caractérisation de la bioaccessibilité (sols) :

Retour d'expérience pour sa prise en compte dans l'exposition et l'évaluation des risques » disponible à l'adresse suivante :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/8-INERIS_CHU.pdf

1.4.2.c. Tenir compte de la dégradation des polluants

Les réactions susceptibles de se produire dans le milieu naturel par interaction avec d'autres polluants, ainsi que l'évolution des polluants dans le temps, sont également des notions essentielles. Un polluant peut se dégrader dans le temps pour former des produits de nature physique différente ou des produits de décomposition plus toxiques ou plus mobiles que le polluant initial. Il en va par exemple ainsi du tétrachloroéthylène qui, par dégradation et sous certaines conditions, peut former du mono-chlorure de vinyle. Il convient donc de rechercher les métabolites de dégradation jugés pertinents par le prestataire en charge du diagnostic.

Lors de la surveillance des eaux souterraines au droit de sites et sols pollués, on constate généralement qu'une fois la source primaire de pollution traitée ou tarie, le panache impactant la nappe, après une période d'extension ou de dispersion due à l'étalement du front de pollution, se stabilise dans un premier temps, puis, dans de nombreux cas, se résorbe lentement.

Cette résorption témoigne également, dans le milieu souterrain préalablement impacté, de phénomènes actifs dénommés également "phénomènes de l'atténuation naturelle". Ces phénomènes regroupent des processus hydrodynamiques et physico-chimiques tels que la convection, la dispersion, la sorption, la dégradation chimique ou biologique des polluants..., ayant pour effet de réduire, avec le temps, la masse et le volume d'un panache polluant ou la concentration d'une pollution.

- Les analyses isotopiques

Les outils isotopiques permettent de mettre en évidence des variations même très faibles des proportions en isotopes stables d'éléments majeurs tels que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène,... Ces outils se sont considérablement développés durant les 20 dernières années.

L'analyse isotopique des composés organiques peut être un moyen rapide pour identifier l'origine d'une pollution (naturelle ou anthropique) ou évaluer l'efficacité d'un procédé de traitement *in situ*.

En complément de la chimie classique ou des analyses microbiennes, les analyses isotopiques permettent de caractériser la dégradation d'un polluant ou distinguer les polluants d'origine de leurs métabolites.

Ainsi, un changement dans les rapports isotopiques d'un polluant présent dans la source par rapport à des piézomètres situés en aval hydraulique peut révéler que ce polluant a été traité.

- La forensie environnementale : « expertise environnementale »

Les difficultés de gestion des pollutions organiques (les hydrocarbures ou les solvants chlorés) ont conduit certains pays à mettre en place une approche dénommée « forensie environnementale ». Elle permet d'appréhender le phénomène de « vieillissement » d'un polluant dans un milieu, c'est-à-dire les modifications physico-chimiques intervenues au cours du temps du fait des conditions spécifiques au milieu concerné.

La « forensie environnementale » est basée sur une combinaison des méthodes d'analyses et d'interprétation :

- les méthodes d'analyse spécifiques telles que la spectroscopie Infra Rouge (IR), la chromatographie gaz (CG) et liquide (LC), les méthodes biochimiques (immuno-essai) ou isotopiques ;

- les méthodes d'interprétation destinées à définir l'empreinte chimique des produits concernés (comparaison de profils chromatographiques, comparaison de rapports spécifiques de composés telle que l'utilisation de la méthode PIANO pour les hydrocarbures légers ou la comparaison de ratios d'isotopes ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$, $^1\text{H}/^2\text{H}$,...)).

Les différents niveaux d'analyses et d'interprétation permettent d'affiner progressivement la compréhension du contexte.



Le « Guide relatif à la nature des produits pétroliers et origine du vieillissement : tentative de l'identification de la source via la prise en compte des impacts et l'analyse de l'âge approximatif des déversements », BRGM/RP-64174-FR de décembre 2014 a été élaboré par le BRGM pour le compte du ministère en charge de l'environnement. Il expose les méthodes d'analyses et d'interprétation qui permettent de mieux appréhender les sources de pollution, les impacts et le devenir des produits pétroliers dans les sols et les eaux souterraines.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#nature

ATTENA est un projet de recherche sur l'ATTÉnuation NATurelle. Il propose plusieurs guides dont un Protocole opérationnel de gestion des sites en cohérence avec le contexte réglementaire français :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Documents-pour-la-gestion-des.html#attena

1.4.2.d. Tenir compte de la spéciation

Pour certains polluants, tels que métaux ou métalloïdes, et dans certains contextes, la caractérisation de la spéciation, est nécessaire. Il s'agit de la connaissance de l'espèce ou de la forme moléculaire précise du polluant en cause dans le milieu considéré. En effet, pour un même polluant, la toxicité et la mobilité peuvent être très différentes d'une espèce à une autre (il en va notamment des différentes formes du chrome, de l'arsenic, du plomb, du mercure,...). La spéciation permet de sélectionner la valeur toxicologique de référence la plus adaptée (si elle existe) et de renseigner sur d'autres propriétés physico-chimiques (solubilité par exemple).

La connaissance de la spéciation du polluant en cause peut s'avérer nécessaire aussi bien pour mieux comprendre les mécanismes de transfert et avoir une meilleure appréciation des impacts à l'issue des premiers éléments de l'état des lieux, que pour mettre au point un plan de gestion du site.

1.4.3. Le comportement des polluants dans leur environnement

Les propriétés intrinsèques des polluants et des milieux traversés, les interactions entre les polluants et le milieu, leur répartition dans le sol (en particulier, zone saturée et zone non saturée) ainsi que les conditions locales (pluviométrie, pression atmosphérique, par exemple) sont autant de facteurs influençant la migration des polluants et donc leur impact.

Un polluant donné, une fois déversé dans le milieu poreux souterrain se retrouve à l'équilibre entre ses différentes phases : phase pure, phase aqueuse, phase adsorbée, phase gazeuse. La répartition entre ces différentes phases dépend également des caractéristiques du milieu.

La modification de l'usage d'un sol (modification de pH, destruction de bâtiment, mise à nu de sols jusqu'alors recouverts) peut conduire à perturber les équilibres établis. Des pollutions jusqu'alors stables, sous des formes peu toxiques, peuvent voir leur mobilité ou leur toxicité évoluer : le retour d'expérience a montré, par exemple, le cas d'un site pollué aux ferrocyanures dont le chaulage des sols a provoqué la formation de cyanures très mobiles et une migration vers un captage d'AEP proche conduisant à son abandon.

Les aménagements spécifiques à chacun des sites (structures enterrées, passages de canalisations, voiries, sols compactés,...) et les réseaux enterrés de toute nature desservant le site et son voisinage (eau, assainissement, électricité,...) peuvent modifier les transferts des polluants dans les sols et les eaux souterraines et constituer des vecteurs préférentiels de propagation.

Par ailleurs, les pollutions des sols et des eaux souterraines en contact avec des ouvrages, des éléments de génie civil et, de manière plus générale, avec des matériaux de construction, peuvent avoir sur ceux-ci des effets néfastes tels que la corrosion et l'altération des caractéristiques mécaniques ou d'étanchéité. Si le maître d'ouvrage en fait la demande, ces éléments doivent être pleinement pris en considération lors de l'exploitation des données de l'état des lieux. Par exemple, les solvants en phase organique peuvent dissoudre des joints d'étanchéité en PVC, ou encore les réseaux de distribution d'eau potable peuvent être perméables aux pollutions contenues dans les sols lorsque les matériaux composant les canalisations ne sont pas adaptés.

La connaissance des polluants en cause, des propriétés des sols et des eaux souterraines, des aménagements du site, donc la connaissance du comportement des polluants dans l'environnement qui est complètement spécifique au site considéré a une incidence majeure en termes de dimensionnement et de compréhension des diagnostics et des mesures de gestion. L'acquisition de toutes ces informations relève des campagnes de diagnostics à mettre en œuvre au niveau de chacun des sites et justifie le principe de spécificité inhérent à la gestion des sols pollués.

Différentes méthodes ou approches existent pour caractériser les effets des polluants dans les milieux. Certaines techniques éprouvées ou innovantes sont présentées dans les paragraphes qui suivent. Cette liste n'est pas exhaustive.



Le « Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes », 2008, élaboré par le BRGM pour le compte du ministère en charge de l'environnement, présente les paramètres pris en compte pour la détermination de la volatilité des composés et leur comportement dans les sols et dans les eaux :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Documents-pour-la-gestion-des.html#comportement

Le rapport « Paramètres de transferts de polluants dans les sols et les eaux souterraines - Évolution de la base de données SORP-BIO pour les substances inorganiques », avril 2014 élaboré par l'INERIS pour le compte du ministère en charge de l'environnement, présente les évolutions de la base de données concernant les principaux Éléments Traces Métalliques (ETM, c'est-à-dire métaux et métalloïdes) :

www.ineris.fr/centredoc/rapport-drc-13-136138-11331a-vf2-1427207631.pdf

1.4.3.a. Les indicateurs biologiques

- **Indice IBG-DCE (Indice Biologique Global - Directive Cadre Eau) et IBGN (Indice Biologique Global Normalisé)**

Des investigations sur des organismes intégrateurs peuvent, dans certains cas, compléter les analyses physico-chimiques. Ces mesures présentent l'intérêt de pouvoir démontrer des transferts actifs de polluants et des impacts sur ces milieux.

Sur la base des capacités indicatrices et intégratrices des organismes, des méthodes qualitatives de type « indice biologique » ont été mises au point. L'IBG-DCE (ou Indice Biologique Global compatible avec la Directive Cadre sur l'Eau) repose sur l'application durant de nombreuses années de différents indices biologiques qui ont été progressivement améliorés.

Cette méthode constitue une évolution par rapport à l'IBGN (Indice Biologique Global

Normalisé), encore utilisé en routine pour la mise en évidence de perturbations, surtout d'origine organique. Néanmoins, il est important de noter que des passerelles existent entre l'IBG-DCE et l'IBGN, notamment pour la partie calcul de l'indice ; l'historique des données acquises par la méthode de l'IBGN peut ainsi être conservé et utilisé.

Les analyses sur les bryophytes, tant aquatiques que terrestres, permettent de voir respectivement les transferts de polluants dissous dans les eaux ou les transferts de polluants sous forme particulaire sous l'effet du vent.

Dans tous les cas le choix de(s) méthode(s) qui seront mises en œuvre doit se faire en tenant compte du contexte (par exemple, l'IBGN ne convient pas pour tout type de cours d'eau).



Le « Protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en œuvre du programme de surveillance sur cours d'eau » de l'Union des Syndicats d'Aménagement et de Gestion des Milieux Aquatiques détaille la méthodologie à utiliser pour réaliser l'IBG-DCE :

www.truite.org/ibgn

- **La biologie moléculaire**

Les outils de biologie moléculaire sont les outils permettant d'isoler, de manipuler ou encore de caractériser les composants moléculaires d'une cellule ou d'un ensemble de cellules (ADN¹⁰, ARN¹¹, enzymes responsables de la dégradation des contaminants). Ils peuvent être utilisés pour caractériser ou identifier les populations microbiennes dans un environnement donné (ex : sols, eau, boue, remblais ...). Ils permettent de déterminer si un traitement par bioremédiation est envisageable ou si la dégradation biotique est effective, de redéfinir les stratégies ou de suivre l'efficacité d'un traitement.

Ils permettent de comprendre les mécanismes microbiens en jeu et ainsi d'anticiper le devenir des polluants en cas de dysfonctionnement ou d'une perte d'efficacité d'un traitement mis en place.

Lors de la caractérisation d'un site (identification des contaminants présents, importance et étendue de la pollution, évaluation de l'atténuation naturelle...), les outils de biologie moléculaire peuvent contribuer à la sélection des différentes options de traitements possibles.

Ils sont utilisés dans le cadre des tests de faisabilité ou traitabilité pour, par exemple, comparer l'efficacité d'un traitement par rapport à une atténuation naturelle, pour déterminer l'impact d'un amendement ou d'un traitement sur les populations microbiennes impliquées.



Rapport ADEME de janvier 2015 : « Les outils de biologie moléculaire et leur utilisation dans le domaine de la gestion des sites pollués » :

www.ademe.fr/outils-biologie-moleculaire-utilisation-domaine-gestion-sites-pollues

- **Les autres outils biologiques**

La caractérisation des sols contaminés à l'aide d'analyses physico-chimiques, bien qu'elle soit essentielle, ne permet pas toujours de connaître le comportement des polluants dans les milieux impactés, leurs transferts dans les chaînes trophiques, ou leurs effets sur les

¹⁰ ADN : Acide DésoxyriboNucléique

¹¹ ARN : Acide RiboNucléique

organismes terrestres.

Il est donc nécessaire, dans certains cas, de compléter cette caractérisation avec d'autres informations telles que celles apportées par les indicateurs biologiques. En effet, ceux-ci permettent de renseigner sur les interactions des contaminants avec le milieu, sur les effets des mélanges de substances peu pris en compte dans la caractérisation physico-chimique initiale ainsi que sur les propriétés/fonctions biologiques inhérentes au sol.

Dans le domaine des sites et sols pollués, les outils biologiques peuvent être utilisés pour :

- évaluer les interactions des contaminants avec le milieu, leur biodisponibilité (cf. indice a) et leurs transferts vers les premiers maillons de la chaîne trophique (végétal ou animal) ;
- évaluer les effets des polluants seuls ou en mélange vis-à-vis des organismes du sol et par conséquent évaluer l'état biologique du sol qu'il soit issu d'un site contaminé (ex : site industriel, sol urbain) ou suite à une remédiation (ex : traitement physico-chimique ou biologique) ou encore après une opération de phytomanagement ;
- orienter le choix d'un usage actuel ou futur d'un sol dégradé (ex : réaménagement d'une friche urbaine en parc urbain). La connaissance des fonctions biologiques assurées par les organismes du sol (ex : fonction habitat, fonction recyclage des nutriments, capacité de rétention, potentiel d'atténuation naturelle fortement liée aux activités microbiennes,...) permet d'améliorer la prise de décision lors de la restauration des sols et de la reconquête des friches.

La caractérisation de l'état biologique d'un sol et des effets liés aux perturbations/altérations chimiques ou physiques nécessitent trois types de caractérisations complémentaires : (1) caractérisation physico-chimique basée sur des analyses en laboratoire, (2) caractérisation écotoxicologique basée sur des bioessais de laboratoire (cf. indice b) et (3) caractérisation écologique basée sur des outils de terrain de type bioindicateurs (cf. indice c) intégrant l'ensemble des facteurs environnementaux grâce à des organismes sentinelles.



a) La Norme ISO 17 402 – 2008 définit la fraction biodisponible des contaminants du sol comme ce qui peut être absorbé par un récepteur humain ou écologique ou être disponible pour une interaction avec les systèmes biologiques (cf. norme ISO 17402). Elle liste les approches chimiques et biologiques existantes d'évaluation de la disponibilité et de la biodisponibilité et spécifie les principes et les conditions limites des méthodes à utiliser.

b) Des informations complémentaires sur les bioessais de laboratoire sont disponibles sur le site de l'AFNOR/T95E (Domaine Biosurveillance de l'environnement).

c) Les fiches techniques des outils de terrain de type Bioindicateurs sont consultables sur le site Internet :

www.ademe.fr/bioindicateurs-outils-biologiques-sols-durables-fiches-outils

Certains outils biologiques basés sur des modifications/adaptations à l'échelle des communautés ou populations (ex : mesure de la biomasse microbienne, mesure des communautés de la faune du sol) sont adaptés pour mettre en évidence des changements à long terme des écosystèmes (car ces modifications peuvent parfois être très longues à se produire et se stabiliser). D'autres indicateurs biologiques tels que des modifications cellulaires ou métaboliques (ex : Indice Oméga 3) permettent de détecter des effets précoces qui sont détectables avant que des effets sur les individus, les communautés ou l'écosystème n'apparaissent à plus long terme).

1.4.3.b. La dendrochimie et le phytoscreening

Ces deux techniques reposent sur le fait que les arbres enregistrent, tout au long de leur vie, les impacts environnementaux ; ainsi leurs racines pompant les eaux des aquifères superficiels, les arbres assimilent les polluants dissous ou certains éléments constitutifs qui se retrouvent ensuite piégés dans les cernes des troncs. Les arbres produisant en général 2 cernes par an, leur examen peut permettre d'apporter des informations complémentaires dans le cadre du

diagnostic.

La dendrochimie consiste ainsi à réaliser des carottages dans le tronc des arbres puis à analyser, cerne par cerne, les polluants qu'ils ont assimilés. Ce type d'investigation permet de reconstituer les évolutions de pollutions et de les dater. Elle peut aider à discriminer les origines d'une pollution entre différentes sources possibles. La dendrochimie peut aussi estimer la vitesse de propagation d'un panache. Cette technique est utilisée, notamment dans le cadre de la compréhension de pollutions historiques.

Le phytoscreening permet la cartographie de l'extension d'un panache de pollution (par exemple, pour optimiser l'implantation de piézomètres) ; pour cela on prélève une carotte d'un centimètre dans le tronc des arbres. L'analyse des polluants dans ces carottes renseigne sur les polluants présents dans les eaux souterraines et peut ainsi aider à préciser les extensions des panaches de pollutions actuels.

1.4.3.c. La géophysique

La géophysique repose sur les propriétés physiques des sols et de leurs variations naturelles dues à leur nature géologique (sable, argiles,...) et/ou à la présence de discontinuités (failles, diaclases,...). De même les objets enfouis (cuves, réseaux, déchets,...), vont participer à la génération de variations du signal de la technique utilisée. Ces variations sont communément appelées anomalies géophysiques.

La géophysique fait le plus souvent appel aux propriétés électriques, magnétiques, électromagnétiques, sismiques, thermiques du milieu souterrain. Il s'agit d'une technique indirecte ou non destructive pour autant que les mesures soient réalisées par déplacement d'outils en surface dans le cas des sites pollués.

La géophysique identifie donc des variations de signal mais n'en donne pas l'origine exacte ; il est nécessaire de lui associer des investigations intrusives (fouilles à la pelle mécanique ou à main, forages,...) qui vont permettre de préciser la nature du signal (formations géologiques en présence, objet enfoui,...).

Sur les sites pollués, la géophysique est surtout utilisée pour localiser les zones d'enfouissement de déchets, les cuves, fûts et citernes, les réseaux enterrés, les objets pyrotechniques. Des développements sont en cours pour l'utilisation de ces techniques pour la réalisation de cartographies de certains types de pollution, la mise en évidence de biodégradation, la recherche de sources de pollution, etc.

L'intérêt des méthodes géophysiques tient au fait qu'elles permettent la prospection de grandes surfaces à moindre coût et de localiser les zones suspectes identifiées lors de la phase documentaire.

La qualité du résultat d'une campagne de prospection géophysique tient au choix de la (ou des) méthode(s) mise(s) en œuvre par rapport à l'objet de la prospection, à la qualité de la mise en œuvre (paramètres d'acquisition, contrôles), du traitement du signal enregistré, des étapes de calage et de la bonne interprétation des signaux par les spécialistes. L'ensemble de ces points est ainsi fondamental pour recueillir des informations fiables et utiles dans la suite du diagnostic.



ADEME/IFSTTAR/AGAP QUALITE. 2016. Guide des méthodes géophysiques pour la détection d'objets enfouis sur les sites pollués. 122 P :

www.ademe.fr/guide-methodes-geophysiques-detection-dobjets-enfouis-sites-pollues

1.5. Construire les campagnes de diagnostics spécifiques à chaque site

La construction des campagnes de diagnostics relève également du processus caractéristique des sites pollués (processus itératif, progressif et réfléchi). Elle repose notamment sur :

- le contexte de gestion considéré c'est-à-dire des objectifs associés à l'étude ;
- les usages constatés des milieux (s'il s'agit d'une IEM) ou choisis (s'il s'agit d'un projet d'aménagement ou de construction) ;
- les résultats des études historiques, documentaires et de vulnérabilité dont les résultats des diagnostics antérieurs (y compris les caractéristiques des milieux et la nature des polluants) ;
- les données acquises au fur et à mesure pouvant conduire à modifier les programmes d'investigations ;
- les paramètres susceptibles d'influencer les résultats propres à chaque milieu considéré (conditions météorologiques, variations saisonnières, configurations du bâti,...) ;
- les aménagements spécifiques à chacun des sites (structures enterrées, passages de canalisations, voiries, sols compactés,...) et les réseaux enterrés de toute nature desservant le site et son voisinage (eau, assainissement, électricité,...) qui peuvent modifier les transferts des polluants dans les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines et constituer des vecteurs préférentiels de propagation.

La vocation du diagnostic est de répondre à des objectifs divers que sont la localisation et la quantification de pollutions dans des milieux différents (sols, eaux souterraines,...) en vue de caractériser des sources de pollution, des pollutions concentrées, des milieux d'exposition,...

1.5.1. La priorité aux mesures de terrain

Une caractérisation de l'état des milieux consiste avant tout à mettre en œuvre des campagnes de diagnostics tenant compte de la nature des polluants, des milieux d'exposition identifiés et des vecteurs de transfert mis en évidence dans le schéma conceptuel. Ces campagnes de diagnostics reposent sur un ensemble d'investigations et de mesures de terrain plutôt que de s'appuyer d'emblée sur des modélisations.

Lorsque les modélisations sont nécessaires, elles doivent s'appuyer sur des données en nombre suffisant issues des campagnes de diagnostics.



Le document « Mesures et Modèles : enjeux, avantages et inconvénients en contexte de gestion de sites pollués », 2006, publié par le ministère en charge de l'environnement, l'ADEME, le BRGM et INERIS constitue une synthèse sur cette problématique :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#mesures

1.5.2. L'identification des pollutions attribuables aux activités du site : des échantillons témoins à l'environnement local témoin

Gérer un site en se basant sur les seuls résultats de diagnostics réalisés au droit de celui-ci peut conduire à des mesures de gestion inadaptées.

Pour ramener à sa juste dimension la gestion du site en tenant compte de son environnement local témoin, les diagnostics doivent permettre d'identifier :

- les pollutions attribuables aux activités passées et actuelles du site ;
- les pollutions extérieures ou intérieures au site (par exemple : remblais, retombées atmosphériques,...) ;
- les substances naturellement présentes dans les sols ou les eaux souterraines ou les zones du site non polluées notamment celles qui constituent le fond pédogéochimique naturel.

Si le recours à des échantillons témoins est souvent nécessaire, dans certains cas, la constitution d'un environnement local témoin peut s'avérer judicieuse. Il consiste à identifier un site ou un ensemble de sites, comprenant les mêmes milieux d'exposition (par exemple des sols de même nature) mais dont l'étude historique a démontré l'absence d'influence du site étudié ou d'un autre contributeur.

Le choix des milieux à retenir dans le cadre de l'environnement local témoin doit être adapté au contexte du site et justifié sur la base du schéma conceptuel.

Chacun de ces milieux est alors caractérisé selon les détails évoqués dans les paragraphes ci-dessous.



Le rapport d'étude de l'INERIS-DRC-06-75999/DESP-R10 de juin 2006 « Exercice d'évaluation (2004) d'un site non impacté par une activité industrielle particulière - Conséquences en terme de fixation de critères génériques de qualité des sols » présente et discute un exercice générique d'évaluation des risques sanitaires sur un site non impacté par une activité industrielle, pour diverses substances et suivant trois scénarios d'usage et/ou de bruit de fond : ferme, résidentiel avec potager, résidentiel avec pelouse seule :

www.ineris.fr/centredoc/DRC-06-75999-.pdf

1.5.2.a. Les eaux souterraines et superficielles

Les diagnostics réalisés en amont hydraulique du site tant pour les eaux superficielles que les eaux souterraines permettent d'apporter les premiers éléments sur l'origine d'une pollution ou du moins de distinguer l'éventuelle contribution du site. Des informations sur la qualité des eaux souterraines dans la zone d'étude sont également disponibles dans les bases de données ADES et InfoTerre.

Dans les bassins industriels, les contributeurs à la pollution peuvent être nombreux. De même, les écoulements des eaux peuvent être perturbés (pompages, marées,...). L'analyse de la situation est ainsi particulièrement complexe et implique alors la mise en place d'un réseau de piézomètres adapté.



Le guide méthodologique « Surveillance de la qualité du milieu eau souterraine et de son évolution dans le cadre des ICPE et des sites pollués - Concepts et outils » élaboré par le ministère en charge de l'environnement et l'INERIS fournit de nombreuses informations relatives à la surveillance des eaux souterraines au droit d'un site industriel ainsi que sur les livrables.

Ce guide est en cours de finalisation à la date de publication du présent document.

Des campagnes de diagnostics réalisés pendant des périodes hydrologiques distinctes (périodes de hautes eaux et de basses eaux) peuvent s'avérer nécessaires pour appréhender les relations entre les eaux souterraines, les eaux superficielles, les impacts du site voire les autres contributeurs.

La réalisation simultanée de diagnostics dans les sédiments, milieu très intégrateur de polluants, est fort utile dans certains contextes de gestion. Les sédiments permettent notamment d'identifier des sources de pollutions, de comprendre la distribution des polluants entre les eaux et les sédiments ou d'orienter des investigations complémentaires dans les différents milieux.



Différentes bases de données sont disponibles :

La banque nationale d'Accès aux Données sur les Eaux Souterraines (ADES), gérée par le BRGM rassemble des données quantitatives et qualitatives relatives aux eaux souterraines :

www.adeseaufrance.fr

InfoTerre est le portail géomatique d'accès aux données géoscientifiques du BRGM. Ce site fournit de nombreuses informations sur le recensement des points d'eau, leur équipement et la ressource exploitée :

infoterre.brgm.fr

1.5.2.b. Les sols

Nombreux sont les sites implantés en milieux urbanisés sur des terrains remblayés. Par ailleurs, de nombreuses zones du territoire français comportent des anomalies géochimiques naturelles¹². Limiter les diagnostics au site étudié peut conduire à des processus de gestion erronés.

Des diagnostics sont à mettre en œuvre sur site et hors site pour différencier la contribution du site de celle liée à son environnement. Pour cela, les données issues des diagnostics doivent être mises en perspective avec les données issues des bases nationales et surtout locales (échantillons témoins, référentiels locaux, FGU¹³, RMQS¹⁴, zones d'anomalies décrites dans la base de données ASPITET¹⁵,...).

Pour les polluants non recensés dans ces bases ou lorsqu'elles sont peu adaptées au site étudié, il convient de densifier les témoins extérieurs pour établir l'origine des pollutions. Une attention particulière devra cependant être apportée dans la localisation et la profondeur de prélèvement des éventuels témoins extérieurs : vérification de l'absence de passif historique susceptible d'être à l'origine d'anomalies et, à l'inverse, éviter de prélever la terre végétale superficielle rapportée au niveau d'espaces verts.

S'agissant des territoires affectés d'anomalies géochimiques naturelles, le plus grand soin est à apporter au diagnostic réalisé pour différencier les pollutions de ces anomalies et ainsi limiter la réhabilitation aux seules pollutions.

Les diagnostics doivent aussi permettre d'apprécier les éventuels autres contributeurs.

En tout état de cause, les résultats sont à interpréter au regard du contexte de gestion considéré : Interprétation de l'État des Milieux, Plan de Gestion,...

1.5.2.c. Les gaz du sol et les milieux précédents l'exposition

En présence de pollutions volatiles, la réalisation de prélèvements de gaz du sol permet la

¹² Une « anomalie géochimique » : zone susceptible de correspondre à des gîtes minéraux d'intérêt économique potentiel (rapport BRGM/RP 50158-FR de juin 2000)

¹³ FGU : Fond Géochimique Urbain

¹⁴ RMQS : Réseau de Mesures de la Qualité des Sols

¹⁵ ASPITET : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Eléments Traces

localisation des sources et leurs étendues, la compréhension des transferts, et l'évaluation des impacts.

Les comportements des polluants volatils dans le sol dépendent de la nature chimique des pollutions, des caractéristiques du milieu sol et des variations environnementales (météorologiques, anthropiques, géologiques, hydrogéologiques,...) ce qui entraîne une variabilité spatiale et temporelle des concentrations dans les gaz du sol.

L'étude des conditions des milieux (conditions météorologiques, humidité et température des gaz du sol,...) lors du prélèvement est indispensable afin d'apporter un avis sur la qualité de la mesure et évaluer la représentativité du prélèvement. Afin d'avoir une vision plus complète du phénomène de dégazage et pour que l'exploitation des résultats propres aux gaz du sol soit plus pertinente, la réalisation d'au moins deux campagnes de diagnostics par an dans des conditions météorologiques différentes (ex : périodes favorables aux émissions notamment celles de forts contrastes de température) est recommandée.

Pour les bâtiments restant en place, les prélèvements d'air doivent être réalisés au plus près des milieux d'exposition :

- directement sous les dalles des locaux (« air sous dalle ») ;
- dans l'air des vides sanitaires ;
- à défaut, dans des piézairs¹⁶, idéalement à l'intérieur du bâtiment sous réserve d'accessibilité ou à proximité immédiate (en général, une distance de 1 m du bâtiment est pratiquée).



Le « guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines », élaboré en novembre 2016 par le BRGM et l'INERIS pour le compte du ministère en charge de l'environnement, présente les stratégies d'échantillonnage, les protocoles de prélèvements des gaz du sol et des mesures d'air ainsi que les modalités d'interprétation des résultats :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#gaz

FLUXOBAT est un projet de recherche traitant de l'évaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur. Il propose un guide méthodologique (novembre 2013), accessible sur :

www.fluxobat.fr

1.5.2.d. L'air intérieur

S'agissant de l'air intérieur en relation avec une pollution des sols ou des eaux souterraines, la réalisation concomitante de diagnostics :

- dans l'air intérieur ;
- sur des témoins intérieurs et extérieurs ;
- des gaz du sol ;

permet d'identifier les perturbations présentes dans l'air ambiant (circulation routière, émission atmosphérique,...) ou dans l'air intérieur (produits stockés ou utilisés, pratiques ou activités humaines,...) et de les distinguer de contribution provenant des sols ou des eaux souterraines.

Certaines situations conduisent à devoir contrôler rapidement la qualité de l'air intérieur sans procéder aux diagnostics des gaz du sol. Il convient de rappeler que des diagnostics limités aux seuls contrôles de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments sur un site à réhabiliter ne sont

¹⁶ Ouvrage permanent permettant le prélèvement de gaz du sol

pas suffisants. Une dalle en bon état et des conditions climatiques peu favorables aux transferts des polluants gazeux au moment des contrôles peuvent montrer une qualité de l'air intérieur acceptable alors qu'une source de pollution est présente sous le bâtiment.

Comme pour les gaz du sol, l'étude des conditions des milieux (conditions météorologiques, humidité, température,...) lors du prélèvement est indispensable afin d'apporter un avis sur la qualité de la mesure et évaluer la représentativité du prélèvement. La réalisation d'au moins deux campagnes de diagnostics par an dans des conditions météorologiques différentes (ex : périodes favorables aux émissions notamment celles de forts contrastes de température entre l'air intérieur et l'air extérieur) est aussi recommandée.

1.5.2.e. Les denrées alimentaires

Le retour d'expérience montre qu'à ce jour il reste difficile de corrélérer directement les teneurs en polluants mesurées dans les denrées alimentaires (produits animaux : œuf, lait, viande,... et végétaux : fruits, légumes,...) aux teneurs mesurées uniquement dans les sols.

Ainsi, au regard des teneurs en polluants dans les sols, lorsqu'un impact est mis en évidence, même si les risques liés à l'ingestion de sol sont acceptables, il reste difficile d'en déduire pour autant que les végétaux cultivés sur ces sols vont respecter les valeurs de gestion en vigueur. Des analyses sur les végétaux s'imposent pour vérifier leur qualité.

Les origines des anomalies sont multiples :

- teneurs en polluants dans les sols en tenant compte des propriétés de bioconcentration ;
- pratiques culturales (arrosage, amendement, traitement,...) ;
- contribution anthropique distincte de celle du site.

Le recours à des diagnostics sur des témoins à proximité du site sur des sols de même nature, dont l'étude historique a démontré l'absence de pollutions d'origine anthropique, permet de vérifier si les propriétés de bioconcentration expliquent les anomalies observées sur le site.

En dernier recours, des denrées alimentaires achetées dans le commerce et analysées suivant les mêmes protocoles pourront servir de témoin et démontrer que la qualité des denrées alimentaires provenant du site est comparable à celle des produits commercialisés.

1.5.3. La définition des programmes d'investigation : de la caractérisation à la quantification des polluants

Selon les contextes de gestion, les programmes d'investigations distinguent les diagnostics destinés à :

- identifier la présence de polluants ;
- délimiter les sources de pollutions et les pollutions concentrées ;
- quantifier les pollutions et caractériser leur mobilité ;
- réaliser des évaluations quantitatives des risques sanitaires ;
- déterminer la faisabilité et la traitabilité des scénarios de réhabilitation envisagés ;
- dimensionner les installations de traitement ;
- gérer les terres excavées ;
- contrôler durant les travaux et vérifier l'atteinte des objectifs de réhabilitation ;
- assurer le suivi d'un site avant et après la mise en place de mesures de gestion.

Les protocoles de prélèvement et les limites de quantification sont adaptés aux objectifs des investigations et aussi aux référentiels qui sont retenus pour exploiter les résultats des analyses.

De nombreux outils de terrain existent et sont utilisés pour pouvoir avoir une première appréciation de la situation (appareil à fluorescence X pour les éléments traces, détecteur de composés volatils, tests colorimétriques,...). Ces appareils de mesures *in situ* ou kit de terrain donnent généralement des valeurs indicatives qui restent à corrélérer et compléter par des analyses en laboratoires. La réalisation de tests spécifiques est également nécessaire pour apprécier la mobilité de polluants présents dans les sols et ainsi déterminer s'il s'agit de sources de pollutions ou de pollutions concentrées. Ils peuvent être utilisés à tout moment des étapes d'acquisition de données que ce soit lors des diagnostics jusqu'à la réalisation de travaux, au cours de leur suivi et pendant la phase de surveillance.



Le rapport BRGM de novembre 2014 réalisé pour le compte de l'ADEME « Outils de mesures sur site : quels besoins et quelles mesures pour quelle utilisation ? » présente différentes techniques de mesures sur site (apport des appareils de mesures, recommandations concernant leur utilisation).

www.ademe.fr/outils-mesure-site-besoin-mesures-utilisation

1.5.4. L'articulation et la cohérence avec la réglementation sur les déchets

Les valeurs de gestion relatives à la gestion des déchets sont à prendre en compte exclusivement lorsque le processus de gestion conduit à devoir sortir des terres du site pour les envoyer vers les filières extérieures appropriées (traitement, mise en décharge).

Hors de ce cadre, l'utilisation de critères d'admission en décharge comme référentiel de comparaison de résultats d'analyse (par exemple critère d'installation de stockage de déchets inertes) n'est pas pertinente.

Ces valeurs ont été élaborées pour protéger la ressource en eau et n'ont jamais été élaborées pour permettre des usages résidentiels ou récréatifs sur des installations de stockage de déchets. De plus, le nombre de polluants caractérisés est limité et ne comprend pas des polluants majeurs tels que les Composés Organiques Halogénés Volatils (COHV).

1.5.5. Les rôles et les responsabilités des bureaux d'études et des laboratoires

En cohérence avec les normes NF X 31-620, le demandeur (bureau d'études, entreprise de travaux) est responsable de la réalisation des prélèvements et de leur conditionnement. En effet, il est le seul à connaître les objectifs des diagnostics (levée de doute, quantification de source, calculs de risques sanitaires, contrôles en phase chantier,...) et les spécificités du site (contexte d'urgence ou de travaux nécessitant des délais d'analyse réduits).

Dans le cadre du groupe de travail relatif aux laboratoires, un rappel a été fait sur la répartition des responsabilités entre les préleveurs (prélèvements, conditionnement, envoi des échantillons) et les laboratoires (réception des échantillons et analyses), et sur l'importance des échanges techniques entre les préleveurs et les laboratoires :

- La connaissance du site et les objectifs des investigations : informations transmises par le préleveur ;
- Les méthodes et performances applicables : informations transmises par le laboratoire.

Le laboratoire qui réceptionne les prélèvements réalise les analyses en se conformant aux

instructions du demandeur mentionnées sur la demande d'analyse. Un dialogue préalable entre le demandeur et le laboratoire est indispensable. Il fixe notamment les volumes nécessaires, les flaconnages ou supports de prélèvements (gaz du sol et air) appropriés, le délai de réception des échantillons, les limites de quantification à atteindre voire les méthodes analytiques.

Ces échanges entre le demandeur et le laboratoire sont également nécessaires pour définir les étapes de prétraitement (filtration, stabilisation,...) et la responsabilité de chacun. Dans tous les cas, les prétraitements sur le terrain sont à privilégier, ce qui implique une sensibilisation voire une formation particulière des personnes en charge du prélèvement. Ces prétraitements peuvent être déterminants dans la suite du processus analytique et dans la fiabilité du résultat rendu par le laboratoire d'analyse.

Le laboratoire est, quant à lui, responsable des méthodes analytiques à appliquer selon les polluants connus ou suspectés ainsi que de la représentativité des résultats en tenant compte des incertitudes analytiques. Son intervention est néanmoins limitée aux informations qui lui ont été communiquées par le demandeur.

S'agissant des sols, les méthodes analytiques sont désormais fixées.



Depuis 2013, un groupe de travail (GT « Labos ») réunit l'ensemble des laboratoires d'analyses intervenant dans le domaine des sites et sols pollués afin de définir les méthodes analytiques à appliquer pour chaque matrice dans le contexte des sites et sols pollués.

Le rapport (BRGM/RP-64749-FR) « Analyse des sols en contexte sites et sols pollués – Synthèse des réunions du Groupe de Travail Laboratoires » présente une synthèse des travaux réalisés et l'ensemble des normes analytiques retenues pour les analyses de sol :

infoterre.brgm.fr/rapports/RP-64749-FR.pdf

1.6. Identifier les premières mesures de protection des populations et des milieux

Lorsqu'elles s'avèrent nécessaires, les premières mesures conservatoires de maîtrise des pollutions, de protection des personnes ou de surveillance des milieux doivent être mises en place au regard des résultats des diagnostics ou à l'issue de la visite du site et cela sans attendre l'aboutissement de processus de gestion tel que l'IEM ou la mise en place d'un plan de gestion.

Ces mesures doivent viser à :

- éviter que des populations ne soient en contact avec des pollutions, dont à ce stade l'étendue et la gravité des effets n'est pas forcément connue ;
- prévenir, dans la mesure du possible, toute aggravation de l'état des milieux d'exposition.

Des mesures simples peuvent être prise, par exemple, la mise en place de panneaux d'information, de clôtures ou de limitations des accès, ou encore des mesures de ventilation ou d'aération des locaux confinés, de limitation ou d'interdiction des usages des eaux souterraines, etc.

Lorsque des situations nécessitant des mesures de protection des populations sont constatées, il revient au prestataire (bureau d'études, entreprise de travaux,...) d'alerter son donneur d'ordre qui a la responsabilité d'avertir les autorités compétentes.

1.7. Du schéma conceptuel au modèle de fonctionnement : le bilan quadriennal

Lorsque des mesures de gestion ont été mises en œuvre, l'état des lieux « statique » délivré par le schéma conceptuel, complété par les résultats de la surveillance en place lorsqu'elle est requise, permet de construire le modèle de fonctionnement du site. Ce dernier donne une vision dynamique de l'efficacité de la gestion mise en place.

Lorsqu'une surveillance environnementale est en place, il est recommandé de procéder aux bilans des résultats de cette surveillance, par exemple, tous les quatre ans. Il ne s'agit en aucune manière de modifier les modalités de la surveillance déjà en place pour les ramener à une fréquence quadriennale, mais bien d'analyser et d'exploiter régulièrement les résultats de la surveillance environnementale lorsqu'elle est requise et en place, pour l'adapter aux évolutions constatées.

Par ailleurs, ce bilan ne dispense en aucun cas d'un examen des résultats obtenus lors de chaque campagne de diagnostics, ni de prendre les mesures appropriées en cas de constats d'anomalies.

Les modalités d'allègement ou d'arrêt de la surveillance exercée s'effectuent sur la base d'un examen critique du bilan quadriennal en faisant le lien avec les éventuelles mesures de gestion qui ont été mises en œuvre. À l'occasion de ce bilan, de nouvelles actions peuvent être envisagées au regard de l'évolution de la situation et de l'évolution des connaissances :

- arrêt ou poursuite de la surveillance ;
- renforcement ou allègement de la surveillance (réseau, paramètres analytiques,...) ;
- mesures de gestion complémentaires.

Dans le cas des ICPE, ces nouvelles prescriptions font l'objet d'une révision ou d'une abrogation de l'arrêté préfectoral de surveillance.

S'agissant des réaménagements qui vont conduire à modifier les usages des sols, l'objectif est avant tout de construire des bâtiments « sains » comportant des aménagements qui préservent leurs occupants des effets des pollutions résiduelles éventuelles.

Les mesures de surveillance éventuellement à mettre en œuvre dans le cadre du projet de réhabilitation, visent à vérifier que les pollutions et les expositions résiduelles sont effectivement celles qui sont attendues. Ces mesures n'ont généralement pas vocation à perdurer, et ce type de situation n'est en principe pas concerné par le bilan quadriennal, notamment dans le cas où des mesures de confinement ont été mises en œuvre.



Le guide « Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement », élaboré par le ministère en charge de l'environnement, détaille les éléments nécessaires à l'élaboration du schéma conceptuel.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#schema

2. La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM)

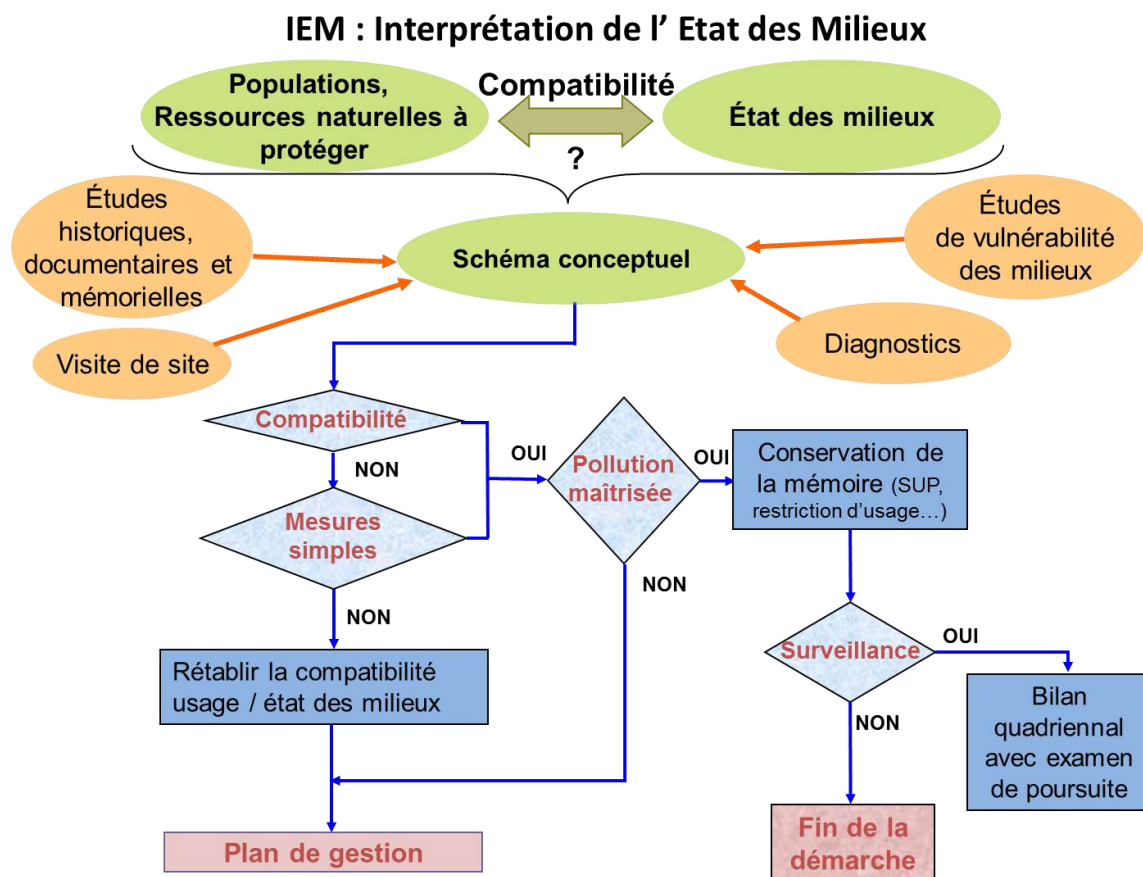


Figure 2 : La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux.

Typiquement, plusieurs situations peuvent notamment être à l'origine de la réalisation d'une démarche d'IEM :

- la découverte de pollutions dans les milieux d'exposition (y compris dans les denrées alimentaires) qui conduit à se poser la question des risques pour les populations présentes ;
- la mise en application de dispositions réglementaires en vue d'évaluer l'impact d'une installation classée en fonctionnement sur les différents milieux, du fait de son exploitation passée ou actuelle ainsi que des conséquences d'un accident ou d'un incident survenu sur le site ;
- à la suite d'un signal sanitaire, comme la découverte d'un groupement de cas pour une pathologie donnée, la mise en œuvre d'une IEM est alors engagée sous l'autorité des pouvoirs publics, notamment l'ARS (cf. § 2.6).

Dans chacune de ces situations, les usages des milieux concernés ne peuvent qu'être constatés (usages résidentiels, maisons de plain-pied ou avec vide sanitaire, aires de jeux pour les enfants, jardins potagers, agriculture, usage des eaux souterraines...) et la question de leur compatibilité avec les pollutions identifiées se pose alors.

2.1. Les objectifs et principes de l'IEM

La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux est dédiée aux seuls aspects sanitaires. Les dégradations des milieux sont analysées au regard des conséquences sanitaires potentielles. Cette démarche a pour objectif de distinguer, lorsque les usages sont déjà fixés :

- les milieux (d'exposition) qui ne nécessitent aucune action particulière, c'est-à-dire ceux qui permettent une libre jouissance des usages constatés sans exposer les populations à des niveaux de risques excessifs ;
- les milieux (d'exposition) qui peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux d'exposition et leurs usages constatés ;
- les milieux (ou les situations) qui nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion. La zone concernée devient alors un site au sens du plan de gestion.

Le principe est de contrôler par des mesures *in situ* l'état des milieux et de comparer les résultats aux valeurs de références listées au § 2.4.

La mise en œuvre de cette démarche repose sur la constitution du schéma conceptuel renseigné (cf. §1).



La circulaire du 9 août 2013, relative à la démarche de prévention et de gestion des risques sanitaires des installations classées soumise à autorisation, préconise de coupler l'évaluation des risques sanitaires (ERS) et l'IEM dans le cas des installations classées mentionnées à l'annexe I de la directive n° 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles :

circulaire.legifrance.gouv.fr/index.php?action=afficherCirculaire&hit=1&r=37380

2.2. Les situations pour lesquelles l'IEM est à proscrire

La démarche d'IEM n'a pas lieu d'être :

- lorsqu'un plan de gestion ou un mémoire de réhabilitation est d'emblée requis : la conduite d'une démarche d'IEM pourrait montrer une qualité de l'air à l'intérieur de bâtiments existants respectant les valeurs de gestion en vigueur alors que des sources de pollutions ou des pollutions concentrées sont présentes sous les bâtiments ;
- à l'issue d'un plan de gestion, pour vérifier l'efficacité des mesures mises en œuvre (la définition des modalités de surveillance, éventuellement nécessaires, relève du plan de gestion) ;
- sur l'emprise d'un site industriel en exploitation : l'acceptabilité des expositions des salariés aux substances manipulées dans le cadre de leur activité relève des dispositions du code de travail et donc de l'inspection du travail. Ces salariés font l'objet d'un suivi médical.

Cependant, sur l'emprise d'un site industriel en exploitation, lorsque des salariés sont exposés à des agents chimiques et qu'ils ne sont pas suivis pour ces substances par la médecine du travail (expositions à des pollutions historiques,...), une démarche d'IEM peut être mise en œuvre pour évaluer les expositions. Les salariés sont alors considérés comme une population générale et les critères d'acceptabilité des risques sont les valeurs de gestion en vigueur (cf. 2.4.1.d.). À défaut, des évaluations quantitatives des risques sanitaires basées sur l'utilisation des VTR sont menées. L'examen des résultats de cette évaluation relève de la responsabilité de l'inspection du travail et du CHSCT lorsqu'il existe.

2.3. Les caractéristiques de la démarche

2.3.1. Une démarche progressive et réfléchie

La démarche d'Interprétation de l'État des Milieux est réfléchie, progressive et itérative à toutes ses étapes. Son déroulement est complètement dépendant de l'évènement l'ayant initiée. Par exemple, si l'évènement initiateur est une alerte sur des milieux d'exposition, la démarche s'attache à caractériser l'état des milieux concernés et à rechercher les origines de la pollution ; l'identification des origines de la pollution et de son étendue peut conduire à devoir caractériser d'autres milieux.

La localisation des investigations commence par les zones les plus facilement accessibles (jardins, bâtiments ou espaces publics...) dans la mesure où ces zones sont représentatives des milieux d'exposition des populations susceptibles d'être concernées.

Dans le cas de pollutions volatiles, des campagnes de contrôle des gaz du sol ou des eaux souterraines peuvent être réalisées au plus près des habitations avant d'engager des analyses dans l'air intérieur. Naturellement, l'analyse du contexte de la zone étudiée et des enjeux à protéger permet d'orienter la progressivité de la démarche.

Si la qualité des eaux au droit des milieux étudiés est comparable à celle de l'environnement naturel, voire des critères de l'eau potable pour les substances concernées par la réglementation, il apparaît peu pertinent de caractériser l'air à l'intérieur d'un bâtiment, l'état des sols ou des végétaux arrosés avec cette eau. Les paramètres non pris en compte dans les critères de potabilité font l'objet d'une réflexion spécifique.

Lorsque les premiers résultats acquis sur ces zones révèlent des anomalies, des investigations plus ciblées au droit des milieux d'exposition des populations devront être menées sans tarder.

2.3.2. Le constat des usages des milieux, des pratiques, des habitudes de vie et de consommation des personnes concernées

Différentes voies d'exposition potentielles peuvent être recensées :

- l'inhalation de pollutions émises par les eaux souterraines ou les terres polluées ;
- l'ingestion de terres ou de poussières notamment par les enfants ;
- l'inhalation de poussières ;
- la consommation d'eau souterraine, si des captages ou des puits sont présents ;
- la consommation d'eau du robinet si l'existence de passages de canalisation d'AEP dans les sols pollués est constatée ;
- l'ingestion de denrées alimentaires d'origine végétale ou animale (poissons, etc.) exposés aux polluants (par l'air, l'eau ou le sol).

Les constats dressés dans le cadre de l'étude permettent d'identifier les voies d'exposition pertinentes.

Le constat des usages des milieux doit aussi permettre de caractériser les pratiques, les habitudes de vie et de consommation des personnes concernées :

- les pratiques culturelles, les quantités réellement consommées de fruits et légumes, le lavage des fruits et légumes, les activités de loisirs, d'élevage, la pratique de la pêche, la chasse, la cueillette, etc. Par exemple, il a été constaté dans bien des cas que les teneurs en métaux mesurées dans les légumes des jardins potagers ne proviennent pas, principalement, des sols ou des émissions atmosphériques des installations industrielles suspectées, mais de l'utilisation d'amendements ou de pratiques culturelles peu recommandables (l'utilisation des cendres de combustion chargés en métaux lourds pour « aérer » les sols, etc.) ;
- les durées de séjour ou d'occupation (locaux, sols,...) susceptibles d'être pollués.

Tous les paramètres descriptifs de la population française, de l'occupation des sols et des usages sont consultables dans CIBLEX.



« CIBLEX » : cette banque de données compile les paramètres descriptifs de la population française (âge, sexe, budgets espace-temps, consommations alimentaires...) en fonction de l'occupation des sols (zones continentales, surfaces en eau...) et de l'usage type (résidentiel, professionnel, récréatif...) des zones potentiellement concernées par la pollution d'un site. Cet outil, édité par l'ADEME et l'IRSN, (Réf. 4773 - Novembre 2003), reste accessible au centre de documentation de l'ADEME :

www.ademe.fr/ciblex-banque-donnees-parametres-descriptifs-population-francaise-voisinage-dun-site-pollue

Si cette base de données a été diffusée à plus de 400 exemplaires en France, dans l'attente de la publication d'un nouvel outil, il revient aux bureaux d'études de s'interroger sur la nécessité de rechercher des données plus récentes, en fonction des enjeux liés à la voie d'exposition et des conséquences en termes de gestion. Par exemple, concernant les denrées alimentaires, des données plus récentes sont fournies dans l'étude Individuelle Nationale des Consommations Alimentaires (INCA 2 - 2006-2007 - Afssa – septembre 2009 - Version 2) :

www.anses.fr/fr/content/inca-2-les-r%C3%A9sultats-dune-grande-%C3%A9tude

Le rapport INERIS-DRC-14-141968-11173A du 21/02/2015 permet également de renseigner les paramètres d'exposition des cibles humaines « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS » :

www.ineris.fr/centredoc/drc-14-141968-11173a-param%C3%A8res-expo2-vf2-1432285510.pdf

D'autres documents sont également utilisables et téléchargeables aux adresses suivantes tels que :

- Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition (mars 2015) :

[invs.santepubliquefrance.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_12531](http://invs.santepubliquefrance.fr/pmb/invs/(id)/PMB_12531)

- Variables humaines d'exposition (VHE) disponibles en France pour les évaluations quantitatives des risques (EQRS) de l'InVS, avril 2013 :

www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2013/Variables-humaines-d-exposition-VHE-disponibles-en-France-pour-les-evaluations-quantitatives-des-risques-sanitaires-EQRS

- Guide pratique relatif à la quantité de terre et poussières ingérées par un enfant de moins de 6 ans et bioaccessibilité des polluants - État des connaissances et propositions de l'INERIS et l'InVS, septembre 2012 :

www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Guides/Quantites-de-terre-et-poussieres-ingerees-par-un-enfant-de-moins-de-6-ans-et-bioaccessibilite-des-polluants

2.3.3. L'identification des sources de pollution, des pollutions concentrées et de leur étendue

L'identification de l'ensemble des voies d'exposition pertinentes est menée parallèlement à la localisation des origines de la pollution. Sans recherche des sources de pollutions, des pollutions concentrées et de leur étendue, l'identification des milieux d'exposition susceptibles d'être dégradés n'a pas de sens.

2.3.4. Les campagnes de diagnostics pour caractériser l'état des milieux d'exposition

Les campagnes de diagnostics doivent être adaptées aux objectifs de l'étude, à la zone étudiée, aux conditions environnementales, saisonnières et météorologiques, à la caractérisation des sources de pollution et aux milieux concernés conformément au schéma conceptuel.

En cas d'impossibilité justifiée d'accès aux milieux d'exposition, la question d'utilisation de modèles permettant de calculer les concentrations de polluants dans ces milieux à partir des données disponibles sur d'autres milieux se pose alors. Mais, ces modélisations peuvent conduire à estimer des niveaux de pollution des milieux qui ne reflètent pas la réalité. L'impossibilité d'accéder au lieu de mesure pour l'air intérieur résulte généralement du refus des occupants, notamment en raison de l'absence d'une communication préalable (cf. § 2.3.5).

S'agissant de la démarche IEM, l'utilisation des modèles de dispersion peut permettre de mieux identifier les zones susceptibles d'avoir été impactées et sur lesquelles il est nécessaire de réaliser des campagnes de diagnostics pertinentes.

2.3.5. Une démarche qui peut nécessiter l'appui des pouvoirs publics

La mise en œuvre des modalités appropriées de gestion et de communication est de la responsabilité du donneur d'ordre ; cependant, l'administration, notamment l'ARS, apporte son soutien lorsque celui-ci est nécessaire. L'implication des populations, des différentes parties prenantes (y compris les exploitants agricoles) et des élus est un préalable nécessaire à la conduite des études, tant pour connaître les usages des sols et des milieux que pour accéder aux lieux considérés afin d'y réaliser les diagnostics appropriés.

La présentation des résultats des diagnostics, des conclusions de l'étude et le cas échéant, les recommandations voire des travaux qui en découlent conduisent à renforcer ces moments d'échanges pour permettre aux personnes le souhaitant d'accéder au niveau d'information correspondant à leurs attentes.

Pour toutes ces raisons, des modalités d'échange avec les parties prenantes sont fortement recommandées pour construire une relation de confiance. Les actions d'information ou de communication sont menées sous l'autorité des pouvoirs publics.

2.4. La gestion des résultats des diagnostics réalisés dans le cadre de l'IEM

Au regard des objectifs de la démarche et des milieux d'exposition pertinents identifiés au travers du schéma conceptuel, les résultats des diagnostics réalisés dans le cadre d'une IEM sont comparés, en fonction des situations, à différentes valeurs qui peuvent être :

- les valeurs de gestion en vigueur mises en place par les pouvoirs publics, selon le contexte, les usages et les milieux (eau de surface, eaux souterraines, denrées alimentaires, air intérieur et air extérieur). Ces valeurs de gestion correspondent aux niveaux de risque acceptés par les pouvoirs publics pour l'ensemble de la population française (cf. § 2.4.1.d.) ;
- l'état initial de l'environnement ou les éléments du rapport de base pour les installations classées qui en disposent (cf. § 2.4.1.c.) ;

- les valeurs d'analyse de la situation pour les sols, les gaz du sol, l'air intérieur et l'air extérieur, en l'absence de valeurs de gestion pour certaines substances (cf. § 2.4.2) ;
- l'environnement local témoin (cf. § 1.5.2) et les référentiels locaux disponibles (sous réserve d'avoir vérifié la pertinence du référentiel) (cf. § 2.4.1.b.) ;
- les données de qualité disponibles sur les différents milieux d'expositions des populations, par exemple, les données de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI ; cf. § 2.4.7) et autres bases référencées pour chaque milieu d'exposition telles que les valeurs EAT (Eude de l'Alimentation Totale) de l'ANSES¹⁷ pour les denrées alimentaires (cf. § 2.4.6).

La comparaison est faite polluant par polluant et cela pour chacune des voies d'exposition identifiées par les constats effectués sur la zone étudiée. Le référentiel pertinent est défini en fonction des différents contextes rencontrés.

Les modalités de gestion des résultats sont déclinées aux paragraphes suivants.



Le rapport INERIS-DRC-15-151883-12362B « Synthèse des valeurs de gestion réglementaires pour les substances chimiques en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 31 décembre 2015 » présente différentes valeurs de gestion utilisables pour l'interprétation de résultats d'analyses :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#synthese

2.4.1. Un processus de gestion de résultats de diagnostics environnementaux et non une évaluation de l'état sanitaire des populations

2.4.1.a La démarche d'évaluation des risques pour gérer les résultats des diagnostics

Parmi les modalités de mise en œuvre de la démarche d'évaluation des risques dans la gestion des sites et sols pollués, les résultats des diagnostics sont comparés aux valeurs de référence listées en préambule du § 2.4.

2.4.1.b La comparaison à l'environnement local témoin et aux référentiels disponibles

La comparaison des résultats des analyses réalisées sur les sols au droit de la zone d'étude à l'environnement local témoin vise à évaluer l'état de dégradation des sols, sans statuer sur l'absence de risque sanitaire pour les populations concernées.

La question des risques sanitaires pour les populations ne se pose pas :

- si l'état des sols de la zone d'étude est comparable à celui d'un milieu naturel voisin sans anomalies naturelles se trouvant hors de l'influence de cette zone ;
- lorsque la qualité des fruits et légumes provenant de la zone d'étude est comparable à celle de fruits et légumes provenant de jardins potagers situés au voisinage de la zone d'étude sur des sols non dégradés par des pollutions anthropiques.

Le recours à des référentiels locaux ou régionaux doit être dûment justifié (étude de la pertinence du référentiel). Dans certains cas, ces référentiels permettent de consolider et de préciser l'état des sols au voisinage du site tant pour ce qui concerne les gammes de valeurs que pour la nature des substances concernées.

¹⁷ ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

La question des risques sanitaires des populations dans les territoires concernés par des anomalies géochimiques relève des seules prérogatives des instances sanitaires et des outils d'évaluation de santé publique telles que les études épidémiologiques, pour certaines basées sur des études d'imprégnation.

Ces dispositions s'appliquent dans le cas des sites miniers (cf. § 6) ; les sites qui ne présenteraient que des zones d'anomalies géochimiques naturelles sans activités minières ne relèvent pas du périmètre de cette méthodologie.

Ainsi l'InVS et les CIRE (cellules de l'InVS en région) ont réalisé de telles études, notamment sur l'arsenic hydrique en Auvergne, sur l'exposition au plomb sur le bassin de Saint-Laurent-le-Minier,...

En cas d'écart par rapport à l'environnement local témoin, une démarche d'évaluation des risques sanitaires est à mettre en œuvre.

2.4.1.c *La comparaison à l'état initial de l'environnement ou aux éléments du rapport de base*

Pour les installations classées qui disposent de données pertinentes, la comparaison des résultats à ceux des éléments donnés par le rapport de base lorsqu'il est requis ou par l'état initial de l'environnement, permet de connaître l'évolution des milieux depuis la mise en service des installations.

Lorsqu'aucune évolution n'est constatée, dans la mesure où les usages des milieux sont comparables à ceux de l'état initial, la démarche n'a pas lieu d'être poursuivie.

Lorsqu'une dégradation est constatée, il convient alors de comparer les résultats aux valeurs de gestion réglementaires et, le cas échéant, de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires.

2.4.1.d *L'utilisation des valeurs de gestion*

Pour les voies et les scénarios d'exposition pertinents retenus, la démarche d'IEM va alors s'appuyer sur les valeurs de gestion disponibles : il s'agit des valeurs réglementaires issues de règlements européens, de lois, décrets et arrêtés ministériels, des valeurs élaborées par des organismes ou des instances telles que le HCSP et l'ANSES. Ces valeurs peuvent concerner la protection de la santé des populations, la qualité des milieux ou la préservation de la biodiversité.

Hormis les valeurs de gestion de l'ANSES, les autres valeurs ont été élaborées en tenant compte de considérations pratiques, réglementaires, toxicologiques, juridiques, économiques et sociologiques. Des hypothèses et des choix ont été faits sur les paramètres d'exposition, non seulement pour la substance et la voie d'exposition concernées, mais aussi, dans certains cas, sur les autres voies d'exposition.

La comparaison à ces valeurs est aisée et apporte un éclairage précieux sur l'état des milieux étudiés. Pour autant, elle doit s'accompagner d'une analyse critique spécifique lorsque les configurations, contextes et usages des milieux étudiés ne correspondent pas directement à ceux pour lesquels ces valeurs de gestion ont été développées. Pour préserver le principe de spécificité, en lien avec le site étudié, selon les cas, cette comparaison peut donc être conclusive sur l'état d'un milieu ; par exemple l'eau d'un puits raccordé au réseau domestique d'une habitation respecte - ou pas - les valeurs de la réglementation eau potable pour les paramètres recherchés. Dans d'autres cas, cette comparaison pourra ne constituer qu'une

première étape dans l'interprétation des résultats ; par exemple si le puits n'est utilisé que pour l'arrosage d'espace vert, la comparaison stricte à ces mêmes valeurs apparaîtra excessive et insuffisante pour justifier d'une incompatibilité d'usage.

2.4.2. Les valeurs d'analyse de la situation

Au-delà du principe de spécificité qui est conforté, il est possible de proposer pour certains milieux des valeurs d'analyse de situation. Ces valeurs constituent un outil mis à disposition des acteurs du domaine des sites et sols pollués afin de pouvoir appréhender rapidement une situation et, le cas échéant, leur permettre d'orienter la stratégie de gestion.

Des valeurs d'analyse de la situation peuvent ainsi être définies pour différents milieux :

- le sol ;
- les gaz du sol ;
- l'air intérieur ;
- l'air extérieur.

Au niveau national, il n'est pas possible de fixer des valeurs couvrant l'ensemble des configurations de gestion et garantissant des risques sanitaires acceptables. En effet, ces valeurs ne pourraient être que très protectrices et seraient pénalisantes pour de nombreuses situations réelles de gestion.

Depuis 2007, la gestion de chaque situation est réalisée selon une approche spécifique. Cependant, pour les sols, les gaz du sol et l'air intérieur, la démarche de diagnostics des sols dans les lieux accueillant les enfants et les adolescents, permet de proposer des valeurs qui constituent des références pour analyser les résultats des diagnostics réalisés sur ces milieux.

Ces valeurs d'analyse de la situation sont réservées au strict cadre de l'IEM et n'ont pas vocation à être utilisées dans d'autres contextes de gestion. Les modalités d'utilisation de ces valeurs sont précisées dans les paragraphes qui suivent.

2.4.2.a Pour les teneurs en métaux et métalloïdes dans les sols

Pour les métaux et métalloïdes, les gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de toutes granulométries issues de l'étude ASPITET de l'INRA figurant dans le tableau ci-dessous, correspondant à des sols naturels, peuvent être utilisées en tant que valeur d'analyse de la situation.

Les concentrations indiquées dans le Tableau 1 correspondent aux concentrations totales des éléments considérés sans appréciation de la spéciation (exemple : chrome total et non chrome VI).

Les valeurs présentées ont pu être obtenues soit par une extraction à l'acide fluorhydrique soit par une extraction à l'eau régale. Aujourd'hui, les extractions sont, sauf cas particuliers, réalisées à l'eau régale dans le domaine des SSP. La comparaison aux résultats présentés dans le tableau suivant reste adaptée.

**Tableau 1 : Teneurs totales en élément traces dans les sols - Gamme de valeurs « ordinaires » et d'anomalies naturelles» -
Tableau ASPITET.**

Les gammes de valeurs présentées ci-dessous mg/kg. Les numéros entre parenthèses renvoient à des types de sols effectivement analysés, succinctement décrits et localisés ci-dessous.			
Métaux et Métalloïde	Gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométries	Gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées	Gamme de valeurs observées dans le cas de fortes anomalies naturelles
As	1,0 à 25,0	30 à 60 (1)	60 à 284 (1)
Cd	0,05 à 0,45	0,70 à 2,0 (1)(2)(3)(4)	2,0 à 46,3 (1)(2)(4)
Cr	10 à 90	90 à 150 (1)(2)(3)(4)(5)	150 à 3180 (1)(2)(3)(4)(5)(8)(9)
Co	2 à 23	23 à 90 (1)(2)(3)(4)(8)	105 à 148 (1)
Cu	2 à 20	20 à 62 (1)(4)(5)(8)	65 à 160 (8)
Hg	0,02 à 0,10	0,15 à 2,3	
Ni	2 à 60	60 à 130 (1)(3)(4)(5)	130 à 2076 (1)(4)(5)(8)(9)
Pb	9 à 50	60 à 90 (1)(2)(3)(4)	100 à 10180 (1)(3)
Se	0,10 à 0,70	0,8 à 2,0 (6)	2,0 à 4,5 (7)
Tl	0,10 à 1,7	2,5 à 4,4 (1)	7,0 à 55,0 (1)
Zn	10 à 100	100 à 250 (1)(2)	250 à 11426 (1)(3)

(1) zones de "métallotectes" à fortes minéralisations (à plomb, zinc, barytine, fluor, pyrite, antimoine) au contact entre bassins sédimentaires et massifs cristallins. Notamment roches liasiques et sols associés de la bordure nord et nord-est du Morvan (Yonne, Côte d'Or).

(2) sols argileux développés sur certains calcaires durs du Jurassique moyen et supérieur (Bourgogne, Jura).

(3) paléosols ferrallitiques du Poitou ("terres rouges").

(4) sols développés dans des "argiles à chailles" (Nièvre, Yonne, Indre).

(5) sols limono-sableux du Pays de Gex (Ain) et du Plateau Suisse.

(6) "bornais" de la région de Poitiers (horizons profonds argileux).

(7) sols tropicaux de Guadeloupe.

(8) sols d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

(9) matériaux d'altération d'amphibolites (région de La Châtre - Indre).

2.4.2.b Pour les pollutions volatiles

Issue de la démarche de diagnostics des sols dans les lieux accueillant les enfants et les adolescents¹⁸, 3 seuils (R1, R2 et R3) ont été définis et constituent désormais des valeurs d'analyse de la situation.

¹⁸ Démarche « Etablissements Sensibles » sur le site de l'Inspection des Installations Classées : www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Demarche-Etablissements-Sensibles.html

Ces seuils sont les suivants :

- R1 correspond aux valeurs de gestion qui sont par ordre de priorité, les valeurs réglementaires disponibles, les valeurs cibles ou repères du HCSP, les valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) de l'ANSES et, à défaut, les VTR sélectionnées selon les modalités ci-avant présentées et ramenées en concentration d'exposition ;
- R2 correspond dans la plupart des cas aux valeurs réglementaires ou aux seuils d'action définis par le HCSP. Dans les autres cas, les valeurs retenues sont définies dans la note de l'INERIS du 2 février 2016 ;
- R3 correspond aux valeurs telles que définies dans la note de l'INERIS. Il s'agit de VTR aiguës disponibles pour les expositions sur une courte période et en aucun cas des VTR aiguës pour la gestion des risques accidentels.

Pour une gestion raisonnée, il est également tenu compte des référentiels de bruit de fond ou de qualité de l'air.

À titre indicatif, le tableau suivant présente ces seuils à la date du 1^{er} septembre 2015.



Le choix des valeurs permettant la construction des seuils R1, R2 et R3 est présenté dans une note de l'INERIS du 2 février 2016 :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/7-2INERIS-DRC-17-164563-02580A_Note-ETS.pdf

**Tableau 2 : Valeurs R1, R2 et R3 pour quelques polluants
(valeurs à la date de publication du présent document).**

Paramètres	R1	R2	R3	Références
	Concentration µg/m3			
Benzène	2	10	30	Décret 2011- 1727 du 02 décembre 2011 : valeurs- guides pour l'air intérieur au 01/01/2015
Toluène	3000	5000	5000	VTR chronique pour les effets à seuil (ANSES, 2010)
Naphtalène	10	50	-	Valeur repère pour les effets à seuil (HCSP, 2012)
Tétrachloroéthylène	250	1250	1400	Valeur repère pour les effets à seuil (HCSP, 2010)
Trichloréthylène	2	10	800	Valeur repère pour les effets sans seuil (HCSP, 2012)
Cis- 1,2- dichloroéthylène	60	600	-	VTR chronique pour les effets à seuil (RIVM, 2007)
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	10	100	2100	VTR chronique pour les effets sans seuil (OEHHA, 2009)
Trichlorométhane (chloroforme)	63	150	150	VTR chronique pour les effets sans seuil (AFSSET, 2008)
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	38	190	190	VTR chronique pour les effets sans seuil (AFSSET, 2008)
Chlorure de vinyle	2,6	26	1300	VTR chronique pour les effets sans seuil (ANSES, 2012)
Mercure Hg° (élémentaire)	0,03	0,20	-	VTR chronique pour les effets à seuil (OEHHA, 2008)

Les modalités d'utilisation de ces seuils figurent § 2.4.7.

2.4.2.c. Mise à jour des valeurs d'analyse de la situation

La mise à jour régulière des valeurs d'analyse de la situation est coordonnée avec l'actualisation du portail substances chimiques de l'INERIS¹⁹.

Il est recommandé de vérifier la disponibilité de mise à jour de valeurs ou de nouvelles valeurs dans les bases de données ou sites Internet des différents organismes précités afin de tenir compte des connaissances scientifiques les plus récentes.

2.4.2.d Limites et modalités d'utilisation des valeurs d'analyse de la situation

En aucun cas, les études réalisées ne doivent conduire :

- à limiter la recherche des polluants à ceux disposant de valeurs de référence ou de gestion ;
- à les retenir en tant qu'objectifs de réhabilitation. En effet, pour les pollutions volatiles, les valeurs d'analyse de la situation conduiraient, par construction, à des coûts financiers non justifiés qui remettraient en cause toute réhabilitation.

Au regard de leur processus d'élaboration, et dans la seule mesure où les polluants du site concerné seraient limités à ceux qui sont listés dans le Tableau 2, les valeurs R1 sont acceptables sur le plan sanitaire. Toutefois, pour certaines substances (par exemple le toluène et l'éthylbenzène), la valeur R1 reste élevée et, malgré l'absence de risque sanitaire, une réflexion doit être menée sur l'existence et la gestion éventuelle d'une pollution.

Pour les sols, dans la seule mesure où les polluants sont uniquement ceux listés dans le Tableau 1, les gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » peuvent être utilisées comme valeur de qualité pour les sols, sous réserve que la forme rencontrée ne corresponde pas à du chrome VI ou du mercure élémentaire. La présence d'autres polluants, conduit alors à devoir vérifier l'acceptabilité au plan sanitaire en fonction du contexte de gestion.

2.4.3. Les compléments spécifiques au milieu Sol

2.4.3.a La comparaison à l'environnement local témoin et aux référentiels disponibles

Pour les métaux et métalloïdes, et pour les contextes définis par l'INRA, outre la comparaison à l'environnement local témoin, les résultats des analyses réalisées sur les sols au droit de la zone d'étude peuvent être comparés aux valeurs du tableau du § 2.4.2.a issues de l'étude ASPITET de l'INRA.

Le recours dument justifié à des bases de données locales ou régionales permet de consolider et de préciser l'état des sols au voisinage tant pour ce qui concerne les gammes de valeurs que pour la nature des éléments concernés.

Dans les grandes métropoles, l'établissement des fonds pédo-géochimiques anthropisés a été réalisé ou est en cours, sur des sols urbanisés et industriels. Ces données peuvent être utilisées comme valeur d'analyse de la situation, en complément des données ASPITET sous réserve d'avoir vérifié la pertinence du référentiel.

¹⁹ Portail Substances Chimiques de l'INERIS : www.ineris.fr/substances/fr/

- ***Les sols ne nécessitent aucune mesure de gestion particulière***

Lorsque les teneurs mesurées ne comportent que les métaux et métalloïdes et correspondent aux gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de la première colonne du Tableau 1, sous réserve que la forme rencontrée ne corresponde pas à du chrome VI ou du mercure élémentaire, la zone d'étude ne nécessite aucune mesure de gestion particulière pour les sols.

Cette approche relativement simple permet de gérer une grande majorité des cas.

- ***Les anomalies sont d'origine naturelle***

Lorsque :

- les teneurs mesurées dépassent les gammes de valeurs couramment observées dans les sols « ordinaires » de la première colonne du Tableau 1 ;
- les polluants en cause sont uniquement des métaux et des métalloïdes ;
- les teneurs mesurées sur la zone étudiée et hors de cette zone (témoins) sont cohérentes avec les bases de données locales (si celles-ci sont pertinentes) et avec les résultats des études historiques et documentaires qui démontrent que la zone étudiée est localisée dans une zone d'anomalie géochimique ;
- la zone étudiée ne nécessite pas de mesures de gestion pour les sols en relation avec une pollution anthropique des sols.

S'agissant des zones de fond géochimique présentant de fortes concentrations en métaux et métalloïdes, notamment des anciens sites miniers, il convient de se reporter aux dispositions du § 6.

- ***Les anomalies sont d'origine anthropique***

Dans les autres cas, une évaluation quantitative des risques sanitaires doit être réalisée selon les modalités du § 2.4.9.

La question de l'identification de l'origine des pollutions se pose si les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires conduit à des résultats inacceptables.

2.4.3.b Cas particulier du plomb : l'application de l'avis du HCSP du 23 mai 2014

Quelles que soient les origines du plomb (naturelles ou anthropiques), au regard des effets nocifs du plomb sur la santé démontrés pour des concentrations de plomb dans le sang (plombémies) inférieures à 100 µg/L, le HCSP dans son avis du 23 mai 2014 préconise une politique de réduction des expositions au plus bas niveau possible. Pour 2017, il fixe les objectifs suivants :

- une plombémie moyenne (géométrique) de 12 µg/L ;
- 98 % de la population avec une plombémie inférieure à 40 µg/L.

Par ailleurs, le HCSP recommande de cibler les actions de dépistage, de prise en charge médicale et de prévention des intoxications sur les personnes les plus exposées. Il propose deux niveaux de plombémie pour organiser la prévention du saturnisme infantile : un niveau d'intervention rapide pour les plombémies égales ou supérieures à 50 µg/L et un niveau de vigilance pour les plombémies égales ou supérieures à 25 µg/L.

Des valeurs d'alerte sont également proposées pour les principales sources de plomb dans l'environnement (sols, poussières de maisons, eau du robinet) (cf. Tableau 3). Lorsque les concentrations moyennes de ces milieux dépassent les valeurs figurant dans le tableau ci-après, le HCSP estime que 5 % des enfants qui y sont exposés risquent d'avoir une plombémie dépassant respectivement le seuil de vigilance (25 µg/L) ou le seuil d'intervention rapide (50 µg/L). Selon le seuil et le milieu concerné, le dépassement implique de mesurer la plombémie des personnes exposées et/ou une analyse approfondie du risque.

Tableau 3 : Valeurs d'alerte proposées par le Haut Conseil de la Santé Publique pour les principales sources de plomb dans l'environnement.

	Sols	Poussières déposées dans les logements	Eau de boisson
Dépassement du seuil de vigilance attendu pour 5 % des enfants	100 mg(Pb)/kg (sol)	25 µg/m ²	pas de valeur proposée
Dépassement du seuil d'intervention rapide attendu pour 5 % des enfants	300 mg(Pb)/kg (sol)	70 µg/m ²	20 µg/L

D'après l'instruction du 21 septembre 2016, le HCSP recommande, lorsque la moyenne des mesures dans les sols dépasse :

- la valeur de 100 mg/kg pour les sols d'espaces collectifs habituellement fréquentés par les enfants : la réalisation d'une évaluation des risques prenant en compte les conditions locales d'exposition, suivie d'une analyse technico-économique, consistant à évaluer la faisabilité technique des mesures de gestion envisagées ainsi que leur coût pour déterminer les mesures de gestion adéquates ;
- la valeur de 300 mg/kg : l'organisation d'un dépistage du saturnisme dans la population des enfants de moins de 7 ans et des femmes enceintes ou envisageant une grossesse dans les 6 mois ;
- cette moyenne doit être calculée en prenant en compte la valeur dans les sols de tous les lieux fréquentés (école, square, habitation, ...). Le HCSP précise qu'à défaut de pouvoir pondérer l'exposition par le temps passé, l'utilisation de la moyenne arithmétique revient à attribuer un temps passé équivalent à chacun des lieux fréquentés par un enfant.

« Le fait que le dépistage ne retrouve pas de sujet présentant des valeurs élevées de plombémie ne signifie pas que la situation est satisfaisante ; cela peut être le reflet de la taille réduite de la population concernée ou du fait que l'intensité du contact avec le milieu contaminé se situe en deçà des valeurs conventionnelles retenues pour la modélisation de l'exposition. Cela peut être vrai au moment de la campagne de dépistage mais pour autant le potentiel d'exposition et donc la menace restent présents et peuvent se manifester dans le futur. Une analyse approfondie du risque doit être conduite en tout état de cause, en portant une attention particulière aux sols d'espaces collectifs habituellement fréquentés par des enfants, comportant notamment une évaluation des conditions d'exposition actuelles et futures envisageables, afin d'en tirer les mesures de gestion jugées les plus pertinentes dans le contexte particulier.

Par ailleurs, le HCSP a proposé la définition du « niveau de vigilance » correspondant à une plombémie supérieure à 24 µg/L (mais inférieure à 50 µg/L). Ce niveau n'implique pas de dépistage mais un suivi et des conseils. Cependant, dans le cas particulier des sols d'espaces collectifs habituellement fréquentés par des enfants (aire de jeux, cour de récréation, parc public, jardins municipaux partagés, etc.), lorsque les teneurs atteignent des niveaux susceptibles d'induire une exposition des enfants présents localement telle que la plombémie

attendue est supérieure ou égale à 25 µg/L chez au moins 5 % des enfants (soit pour des teneurs moyennes supérieures à 100 ppm dans le sol), une évaluation des risques fondée sur la VTR proposée par l'Efsa et prenant en compte les conditions locales d'exposition, est nécessaire dans le but d'évaluer la nécessité et d'aider au dimensionnement des mesures de gestion à mettre en œuvre. Cette évaluation des risques devra être suivie d'une analyse technico-économique pour déterminer les mesures de gestions spécifiques à ce site. Dans le contexte d'un quartier d'habitat ancien aux peintures dégradées, on pourrait être amené à mesurer le plomb dans les poussières de maison. La découverte de valeurs supérieures à 25 µg(Pb)/m² (mais inférieures à 70 µg(Pb)/m²) devrait conduire à donner des conseils hygiéno-diététiques aux familles et l'accompagnement social approprié. »

La saisine adressée au HCSP porte sur la définition actualisée du saturnisme infantile et sur les stratégies à mettre en œuvre pour repérer les enfants à risque d'avoir des valeurs élevées de plomb sanguin. Si ces stratégies reposent sur l'identification des situations à risque d'exposition, donc sur la détermination des niveaux déclenchant un dépistage dans les milieux contribuant le plus à ce risque, telles qu'énoncées dans le tableau précédent, cette saisine ne porte pas sur la définition d'une politique nationale de gestion des sources et voies d'exposition au plomb ni sur la fixation d'objectifs de qualité des milieux, singulièrement des sols. Les valeurs de contamination des milieux d'exposition devant conduire à un dépistage du saturnisme infantile ci-dessus ne sont donc pas des seuils d'effet ou des objectifs de qualité des milieux mais des seuils pour lesquels le risque d'imprégnation élevée justifie l'identification des individus concernés au sein des populations.

Le HCSP considère en effet, pour les sols contaminés, qu'il n'est pas pertinent de fixer un objectif de qualité qui s'appliquerait pour tout type de sol tant est variable la biodisponibilité du plomb (en fonction de la nature du sol et des espèces du plomb) et tant sont variées les conditions et circonstances d'exposition. La définition d'objectifs de qualité doit nécessairement intégrer une analyse des circonstances particulières de contact entre les enfants et les milieux considérés, expertise qui ne peut être conduite qu'à l'échelle locale, site par site, permettant d'en dériver les mesures de gestion jugées les plus appropriées.



En complément de l'avis du HCSP, l'instruction n° DGS/EA1/EA2/EA3/EA4/2016/283 du 21 septembre 2016 du 21 septembre 2016 relative au dispositif de lutte contre le saturnisme infantile et de réduction des expositions au plomb a été publiée.

circulaire.legifrance.gouv.fr/pdf/2016/10/cir_41348.pdf

2.4.4. Les eaux souterraines et de surface (eau douce et eau marine)

Ce paragraphe concerne la protection de la ressource en eau : eaux souterraines et eaux de surface.

Les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) définissent les orientations nécessaires pour une gestion équilibrée de la ressource en eau, intégrant par ailleurs les mesures nécessaires à la préservation des espaces naturels et de la biodiversité.

Pour les eaux piscicoles, salmonicoles, cyprinicoles et conchyliques, l'article article D.211-10 du code de l'environnement fixe des valeurs de gestion auxquelles il convient de se référer.

Selon la Directive Cadre sur l'Eau, la définition du bon état chimique des masses d'eau souterraine est basée sur le respect des objectifs environnementaux dans les milieux associés aux eaux souterraines et sur le maintien des usages humains et de la production d'eau potable en particulier (cf. § 1.2.2.a).

Les articles 3, 4 et 5 de la directive eaux souterraines sont repris dans les textes suivants (cités plus en détail au § 1.2.2.a) :

- l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines. En outre, l'interprétation de cet arrêté est précisée par la circulaire du 23 octobre 2012 ;
- l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines.

Le point 2.4.5 de l'annexe V de la DCE précise que « les résultats des différents points de surveillance dans une masse d'eau souterraine sont réunis pour la masse tout entière ». Pour qu'une masse d'eau soit en bon état, il faut :

- « que la valeur moyenne des résultats de la surveillance à chaque point de la masse ou du groupe de masses d'eau souterraine soit calculée ;
- que, conformément à l'article 17, ces valeurs moyennes soient utilisées pour démontrer le respect du bon état chimique des eaux souterraines. »

Ces différents articles illustrent bien que le respect des normes de qualité et valeurs seuils doit être vérifié à l'échelle de la masse d'eau. Des moyennes géographiques et temporelles à l'échelle de la masse d'eau doivent être considérées pour en vérifier le bon état. Ces articles montrent également les possibilités de dérogations mises à disposition du gestionnaire de bassin en cas de dépassements locaux de valeurs qui permettent une gestion à l'échelle du bassin.

Par ailleurs, selon la circulaire du 23 octobre 2012 (Annexe III) relative à l'application de l'arrêté du 17 décembre 2008 établissant les critères d'évaluation et les modalités de détermination de l'état des eaux souterraines et des tendances significatives et durables de dégradation de l'état chimique des eaux souterraines :

- « l'exercice de vérification du non dépassement des valeurs seuils ou des normes, tel qu'il est demandé par l'article 4.2.b de la directive eaux souterraines et, en droit français, à l'article 6 de l'arrêté du 17 décembre 2008, [utilise] une moyenne arithmétique des concentrations en chaque point de surveillance ; »
- « l'ensemble des données des réseaux de surveillance (RCS/RCO²⁰ ou autres) sont prises en compte à l'exception des points d'eau du réseau DRIRE (= DREAL). En effet, les données issues de ces réseaux sont écartées car elles font références à des sites d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Il s'agit alors de pollution localisée non représentative de l'ensemble de la masse d'eau. Elles ne permettent pas de « fournir une image cohérente et globale de l'état chimique des eaux souterraines » et ni de « fournir des données de contrôles représentatives ».

Ainsi, à l'échelle d'un site, ce sont les résultats des mesures hors influence du site (en amont) qui vont permettre de statuer sur la contribution du site à la dégradation des milieux pour les substances liées à l'activité actuelle ou historique menée sur le site. Par exemple, dans le cas des eaux superficielles, comme indiqué au § 1.4.3.a, le recours à des approches différentes est nécessaire (NQE, indice IBG-DCE, mesures sur des sédiments,...). Sur certains territoires (agglomérations, zones de socle), l'identification de zone hors influence du site peut s'avérer difficile et peut nécessiter des études et investigations approfondies.

²⁰ RCS : Réseau de Contrôle de Surveillance/RCO : Réseau de Contrôle Opérationnel

En cas de constats d'anomalie sur ces milieux et si les diagnostics montrent que la zone étudiée est à l'origine des dépassements, il convient alors de poursuivre le processus de gestion suivant les dispositions du § 2.5.2, en lien avec les autorités administratives compétentes.

Si la zone étudiée n'est pas à l'origine des anomalies constatées, une information sur le dépassement des valeurs de références doit être fournie aux autorités administratives compétentes (gestionnaire du milieu concerné).

2.4.5. Les eaux destinées à la consommation humaine

Ce paragraphe concerne la qualité des eaux au droit des périmètres de protection rapprochés des captages d'AEP et du réseau de distribution.

La directive 98/83/CE fixe au niveau européen des exigences à respecter au sujet de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine. Cette directive a été transposée en droit français dans le code de la santé publique, aux articles R.1321-1 à R.1321-66. L'arrêté ministériel du 11 janvier 2007 fixe des normes de qualité à respecter pour un certain nombre de substances dans l'eau potable dont l'arsenic, le plomb, le benzène, la somme tri et tétrachloroéthylène, les nitrates,...

En cas de dépassement des valeurs de potabilité, il n'y a pas lieu de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires. Il convient de porter à la connaissance des pouvoirs publics et des autorités sanitaires les situations de dépassement des valeurs de potabilité fixées par l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007.

En revanche, pour les substances sans valeur de potabilité, les résultats de l'évaluation quantitative des risques réalisée selon les modalités du § 2.4.9, accompagnés des éléments pertinents, peuvent aider à apprécier rapidement la situation. Dans ce cas, les paramètres d'exposition sont repris des hypothèses retenues par l'OMS qui distingue trois populations distinctes (nourrisson, enfant, adulte) combinées à des hypothèses de consommation fixées.

En cas d'impact (substances réglementées ou non) et si les diagnostics montrent que la zone étudiée est à l'origine des dépassements, il convient alors de poursuivre le processus de gestion suivant les dispositions du § 2.5.2.

En fonction de l'importance des dépassements des valeurs de potabilité ou le cas échéant de risques, dans l'attente du Plan de Gestion et de sa mise en œuvre, des mesures de protection des populations seront proposées aux pouvoirs publics et aux autorités.

2.4.6. Les denrées alimentaires destinées à la consommation humaine

2.4.6.a En application des valeurs réglementaires

Le règlement européen (CE) n°1831/2003 définit des teneurs maximales dans les denrées alimentaires pour les contaminants les plus courants : dioxines, PCB, plomb, mercure, cadmium, étain, hydrocarbures dits HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques), Lorsque ces teneurs maximales sont dépassées, le règlement interdit la commercialisation des produits. Le règlement vise explicitement les produits « mis sur le marché » pour « le bon fonctionnement du marché commun » et « la libre circulation des marchandises ». Les cultures maraîchères et tous les produits issus d'élevage, de pêche ou de cueillette qui sont vendus sont

donc particulièrement ciblés. On notera que les denrées autoconsommées ne sont pas citées dans ce règlement.

Comme mentionné au paragraphe 2.4.1.d), même si cette réglementation ne s'appuie pas sur des considérations exclusivement sanitaire, la pertinence du recours aux valeurs réglementaires (introduite en 2007), y compris pour de l'autoconsommation n'est pas remise en cause. Ces valeurs constituent toujours un référentiel de premier ordre. Pour autant, à ces valeurs réglementaires sont aussi attachés des modes de prélèvement, d'analyse et même d'interprétation des résultats qui sont souvent peu adaptés à une démarche transposable à l'autoconsommation. Par exemple, au moins 3 échantillons élémentaires sont à prélever (pour chaque espèce). Si cela est facile à appliquer à partir d'une production conséquente (étals de marché, champs...), cela est plus difficile à mettre en œuvre à l'échelle des jardins potagers, alors même que la variabilité des résultats est souvent plus marquée.

De même les calendriers de production conduisent à biaiser l'échantillonnage en fonction de la période de l'étude, ce qui conduit à recommander plusieurs campagnes de prélèvements. Aussi, l'application de ces valeurs réglementaires et protocoles associés aux denrées autoproduites nécessite d'être adaptée aux cas par cas.

Ainsi, en cas de dépassement des valeurs réglementaires, il convient d'examiner l'importance de ces dépassements. Lorsque ces derniers sont significatifs (plusieurs fois la valeur réglementaire), il est inutile d'approfondir l'interprétation des résultats pour justifier de recommander la non consommation des denrées. À l'inverse, lorsque les dépassements sont peu marqués (par exemple lorsqu'ils se fondent avec les incertitudes d'échantillonnage et d'analyse), compte tenu des conséquences néfastes qui découlent souvent d'une recommandation de non consommation pour les personnes (budget alimentaire, anxiété, activité physique liée au jardinage ...), il est justifié de bien apprécier les pratiques, les habitudes de vie et de consommation des personnes concernées (pratiques culturelles et d'élevage, quantités de denrées alimentaires réellement consommées, lavage des végétaux, activités de pêche, chasse, cueillette,...) pour conclure quant à la consommation de ces denrées. L'outil alors utilisable pour mieux apprécier le risque de consommation de ces produits est l'évaluation de risques sanitaires, particulièrement l'outil IEM. Ces données permettent alors d'affiner les paramètres d'exposition pour ensuite réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires, conformément aux modalités du § 2.4.9).

Si les résultats de ces calculs ne sont pas acceptables et que la comparaison avec les teneurs mesurées sur les échantillons témoins montre que :

- les anomalies sont spécifiques à la zone étudiée, il s'agit alors d'identifier les origines de ces anomalies (bioconcentration des polluants liée au type de sols, poussières, eau,...). La démarche de gestion se poursuit conformément aux dispositions du § 2.5.2 ;
- les anomalies ne sont pas spécifiques à la zone étudiée, il convient d'en informer les autorités sanitaires et les administrations compétentes.

Dans la restitution des résultats aux intéressés, la comparaison aux valeurs réglementaires doit perdurer, mais les recommandations pourront être nuancées à la lumière de l'évaluation des risques liée à cette voie d'exposition, des comparaisons avec les valeurs de l'environnement local témoin et comparativement à toutes celles qui auront été considérées le cas échéant dans le schéma conceptuel. Ces calculs ont d'autant plus de sens lorsque la problématique n'est pas liée principalement aux polluants figurant dans la réglementation, voire à cette matrice d'exposition, pour mieux relativiser les résultats liés à cette voie (ingestion de denrées), par rapport à l'exposition globale des personnes.

2.4.6.b Absence de valeurs réglementaires

En l'absence de valeurs réglementaires, les Études de l'Alimentation Totale (EAT) de l'ANSES, réalisées à l'échelle nationale, peuvent également être utilisées dans le cadre de l'IEM (teneurs moyennes dans les denrées alimentaires préparées). Elles reposent sur une méthodologie standardisée et recommandée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Elles ont pour objectif premier de surveiller l'exposition des populations à des substances chimiques présentes dans les aliments.

Par ailleurs le Codex Alimentarius peut constituer une référence en matière de qualité et sécurité sanitaire des denrées alimentaires commercialisées.

En cas de dépassement de ces valeurs, la réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires selon les modalités définies au § 2.4.9 est à réaliser. Dans ce cas, les paramètres d'exposition résultent des constats effectués sur la zone étudiée. À l'issue de cette évaluation, les modalités de gestion à mettre en place sont alors déterminées par les résultats des calculs de risques et par la comparaison avec les teneurs mesurées sur les échantillons témoins, selon les mêmes principes que ceux présentés au § 2.4.6.a.



Le guide d'échantillonnage des plantes potagères dans le cadre des diagnostics environnementaux de l'ADEME et de l'INERIS, 2014, précise notamment les modalités de prélèvements pour les végétaux :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Documents-pour-la-gestion-des.html#echantpot

2.4.7. L'air intérieur en relation avec les sols pollués

2.4.7.a Les valeurs de gestion

Genèse des valeurs de gestion pour l'air intérieur

Le processus en place pour la fixation des valeurs guides sur la qualité de l'air intérieur en France est le suivant :

- l'ANSES est chargée d'élaborer des « valeurs guides » sur la qualité de l'air (VGAI). Fondées uniquement sur des critères sanitaires, elles sont de nature indicative ;
- à partir des VGAI de l'Anses, le Haut conseil de la santé publique (HCSP) propose des « valeurs repères d'aide à la gestion » de l'air des espaces clos, ainsi qu'un calendrier pour leur déploiement.

Le HCSP tient compte de considérations pratiques, réglementaires, toxicologiques, juridiques, économiques et sociologiques. Le HCSP a ainsi publié ses recommandations pour le formaldéhyde (novembre 2009), le benzène (juin 2010), le tétrachloroéthylène ou PCE (juin 2010), le naphthalène (janvier 2012) et le trichloroéthylène ou TCE (juillet 2012).

Selon la toxicité des substances considérées, le HCSP a défini des gammes de valeurs assorties de mesures de gestion à mettre en œuvre en cas de dépassements et d'un échéancier. Ainsi, selon les substances, le HCSP a distingué des valeurs cibles, des valeurs repères de qualité d'air dont l'évolution à la baisse dans le temps est déjà fixée, des valeurs d'action rapide, des concentrations pour les bâtiments neufs à vérifier avant l'arrivée des occupants.

Enfin, conformément à la loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale, les VGAI réglementaires sont établies par le ministère chargé de l'environnement, inscrites dans le code de l'environnement (R.221-29) et sont associées à des mesures de gestion opposables.

Dans la mesure où la réglementation se limite à définir des valeurs cibles et des valeurs repères, pour les substances qui en disposent, les autres valeurs définies par le HCSP (valeurs d'action rapide, concentrations pour les bâtiments neufs à vérifier avant l'arrivée des occupants) et, surtout les actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de ces valeurs ainsi que les délais de mise en œuvre des actions correctives, s'imposent à la gestion des sols pollués.

Remarque :

Cependant, le délai de 6 mois fixé pour le HCSP pour revenir à une concentration inférieure à la valeur rapide peut être difficile à respecter dans les cas qui nécessitent des actions de dépollution sur les sols et les eaux souterraines. De telles situations doivent faire l'objet d'une gestion sous l'autorité du préfet avec l'appui des instances sanitaires.

Modalités d'utilisation

Pour l'air intérieur, l'utilisation des valeurs s'opère par ordre de priorité suivante :

- les valeurs réglementaires en vigueur. Le décret 2011-1727 du 2 décembre 2011 du ministère en charge de l'environnement qui réglemente le formaldéhyde et le benzène ;
- les valeurs élaborées par le HCSP qui sont, suivant les cas, des valeurs cibles, des valeurs repères de qualité d'air ou des valeurs d'action rapide ;
- les valeurs de l'Anses. Dans la mesure où elles sont élaborées en tenant compte des seules caractéristiques toxicologiques intrinsèques de chaque substance, le processus peut conduire à des valeurs repères inférieures aux concentrations usuellement observées dans l'air des habitations. Pour relativiser une telle approche, il sera tenu compte des données issues de référentiels de qualité de l'air telles que celles de l'OQAI en comparant au percentile 90 ;
- à défaut de telles valeurs, les seuils (R1, R2 et R3) de la démarche de diagnostics des établissements accueillant des enfants et adolescents peuvent être utilisés.

Il est à noter que les seuils R1 comprennent par construction les valeurs réglementaires en vigueur, les valeurs élaborées par le HCSP et les valeurs de l'ANSES.

2.4.7.b Gestion des résultats sur l'air intérieur couplés à ceux des gaz du sol

La mise en perspective des résultats obtenus sur l'air intérieur, sur les témoins (intérieurs et extérieurs) et ceux sur les gaz du sol permet d'identifier la ou les origines des polluants, ce qui permet ensuite d'orienter les modalités de gestion lorsqu'elles sont nécessaires. Cette approche globale est largement recommandée.

Les anomalies liées à des pratiques individuelles (tabagisme, ...), aux stockages de produits ménagers, aux activités de bricolage sont signalées aux occupants de locaux.

Celles qui ont pour origine une source extérieure (circulation automobile, activités industrielles,...) sont portées à la connaissance des autorités administratives compétentes.

Sur la base de valeurs consolidées, si les anomalies résultent de plusieurs origines dont les sols, sans qu'il soit possible de discriminer la source prépondérante ou que la part attribuable au sol apparaisse prépondérante :

- pour les polluants qui font l'objet d'un avis du HCSP (en 2009, cas du formaldéhyde, benzène, tétrachloroéthylène, naphthalène, trichloroéthylène), il convient alors de se conformer aux actions à mettre en œuvre en cas de dépassement de ces valeurs ainsi qu'aux délais fixés dans les avis ;

- si la concentration mesurée est inférieure au seuil R1, ce polluant ne pose pas de problème dans l'air intérieur ;
- si le polluant figure parmi ceux qui sont mesurés par l'OQAI ou dans d'autres bases similaires, et que la concentration mesurée est inférieure ou égale au centile 90 de la valeur de l'OQAI, la situation est comparable à celle mesurée dans de nombreux logements français. La mise en œuvre de mesures correctives pour améliorer la qualité de l'air intérieur peut cependant être décidée.

Dans les autres cas, une évaluation quantitative des risques doit être réalisée selon les modalités du § 2.4.9 ci-dessous, avec des paramètres d'exposition qui résultent des constats effectués *in situ*.

Les mesures de gestion à mettre en œuvre concernent les pollutions des sols mais aussi les autres sources de pollution identifiées.

2.4.7.c Gestion des résultats d'air intérieur (sans gaz du sol)

La mise en perspective des résultats obtenus sur l'air intérieur, sur les témoins (intérieurs et extérieurs) permet d'apprécier la qualité du milieu d'exposition ; cependant, en cas de situation dégradée, en l'absence de données sur les gaz du sol, il est difficile d'identifier la ou les origines des polluants.

Les anomalies liées à des pratiques individuelles (tabagisme, ...), aux stockages de produits ménagers, aux activités de bricolage sont signalées aux occupants de locaux.

Pour chacun des polluants mesurés dans l'air intérieur, les résultats sont comparés au seuil R1 présenté au § 2.4.2.b, aux données de l'OQAI et des autres bases. Les seuils R2 et R3 utilisés dans la démarche ETS sont donnés à titre indicatif pour aider à la gestion. Les actions à mettre en œuvre figurent dans le Tableau 4.

Tableau 4 : La qualité de l'air intérieur mesurée directement sans gaz du sol.

Typologie des cas rencontrés et pondération selon les données de bruit de Fond		Actions complémentaires à engager pour ce polluant
C intérieure < R1		La présence de ce polluant ne pose pas de problème dans l'air intérieur (cf. § 2.4.2.d). Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.5.1.
R1 ≤ C int < R2	< OQAI P90 ou autres	La qualité de l'air mesurée pour ce polluant est inférieure ou comparable à celle mesurée dans 90 % des logements français par l'OQAI (ou d'autres bases). La mise en œuvre de mesures correctives pour améliorer la qualité de l'air intérieur peut cependant être décidée. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.5.1.
	≥ OQAI P90 ou autres	Pour identifier l'origine des pollutions, des diagnostics complémentaires portant sur les gaz du sol sont à mettre en œuvre ainsi que des diagnostics réalisés simultanément sur l'air intérieur et les témoins intérieurs et extérieurs. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.4.7.b. Dans l'attente, la pertinence de la mise en œuvre de mesures pour améliorer l'aération des locaux concernés (vérification du bon fonctionnement de la ventilation, aération ouverture des fenêtres...) est examinée.
C int ≥ R2		Pour identifier l'origine des pollutions, des diagnostics complémentaires portant sur les gaz du sol sont à mettre en œuvre ainsi que des diagnostics réalisés simultanément sur l'air intérieur et les témoins intérieurs et extérieurs. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.4.7.b. Dans l'attente, il est recommandé d'améliorer l'aération des locaux concernés (vérification du bon fonctionnement de la ventilation, aération ouverture régulières des fenêtres...). Des mesures telles que l'éloignement des occupants ou l'inutilisation des locaux concernés doivent être réservées aux situations les plus problématiques, et ce en concertation avec les pouvoirs publics.

2.4.7.d. Gestion des résultats de gaz du sol sans mesures d'air intérieur

La caractéristique de l'IEM est de constater les usages et connaître l'état des milieux d'exposition par la mesure directe. Si des diagnostics sur l'air intérieur n'ont pas été faits de manière simultanée avec les diagnostics des gaz du sol, comme cela est recommandé, ou que des mesures de la qualité de l'air intérieur ne sont pas possibles (accès, nuisances, valeur de fond dans l'air intérieur pouvant influencer les mesures,...), la qualité de l'air intérieur peut être estimée à partir des résultats obtenus sur les gaz du sol.

Dans ce contexte, il est recommandé de réaliser l'échantillonnage au droit du bâtiment (via un prélèvement d'air sous dalle ou de gaz du sol, air du vide sanitaire). Lorsque la réalisation de prélèvements directement sous le bâtiment n'est pas possible (problèmes d'accès, chauffage au sol,...), des prélèvements de gaz du sol peuvent être réalisés via des cannes gaz ou des piézairs implantés à proximité immédiate du bâtiment (en général, une distance de 1 m du bâtiment est pratiquée). Dans tous les cas, une visite des lieux est indispensable afin de constater l'état des bâtiments.

Différentes approches sont ainsi envisageables pour évaluer les concentrations dans l'air intérieur :

- utilisation des facteurs de dilution ;
- utilisation de modèles de transfert.

L'approche par utilisation des facteurs de dilution peut être déployée à elle-seule et ne nécessite pas de modélisation complémentaire. Elle s'appuie sur des facteurs de dilution utilisés pour estimer les concentrations dans l'air intérieur à partir des gaz du sol. Ces facteurs sont documentés dans la littérature scientifique et varient notamment selon la configuration des bâtiments, leur état,... Par exemple, un facteur de dilution de 1 va être retenu dans le cas de la présence de fissures dans un bâtiment de plain-pied ; un facteur de 10 va être retenu dans un bâtiment de plain-pied si la dalle du sol est en bon état,... Dans tous les cas, ces facteurs sont justifiés au cas par cas sur la base des constats réalisés *in situ*.



Le rapport du projet de recherche FLUXOBAT présente des facteurs de dilution et cite des sources et exemples sur la base des retours d'expérience remontant jusqu'aux années 90, notamment aux USA :

www.fluxobat.fr/documentation

Les modalités d'utilisation des facteurs de dilution sont également présentées dans un document élaboré de manière concertée par l'ADEME, le BRGM, l'INERIS et l'InVS (version 2 du 30/06/2011) : « Guide de gestion des résultats des diagnostics réalisés dans le cadre méthodologique des diagnostics réalisés sur les établissements accueillant des enfants et des adolescents et ayant été construits sur d'anciens sites industriels » :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/7-doc_gestion_version_juin_2011.pdf

Dans le cadre de l'IEM, en raison de la présence de bâtiments et d'usages définis, l'approche par modélisation basée d'emblée sur les phénomènes de diffusion et de convection n'est pas à privilégier mais peut être utilisée en complément de l'approche utilisant les facteurs de dilution.

Dans tous les cas, les deux approches nécessitent que les investigations sur les gaz du sol permettent d'obtenir des résultats exploitables (limites de quantification suffisamment basses).

Dans le cas où l'atteinte de limites de quantification suffisamment basses ne serait pas possible en raison de conditions de terrain, le recours à la modélisation peut être acceptable sous réserve de justifier de ne pas pouvoir reprogrammer une nouvelle campagne de mesures des gaz du sol dans des conditions plus favorables.

En revanche, la combinaison de la modélisation et de l'approche utilisant les facteurs de dilution va permettre dans le cas où les résultats sont concordants de consolider le niveau de connaissance du contexte étudié et de sécuriser l'éventuelle prise de décisions qui en résulte. Dans le cas où les deux approches ne donneraient pas des résultats semblables, il y a lieu d'identifier les éléments d'incertitudes et d'écart (paramètre de terrain, calage du modèle par exemple) et de les caractériser pour réévaluer la situation.

Ces deux approches présentent l'une et l'autre des limites qu'il convient de décrire et prendre en compte dans l'IEM et ses conclusions. Par exemple, l'approche utilisant les facteurs de dilution est sensible aux conditions de terrain pour réaliser les mesures de gaz du sol afin d'atteindre des limites de quantification suffisamment basses. De la même manière, l'utilisation d'un modèle de transfert suppose d'utiliser et d'intégrer des paramètres génériques qui peuvent être très éloignés de la réalité.

Il convient d'estimer la qualité de l'air intérieur à partir des gaz du sol selon les dispositions qui précèdent. Ces concentrations estimées (C_{est}) dans le milieu d'exposition sont alors comparées aux seuils R1, R2 et R3 présentés au § 2.4.2.b. Le tableau suivant détermine des mesures de gestion graduées sur la base de ces concentrations.

Tableau 5 : La qualité de l'air intérieur estimée à partir des gaz du sol.

Interprétation sur critères toxicologiques	Pondération selon les données de bruit de Fond	Actions complémentaires à engager pour ce polluant
$C_{est} < R_1$		La présence de ce polluant ne pose pas de problème (cf. § 2.4.2.d). Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.5.1.
$R_1 \leq C_{est} < R_2$	$< OQAI_{p90}$ ou autres	La qualité de l'air pour ce polluant est inférieure ou comparable à celle mesurée dans 90% des logements français par l'OQAI (ou d'autres bases). En fonction des résultats obtenus sur les autres polluants, la pertinence d'un contrôle de la qualité de l'air intérieur est à examiner. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.5.1 ou du § 2.4.7.b si un contrôle de la qualité de l'air intérieur est réalisé.
	$\geq OQAI_{p90}$ ou autres	La qualité de l'air intérieur doit être contrôlée. Si seul ce polluant conduit à ce contrôle, le contrôle de la qualité de l'air peut se limiter à ce seul polluant ou à la famille de composés à laquelle appartient le polluant. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.4.7.b.
$R_2 \leq C_{est} < R_3$		La qualité de l'air intérieur doit être contrôlée. Dans l'attente des résultats des contrôles, l'aération des locaux concernés (vérification du bon fonctionnement de la ventilation, aération ouverture des fenêtres...) est recommandée. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.4.7.b.
$C_{est} \geq R_3$		La qualité de l'air intérieur doit être contrôlée. Dans l'attente des résultats des contrôles, il est recommandé d'améliorer l'aération des locaux concernés (vérification du bon fonctionnement de la ventilation, aération ouverture des fenêtres...). Des mesures telles que l'éloignement des occupants ou l'inutilisation des locaux concernés sont à considérer lorsque des contrôles ont été réalisés sur l'air intérieur et ne sont pas pertinentes lorsque la qualité de l'air intérieur est estimée à partir des gaz du sol. Le processus se poursuit suivant les dispositions du § 2.4.7.b.

2.4.8. L'air extérieur (polluants sous forme particulaire ou vapeur)

Codifiée aux articles L.220-1 et suivants du code de l'environnement, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE), parue le 30 décembre 1996, vise à rationaliser l'utilisation de l'énergie et à définir une politique publique intégrant l'air en matière de développement urbain. Le droit de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé est reconnu à chacun.

La loi rend obligatoire la surveillance de la qualité de l'air, la définition de normes de qualité de l'air (objectifs de qualité, valeurs limites,...), l'information du public. Selon les polluants, des objectifs de qualité, des valeurs cibles, des valeurs limites, des seuils d'information et de recommandation et enfin des seuils d'alerte sont ainsi définis.

Selon les polluants (sous forme particulaire ou vapeur), des objectifs de qualité, des valeurs limites pour la protection de la santé, des seuils d'information et de recommandation, des seuils

d'alerte sont ainsi définis réglementairement (cf. l'article R.221-1 du code de l'environnement, modifié par le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 – art. 1.).

Pour chacun des polluants (sous forme particulaire ou vapeur) mesurés dans l'air extérieur, les résultats sont comparés aux valeurs de gestion disponibles.

À défaut, une évaluation quantitative des risques doit être réalisée selon les modalités du § 2.4.9 ci-dessous, les paramètres d'exposition résultent des constats effectués sur le site étudié.

En cas d'anomalie portant sur des polluants sous forme vapeur (dépassement des valeurs précitées, du percentile 90 de la valeur de l'OQAI pour l'air extérieur, résultats d'EQRS) et qu'une contribution des sols ne peut être exclue, notamment du fait des résultats des études documentaires et de vulnérabilité, alors des diagnostics complémentaires portant sur les gaz du sol sont à mettre en œuvre.

Dans tous les cas (particules et vapeurs), des diagnostics seront réalisés simultanément sur des témoins dans l'air extérieur hors influence de la zone d'étude.

2.4.9. Le recours à une évaluation quantitative des risques sanitaires

L'outil IEM comporte des feuilles de calcul dont les équations sont celles de la démarche d'évaluation des risques sanitaires. Pour les eaux destinées à la consommation humaine, le recours à la grille IEM (ingestion d'eau) est possible pour les substances ne disposant pas de valeurs réglementaires (cf. § 2.4.5). La partie spécifique aux denrées alimentaires est traitée au § 2.4.6.

Les grilles de calcul IEM ne sont pas utilisées lorsque les valeurs réglementaires sont dépassées dans le contexte pour lequel elles ont été élaborées.

Les paramètres d'exposition résultent des constats effectués sur la zone étudiée avec également le recours à des bases de données.



La grille de calcul relative à la démarche d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) est disponible sur le site du ministère en charge de l'environnement à l'adresse suivante :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#iem

Pour rester cohérent avec la gestion effective des risques mise en œuvre par les pouvoirs publics pour la population française, l'utilisation de cette grille conduit à considérer chacune des voies d'exposition séparément et, pour une même voie d'exposition, les substances sont considérées isolément sans procéder à l'additivité des risques.

En effet, l'additivité des risques peut faire varier d'un ordre de grandeur les résultats des niveaux de risques calculés.

Des intervalles de gestion des risques ci-dessous sont fixés pour interpréter les résultats des calculs de niveaux théoriques de risques. L'appréciation de l'acceptabilité des risques de part et d'autre des limites relève toujours du bon sens et du professionnalisme.

Ces intervalles ne sont pas adaptés au plan de gestion.

Tableau 6 : Intervalles de gestion des risques dans le cadre de l'IEM.

Intervalle de gestion des risques		L'interprétation des résultats	Les actions à engager
Substances			
à effet de seuil	à effet sans seuil		
$QD \leq 0,2$	$ERI \leq 10^{-6}$	L'état des milieux est compatible avec les usages constatés	Le processus se poursuit selon les dispositions du § 2.5.1. S'assurer que les pollutions sont maîtrisées, dans le cas contraire, élaborer et mettre en œuvre un plan de gestion. La mise en place d'une surveillance peut être nécessaire pour vérifier la pérennité de la situation. Afin d'assurer la pérennité de la compatibilité entre les usages et l'état des milieux, il peut être nécessaire de mettre en place des servitudes ou des restrictions d'usages.
$0,2 < QD < 5$	$10^{-6} < ERI < 10^{-4}$	Intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie avant de s'engager dans un plan de gestion	Le processus se poursuit selon les dispositions du § 2.5.2 Selon le cas : - réalisation d'une évaluation quantitative des risques sanitaires avec additivité (avec seuils classiques de 1 et 10^{-5}) ; - mise en œuvre de mesures simples de gestion ; - identification et mise en œuvre des premières mesures de maîtrise des risques : mesures sanitaires ou mesures environnementales ; - mise en œuvre de restrictions d'usage ; Pour gérer les pollutions et maîtriser leurs impacts, un plan de gestion est à élaborer et à mettre en œuvre.
$QD \geq 5$	$ERI \geq 10^{-4}$	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages	

2.5. Les actions à engager

2.5.1. Assurer la pérennité des usages et gérer les sources de pollution en cas de compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages

Même lorsque le processus conduit à conclure à la compatibilité entre l'état des milieux et les usages constatés au moment des études, la démarche peut conduire à :

- mettre en place une surveillance pour contrôler la pérennité des conclusions ;
- pérenniser les usages. ;
- devoir élaborer un plan de gestion pour gérer les pollutions identifiées notamment lorsque celles-ci ne sont pas maîtrisées.

2.5.1.a. Un plan de gestion pour les sources de pollution et les pollutions concentrées

En tout état de cause, dans le cas où la source de pollution et les pollutions concentrées ne seraient pas encore maîtrisées, même si les impacts se révélaient acceptables au regard des usages constatés, un plan de gestion, suivant les modalités présentées aux § 3 et 4, apparaît tout de même nécessaire pour traiter et maîtriser les pollutions en question.

Dans l'attente de la maîtrise des sources de pollutions, des pollutions concentrées et de leurs impacts, il peut être nécessaire de mettre en place une surveillance des milieux d'exposition pour consolider les premiers résultats et suivre l'évolution de la situation.

2.5.1.b. La mise en place d'une surveillance pour contrôler la pérennité des conclusions

Si l'IEM n'est pas l'aboutissement de plusieurs campagnes de diagnostics, compte tenu des premiers résultats, la mise en place d'une surveillance est nécessaire pour s'assurer de la pérennité de la situation.

Par exemple :

- pour les eaux souterraines, plusieurs campagnes de diagnostics sont nécessaires pour appréhender les relations entre les eaux souterraines, les eaux superficielles, les impacts du site voire les autres contributeurs (cf. § 1.5.2.a) ;
- pour l'air intérieur et les gaz du sol, la réalisation d'au moins deux campagnes de diagnostics par an dans des conditions météorologiques différentes (ex : périodes favorables aux émissions notamment celles de forts contrastes de température entre l'air intérieur et l'air extérieur) est recommandée (cf. § 1.5.2.c et 1.5.2.d).

Lorsque les résultats montrent la nécessité de poursuivre la surveillance (résultats peu ou pas convergents entre les campagnes), l'exploitation des résultats relève de la démarche de modèle de fonctionnement et du bilan quadriennal présentées au § 1.7.

2.5.1.c. Pérennité des usages constatés au moment de l'étude

La conservation de la mémoire de l'état des milieux, par la mise en œuvre de servitudes ou de restrictions d'usage, peut s'avérer nécessaire pour garantir la pérennité de l'adéquation entre les usages constatés à un moment donné et l'état des milieux. La mise en œuvre de telles dispositions est décidée au cas par cas en fonction du contexte de chaque zone d'étude.

La question des modifications des usages ou de leur évolution reste entière et doit être examinée au cas par cas.

En tout état de cause, une information des populations concernées est à prévoir.



Le « Guide pour la mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués », élaboré par le ministère en charge de l'environnement, détaille les outils permettant de conserver la mémoire des pollutions.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#restrictions

2.5.2. Gérer les sources de pollution dans l'intervalle nécessitant une réflexion plus approfondie ou en cas d'incompatibilité

Avant de mettre en œuvre un plan de gestion qui peut être une démarche lourde et coûteuse, il convient de marquer « un point d'arrêt » pour s'assurer que les études et diagnostics susceptibles de nuancer les conclusions acquises à ce stade ont bien été mis en œuvre ou que

la mise en œuvre de mesures simples et de bon sens ne serait pas de nature à rétablir la compatibilité.

Selon les contextes de gestion, il peut être pertinent de :

- recourir à des diagnostics complémentaires sur la zone étudiée, sur des témoins, voire sur l'environnement local témoin comme indiqué au § 1.5.2 ;
- réaliser des tests de bioaccessibilité en tenant compte du retour d'expérience explicité au § 1.4.2.b ;
- réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires, focalisée sur les matrices et les pollutions qui posent problème avec les paramètres d'exposition réels, en considérant l'additivité des risques et les résultats des tests de bioaccessibilité le cas échéant. Les critères d'acceptabilité des risques sont alors ceux qui sont usuellement retenus au niveau mondial par les organismes en charge de la protection de la santé : quotient de danger inférieur à 1 (pour les effets à seuil), excès de risque individuel inférieur à 10^{-5} (pour les effets sans seuil) ;
- mettre en œuvre des mesures simples de gestion et de bon sens telles que l'enlèvement de pollutions concentrées et limitées dans l'espace, le recouvrement de sols pollués, qui peuvent être suffisantes pour résoudre le problème identifié avant d'engager un plan de gestion.

2.5.2.a Identifier et mettre en œuvre les premières mesures de maîtrise des risques

Lorsque la démarche conclut à l'incompatibilité avec les usages, il convient d'identifier les premières mesures de maîtrise des risques pour améliorer rapidement l'état des milieux d'exposition concernés ou réduire l'exposition aux pollutions sans attendre l'élaboration et la mise en œuvre du plan de gestion. Ce dernier arrivera dans un second temps (cf. § 4).

Il s'agira de proposer la mise en œuvre de mesures à caractères sanitaire, environnemental ou à la mise en œuvre de restrictions d'usage.

- Les mesures sanitaires

Les mesures d'hygiène appropriées consistent généralement à recommander le lavage des mains après contact avec les sols pollués, le lavage des sols,... des habitations pour prévenir les expositions aux poussières contenant des métaux. Le lavage et l'épluchage soignés des légumes peuvent également être recommandés, ainsi qu'une diversification tant des produits consommés que de leurs provenances.

- Les mesures environnementales

Il peut s'agir de mesures d'aération régulière, d'amélioration de la ventilation des locaux si la qualité de l'air intérieur est dégradée par des polluants volatils.

Pour les sols, les zones polluées peuvent être délimitées et leur accès interdit.

- Les restrictions d'usage

Les restrictions et les interdictions d'usage peuvent porter sur les eaux souterraines, l'eau du robinet, les denrées alimentaires autoproduites et les sols. À cet effet, il convient de rappeler que des restrictions d'usage peuvent être instaurées rapidement par arrêté municipal.

Cependant, dans le cas où l'impact constaté est lié à une ICPE, cette procédure doit être réservée aux situations de dangers immédiats et elle doit être substituée dans les meilleurs délais par un arrêté préfectoral compte tenu des pouvoirs de police du préfet.

Des mesures de restriction et/ou d'interdiction peuvent également porter sur les modalités de production, de consommation ou de mise sur le marché des denrées alimentaires produites sur la zone polluée. Ces mesures sont mise en œuvre par arrêté préfectoral sur proposition des services compétents (DD(CS)PP²¹ ou DRAAF²²).

En tout état de cause, lorsque la mise en œuvre de mesures de maîtrise des risques s'avère nécessaire, il convient d'informer les pouvoirs publics et notamment les autorités sanitaires qui examineront la pertinence des mesures proposées et décideront de l'opportunité de réaliser une évaluation de santé publique, d'une prise en charge sanitaire des personnes voire de mesures d'éloignement.

2.5.2.b Concertation avec les élus, l'information des populations et des associations

Pour la mise en œuvre des premières mesures de maîtrise des risques, il convient d'organiser, en concertation avec les élus, une campagne d'information auprès des personnes et des associations concernées en premier lieu. Cette information peut être un préalable nécessaire pour connaître précisément les usages des sols et des milieux et pour accéder aux milieux d'exposition (par exemple les jardins potagers privés, les habitations) afin d'y réaliser les diagnostics appropriés.

Lorsque les campagnes d'information sont nécessaires, elles doivent être menées sous l'autorité du préfet en prenant l'attache des services administratifs concernés, notamment les services sanitaires (ARS) et l'inspection des installations classées des DREAL, ou de la DRIEE le cas échéant.

Lorsque des mesures ont été réalisées dans des propriétés privées, notamment après organisation d'une campagne d'information, il apparaît incontournable d'informer les élus, les associations et les personnes concernées des résultats des diagnostics et des études. L'action ne peut pas s'arrêter à la phase d'information initiale mais doit couvrir toute la suite de la démarche, de l'élaboration des mesures de gestion jusqu'au contrôle de leur mise en œuvre si elles s'avèrent nécessaires.

2.5.3. Transmettre l'information nécessaire aux autorités publiques

Le constat de dégradation des ressources en eaux par rapport aux documents de planification (SDAGE, DCE,...), des espaces naturels ou de milieux protégés (ZNIEFF, ZICO, zones NATURA 2000,...) est porté à connaissance des autorités publiques concernées qui jugeront des suites à donner.

Lorsque l'IEM montre des risques de pollution d'un captage d'Alimentation en Eau Potable (AEP), le gestionnaire de celui-ci doit aussi être informé.

De la même manière, dans le cas où les résultats de l'IEM montreraient l'existence de risques sanitaires liée à une pollution généralisée (fond pédo-géochimique anthropisé), une information des autorités publiques est à prévoir, qu'elles soient ou non associées à l'étude.

²¹ DD(CS)PP : Directions Départementales de la Cohésion Sociale et de la Protection des Populations

²² DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

2.6. L'évaluation et la gestion d'un signal sanitaire

Dans le cas d'un signal sanitaire ayant déclenché la mise en œuvre d'une IEM sous l'autorité des pouvoirs publics (cf. introduction du § 2), l'ARS est associée par les services du Préfet, notamment la DREAL, au pilotage de l'IEM.

L'ARS assure la gestion sanitaire qui comprend les premières mesures de protection de la population (recommandations hygiéno-diététiques, maintien d'une bonne aération des locaux, ...) et leur prise en charge sanitaire (dépistage et suivi médical).

L'ARS peut saisir la Cellule Interrégionale d'Épidémiologie (CIRE), cellule régionale de Santé Publique France (SPF), anciennement Institut de Veille Sanitaire, sur l'opportunité de mettre en œuvre des études de santé publique (études utilisant des biomarqueurs, études épidémiologiques, ...), de manière complémentaire à l'IEM. Ces études sont, le cas échéant, mises en œuvre par SPF pour prendre les mesures les plus appropriées de protection et de prise en charge sanitaire des populations



L'Institut de veille sanitaire, devenu Santé Publique de France (SPF), a élaboré, en vue de répondre aux sollicitations locales, un certain nombre de guides et rapports ad hoc, notamment :

- le guide méthodologique pour l'évaluation et la prise en charge des agrégats spatio-temporels de maladies non infectieuses (mai 2005)
invs.santepubliquefrance.fr/publications/2005/guide_ast/index.html
- le guide relatif à la surveillance épidémiologique à une échelle locale en santé environnement (mars 2012)
invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2012/Surveillance-epidemiologique-a-une-echelle-locale-en-sante-environnement
- le guide relatif à l'utilisation des biomarqueurs dans les situations de pollution locale - Aide méthodologique (avril 2012)
invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Guides/Utilisation-des-biomarqueurs-dans-les-situations-de-pollution-locale
- le guide relatif à la démarche générale de l'Institut de veille sanitaire face à une sollicitation locale en santé environnement (mars 2013)
invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Guides/Demarche-generale-de-l-InVS-face-a-une-sollicitation-locale-en-sante-environnement
- le guide relatif aux sols pollués et santé à une échelle locale : une analyse de la situation intégrant la dimension psychosociale (avril 2013)
[http://invs.santepubliquefrance.fr/pmb/invs/\(id\)/PMB_11423](http://invs.santepubliquefrance.fr/pmb/invs/(id)/PMB_11423)

2.7. Synthèse

Dédiée aux aspects sanitaires, la spécificité de la démarche IEM lui confère un caractère robuste quant à la connaissance de l'état des milieux d'exposition :

- l'élaboration du schéma conceptuel sur la base des voies et paramètres d'exposition constatés sur la zone étudiée et son environnement ;
- le contrôle de l'état des milieux d'exposition en privilégiant la mesure directe ;
- l'identification de l'origine et de l'étendue des pollutions.

Sur le plan de la santé humaine, l'IEM est une démarche de gestion raisonnablement prudente qui repose aussi bien sur la gestion effective des risques mise en œuvre par les pouvoirs publics pour la population française que sur la comparaison à l'état de l'environnement local témoin.

Ainsi, les contraintes et les dispositions réglementaires en vigueur sont suffisamment fournies et précises pour que la démarche d'IEM s'attache à les prendre en compte en tant que référentiels premiers avant de s'engager dans des études de risques.

Dans le cas où des sources de pollution ou de pollutions concentrées ne seraient pas encore maîtrisées, même si les milieux d'exposition sont peu ou pas dégradés, un plan de gestion s'impose.

La concertation et l'information des pouvoirs publics, de la population et des professionnels riverains notamment des exploitants agricoles est une dimension essentielle dans cette démarche pour connaître et caractériser les milieux d'expositions. Une information factuelle et transparente permet d'instaurer un climat de confiance. La restitution des résultats des diagnostics aux populations est une étape incontournable dans ce processus d'information.

Enfin, la conservation de la mémoire de l'état des milieux, par la mise en œuvre de servitudes ou de restrictions d'usage, peut s'avérer nécessaire afin de garantir l'adéquation entre les usages constatés à un moment donné et l'état réel des milieux. Il peut être également nécessaire, à chaque changement d'usage, de vérifier leur compatibilité avec les impacts avérés ou résiduels des milieux au moment du changement d'usage.

3. Les éléments préliminaires au plan de gestion

3.1. L'état des lieux

3.1.1. Les définitions génériques

La définition d'une source de pollution, en se référant aux sources naturelles (d'eau) et aux sources d'énergie, se comprend aisément. Ce concept est applicable aux sites pollués qui présentent une capacité à « émettre » des pollutions. Cela se traduit par le transfert de polluants dans l'environnement.

Lorsque le transfert de pollution est constaté, la nécessité d'agir pour maîtriser la situation ne souffre généralement d'aucune contestation.

Une pollution concentrée apparaît plus difficile à définir. Elle correspond à un volume fini de milieu souterrain au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume même en l'absence d'émission dans l'environnement.

La définition d'une « pollution diffuse » est, elle aussi, sujette à débat alors que la notion de « pollution résiduelle » fait généralement consensus. Une pollution résiduelle correspond à des niveaux de pollution consécutifs à une action, un traitement ou des travaux de réhabilitation.

À l'inverse des pollutions concentrées, une pollution diffuse est caractérisée par la présence d'une ou de plusieurs substances dont les concentrations sont relativement uniformes et impactent de grands volumes et de grandes surfaces d'un ou plusieurs milieux.

Dans le cas d'une pollution concentrée, une modification des conditions physico-chimiques d'un milieu (pH,...) peut conduire à la solubiliser/mobiliser et (re)devenir une source de pollution.



Rapport de l'UPDS intitulé « Travaux du GT Pollution Concentrée » et disponible sur le site de l'UPDS, propose des définitions des termes « Pollution concentrée », « Pollution diffuse » et « Pollution résiduelle » :

www.upds.org/ressources/bibliotheque/travaux-gt-pollution-concentree

Ce document propose également un logigramme présentant l'intégration de ces définitions dans la démarche de gestion des SSP ainsi que des fiches présentant chacune des méthodes proposées par l'UPDS pour définir et délimiter une pollution concentrée.

3.1.2. La gestion des pollutions concentrées

La politique de gestion des risques suivant l'usage des milieux ne dispense pas de rechercher les possibilités de suppression des pollutions compte tenu des techniques disponibles et de leurs coûts économiques.

Ainsi, en tout premier lieu, les possibilités de suppression des pollutions et de leurs impacts doivent être recherchées. La maîtrise des impacts suppose la maîtrise préalable des sources de pollution et des pollutions concentrées.

Ainsi, lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants sur les eaux souterraines, terres fortement imprégnées de produits, produits purs ...), la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état, en s'appuyant sur la qualité déjà dégradée des milieux ou sur l'absence d'usage de la nappe.

Il est cependant nécessaire, quand la suppression des pollutions n'est pas possible, à l'issue d'une démarche d'établissement d'un bilan « coûts - avantages », de garantir que les impacts provenant des pollutions résiduelles sont maîtrisés et acceptables tant pour les populations que pour l'environnement.

3.1.3. Le principe de spécificité inhérent à la gestion des sols pollués

À ce stade, il convient de rappeler le principe essentiel de spécificité inhérent à la gestion des sols pollués.

Comme présenté au § 1.4.3, « la connaissance des polluants en cause, des propriétés des sols et des eaux souterraines, des aménagements du site, donc du comportement des polluants dans l'environnement, qui est complètement spécifique au site considéré, a une incidence majeure en termes de dimensionnement et de compréhension des diagnostics et des mesures de gestion. L'acquisition de toutes ces informations relève des campagnes de diagnostics à mettre en œuvre au niveau de chacun des sites et justifie le principe de spécificité inhérent à la gestion des sites pollués. »

Au final, ce principe de spécificité ne serait-il pas contradictoire avec des définitions génériques qui se voudraient adaptées à tous les sites ?

Les experts du domaine des sites pollués ont généralement des difficultés à donner des définitions génériques et à se mettre d'accord sur des seuils, *a priori*, adaptés à toutes les situations.

En revanche, lorsque ces mêmes experts prennent connaissance des résultats de diagnostics de bonne facture réalisés sur un site, des caractéristiques des sols et des eaux souterraines et des polluants en présence, ils aboutissent à des conclusions convergentes permettant de délimiter les sources de pollution et les zones de pollutions concentrées à traiter prioritairement.

L'application de la méthodologie qui suit permet de caractériser les sources de pollution et les pollutions concentrées qui sont spécifiques à chacun des sites étudiés.



Travail du GT « Source » : études d'exemples de l'ADEME par les experts de l'UPDS, de l'ADEME, du BRGM et de l'INERIS.

Malgré des approches parfois différentes, propres à chacune des entités présentes à ce GT, des sources de pollution comparables ont été délimitées pour chaque cas étudié.

Présentation des Journées Techniques d'information et de retour d'expérience de la gestion des sols pollués (BRGM - INERIS - Ministère en charge de l'environnement) :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/13_BILAN_MASSIQUE.pdf

3.2. La localisation, la quantification et la caractérisation des pollutions pour déterminer des seuils de coupure théoriques

La localisation, la quantification des pollutions et la caractérisation de leur mobilité supposent une densité d'investigations suffisante aussi bien horizontalement que verticalement.

De manière récurrente, un nombre de points de sondage minimum par site réparti selon un maillage générique et un coût moyen de dépollution au mètre carré est réclamé par les donneurs d'ordre. Aucun organisme compétent y compris ceux qui interviennent en appui aux politiques publiques ne peut donner une réponse pertinente. En effet, comme pour la définition générique d'une source de pollution, une approche générique apparaît antagoniste avec le principe de spécificité inhérent à la gestion des sols pollués. Au cours de la mise au point de la démarche de diagnostics dans les établissements accueillant les enfants et les adolescents, démarche dont le ministère en charge de l'environnement est maître d'ouvrage, il est rapidement apparu que la fixation d'un maillage générique pour les prélèvements de sols ou de gaz du sol allait conduire à une gestion technique problématique et disproportionnée sur le plan financier.

L'étude historique et documentaire montre ainsi toute son importance dans la définition d'un programme d'investigations ciblé, adapté au contexte du site et, plus particulièrement sur la caractérisation des zones à risques. De la même manière, plusieurs diagnostics peuvent être nécessaires pour identifier d'éventuelles sources de pollution puis pour les caractériser (par exemple : pour les délimiter dans l'espace).

Quelques repères peuvent être apportés sans que ceux-ci deviennent des références à imposer. Par exemple, pour corroborer les conclusions des études documentaires, différentes campagnes de diagnostic pourraient être nécessaires. Elles pourraient comporter un point de sondage pour 400 à 500 m² (maille de l'ordre de 20 m). Ensuite, pour caractériser les sources de pollution, les pollutions concentrées et leurs étendues, selon les sites et leurs spécificités, des maillages de 10 x 10 m, voire 5 x 5 m, peuvent être mis en œuvre.

De plus, il convient de rappeler que les coûts financiers en termes de diagnostics sont sans commune mesure inférieurs à ceux engagés pour des travaux. Un facteur 100 est courant entre le coût d'un diagnostic de bonne facture et celui engendré par la mise en œuvre de mesures de gestion.

Densifier les diagnostics pour localiser et caractériser des pollutions permet donc de sécuriser le projet sur le plan technique mais surtout financier.

3.2.1. La localisation et la quantification des pollutions dans les sols

À la suite des investigations de terrain, l'identification et la quantification des sources de pollution et des pollutions concentrées doit se faire par les constats de terrain et les indices organoleptiques (cf. § 3.2.1.a) et complétés par les méthodes suivantes :

- l'utilisation d'une méthode d'interprétation cartographique (cf. § 3.2.1.c) ;
- la réalisation d'un bilan massique (cf. § 3.2.1.d).

Certaines de ces méthodes utilisent des outils d'interprétation statistique ou géostatistique (cf. § 3.2.1.b). Des outils plus complets peuvent également être mis en œuvre.

L'objectif de ces méthodes est de déterminer un seuil de coupure « théorique », au-dessus duquel il serait intrinsèquement intéressant de traiter ces sols en retirant un maximum de la masse de polluant, tout en ne traitant qu'un volume de sol limité. Ces seuils de coupure sont évalués indépendamment :

- de la mobilité des polluants ;
- des techniques de dépollution disponibles ;
- des usages du site, des aménagements actuels ou futurs ;

- des objectifs de qualité des milieux ;
- des risques sanitaires ;
- des aspects financiers.

3.2.1.a Les constats de terrain et les indices organoleptiques

Les constats de terrains et notamment les indices organoleptiques peuvent permettre d'identifier la présence de produits purs ou de pollutions concentrées. Par exemple, la couleur jaune est très souvent caractéristique de la présence de chrome VI, la couleur bleu de Prusse des ferrocyanures et les irisations à la surface de l'eau de la présence d'hydrocarbures.

3.2.1.b Déterminer la distribution des polluants au droit du site

En utilisant seulement les résultats des diagnostics (nombre d'échantillons et concentrations mesurées), un premier graphique représentant la distribution des polluants dans le milieu peut être construit avec :

- en ordonnée, le pourcentage cumulé de la population d'analyses ;
- et en abscisse, les teneurs correspondant à chaque pourcentage.

Ce graphique correspond à un histogramme cumulé des données disponibles.

Ce graphique permet de déterminer une ou plusieurs ruptures de pente (quantiles), qui définissent deux ou plusieurs gammes de concentrations. Cette représentation permet d'avoir une première estimation de l'importance et de la répartition d'une pollution au droit d'un site, mais ne permet pas à elle seule de définir un seuil de coupure robuste. En effet, il n'est pas tenu compte de répartition spatiale des concentrations. Il s'agit d'une première étape avant celles présentées dans les parties 3.2.1.c et 3.2.1.d.

Les pollutions homogènes aboutissent, quant à elles, au tracé de droites, ne mettant pas en évidence de rupture de pente et donc la définition de gammes de concentrations.

De même, si les prélèvements sont réalisés en grande majorité dans les zones de plus fortes concentrations, les données disponibles ne peuvent concerner qu'une seule population (les concentrations les plus élevées) et ne peuvent donc pas mettre en évidence de rupture de pente.

Dans l'exemple ci-dessous (cas d'étude n° 1) :

- gamme de concentration 1 : 45 % des résultats d'analyse présentent des concentrations inférieures à 3 000 mg/kg ;
- gamme de concentration 2 : 40 % ont des concentrations comprises entre 3 000 et 8 000 mg/kg ;
- gamme de concentration 3 : 15 % des résultats d'analyses présentent des concentrations supérieures à 8 000 mg/kg.

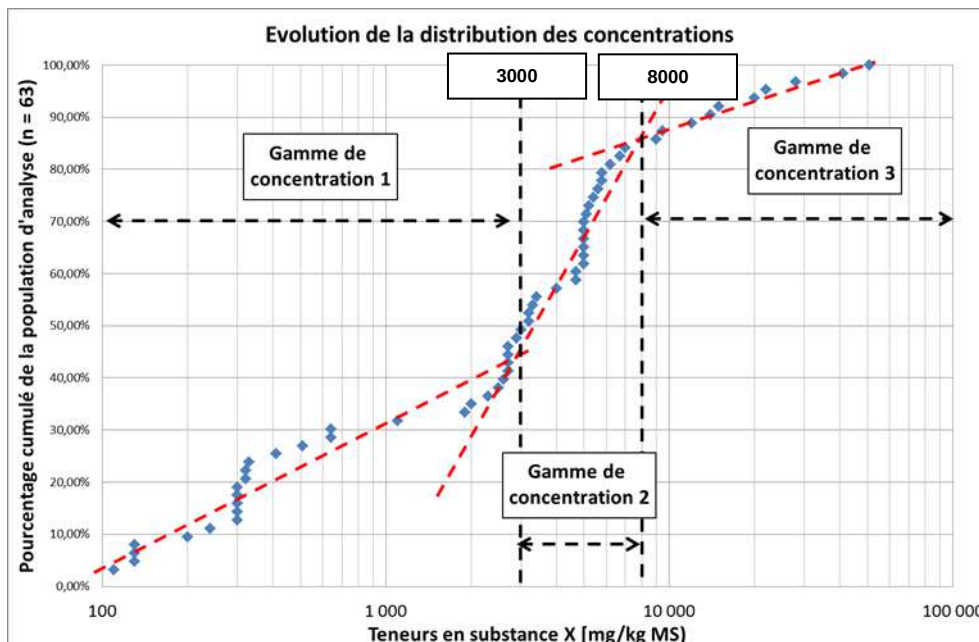


Figure 3 : Cas d'étude n° 1 présentant l'évolution du pourcentage cumulé de la population d'analyses en fonction des teneurs mesurées.

La détermination des gammes de concentrations est suivie d'une construction cartographique (courbes d'iso-concentration).

3.2.1.c Construire les courbes d'iso-concentration

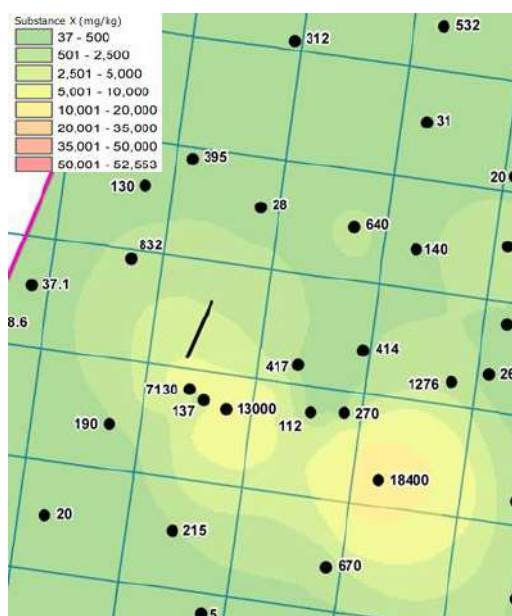
Différentes méthodes de cartographie de la pollution sont aujourd'hui disponibles. Il est ainsi distingué les méthodes d'interpolation déterministes (par exemple plus proche voisin, inverse des distances) des méthodes géostatistiques (par exemple krigeage, simulations). Les secondes permettent une estimation de l'incertitude associée à la cartographie, en raison de leur formalisme probabiliste.

Leur utilisation nécessite généralement des précautions (nombre de prélèvements suffisants, répartition des prélèvements adaptée à l'objectif,...) et des traitements préalables (choix de données comparables : épaisseur d'échantillonnage, lithologie,...), avant l'utilisation des données.

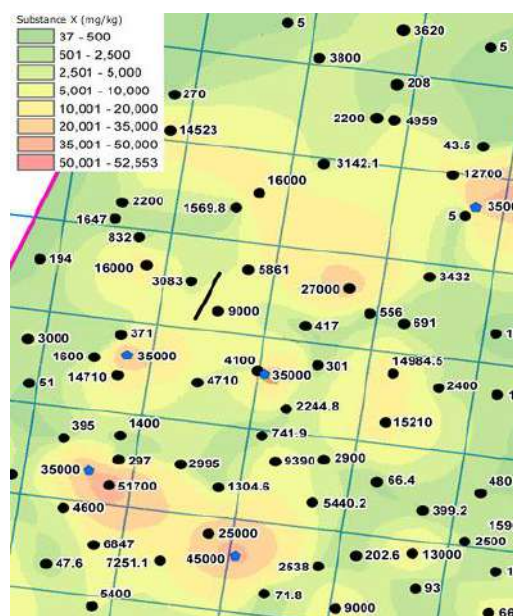
Plusieurs guides traitant de l'utilisation de la géostatistique dans le domaine des SSP sont disponibles sur internet : Guide Record (2013), Guide Géosipol (2005), Guide UPDS présenté au début du § 3.1 et Guide BRGM présenté à la fin du § 3.2.

Ces méthodes permettent l'exploitation des résultats d'analyses pour aboutir à des courbes d'iso-concentration pour chacun des polluants et chaque horizon (ou profondeur) pertinents. Des exemples de courbes d'iso-concentration sont présentés en Figure 4 (cas d'étude n° 2).

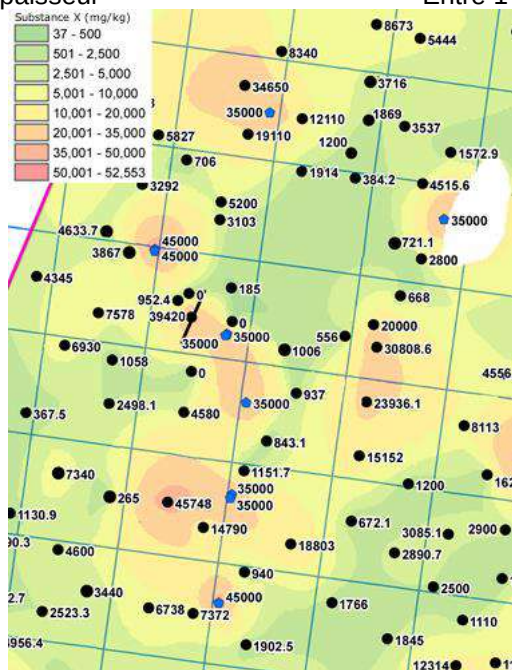
Pour tenir compte de l'extension de la pollution en profondeur et de la configuration hydrogéologique du site (zone saturée/zone non saturée), il convient de construire les courbes d'iso-concentration pour les différents horizons superposés.



Entre 0 et 1 m d'épaisseur



Entre 1 et 2 m d'épaisseur



Entre 2 et 3 m de profondeur

Figure 4 : Cas d'étude n° 2 de courbes d'iso-concentration (utilisation d'un logiciel de cartographie avec interpolation par krigeage).

À partir de courbes d'iso-concentration semblables à celles présentées en Figure 4, des représentations en 3 dimensions peuvent être élaborées, à l'image de la figure suivante. Elles présentent l'avantage de mieux visualiser la pollution dans l'espace.

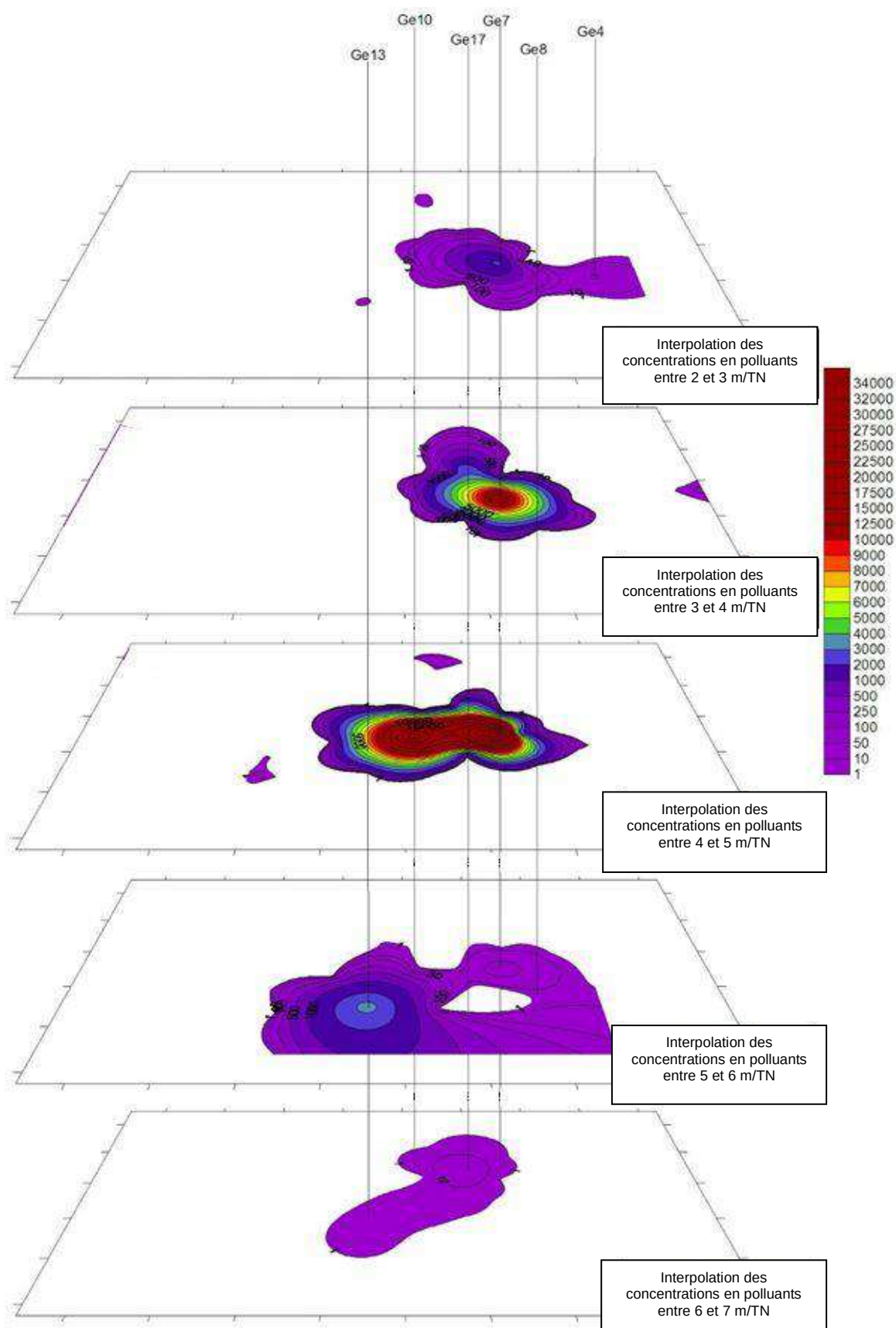


Figure 5 : Cas d'étude n° 3 – exemple de représentation en 3 dimensions d'une pollution.

3.2.1.d La quantification de la masse de polluant

Les représentations cartographiques présentées ci-dessus permettent une estimation des volumes de sol associés à chaque gamme de concentrations. Ces gammes de concentrations ne sont pas nécessairement celles définies dans le § 3.2.1.b.

En multipliant les volumes de sol ainsi déterminés par la masse volumique du sol et la concentration moyenne dans la gamme de concentrations considérée, la masse du polluant dans chaque volume de sol est calculée.

Le tableau suivant peut ainsi être élaboré :

Tableau 7 : Exemple de quantification des volumes de sol et des masses de polluants associées (cas d'étude n° 2).

Plage de concentrations (g/kg)	Volume de sol par gamme (m ³)	% volume de sol par gamme	% volume cumulé de sol	Masse de polluants par gamme (t)	% masse de polluants par gamme	% masse de polluants cumulée
0 - 0,5	100 000	41,9 %	100,0 %	37,5	2,7 %	100,0 %
0,5 - 2,5	57 500	24,1 %	58,1 %	129,4	9,5 %	97,3 %
2,5 - 5	34 300	14,4 %	34,0 %	192,9	14,1 %	87,8 %
5 - 10	25 000	10,5 %	19,7 %	281,3	20,6 %	73,6 %
10 - 20	15 000	6,3 %	9,2 %	337,5	24,7 %	53,0 %
20 - 35	4 000	1,7 %	2,9 %	165,0	12,1 %	28,3 %
35 - 50	2 000	0,8 %	1,3 %	127,5	9,3 %	16,2 %
50 - 75	1 000	0,4 %	0,4 %	93,8	6,9 %	6,9 %

Ce tableau a été construit avec une hypothèse de masse volumique de 1,5 tonne/m³ pour le sol. Il permet d'élaborer le graphique suivant avec :

- en ordonnée (à gauche, en bleu), le pourcentage de volume de sol correspondant à chaque gamme de concentration ;
- en ordonnée (à droite, en rouge), les pourcentages de masse de polluants contenus dans les volumes de sol définis au point précédent ;
- en abscisse, les gammes de concentration de polluants dans le sol.

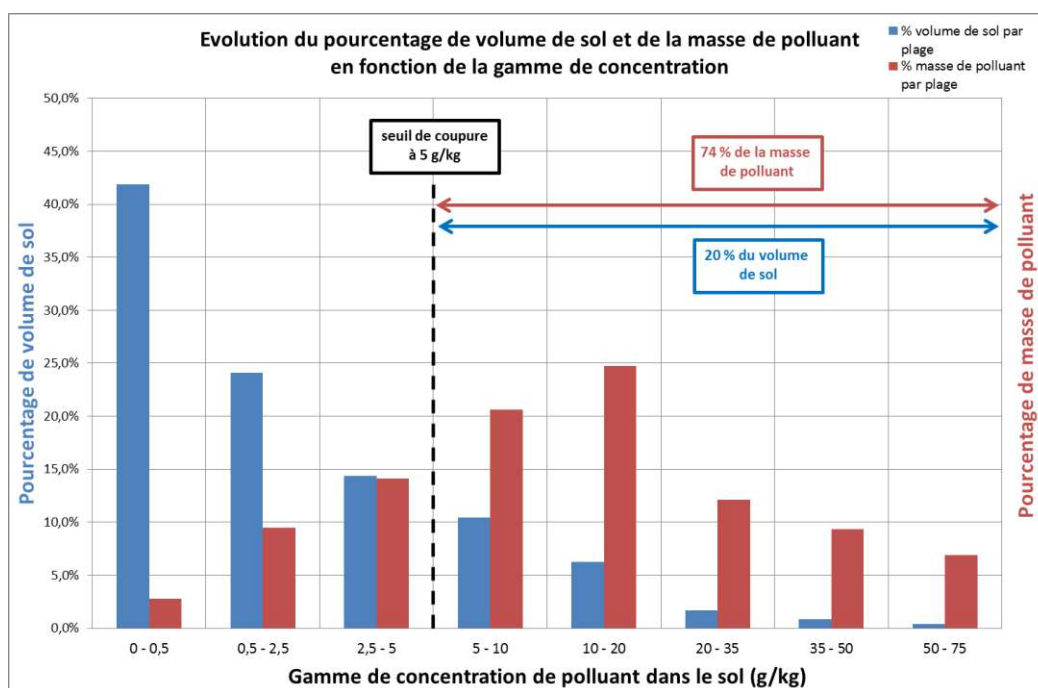


Figure 6 : Évolution du pourcentage de volume de sol et du pourcentage de la masse de polluant contenue dans chaque plage de concentration (cas d'étude n° 2).

La Figure 6 montre que :

- 74 % de la masse de polluant est contenue dans 20 % du volume de sol : le traitement d'un volume très limité de sol pollué (20 % dans l'exemple) permet de traiter presque les 3/4 de la masse de polluant ;
- au-dessus du seuil de coupure théorique de 5 g/kg, le pourcentage de la masse de polluant est bien supérieur à celui du volume de sol (ratio supérieur 2 dans cet exemple). Un traitement est d'autant plus efficace (techniquement et économiquement) qu'il porte sur des pollutions les plus concentrées, le ratio %masse de polluant traité / %volume de sol traité étant élevé ;
- plus ce seuil est abaissé, plus les volumes de terre à traiter et donc les coûts augmentent, alors que le ratio présenté ci-dessus devient de plus en plus faible.

Ainsi, les sols susceptibles d'être laissés en place sans traitement avant la prise en compte des autres aspects essentiels rappelés dans les § 3.2.1 et 3.3, sont ceux présentant des concentrations inférieures au seuil de coupure théorique (par exemple de 5 g/kg dans le cas d'étude n° 2).

3.2.1.e Limites et points d'attention

Indépendamment de la notion de bilan massique, la prise en compte et la gestion prioritaire des phases pures est nécessaire.

Cette méthodologie repose sur :

- l'exploitation des résultats des diagnostics ;
- la définition de courbes d'iso-concentration.

Ces courbes doivent être les plus représentatives possibles de la réalité. La réalisation de prélèvements suffisamment denses et d'analyses exhaustives est donc nécessaire.

Les courbes sont généralement élaborées par des logiciels informatiques qui proposent différents modèles d'interpolation ne donnant pas les mêmes résultats.

La méthode par krigeage donne l'image la plus probable de la répartition de la pollution sur un site, mais au prix d'un lissage des résultats, qui ne permet pas nécessairement de représenter fidèlement toute la variabilité possible d'un site. La fourniture des variogrammes obtenus et des cartes d'incertitude associées est recommandée.

Lorsque la pollution atteint la zone saturée, selon le type de polluant (plus ou moins dense que l'eau), la majorité de la pollution va avoir tendance à s'accumuler et à s'étaler à la surface de la nappe ou de l'horizon le moins perméable rencontré. Dans pareil cas, les prélèvements doivent en tenir compte et de nouveaux graphiques spécifiques à la zone saturée doivent être élaborés.

Lorsque les graphiques ne permettent pas de mettre en évidence des seuils de coupure, cela peut correspondre :

- à la présence de zones de pollutions ponctuelles. La démarche est alors à mettre en œuvre au niveau de chacune de ces zones, en adaptant si nécessaire les diagnostics. Des seuils spécifiques à chacune de ces zones peuvent ainsi être identifiés, ce qui permet de les traiter indépendamment les uns des autres et de hiérarchiser les mesures de gestion ;
- à une pollution généralisée et homogène, par exemple dans le cas de pollutions aux métaux et métalloïdes dans les remblais.

À ce stade, seuls les résultats analytiques dans les sols ont été pris en compte. Ensuite, il convient de s'intéresser aux résultats sur les milieux gaz de sol et eaux souterraines, afin de caractériser la mobilité des polluants.

Lorsque des spécificités du site ne permettent pas de déployer l'une des méthodes listées au § 3.2.1, des justifications techniques seront dûment apportées dans le plan de gestion.

3.2.2. La caractérisation de la mobilité : la localisation et la quantification des pollutions dans les gaz du sol et les eaux souterraines

Les bilans massiques sur les sols doivent être mis en relation avec les milieux « gaz du sol » et « eaux souterraines » dans le cas de polluants volatils ou lorsqu'ils contribuent à dégrader les eaux souterraines.

Ainsi, à l'instar de ce qui est fait pour les sols, des courbes d'iso concentration doivent être dessinées afin de servir de base à la localisation et à la quantification de masse de polluant dans ces milieux. Notons, qu'à l'inverse des bilans massiques dans le milieu sol, ceux réalisés dans le milieu « eaux souterraines » doivent, bien entendu, tenir compte de la porosité du sol.

Ces courbes d'iso-concentration permettent de localiser les zones de concentrations les plus élevées dans ces milieux à un instant t. Pour autant, cette image figée dans le temps est généralement insuffisante. Aussi, il faut intégrer la mobilité des polluants afin d'appréhender les deux aspects suivants :

- la durée de relargage de la source ;
- les concentrations engendrées par ce relargage.

Pour ce faire, il convient de déterminer :

- les potentiels de relargage des sources de pollutions (à l'aide d'essais de lixiviation, de percolation, de lysimètres,...) ;
- les flux massiques de relargage à l'aide d'un ou plusieurs transects de piézomètres.



À l'aide de plusieurs exemples tirés de la littérature ou de cas concrets en France, le guide du BRGM N°BRGM/RP-64350-FR « Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » illustre l'usage qui peut être fait des essais de lixiviation, de percolation, des lysimètres et des transects dans la détermination des potentiels et des flux massiques de relargage :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#masse

3.3. La définition des objectifs de réhabilitation

Comme mentionné précédemment, les seuils de coupure indiqués dans le paragraphe 3.2 sont définis par une étude statistique.

Les objectifs de réhabilitation, quant à eux, doivent tenir compte de ces seuils de coupure et des éléments suivants :

- la mobilité des polluants ;
- les techniques de dépollution disponibles ;
- les usages du site ou des aménagements actuels ou futurs ;
- les objectifs de qualité des milieux ;
- les risques sanitaires ;
- les aspects financiers.

Afin de valider que les seuils de coupure définis sont bien les objectifs de réhabilitation, les conditions suivantes doivent être respectées sur l'ensemble du site d'étude :

- compte tenu des usages actuels ou futur du site et des éventuelles restrictions mises en œuvre, les pollutions résiduelles laissées en place dans les sols permettent le respect des objectifs de qualité des milieux ou conduisent à des Analyses des Risques Résiduels (ARR) prédictives acceptables (cf. § 3.6.1) ;
- l'absence de capacité de relargage des sols au droit du site entraînant une dégradation significative de la qualité des eaux souterraines (contraire aux dispositions de l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines) ;
- une qualité des eaux comparable entre l'amont et l'aval pour les substances liées à l'activité actuelle ou historique menée sur le site (*) ;
- le traitement des volumes limités de sol présentant la masse de polluant la plus importante (c'est-à-dire les sols dont les concentrations sont supérieures au seuil de coupure théorique) est financièrement acceptable au regard du bilan coût-avantage.

Si ce n'est pas le cas, il convient de poursuivre la réflexion pour affiner cet objectif de réhabilitation et mettre en œuvre des mesures de gestion complémentaires afin de prendre en compte les paramètres qui ne sont pas acceptables.

(*) En cas de dégradation significative des eaux souterraines constatée entre l'amont et l'aval d'un site, pour les substances liées à l'activité actuelle ou historique menée sur le site, le plan

de gestion vise à déterminer des mesures adaptées de traitement de l'impact sur la base d'un bilan coût-avantages. Ces mesures visent à définir des objectifs de réhabilitation en cohérence avec par ordre de priorité la qualité de l'eau mesurée à l'amont du site, les exigences de prévention ou de limitation d'introduction de certains polluants dans les eaux souterraines fixées à l'article 4 de l'arrêté du 17 juillet 2009 et les actions définies par les programmes de mesures applicables à la masse d'eau considérée.

3.4. Le traitement et la gestion des pollutions

S'il existe de nombreuses techniques pour traiter certaines pollutions organiques (solvants, hydrocarbures...), en lien notamment avec leur potentiel de dégradation ou d'extraction, le traitement des métaux notamment dans les sols reste quant à lui plus difficile. Pour ces derniers, en alternative aux techniques courantes d'excavation/évacuation ou de confinement sur place, les solutions d'extraction ou de concentration peuvent parfois être efficaces pour réduire les quantités de matériaux pollués à gérer. Le piégeage au sein de la matrice sol (liants hydrauliques, biochars,...) de même que la modification de spéciation pour réduire leur mobilité et leur toxicité sont des solutions qui visent à maîtriser les risques liés à leur présence persistante.

La proposition de solutions adaptées aux contraintes techniques et économiques se fait dans le cadre du bilan coûts-avantages. Le choix final est affiné dans le cadre du Plan de Conception des Travaux et validé lors des phases d'ingénierie de travaux.

3.4.1. Les traitements *in situ* ou sur site

Quelle que soit la nature du polluant, et dans le respect des principes de l'économie circulaire, les traitements *in situ* ou sur site, qui limitent la production et le transport de déchets, doivent être privilégiés.

Les traitements *in situ* correspondent aux actions menées directement dans le sous-sol, donc sans excavation de celui-ci. Il peut s'agir soit d'extraire des polluants en phase pure ou dans des matrices liquide ou gazeuse, soit de les dégrader ou de les fixer dans les milieux concernés. Dans la mesure où les actions sont réalisées dans le sous-sol, la nature de ce dernier est un facteur limitant qui doit être évalué et pris en compte. A contrario, ces traitements sont avantageux pour le traitement des sources de pollutions sous des bâtiments que l'on souhaite conserver.

Les traitements sur site consistent à excaver le sous-sol et donc à extraire directement les polluants avec leurs matrices pour pouvoir ensuite les traiter sur site dans des installations dédiées. Comparativement à des solutions *in situ*, l'accès direct aux polluants et à leurs matrices permet généralement plus de possibilités techniques notamment en termes d'efficacité et de délais.

Ces techniques nécessitent du temps tant pour leur dimensionnement que pour leur mise en œuvre. Leur adaptation au site est généralement subordonnée aux résultats de tests de traitabilité/faisabilité voire d'essais pilotes, ainsi qu'à l'acquisition de données dimensionnantes (par exemple bilan massique) tant pour la mise en œuvre des techniques en elles-mêmes que pour l'intégration au site et au projet (utilités, co-activité, gestion des nuisances, géotechnique,...).

Leur mise en œuvre nécessite notamment l'utilisation d'énergie et parfois de réactifs et peut conduire à produire des déchets (polluants extraits). Les effluents (aqueux ou gazeux) doivent

être traités et contrôlés. Le contrôle peut porter aussi bien sur les installations que sur leur voisinage.



Le recours à une entreprise certifiée dans le domaine des travaux apporte aux donneurs d'ordre des garanties, notamment sur les aspects suivants :

- toutes les étapes d'un chantier de dépollution (préparation, travaux et réception du chantier) sont réalisées par cette entreprise ;
- cette entreprise maîtrise en propre au moins 8 techniques de dépollution (en dehors de l'excavation des sols et du tri granulométrique) ainsi que les techniques de traitement des effluents associés.

Le « Guide du donneur d'ordre » est dédié aux donneurs d'ordre pour qu'ils recourent aux prestataires certifiés :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#donneur

Une fois traités, les sols peuvent être réutilisés sur le site et les eaux souterraines réinjectées au droit du site en dehors de la source de pollution et de son panache (sous réserve d'obtention des autorisations ad hoc pour les eaux). Les actions de dépollution in situ et/ou sur site relèvent d'une démarche d'amélioration des milieux dégradés et permettent ainsi de répondre à l'objectif premier de la politique relative aux déchets qui est la réduction à la source des quantités de déchets produites.

3.4.2. Les traitements hors site

Les traitements hors site supposent le retrait du milieu pollué (sols, eaux) et son évacuation vers un centre de traitement adapté :

- filières de traitement type biocentre ;
- incinérateur ;
- installation de stockage de déchets ;
- ...

Les différentes contraintes qui s'imposent à tout projet d'aménagement ou de construction conduisent souvent à excaver d'importants volumes de sols et à les évacuer hors du site, indépendamment de leur caractère pollué ou non. Ces opérations d'excavation peuvent alors utilement porter sur les sources de pollution contenues dans les sols.

Les sols ainsi évacués relèvent de la législation sur les déchets et les conditions d'acceptation des installations hors site doivent être vérifiées avant de retenir les mesures d'excavation et d'évacuation en tant qu'option de gestion possible.

Par conséquent, en vertu des principes de l'économie circulaire, l'évacuation doit être considérée comme une solution de dernier recours et les filières de traitement/valorisation hors site (biocentres, centre de traitement thermique de sols, installation de lavage des sols...) doivent être privilégiées à l'envoi en Installation de Stockage de Déchets (ISD). Les solutions de réutilisation hors site telles que décrites au § 3.5 doivent également être considérées avant d'envisager l'envoi en ISD.

De même, dans certains cas spécifiques, un pré-traitement des sols sur site ou in situ peut s'avérer judicieux afin d'optimiser les flux à évacuer tant d'un point de vue quantitatif que qualitatif. Dans la mesure où de telles mesures peuvent complexifier les projets d'aménagement ou de construction, elles doivent être envisagées et intégrées au plus tôt dans la conception des projets afin de permettre leur mise en œuvre. Leur intégration tardive est souvent limitante et condamne toute action d'optimisation des flux de déchets à évacuer.

Par ailleurs, si des mesures d'excavation et d'évacuation généralisées pour une dépollution complète permettent d'éviter l'instauration de servitudes pour conserver la mémoire des pollutions résiduelles, elles peuvent également conduire à saturer inutilement les installations de stockage de déchets et mettre en péril l'équilibre financier d'un projet de réhabilitation.

Par ailleurs, d'autres aspects sont à prendre en compte :

- lorsque les concentrations en polluants sont très élevées, notamment pour les polluants volatils, le transport des sols pollués peut devenir problématique, et relever de la réglementation sur le transport de matières dangereuses ;
- les centres de traitement ou de stockage disponibles à proximité du site à réhabiliter doivent être techniquement adaptés aux caractéristiques des sols et des eaux pollués et doivent disposer d'arrêtés préfectoraux.

Il existe en France une trentaine de plateformes dédiées au traitement/valorisation des terres polluées (biocentres, installations de désorption thermique, installations de lavage). Les Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux (ISDND) et Dangereux (ISDD) peuvent également recevoir des terres polluées dans leur périmètre autorisé (plan départemental des déchets).

En revanche, pour les pollutions les plus concentrées, il existe peu de centres de traitement. En 2015, il est ainsi recensé : 16 centres collectifs d'incinération de déchets dangereux, 13 centres spécialisés dans l'évapo-incinération et plus de 25 installations co-incinérant des déchets (il s'agit pour l'essentiel de cimenteries).

3.4.3. Les mesures de confinement

Le confinement consiste à empêcher ou à maîtriser la migration des polluants pour limiter les risques sanitaires et environnementaux. Les sols et les eaux pollués sont donc laissés sur place mais la zone polluée est isolée. Il peut s'agir d'un confinement mécanique (géomembrane, palplanches, parois moulées...) ou hydraulique.

Ces solutions de gestion ne doivent être envisagées que lorsqu'aucun traitement n'est possible (multiplicité des polluants, quantités en jeu importantes, absence d'enjeu à protéger...) ou en tant que mesure complémentaire pour la gestion des pollutions résiduelles. Les objectifs et caractéristiques techniques du confinement diffèrent selon les contextes (étendue des pollutions, concentrations,...).

Le plan de gestion doit apporter des éléments démonstratifs tangibles sur les performances du confinement, son acceptabilité sanitaire (§ 3.6.4) et, surtout, sur sa pérennité dans le temps. Outre ces démonstrations techniques, les solutions de confinement ne peuvent être décidées que sur la base d'estimations financières élaborées selon les dispositions du § 3.7 et à l'issue du bilan « coûts –avantages » du plan de gestion explicité au § 4.5.

Ne peuvent être confinés sur site que les sols ou les eaux souterraines pollués, présents au droit du site objet du projet de réhabilitation, ou de pollutions provenant du site et récupérées dans son environnement. Ainsi, dans le cas où un site ou une installation est à l'origine d'une pollution hors de ses limites, celle-ci peut être ramenée sur le site pour y être confinée. En aucun cas, le confinement ne peut concerner des sols, des eaux ou des matières polluées provenant d'autres sites ou d'autres lieux sans lien avec l'origine de la pollution.

Ces confinements consistent à regrouper ces pollutions dans des lieux bien identifiés :

- sous les bâtiments, pour les pollutions non sujettes à l'émission de vapeurs ;
- sous les voiries et les parkings à l'air libre, quelles que soient les caractéristiques des polluants ; la présence d'infrastructures enterrées (réseaux...) notamment au droit des voiries doit cependant amener à considérer cette solution avec prudence ;
- dans des emplacements dédiés faisant alors l'objet d'aménagement paysager, lorsque les dimensions du site le permettent.

Les mesures de confinement doivent être pérennes dans le temps et adaptées aux usages actuels et futurs du site. Les impacts potentiels, qu'ils soient sanitaires ou environnementaux, doivent être parfaitement caractérisés et maîtrisés dans le temps.

Dès les étapes de dimensionnement, les modalités de maintenance et d'entretien des systèmes de confinement sont à prendre en compte tant sur les aspects techniques que financiers. Cela peut concerner les fosses de collecte des eaux (colmatage), l'apparition de galeries par les animaux (lapins...), la déstabilisation ou le glissement des talus, la gestion de la végétalisation de surface.

Un contrôle initial puis une surveillance environnementale appropriée doivent être réalisés pour vérifier l'absence d'impact ou évaluer les impacts résiduels sur les milieux lorsqu'une solution de confinement a été décidée. Cette surveillance est mise en place sur de longues durées.

Une vigilance pérenne sur les changements d'usage à venir sur le site et une information systématique des acquéreurs est à prévoir. La mise en œuvre de servitudes précisant les modalités d'exploitation et d'entretien nécessaire au maintien de leur pérennité dans le temps est donc essentielle.

Remarque : S'agissant des déversements consécutifs à un accident ou à un incident, la priorité consiste d'abord à retirer les sources de pollution. Néanmoins, si la suppression n'est pas possible, des mesures de confinement doivent être mises en place dans les meilleurs délais pour limiter l'extension d'un panache, protéger la ressource en eau et prévenir les risques sanitaires (cf. 4.1.1). Il ne peut s'agir, dans ce cas, que de mesures à caractère temporaire dans l'attente de la mise en place de solutions plus pérennes.



Différents documents traitent du sujet de la gestion et du traitement des sources de pollutions :

Le rapport du BRGM de 2009 « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices » (BRGM/RP-58609-FR) **présente les principaux traitements *in situ*, sur site et hors site, qu'il s'agisse de procédés physico-chimiques, biologiques ou thermiques**, ainsi que le traitement des rejets aqueux et atmosphériques. La présentation de chaque technique considérée rassemble les informations relatives à sa description, sa maturité, son domaine d'application, son efficacité, ses coûts, ses avantages, ses inconvénients, ainsi que les paramètres utiles pour réaliser un bilan « coûts – avantages » (prenant en compte les critères techniques/organisationnels, économiques, environnementaux et sociopolitiques). Ce document est téléchargeable à l'adresse suivante :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#qtqt

L'ADEME pilote une étude descriptive du marché des SSP qui est régulièrement actualisée. Cette étude est conduite par le cabinet Ernst & Young et est consultable à l'adresse suivante (données 2012) :

www.ademe.fr/taux-dutilisation-cout-differentes-techniques-filieres-traitement-sols-eaux-souterraines-pollues-france-donnees-2012

L'ADEME et le BRGM ont également créé l'outil d'aide à la décision SELECDEPOL qui est disponible à l'adresse suivante :

www.selecdepoll.fr

3.4.4. La prise en compte des dispositions constructives dans les projets de construction

Indépendamment de l'état des sols, de nombreuses contraintes de conception sont fixées pour la construction des immeubles, telles que, par exemple, des taux de ventilation des locaux (en fonction de leur usage).

Il s'agit d'abord de prendre en compte ces contraintes préexistantes et, le cas échéant, de les modifier si leur insuffisance venait à être démontrée par l'ARR réalisée selon les dispositions du § 3.6 et si nécessaire, de les compléter par des dispositifs spécifiques tels que des dispositifs drainant les remontées de pollutions volatiles, ou des vides sanitaires ventilés.

Intégrées très en amont d'un projet, le surcoût des dispositifs spécifiques est faible au regard du bénéfice qu'ils apportent. Par exemple, un dispositif drainant les remontées de pollutions volatiles revient à l'installation à environ 100 € H.T au mètre carré de surface bâtie. À ces coûts, il convient de rajouter ceux relatifs à leur maintenance, leur exploitation, voire au traitement des effluents une fois les constructions achevées.

Au-delà de l'acceptabilité sanitaire démontrée par l'ARR, acceptabilité basée sur la VTR du moment, la mise en place de ces dispositions constructives est recommandée pour sécuriser les projets d'aménagement ou les projets de construction, notamment au regard de l'évolution des connaissances toxicologiques.

Il est à noter que la circulaire du 8 février 2007 relative aux sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles, signée par les directions générales de la santé, de la prévention des pollutions, de l'urbanisme, de l'habitat et de la construction, impose quant à elle une dépollution suivant les règles de l'art et la mise en place systématique de telles mesures constructives.

Pour rester efficace, ces dispositifs doivent être vérifiés, entretenus régulièrement et ne pas être modifiés. Par exemple, un vide sanitaire dont les ouvertures sont obturées conduit à augmenter les transferts de pollution du sol vers l'air intérieur.

Dans le cas des projets d'aménagement sur les Secteurs d'Information sur les Sols (SIS) et dans le cadre du deuxième changement d'usage des ICPE, l'attestation à joindre aux demandes de permis de construire (ATTES) garantit que le projet d'aménagement ou de construction prend correctement en compte la problématique de pollution du terrain/du sous-sol.

Les exigences de la prestation ATTES sont définies dans la partie 2 de la norme NF X 31-620.



Dans la norme NF X 31 620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle, une offre globale de prestation existe pour la délivrance d'une attestation (ATTES). Norme disponible et en vente depuis le 01.06.2011 sur le site de l'AFNOR :

www.boutique.afnor.org/norme/nf-x31-620-2/qualite-du-sol-prestations-de-services-relatives-aux-sites-et-sols-pollues-partie-2-exigences-dans-le-domaine-des-prestati/article/868212/fa186598

3.4.5. La gestion des pollutions pour les bâtiments existants

Il s'agit dans un premier temps de réaliser une visite approfondie en compagnie des occupants concernés pour établir un état des lieux. Cette visite doit permettre d'identifier les vecteurs potentiels de transferts et les voies d'exposition et de connaître les usages, les habitudes et les

comportements des occupants.

Sur la base des résultats de cet état des lieux, suivant l'importance des anomalies détectées, les mesures à mettre en œuvre pour améliorer la situation sont identifiées. Les différentes mesures suivantes peuvent être prises.

Pour les sols à nu, le recouvrement des terres polluées est à considérer et, si cela est possible, leur enlèvement et leur remplacement par de la terre saine.

Pour l'air intérieur, en complément du traitement des pollutions, différentes solutions sont envisageables :

- rétablir ou mettre en place une aération régulière conforme aux normes en vigueur (notamment des VMC double flux) ;
- installer des chaudières selon les normes en vigueur pour éviter la mise en dépression des locaux dans lesquels elles se situent ;
- rendre étanche les dalles aux remontées de vapeurs par application de résines appropriées ;
- installer des dispositifs de mise en dépression de l'air sous dalle pour capter les polluants, les traiter et les évacuer à l'extérieur sans qu'ils ne transitent par les pièces de vie. Ces méthodes sont mises en œuvre si les fondations le permettent et si la perméabilité des sols s'y prête ;
- mettre en dépression les réseaux lorsqu'ils sont identifiés comme vecteurs de transfert (eaux pluviales, eaux usées).

Pour rétablir une qualité d'eau du robinet dégradée par une pollution des sols, la seule solution envisageable est de remplacer la canalisation existante par une canalisation métallique.

Quelles que soient les mesures à mettre en œuvre, même temporairement, un dialogue avec les occupants des locaux concernés est à prévoir pour leur expliquer la situation, savoir s'ils vont les accepter en tenant compte de critères tels que le bruit, les apports d'air froid dans les pièces, l'encombrement des installations ou l'esthétisme des dispositifs (cf. § 3.4.4).



Le « Guide relatif aux mesures constructives applicables dans le domaine des SSP », BRGM/RP-63675-FR d'août 2014 élaboré par le BRGM pour le compte du ministère en charge de l'environnement, présente les principales mesures constructives pouvant être mises en œuvre dans le domaine des sites et sols pollués en regard des problématiques telles que la remontée de vapeurs, la perméation de composés volatils au travers d'une canalisation et la pollution des sols de surface.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#constructives

3.4.6. Les jardins potagers et les arbres fruitiers dans les projets d'aménagement

Les projets d'aménagement sur des friches industrielles comportent de plus en plus souvent des jardins potagers avec ou sans arbres fruitiers, privatifs ou partagés auxquels peuvent être associés des élevages domestiques (volailles, lapins...).

Dans le cadre du plan de gestion, deux aspects sont à prendre en compte :

- les teneurs en polluants à respecter dans les sols, pour permettre ces usages ;
- la profondeur des sols devant respecter ces teneurs.

3.4.6.a La qualité des sols pour ces usages

Comme indiqué au § 1.5.2.e, il reste difficile de corrélérer directement les teneurs mesurées dans les sols à celles mesurées dans les denrées alimentaires, qu'il s'agisse des produits animaux (œuf,...) ou des végétaux (fruits, légumes,...).

Quand des pollutions sont découvertes dans des sols cultivés (potager, arbres fruitiers) ou présentant des élevages domestiques, la démarche d'Interprétation de l'État des Milieux conduit à recommander le contrôle de la qualité des denrées alimentaires : légumes, fruits, viande et œufs.

Dans le cadre d'un plan de gestion, ces considérations amènent à recommander d'éviter de tels usages sur des sols qui ont été pollués par des activités industrielles ou des activités de service.

Cependant, si de tels usages venaient à être retenus, il convient d'excaver les sols sur une profondeur suffisante et de les remplacer par des sols dont la qualité doit être contrôlée, après caractérisation de la qualité des sols en fond de fouille. Il convient de placer :

- un système de séparation physique (type géotextile) entre l'encaissant et les matériaux d'apport, afin d'éviter que les sols ne se mélangent ;
- un système d'avertissement en fond de fouille avant remblaiement de façon à assurer une alerte visuelle rappelant la mémoire des aménagements.

Les sols destinés à de tels usages doivent présenter des caractéristiques agronomiques qui ne sont pas abordées dans le présent document, dans la mesure où elles ne relèvent pas de la méthodologie de gestion des sols pollués.

3.4.6.b La profondeur d'excavation des sols pour les jardins potagers et les arbres fruitiers

La question des légumes, des arbustes et des arbres fruitiers doit faire l'objet d'une attention particulière.

Outre la qualité des sols, la qualité des eaux souterraines présentes au droit des végétaux doit être prise en compte. En effet, les racines de certains arbres prélèvent de l'eau dans la zone de battement de la nappe, ce qui peut contribuer au transfert des polluants dans les parties comestibles. De plus, en cas d'arrosage de ces végétaux avec l'eau de la nappe (polluée), le transfert des polluants en est d'autant plus accentué.

La réponse à cette question conduit à rappeler les profondeurs de racines des principaux légumes et arbres fruitiers.

Tableau 8 : Profondeur des racines de certains légumes et arbustes.

Superficielles : jusqu'à 30 cm	Intermédiaires : entre 30 et 60 cm	Profondes : supérieures à 60 cm
Céleri, laitue, oignon, pomme de terre, radis, ail, échalote Fraisiers	Brocoli, carotte, chou, chou-fleur, concombre, courgette, haricot mange-tout, melon brodé, poivron, tomate... Framboisiers	Asperge, citrouille, courge d'hiver, endive, maïs sucré, melon d'eau, panais...

Pour les légumes des potagers, il apparaît qu'une profondeur d'excavation de l'ordre d'au moins 50 cm, voire 1 m, est à considérer lorsque de tels aménagements ont été décidés, afin de garantir une approche sécuritaire.

Tableau 9 : Profondeurs des racines arbres fruitiers.

Jusqu'à 5 m de profondeur	De 5 à 10 m de profondeur	Au-delà de 10 m
Figuier, pêcher	Pommier, prunier, poirier : 5 à 10 m	Vignes

Les arbres fruitiers sont fréquents dans les jardins. Ces arbres, selon leur espèces, leur âge, peuvent produire de quelques kilogrammes de fruits à plusieurs dizaines par an. La profondeur de leurs racines peut dans certains cas dépasser 5 mètres.

Le volume de racine d'un arbre correspond globalement à celui de ses branches. Ainsi, une fosse d'un mètre de matériau propre n'est rapidement pas suffisante pour contenir les racines d'un arbre quel que soit l'espèce.

Au regard de ces éléments, la plantation d'arbres fruitiers au droit d'un site réhabilité est fortement déconseillée.

Dans l'intérêt tant du maître d'ouvrage que des futurs usagers, lorsque de tels usages sensibles sont envisagés, des membranes géosynthétiques limitant le développement racinaire sous-jacent doivent être mis en place. De plus, le contrôle de la conformité des travaux (notamment géosynthétique utilisé, qualité des matériaux d'apport, profondeur d'excavation,...) est fortement recommandé au cours et à l'issue de leur mise en œuvre.

Dans tous les cas, la qualité des fruits et des légumes cultivés sur d'anciens sites pollués devra être régulièrement contrôlée à l'issue des travaux.

Lorsque le réaménagement des sites exclut l'implantation de jardins potagers ou d'arbres fruitiers, il est essentiel que des restrictions d'usage soient instaurées (SUP, acte notarié, règlement de copropriété, bail de location, etc.). Ces documents doivent comporter un état de la situation, mentionnant notamment les aménagements réalisés, les usages possibles et ceux qui sont à proscrire.

3.4.7. La gestion des pollutions par l'atténuation naturelle

Dans certains cas, notamment lorsque les pollutions des milieux sont diffuses et les niveaux de concentration des polluants stabilisés ou en régression, les scénarios de gestion reposant sur la régénération ou l'atténuation naturelle sont alors envisageables.

L'attention doit toutefois être appelée sur le fait que la dégradation d'un polluant peut parfois conduire à l'apparition d'un composé plus toxique que le polluant initial.

L'atténuation naturelle est envisagée notamment dans les cas suivants :

- lorsque les sols et les molécules présentes (couple polluant/matrice) sont propices à l'atténuation naturelle, qui doit être vérifiée par des diagnostics spécifiques ;
- lorsqu'il est démontré que les niveaux résiduels de pollution sont compatibles avec les usages constatés ou envisagés des milieux ;
- à condition d'être accompagnée d'une surveillance appropriée des milieux ;
- pour réduire à terme les pollutions résiduelles, ce qui permet d'adapter la surveillance au cours de temps, voire l'arrêter lorsque les niveaux résiduels de pollution le permettent.

Selon le cas, les dispositifs de conservation de la mémoire adaptés au contexte sont à mettre en place.



ATTENA est un projet de recherche sur l'ATTEnuation NATurelle. Il propose plusieurs guides dont un Protocole opérationnel de gestion des sites en cohérence avec le contexte réglementaire français :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Documents-pour-la-gestion-des.html#attena

Norme NFX 31-620-4 – Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués – Partie 4 : exigences dans le domaine des prestations d'exécution des travaux de réhabilitation.

3.4.8. La surveillance environnementale

Les modalités de surveillance (notamment celles prescrites par arrêté préfectoral) doivent être spécifiques au contexte de gestion et adaptées aux pollutions identifiées attribuables au site.

3.4.8.a À l'issue d'un projet d'aménagement

Les mesures de surveillance éventuellement à mettre en œuvre visent à vérifier l'efficacité des mesures de dépollution et des mesures constructives.

Ces mesures n'ont généralement pas vocation à perdurer, et ce type de situation n'est en principe pas concerné par le bilan quadriennal, sauf dans le cas où des mesures de confinement ou des dispositifs (mesures constructives, atténuation naturelle,...) ont été spécifiquement mises en œuvre.

Il est à noter que pour des polluants tels que le trichloroéthylène ou le benzène, le HCSP recommande la vérification de l'atteinte des valeurs de qualité des milieux, dans les bâtiments neufs avant livraison aux occupants.

Lorsque l'efficacité des mesures de gestion doit être évaluée par une surveillance environnementale appropriée, il s'agit alors de plans de gestion qui peuvent être évolutifs au cours du temps et non définitivement figés : la synthèse technique récapitule les éléments nécessaires à la mise en œuvre de la surveillance environnementale.

Il est à noter que les mesures de surveillance éventuellement à mettre en œuvre relèvent pleinement du plan de gestion. L'analyse régulière des résultats de cette surveillance est recommandée selon les dispositions décrites ci-après (cf. § 3.4.8.c).

La réalisation d'une IEM dans la continuité du plan de gestion est à proscrire.

3.4.8.b À l'issue d'un plan de gestion

À l'issue du plan de gestion (en particulier celui réalisé après une IEM), la surveillance des milieux d'exposition permet de vérifier l'efficacité intrinsèque des mesures ou techniques de dépollution mises en œuvre, en particulier l'atteinte des objectifs de qualité fixés pour ces milieux.

3.4.8.c L'exploitation des résultats de la surveillance environnementale : le bilan quadriennal

Lorsqu'une surveillance environnementale est en place, les résultats sont analysés et interprétés après chaque campagne de diagnostics et les mesures appropriées sont prises en cas de constats d'anomalies (validité des résultats, respect des limites de quantification,

conditions environnementales, évolution amont - aval,...).

Lorsqu'il s'agit d'une ICPE, les modalités d'information au Préfet et à l'inspection des installations classées relèvent des dispositions fixées par la réglementation ou par les arrêtés préfectoraux.

Dans tous les cas, à l'issue d'une première période de surveillance de quatre ans, un bilan est réalisé pour décider de sa poursuite avec ou sans adaptation, voire de son arrêt. Ces modalités sont précisées dans l'arrêté préfectoral complémentaire de surveillance (cf. § 1.7).

3.4.9. Le statut réglementaire des installations de traitement et de confinement des pollutions

Concernant les projets de réhabilitation de sites pollués, la circulaire relative aux modalités d'application des décrets n° 2009-1341, 2010-369 et 2010-875 modifiant la nomenclature des installations classées exerçant une activité de traitement de déchets, signée le 24 décembre 2010 précise :

« les activités de traitement des terres polluées non excavées ne sont pas classables sous une rubrique de traitement de déchets, les terres non excavées ne prenant pas le statut de déchets. De même, les installations de traitement des terres polluées excavées ne sont pas classables si le traitement est opéré sur le site de leur excavation. Dans ces deux cas, l'encadrement réglementaire peut être assuré au moyen d'arrêtés préfectoraux de prescriptions complémentaires ou spéciales, si l'installation à l'origine du risque de pollution est classée. Dans le cas contraire, les dispositions de l'article L. 514-4 du code de l'environnement pourront être mises en œuvre si les enjeux environnementaux attachés à l'opération de dépollution le nécessitent ».

Selon cette Circulaire :

« Dans le cas d'une ICPE, le site correspond à l'emprise foncière placée sous la responsabilité de l'exploitant. Dans le cas contraire, il s'agit de l'emprise foncière comprise dans le périmètre d'une Zone d'Aménagement Concertée, ou faisant l'objet d'un même permis d'aménagement ou faisant l'objet d'un même permis de construire.

Le confinement de terres polluées ou la réutilisation de terres excavées dans le cadre d'une opération de réhabilitation d'un site pollué relevant d'un plan de gestion ne doit pas, en général, être considéré comme une opération de stockage de déchets. Il convient cependant de veiller à ce que de telles mesures de gestion de la pollution des sols ne portent que sur des sites tels que définis au paragraphe précédent et constitués de parcelles contigües relevant de la même maîtrise d'ouvrage.

La réutilisation de terres excavées sur des terrains situés en dehors de l'emprise foncière visée est soumise à la législation sur les déchets. »

3.5. La gestion des terres excavées et la gestion des déchets de déconstruction

3.5.1. Les terres excavées

Dans un projet de réaménagement urbain, un certain nombre de contraintes s'imposent à l'aménageur :

- des contraintes d'urbanisme, qui peuvent imposer des utilités en fonction des aménagements prévus : places de parking, voiries, ... ;
- des contraintes techniques pour les fondations des bâtiments, les travaux de Voiries et Réseaux Divers (VRD), etc.

Toutes ces contraintes conduisent souvent à excaver d'importants volumes de terres et les évacuer du site, indépendamment de leur caractère pollué ou non. Ces opérations d'excavation peuvent alors utilement porter sur les sources de pollution contenues dans les sols.

Dans le bilan « coûts - avantages » présenté au § 4.5, seul le surcoût lié à la gestion de la pollution et éventuellement à un besoin de travaux de terrassement plus important apparaît.

S'agissant des projets réalisés sur des sites de grande superficie, l'implantation des bâtiments et des équipements tient ainsi compte de l'état des sols et de la nature des pollutions.

Par ailleurs, différentes contraintes, en particulier paysagères, peuvent nécessiter l'apport de terres, la réutilisation des terres du site étant à privilégier.

Dans certains cas, après gestion des sources de pollution et des pollutions concentrées, suivant les dispositions de la méthodologie, un projet de réhabilitation optimisé conduit à sortir des terres non polluées du site.

Les terres polluées ou non, qui sortent du site, sont gérées comme des déchets selon les dispositions du code de l'environnement. Toutefois, ces terres peuvent être valorisées et réutilisées selon les modalités de traçabilité et de responsabilité applicables aux déchets, en démontrant leur innocuité sanitaire et environnementale selon l'usage qui en est prévu, et en apportant la preuve qu'elles n'impactent pas les milieux de leur site d'accueil (sols en place, eaux souterraines, ...).

Une méthodologie spécifique a ainsi été développée dans un guide établi en 2012 par le ministère en charge de l'environnement pour encadrer et assurer la réutilisation hors sites des terres excavées.

Le « guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site, paru en décembre 2013, propose, au travers d'une démarche pragmatique en lien avec le « guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement », une méthodologie de caractérisation des terres excavées destinées à être réutilisées et des zones de réutilisation potentielles.

Les points développés dans ce guide portent sur la taille des prélèvements unitaires, les méthodes d'échantillonnage in situ des terres (avant excavation), la caractérisation des lots de terres excavées et la caractérisation des zones de réutilisation potentielles. Il présente des stratégies simples d'échantillonnage utilisables dans de nombreuses configurations de chantier

et précise, dans chaque cas, la méthode statistique de traitement des données à employer.



Le « Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement », BRGM/RP-60013-FR de février 2012 élaboré par le BRGM et l'INERIS pour le compte du ministère en charge de l'environnement, expose les modalités de réutilisation des terres excavées en techniques routières et dans des projets d'aménagement dans une optique de développement durable.

Le « Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement » (BRGM/RP-62856-FR) de décembre 2013.

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#tex

3.5.2. Les déchets de déconstruction

Le décret n° 2011-610 du 31 mai 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments ainsi que l'arrêté du 19 décembre 2011 fixent les conditions de réalisation des diagnostics ainsi que les conditions de tri, de valorisation ou de réemploi sur site des déchets de démolition.

En cohérence avec l'objectif premier de la politique de gestion des déchets, il y a lieu de privilégier le réemploi des matériaux de démolition du site pour réduire à la source la quantité de déchets produite (par exemple, réutilisation des structures sur site après concassage).

3.6. La validation sanitaire : de l'ARR « prédictive » à l'ARR de validation des travaux

Pour chacun des scénarios de gestion envisagés dans une démarche de plan de gestion, les possibilités d'exposition des personnes aux pollutions résiduelles sont identifiées, au regard :

- des concentrations qui sont susceptibles d'être atteintes après mise en œuvre des techniques de dépollution ;
- des mesures constructives inhérentes à toute construction ;
- le cas échéant, des mesures constructives spécifiquement mises en œuvre dans le cadre des mesures de gestion.

La question de l'évaluation quantitative des risques sur les expositions résiduelles ne se pose plus lorsque le plan de gestion permet d'éliminer les sources de pollution ou de supprimer de façon pérenne les vecteurs de transfert entre les sources de pollution et les populations.

Lorsque de tels contacts sont possibles (contacts directs avec les sols ou diffusion des pollutions volatiles à travers les fondations...), alors l'acceptabilité sanitaire des expositions aux pollutions résiduelles doit être vérifiée par une évaluation quantitative des risques sanitaires dénommée « analyse des risques résiduels » (ARR). Il convient de veiller à se baser sur des scénarios réalistes ou réellement constatés :

- dans un premier temps, cette évaluation est réalisée selon les modalités fixées au § 3.6.3 sans tenir compte des valeurs de gestion éventuellement disponibles ;
- dans un second temps, la prise en compte des valeurs de gestion, pour les polluants qui en disposent, s'effectue selon les modalités définies au § 3.6.4.

Lorsque la démarche de plan de gestion est menée dans le prolongement d'une IEM, les scénarios à prendre en compte se basent sur les usages constatés des milieux concernés. Les paramètres d'exposition résultent des constats *in situ*, à défaut, de l'utilisation des données issues de la bibliographie.

Lorsque la démarche de plan de gestion n'est pas mise en œuvre à l'issue d'une IEM, les EQRS doivent être réalisées selon une approche conservatoire :

- les paramètres d'exposition seront majorants. Il ne s'agit pas d'ajuster les paramètres d'exposition mais bien de dimensionner une opération de réhabilitation. Par exemple, pour les scénarios d'ingestion de sols, lorsque les teneurs dépassent la gamme de valeurs des sols « ordinaires », la valeur à retenir pour la quantité de sol ingérée par l'enfant est de 91 mg/j ;
- dans la majorité des cas (cf. § 1.4.2.b), la bioaccessibilité/biodisponibilité orale des polluants ne sera pas considérée. Cependant, lorsqu'il est démontré d'une part que l'influence de ce paramètre est significatif sur le résultat de l'EQRS et d'autre part qu'il impacte de manière très importante le bilan coût-avantage du projet, au point notamment de remettre en cause sa viabilité financière (grande surface concernée par exemple, conséquence sociaux économiques), ce paramètre pourra être retenu sous réserve d'un argumentaire détaillé. Celui-ci reposera sur des protocoles de mesures validés et sur un nombre d'échantillons suffisant pour garantir la représentativité et la robustesse des résultats afin de sécuriser le scénario de gestion choisi.

En cas d'inhalation potentielle de polluants volatils, les expositions résiduelles sont évaluées à l'aide de modèles de transferts pour tenir compte des mesures constructives qui interviennent ultérieurement.



Le document de l'INERIS N° INERIS-DRC-06-75999/DESP-R03a rappelle les origines, les objectifs et les postulats de la démarche d'évaluation des risques sanitaires.

www.ineris.fr/centredoc/origine_ERS_vf.pdf

3.6.1. L'Analyse des Risques Résiduels des scénarios de gestion : une ARR « prédictive »

À ce stade du processus, il convient de rappeler que :

- seules les concentrations en polluants du site à réhabiliter sont connues pour avoir été mesurées ;
- les concentrations résiduelles en polluants sont estimées compte tenu des performances connues des techniques de dépollution : il s'agit de concentrations théoriques ou prédictives.

De même à l'issue de la phase d'ingénierie de dépollution, si la faisabilité des techniques de dépollution a été vérifiée et précisée, les niveaux de pollutions qui seront atteints restent encore théoriques et cela jusqu'à l'achèvement des travaux de réhabilitation : les ARR menées à ce stade sont des ARR prédictives.

Leur réalisation apporte une certaine garantie sur l'acceptabilité sanitaire mais ne remplace pas celles qui sont réalisées à l'achèvement des travaux de réhabilitation.

Il est à noter que certains donneurs d'ordre, en lieu et place des ARR prédictives, préfèrent s'engager formellement à ne pas commencer les constructions ou le remblaiement des lieux et à poursuivre les travaux de dépollution jusqu'à ce que les niveaux de pollutions résiduelles mesurés conduisent à des ARR « fin de travaux » acceptables. Ces pratiques sont acceptables mais ne concernent principalement que des donneurs d'ordres expérimentés amenés à gérer des situations récurrentes et bien définies.

3.6.2. L'ARR à la réception des travaux : la validation sanitaire des travaux de réhabilitation

L'arrêt de travaux de réhabilitation est prononcé lorsque les niveaux de pollutions résiduelles mesurées conduisent à des expositions acceptables au plan sanitaire et cela en tenant compte des dispositions constructives qui sont ultérieurement mises en œuvre. Avant de prononcer l'arrêt et le repli des installations, il apparaît nécessaire de tenir compte des « effets rebond ». En effet, sur certains sites et pour certaines familles de polluants, après l'arrêt du traitement, des augmentations des concentrations peuvent être constatées nécessitant une poursuite temporaire du traitement jusqu'à la stabilisation définitive des concentrations résiduelles.

L'acceptabilité sanitaire des expositions aux pollutions résiduelles doit être vérifiée par une évaluation quantitative des risques sanitaires dénommée « ARR fin de travaux » menée sur la base des concentrations en substances polluantes mesurées sur le site après les travaux.

Sauf en cas de contact direct, les expositions résiduelles sont encore évaluées à l'aide de modèle de transferts pour tenir compte des mesures constructives mises en œuvre ultérieurement.

3.6.3. Les niveaux de risques de référence, les règles d'additivité des risques et le choix des VTR

Pour mémoire, à ce stade, cette EQRS est réalisée en écartant les substances pour lesquelles les valeurs de gestion sont respectées.

L'acceptabilité des niveaux de risques calculés est celle usuellement retenue au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- pour les effets à seuil, le Quotient de Danger (QD) théorique doit être inférieur à 1 ;
- pour les effets sans seuil, l'Excès de Risque Individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 1.10^{-5} .

Ces valeurs de référence doivent être utilisées sur l'ensemble du territoire, il n'est pas acceptable de les moduler.

L'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition est réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel des connaissances, ces recommandations conduisent :

- pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risques de cancer.

Par cohérence avec les dispositions de la circulaire du 9 août 2013 relative à la prévention des risques sanitaires des installations classées soumises à autorisation, des ministères en charge de la santé et de l'écologie, les substances à considérer sont les pollutions résiduelles des sols ou des eaux souterraines qui donnent lieu à des expositions résiduelles et il ne sera pas tenu compte des autres apports environnementaux.

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR²³) sont choisies conformément aux instructions de la note du 31 octobre 2014 des ministères en charge de la santé et de l'environnement.

Il est à noter que, dans le cadre d'une réhabilitation d'un site pour un usage industriel ou un usage tertiaire, les futurs travailleurs sont considérés comme une population générale. Ainsi, l'évaluation des risques résiduels, lorsqu'elle est requise, se base sur les VTR définies pour la population générale et non sur les valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP CT et VLEP 8 h ; cf. § 1.2.1.a).

3.6.4. Une finalité : aboutir à des niveaux de risques acceptables en respectant les valeurs de gestion

Les risques calculés dans l'ARR doivent être inférieurs aux niveaux de risques de référence au § 3.6.3.

En outre, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les polluants et les milieux d'exposition qui en disposent.

Dans le cas contraire, l'option de gestion n'est pas valide au plan sanitaire et ne peut être retenue : une dépollution plus approfondie et/ou le renforcement des mesures constructives sont à prévoir. Le cas échéant, des usages moins sensibles sont à considérer.

3.7. Les estimations financières

Les coûts économiques constituent une dimension essentielle pour la réhabilitation d'un site pollué. Les coûts inhérents à chacune des techniques de dépollution sont à appréhender et à intégrer dès les estimations financières (par exemple, prise en compte des coûts liés aux consommations d'énergie, maintenance, entretien,...).

Dans le cas d'une phase complémentaire de conception des travaux, ces estimations sont alors précisées.

L'argument du montant financier disproportionné est parfois posé par les responsables des pollutions, les donneurs d'ordre ou leurs conseils lorsqu'il s'agit d'aborder la question du traitement des sources de pollutions et des pollutions concentrées.

Compte tenu des éléments développés au § 3.2.1, les responsables des pollutions, les donneurs d'ordre sont redevables de démonstrations financières construites et détaillées permettant d'appréhender de manière transparente l'ensemble des solutions possibles y compris le traitement de la totalité des pollutions (notamment des sources et des pollutions concentrées).

Pour que les responsables des pollutions, les donneurs d'ordre ou l'administration, quand elle est amenée à devoir valider les études, puissent rendre compte ou prendre une décision en toute connaissance de cause, il s'agit de réaliser par itération plusieurs estimations financières, selon des pourcentages proposés ou adaptés au contexte du site étudié mais permettant néanmoins d'avoir une vision complète des différentes solutions envisageables (traitement de tout ou partie de la pollution).

²³ La VTR est une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une exposition et un effet

À titre d'exemple, des itérations possibles sont présentées ci-après :

- une première correspondant au traitement de la totalité des pollutions ;
- une deuxième correspondant au traitement de 80 % de la masse des pollutions ;
- une troisième correspondant au traitement de 50 % de la masse des pollutions ;
- une quatrième correspondant au traitement de 20 % de la masse des pollutions ;
- une évaluation correspondant à l'objectif de réhabilitation défini selon les dispositions présentées au § 3.3.

Elles conduisent à gérer un volume limité de sol pollué en traitant la majorité de la masse de polluant présente sur le site (par exemple le traitement de 20 % du volume de sol du site permet de traiter 74 % de la masse de polluant dans le cas d'étude n° 2).

Lorsque le site contribue à la dégradation de la qualité des eaux souterraines, les estimations financières sont également à fournir pour la restauration de la qualité des eaux souterraines. Une des itérations doit viser à étudier les coûts permettant de rétablir la qualité des eaux telle que mesurée à l'amont du site.

Cependant, il est important de noter que ces estimations doivent être adaptées aux spécificités des sites.

L'exemple suivant, issu du cas d'étude n° 2, présente un site pollué par des hydrocarbures pétroliers légers à moyens, pouvant être traités, en première approche étant donné les spécificités du site, par excavation et biopile (pour les pollutions les moins concentrées) et par excavation et désorption thermique (pour les pollutions les plus concentrées). La figure 7 illustre l'évolution des volumes de sol et des coûts cumulés de réhabilitation associés en fonction des différentes gammes de concentration.

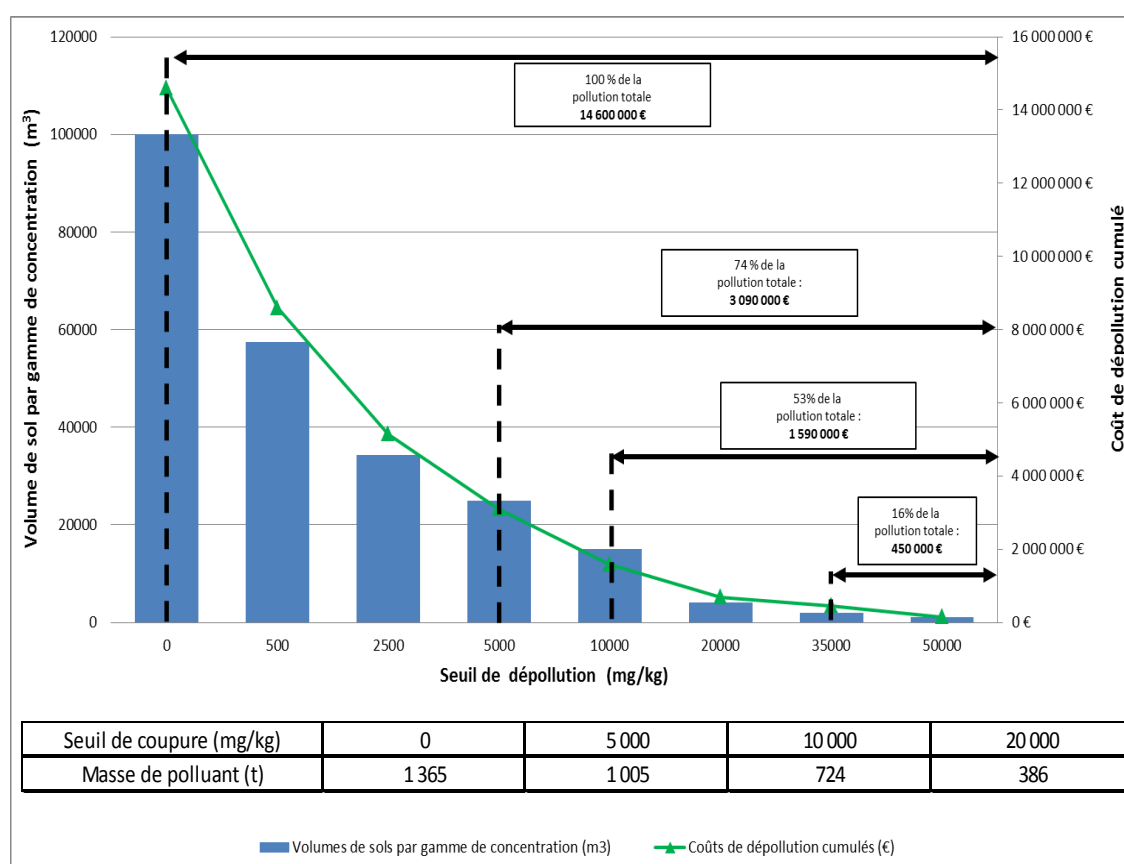


Figure 7 : Volumes de sol et coûts de réhabilitation associés en fonction des différentes gammes de concentration (cas d'étude n° 2).

L'interprétation de ce graphique (cas d'étude n° 2) aboutit aux conclusions suivantes :

- le fait d'envisager une réhabilitation à 100 % conduirait à traiter 1 365 t de polluants contenus dans 238 800 m³ de sol (correspondant à 100 % du volume de sol total du site) pour un montant total de 14,6 millions d'euros ;
- le fait d'envisager une réhabilitation à un seuil de 5 000 mg/kg correspondrait à un traitement de 1 005 t de polluants (soit 74 % de la masse totale). Ceci correspond à un volume de sol traité de 47 000 m³ (20 % du volume de sol total) et à des coûts de réhabilitation d'environ 3 090 000 € ;
- le traitement des zones présentant des concentrations supérieures à 10 000 mg/kg correspondrait à un traitement de 53 % de la masse de polluants (724 t – c'est-à-dire 21 % de moins que le scénario précédent) pour 9,2 % du volume de sol (22 000 m³ c'est-à-dire une division par 2 du volume de sol à traiter). Ceci correspond à 10,9 % du montant total de la réhabilitation (1 590 000 € - division par 2 des coûts de réhabilitation) ;
- le fait de dépolluer à un seuil de 20 000 mg/kg correspond à dépolluer environ 386 t de polluants (28 % de la masse totale). Ceci correspond à un volume de sol de 7 000 m³ (3 %) pour un montant de 690 000 € (4,7 % du montant total).

Ces éléments permettent ainsi aux responsables des pollutions et à leurs conseils, aux donneurs d'ordre de justifier les objectifs de réhabilitation proposés pour le site, en tenant compte de l'ensemble des autres dimensions du projet (ressources environnementales, enjeux sanitaires, mesures constructives, ...).

Rappelons que les estimations financières et les seuils définis ci-dessus, données à titre d'exemple, ne sont valables que pour le cas d'étude n° 2 et ne sauraient, en aucun cas, devenir des références à imposer. Ces exemples sont issus du chapitre 8.2 « la définition des objectifs de dépollution : les bilans massiques et l'économiquement acceptable » du guide « Bilan massique » du BRGM.

D'une manière générale, le traitement de 100 % de la pollution concerne l'ensemble des milieux dégradés par les activités actuelle ou historique menées sur le site. L'état des milieux étant évalué à partir de référentiels jugés pertinents selon l'origine des valeurs et le contexte de l'étude. Selon les cas, le traitement de 100 % de la pollution peut donc correspondre à un retour au fond géochimique, à l'état initial du site, à la limite de quantification (LQ) du laboratoire, etc.

Dans l'exemple de la figure 7, le seuil à 0 correspond à la LQ des hydrocarbures.



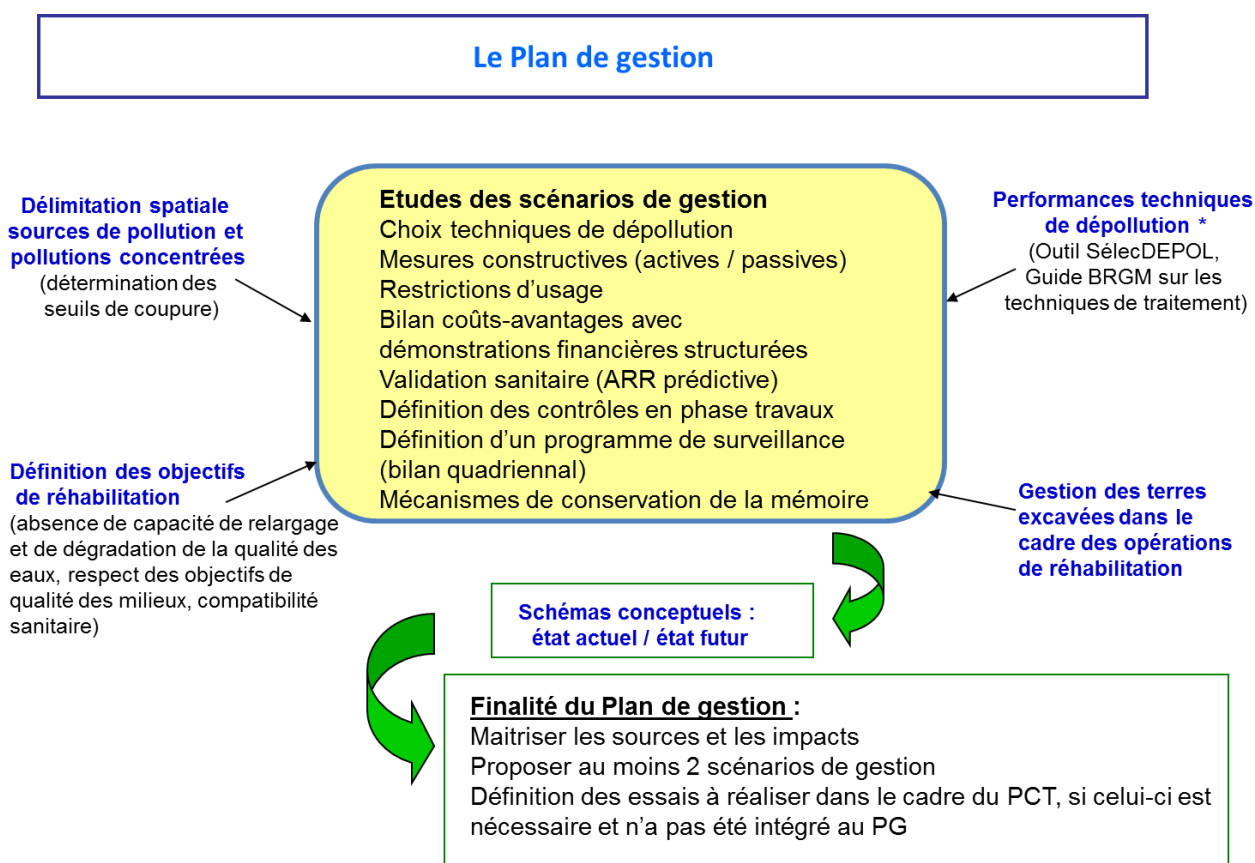
Guide du BRGM/RP-64350-FR de Février 2016 « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#masse

4. Le plan de gestion

Le plan de gestion est un document d'orientation qui vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution. Ce document fait la synthèse des études visant à identifier et caractériser la pollution d'un site et de son environnement (études historiques et documentaires, diagnostics, IEM,...) et vise à définir la stratégie de gestion à appliquer en vue de la réalisation des travaux dans une phase ultérieure.

En aucun cas, il ne doit servir de cahier des charges à des travaux de réhabilitation. Suivant le contexte, un donneur d'ordre peut décider d'intégrer dans son plan de gestion des essais de faisabilité et de traitabilité ou de le compléter par un plan de conception des travaux (cf. § 5.1).



(*) : Mise en œuvre des essais prévus au Plan de Conception des Travaux (PCT) si celui-ci est nécessaire et intégré au Plan de Gestion (PG)

Figure 8 : Les différentes étapes du plan de gestion.

4.1. Des mesures de gestion proportionnées aux situations

Au-delà de toutes les démonstrations d'acceptabilité des risques par le calcul, les mesures de gestion basées sur le bon sens méritent d'être rappelées. Dans les trois situations suivantes, la démarche se limite à justifier la pertinence des mesures de gestion retenues.

4.1.1. La gestion des pollutions accidentelles

Lorsque des produits ou des substances ont été déversés accidentellement, les mesures appropriées doivent être prises : nettoyer les lieux souillés, évacuer les matières récupérées et

les terres souillées vers les filières de gestion appropriées... L'action doit se placer dans une logique de réparation, l'ensemble étant encadré par le dispositif réglementaire adéquat, en vue de remettre les milieux dans un état antérieur à l'accident.

La gestion de telles situations ne relève pas de la politique relative aux sols pollués.



La circulaire du 20 février 2012 relative à la gestion des impacts environnementaux et sanitaires d'événements d'origine technologique en situation post-accidentelle. Elle définit des éléments de doctrine pour l'organisation des services de l'État entre la phase d'urgence et la phase de gestion post-accidentelle de tels événements. Cette seconde phase peut s'appuyer le cas échéant sur la méthodologie :

www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/fiches/BO20125/met_20120005_0100_0032.pdf

4.1.2. La gestion des pollutions d'un volume limité et accessibles

D'une manière générale, le plan de gestion doit être d'une ampleur proportionnée aux pollutions et à leur étendue. Par exemple, quelle que soit la nature des polluants, lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, les terres sont excavées et évacuées vers les filières de gestion appropriées sans engager d'études lourdes et coûteuses qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion. Dans ce cas précis, le bilan coût-avantage n'est pas nécessaire et le plan de gestion se limite à décrire les actions engagées.

4.1.3. L'enlèvement des pollutions concentrées et leur gestion dans les filières appropriées

La priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état, en s'appuyant sur la qualité déjà dégradée des milieux ou sur l'absence d'usage de la nappe.

4.2. Les différents contextes de gestion concernés par un plan de gestion

Différents contextes peuvent conduire à mettre en œuvre une démarche de plan de gestion :

- lorsqu'une installation classée soumise à autorisation est mise à l'arrêt définitif et que l'arrêt libère des terrains susceptibles d'être affectés à un nouvel usage, tel que précisé à l'article R.512-39-3 du code de l'environnement ;
- lorsqu'une installation classée soumise à enregistrement est mise à l'arrêt définitif, que l'arrêt libère des terrains susceptibles d'être affectés à nouvel usage et que le ou les types d'usage futur sont déterminés, après application, le cas échéant, des dispositions de l'article R.512-46-26 ;
- pour les sites soumis à déclaration, un plan de gestion peut être mis en œuvre en cas de constat de découverte d'une pollution et que l'état du site peut porter atteinte à l'environnement, selon les dispositions de l'article R 512-66-1 III ;
- sur l'environnement du site, lorsqu'une démarche d'IEM a conclu à la nécessité de mettre en œuvre des mesures de gestion ;
- à l'occasion de projets de réhabilitation d'anciens terrains, qu'il s'agisse d'anciennes installations classées ou non ; dans certains cas des mécanismes de conservation de la mémoire des pollutions en place (SUP, SIS...) subordonnent les changements de l'utilisation des sols à des diagnostics, des études et des travaux de réhabilitation.

Lorsque les diagnostics réalisés sur l'emprise du projet d'aménagement ou de construction conduisent à découvrir ou à suspecter une pollution de l'environnement extérieure au site, attribuable aux activités passées du site, la question de l'étendue de cette pollution et des risques pour les populations voisines du site doit se poser. Au regard des usages constatés des sols et des milieux, une démarche d'Interprétation de l'État des Milieux doit alors être engagée pour analyser la compatibilité entre les usages constatés et l'état des milieux.

Si l'IEM conclut à une incompatibilité entre l'état des milieux à l'extérieur du site et leurs usages, alors la notion de site et la portée du plan de gestion doivent s'étendre et prendre en compte toutes les zones d'influence de l'installation.

Les démarches de plan de gestion comportent des spécificités qui leur sont propres :

- lors de la mise à l'arrêt définitif d'une installation classée : du fait de la présence des installations et des bâtiments, la qualité des sols peut ne pas être complètement caractérisée. Les mesures de réhabilitation se basent sur des typologies d'usage à défaut de projet de réhabilitation ou selon un processus itératif décrit au § 4.3 ;
- sur l'environnement du site lorsqu'une démarche d'IEM a conclu à la nécessité de mettre en œuvre des mesures de gestion : le plan de gestion doit aussi bien porter sur les milieux d'exposition pour rétablir de manière pérenne la compatibilité avec les usages que sur les sources de pollution ou les pollutions concentrées ;
- à l'occasion de projets de réhabilitation de friches industrielles, qu'il s'agisse d'anciennes installations classées ou non : le plan de gestion peut prendre en compte le projet d'aménagement futur.

La déclinaison du plan de gestion dans le cadre des procédures d'urbanisme peut nécessiter les adaptations présentées au § 4.6.4.

4.3. Un processus progressif, itératif, évolutif et interactif

Comme pour toute démarche de gestion, l'élaboration d'un plan de gestion repose sur le schéma conceptuel dont la construction est présentée au § 1. Aussi, par essence le processus d'élaboration d'un plan de gestion est progressif, itératif, évolutif tout en étant interactif avec les données acquises et les orientations envisagées.

Les différentes étapes constitutives d'un plan de gestion, à adapter à chacun des sites sont les suivantes :

- la réalisation des études historiques, documentaires et mémorielles, des études de vulnérabilité des milieux (§ 1.3) ;
- l'identification des enjeux à protéger : l'acquisition de connaissances sur les populations, sur les ressources naturelles à protéger et le choix des usages dans le cas d'un projet de réhabilitation ou de construction (§ 1.2) ;
- la caractérisation des milieux pertinents par les campagnes d'investigations (§ 1.4 et 1.5) ;
- la localisation, la quantification des polluants et la caractérisation de leur mobilité (§ 3.2) ;
- la définition des objectifs de réhabilitation (§ 3.3) tenant compte des mesures de gestion et traitement de la pollution (§ 3.4), des dispositions constructives inhérentes à toute construction ou spécifiques aux pollutions résiduelles (§ 3.4.4), les possibilités de régénération ou d'atténuation naturelle des milieux (§ 3.4.7) ;

- le bilan coûts-avantages pour le choix des scénarios de gestion (cf. § 4.5) ;
- l'application des réglementations en vigueur sur les milieux d'exposition, les constructions... ;
- la prise en compte des contraintes et documents d'urbanisme (par exemple : Plan Local d'Urbanisme (PLU)), qui peuvent imposer des utilités en fonction des aménagements prévus (périmètre de protection, ligne à haute tension, monuments historiques,...) ;
- la validation sanitaire démontrée par des ARR prédictives compte tenu des niveaux de pollutions résiduelles et des mesures constructives (§ 3.6) ;
- la mise en œuvre des outils de conservation de la mémoire et de restriction d'usage qui peuvent s'avérer nécessaire (§ 4.7.1) ;
- la surveillance des milieux éventuellement requise (§ 1.7 et § 3.4.8) ;
- la gestion des terres excavées (§ 3.5.1).

La présence de bâtiments et d'installations encore en fonctionnement peut limiter l'accessibilité de certaines zones et la connaissance de l'état des sols. Le plan de gestion ne peut alors être complété qu'une fois les milieux rendus accessibles : installations mises en sécurité, bâtiments déconstruits, etc.

La démarche de gestion est initialement engagée avec une proposition d'orientations de gestion établie au regard de l'usage futur proposé et un programme prévisionnel permettant une mise à jour des données.

Une fois l'ensemble des zones caractérisées, le plan de gestion est complété si nécessaire par un plan de conception des travaux (cf. § 5.1).

4.4. Le choix des scénarios de gestion

Les différents scénarios de gestion possibles et identifiés tiennent compte des performances connues de ces mêmes techniques sur d'autres sites. À ce stade, certaines caractéristiques des milieux à traiter peuvent ne pas être complètement connues (granulométrie, teneur en matière organique, formes chimiques, perméabilité...) alors qu'elles ont une influence entre autre sur les comportements des polluants et par voie de conséquence sur la faisabilité d'une technique de traitement.

Aussi, pour qu'un scénario de gestion puisse être retenu, la réalisation d'analyses complémentaires de caractérisation des milieux tenant compte des spécificités des techniques retenues est à réaliser. Dans la plupart des cas, la réalisation d'essais en laboratoire et/ou *in situ* s'avère nécessaire. La réalisation de ces essais relève du plan de conception des travaux détaillé au § 5.1 lorsque celui-ci n'est pas intégré dans le plan de gestion.

Dans le cas où le plan de conception des travaux est dissocié du plan de gestion, le plan de gestion n'est pas conclusif quant au choix des scénarios de gestion. Le plan de gestion doit conclure sur la nécessité de réaliser ultérieurement un plan de conception des travaux comprenant les essais de faisabilité et de traitabilité, et les essais pilotes.

Cependant, lorsque les scénarios de gestion ne nécessitent pas d'essais de faisabilité ou de traitabilité, et que les éléments de dimensionnement des travaux sont connus, le plan de conception des travaux n'est pas requis. Ce cas doit être dûment justifié au stade du plan de gestion.

Par ailleurs, le plan de gestion visera à retenir *in fine* un nombre réduit de scénarios de gestion. Chaque scénario devant être valide sur le plan sanitaire selon les dispositions du § 3.6.4.

4.5. Le bilan « coûts - avantages » pour choisir au moins deux scénarios de gestion

Les avantages, les inconvénients et les coûts de chacun des scénarios de gestion doivent être étudiés à l'aide d'un bilan « coûts – avantages » : il consiste à produire une étude comportant des éléments factuels et détaillés, de comparaison de chaque scénario gestion pertinents sur les mêmes critères de comparaison, intégrant l'ensemble des coûts y compris les coûts annexes. Il s'agit notamment des essais de faisabilité et de traitabilité, des essais pilotes, de la démolition de bâtiments, de la surveillance et des contrôles, des mesures constructives, de la prévention/sécurité des travailleurs et de la gestion des déchets générés, de l'appréciation qualitative de l'impact sur la valeur foncière ou locative du terrain, etc.

Le bilan « coûts – avantages » doit permettre d'instruire et d'asseoir la discussion sur des critères argumentés, objectifs et transparents entre :

- les donneurs d'ordre et leur conseil technique et juridique ;
- les bureaux d'études ;
- l'administration, lorsque le plan de gestion doit lui être soumis.

Au moins deux scénarios de gestion sont retenus et correspondent aux bilans « coûts - avantages » les plus favorables, tant au plan sanitaire qu'environnemental, en veillant à privilégier les scénarios qui permettent :

- en premier lieu, l'élimination de la source de pollution ;
- en second lieu, la désactivation des vecteurs de transfert.

Parmi les critères objectifs et transparents, les estimations financières élaborées selon les dispositions du § 3.7 sont au cœur du processus de prise de décision.



Sur la base du retour d'expérience de professionnels des SSP et de donneurs d'ordres, le « Guide méthodologique sur le bilan coûts-avantages adapté au contexte de gestion en sites et sols pollués » propose une démarche qui s'inscrit dans le cadre de la méthodologie nationale française de gestion des sites et sols pollués :

www.upds.org/ressources/bibliotheque/guide-bca

4.6. Les cas particuliers de la démarche de plan de gestion

Lorsque les éléments nécessaires au plan de gestion détaillés au § 4.3 ne sont que partiellement réunis, des adaptations à la démarche de plan de gestion peuvent s'avérer nécessaires. Il revient aux bureaux d'étude de les identifier compte tenu des spécificités de chacun des sites, de leurs usages et des éventuels projets de construction ou d'aménagement.

4.6.1. La caractérisation de l'état des milieux est partiellement possible

Du fait de la présence des installations et des bâtiments ou lors de la réhabilitation de friches industrielles comportant des bâtiments, il est possible que la caractérisation de l'état des milieux ne soit pas réalisable sur l'ensemble du site.

Il n'est pas recommandé de s'engager dans une réhabilitation ou élaborer un plan de gestion alors que l'état des milieux au droit des bâtiments n'est que partiellement connu, notamment lorsque l'emprise au sol des bâtiments est importante.

Il convient de rappeler que des diagnostics limités aux seuls contrôles de la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments sur un site à réhabiliter ne sont pas suffisants. Une dalle en bon état au moment des contrôles et des conditions climatiques peu favorables aux transferts des polluants gazeux au moment des contrôles peuvent montrer une qualité de l'air intérieur acceptable, alors qu'une source de pollution est présente sous le bâtiment.

Différents moyens permettant d'identifier la présence des sources de pollutions ou de pollutions concentrées peuvent être mis en œuvre lorsque les sols ne sont pas directement accessibles :

- l'analyse des gaz du sol sous les dalles ;
- la réalisation de carottage dans une dalle pour des prélèvements de sols ;
- la réalisation de piézomètres pour caractériser l'état des eaux souterraines.

4.6.2. Les sources de pollutions se situent hors du périmètre du projet

Les différentes configurations sont les suivantes :

- des constructions engagées sans que les sources de pollutions au droit du terrain n'aient été localisées, alors qu'elles avaient été identifiées. Les plans de constructions ont été modifiés en urgence pour mettre en place des dispositions constructives limitant le transfert des pollutions volatiles (vide sanitaire, drainage en sous-face des fondations,...) ;
- des constructions dont les locaux ont présenté par la suite une qualité de l'air intérieur dégradée du fait de la présence de sources de pollution situées hors de l'emprise de la construction.

La démarche de plan de gestion doit être adaptée pour tenir compte des possibilités de traitement des sources de pollutions.

Si un traitement des sources est possible (terrain non bâti, terrain bâti mais pollutions accessibles, accord du propriétaire ou du responsable,...), la démarche de plan de gestion s'applique pleinement.

En cas d'impossibilité d'action sur la source de pollution, la démarche de plan de gestion se limite alors à examiner les possibilités techniques de maîtrise des transferts des pollutions en provenance des sources situées hors du périmètre du projet.

Il s'agit d'estimer si les mesures de confinement présentées au § 3.4.3 et les mesures constructives du § 3.4.5, mises en œuvre séparément ou simultanément, sont suffisantes pour garantir des expositions acceptables et cela de manière pérenne sur le plan sanitaire. Dans la négative ou en cas de doute, le projet de construction doit être profondément remanié (parking au rez-de-chaussée, rez-de-chaussée ouvert,...), voire être reconsidéré.

Si le terrain est construit, la question de la qualité de l'air à l'intérieur des locaux se pose. La démarche d'IEM est alors mise en œuvre. Dans le cas où la qualité de l'air à l'intérieur des locaux est dégradée, des mesures de gestion sont alors nécessaires ; il convient de se référer aux dispositions du § 3.4.5.

4.6.3. L'élaboration d'un plan de gestion sans projet d'aménagement précis

Pour les ICPE, au moment de la notification prévue au I de l'article R. 512-39-1 (autorisation) ou l'article R. 512-46-25 (enregistrement), l'exploitant transmet au maire ou au président de l'établissement public de coopération intercommunale compétent en matière d'urbanisme et au propriétaire du terrain ses propositions sur le type d'usage futur du site qu'il envisage de considérer. À l'issue du processus de concertation défini aux articles précédemment cités, l'usage futur est arrêté et le plan de gestion est élaboré sur la base de l'usage retenu.

De la même manière (hors installation classée), les projets d'aménagement sur des friches peuvent se baser sur des typologies d'usage. Dans une phase ultérieure, ils sont basés sur les aménagements précis.

Qu'il s'agisse de mettre au point un plan de gestion adossé à un projet d'aménagement, de construction ou sur des typologies d'usage, la construction du schéma conceptuel présenté au § 1, en particulier la réalisation de campagnes de diagnostics (cf. § 1.5) constitue une étape préalable incontournable. Aussi, les modélisations utilisant des objectifs de qualité des milieux (air intérieur notamment) pour déduire des concentrations maximales admissibles sans passer par des investigations spécifiques ne sont pas acceptables.

Les évolutions méthodologiques présentées tout au long du document permettent désormais de localiser et de quantifier les pollutions indépendamment du projet d'aménagement.

En l'absence de typologie d'usage retenue ou de projets d'aménagement ou de constructions et par conséquent en l'absence de contrainte de temps pour réaliser des travaux de réhabilitation, un plan de gestion permettant de traiter les sources de pollution et les pollutions concentrées peut ainsi être élaboré en tenant compte des techniques disponibles et des objectifs de qualité des milieux. Rappelons que l'approche définie ci-avant permet de réduire la masse de polluants en traitant un volume limité de sols (cf. § 3.2.1.d).

Quand le projet d'aménagement ou de construction est décidé, un plan de gestion actualisé est élaboré en tenant compte de l'état de pollution résiduelle à l'issue du traitement des sources de pollution et des pollutions concentrées, ainsi que des nouvelles contraintes liées au projet. Sur la base de l'ARR (cf. § 3.6), en cas d'incompatibilité du projet avec les mesures de réhabilitation réalisées :

- des actions de dépollution complémentaires peuvent être engagées ;
- et, le cas échéant des mesures constructives spécifiques telles que des dispositifs drainant les remontées de pollutions volatiles, des vides sanitaires ventilés, etc., peuvent être mises en œuvre (cf. § 3.4.4).

Dans le cas d'un projet de réaménagement sans contrainte de temps et pour lequel les problématiques liées à la pollution ont été suffisamment anticipées, la mise en œuvre de traitements sur site ou *in situ* peut se révéler moins coûteuse que la gestion hors site des terres polluées. Cette démarche d'anticipation permet de revaloriser le foncier et de maîtriser les coûts. Cette approche constitue un bénéfice environnemental global indiscutable voire financier à terme.

4.6.4. Les suites du plan de gestion dans le cadre des procédures d'urbanisme

Dans certains cas, le plan de gestion ou le plan de conception des travaux peut conclure à la nécessité d'instaurer des SUP. Celles-ci sont intégrées dans les documents d'urbanisme. Elles

peuvent concerner :

- les mesures constructives liées au projet : présence ou non de sous-sol, type de ventilation, etc. ;
- les restrictions d'usage ;
- la prise en compte des contraintes déjà inscrites dans les documents d'urbanisme ;
- l'accès et la protection des ouvrages de surveillance.

La présence de pollutions résiduelles nécessite parfois de pérenniser les mesures de gestion mises en œuvre : surveillance environnementale pérenne, vigilance pérenne sur les changements d'usage à venir. Dans une telle configuration, une information systématique des acquéreurs ou locataire par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques) est requise.



Le Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués :

www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html#restrictions

Dans le cadre des demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS) ou au second changement d'usage (loi ALUR), le maître d'ouvrage doit fournir une attestation (ATTES) afin de garantir que le projet d'aménagement ou de construction prend correctement en compte la problématique de pollution du terrain/du sous-sol. Dans la norme NF X 31 620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle, une offre globale de prestation existe pour la délivrance d'une attestation (ATTES).

4.7. Le contrôle de l'efficacité et de la pérennité des mesures de gestion

4.7.1. La mise en œuvre des restrictions d'usage

Dans le cas où des pollutions résiduelles sont laissées en place, la mise en œuvre de dispositifs de restriction d'usage est essentielle puisqu'il s'agit du seul moyen qui permet de garantir que l'usage futur d'un site reste compatible avec les modalités de gestion décidées et mises en œuvre. Ces restrictions précisent :

- les usages compatibles avec les pollutions résiduelles ;
- les conditions constructives et les mesures de surveillance sur le site ;
- les mesures de gestion mises en œuvre sur le site pour garantir la compatibilité des usages avec l'état des sols du site, notamment les mesures de confinement ou d'atténuation des pollutions ;
- les modalités d'exploitation et d'entretien nécessaires au maintien de la pérennité des mesures de gestion, notamment les conditions d'affouillement voire d'excavation des sols ;
- l'encadrement des modifications d'usage (réalisation d'étude spécifique avant tout changement d'usage).

Les points développés ci-dessus sont complétés et modifiés à l'issue des résultats du plan de conception des travaux (cf. § 5.2.1) si celui-ci est nécessaire et dissocié du plan de gestion (c'est-à-dire réalisé dans la phase d'ingénierie de dépollution).

La conservation de la mémoire et l'information systématique des acquéreurs sont assurées par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques).

4.7.2. Le contrôle des mesures de gestion

Le plan de gestion doit définir les opérations de contrôle à réaliser. Celles-ci peuvent concerner les mesures de gestion (opérations de dépollution, réalisation des aménagements,...) ou l'exécution des ouvrages d'investigations ou de surveillance (CONT).



Dans la norme NF X 31 620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle, une offre globale de prestation existe pour les contrôles (CONT). Norme disponible et en vente depuis le 01.06.2011 sur le site de l'AFNOR :

www.boutique.afnor.org/norme/nf-x31-620-2/qualite-du-sol-prestations-de-services-relatives-aux-sites-et-sols-pollues-partie-2-exigences-dans-le-domaine-des-prestati/article/868212/fa186598

4.7.3. La mise en œuvre d'une surveillance environnementale

Le plan de gestion doit préciser les modalités de surveillance des milieux (proposition d'un réseau d'ouvrages de surveillance adapté, protocole de prélèvement, programme analytique, fréquence de surveillance,...).

Lorsque l'efficacité des mesures de gestion doit être évaluée par une surveillance environnementale appropriée, l'analyse régulière des résultats de cette surveillance est recommandée selon les dispositions des § 1.7 et § 3.4.8.a.

Au regard de la temporalité des actions à mener, une surveillance des milieux peut être nécessaire à l'issue du plan de gestion dans l'attente de la mise en œuvre effective de l'option de gestion retenue. Elle a pour but de s'assurer que l'état des milieux ne se dégrade pas dans ce laps de temps.

4.8. La restitution du plan de gestion

Les dossiers qui se limiteraient à l'affichage des résultats de calculs de risques théoriques ne sont pas acceptables.

Outre les documents correspondant aux différentes étapes présentées précédemment, le rapport de plan de gestion comporte deux synthèses, l'une technique et l'autre non technique.



Dans la norme NF X 31 620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle, une offre globale de prestation existe pour le Plan de Gestion (PG). **L'ensemble des documents qui doivent être élaborés et remis au donneur d'ordre dans le cas d'un plan de gestion, est listé et apparaît sous le terme « délivrables ».** Norme disponible et en vente depuis le 01.06.2011 sur le site de l'AFNOR :

www.boutique.afnor.org/norme/nf-x31-620-2/qualite-du-sol-prestations-de-services-relatives-aux-sites-et-sols-pollues-partie-2-exigences-dans-le-domaine-des-prestati/article/868212/fa186598

4.8.1. Une synthèse non technique

Une synthèse à caractère non technique décrit les différentes phases du plan de gestion et précise les mesures de maîtrise des pollutions, les techniques de dépollution à mettre en œuvre, les modalités de contrôle et de surveillance.

4.8.2. Une synthèse technique

En cohérence avec les conclusions de l'ARR, et dans le cas où la démarche s'arrête au plan de gestion, celui-ci doit comporter une synthèse technique récapitulant l'ensemble des paramètres et les mesures de gestion (y compris la surveillance environnementale et les dispositions constructives), dont la bonne réalisation conditionne l'acceptabilité du projet.

La synthèse technique comporte la reprise des principaux éléments constitutifs du plan de gestion.

Elle précise également :

- soit la nécessité de réaliser un plan de conception des travaux ;
- soit les principaux résultats du plan de conception des travaux si celui-ci a été intégré au plan de gestion ;
- soit les principaux éléments de l'argumentaire justifiant de ne pas réaliser de plan de conception des travaux pour retenir les scénarios de gestion (au moins deux) les plus pertinents (cf. 4.5).

4.9. Les éléments de la stratégie de communication

Préalablement aux travaux puis tout au long de la démarche, notamment si les opérations de réhabilitation sont susceptibles de conduire à des nuisances (circulation de véhicules, odeurs, bruit,...), la mise en place d'une communication et d'échanges réguliers avec les riverains apparaît incontournable de même que la désignation d'un interlocuteur identifié.

5. L'ingénierie de dépollution : conception et suivi de réalisation des travaux

L'ingénierie de dépollution fait le lien entre les études environnementales et les travaux. Elle est constituée de deux phases : une phase de conception et une phase de suivi de réalisation des travaux.

5.1. Les principaux acteurs du projet

Au stade de l'ingénierie de travaux, différents acteurs peuvent être amenés à intervenir :

- le maître d'ouvrage (MO) ;
- l'assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) ;
- le maître d'œuvre (MOe) ;
- les bureaux d'études ;
- les entreprises de dépollution ;
- Le coordinateur sécurité.

Selon les cas, d'autres parties prenantes peuvent être impliquées. C'est le cas, en particulier, de l'administration lorsque son avis doit être requis (plan de conception des travaux et dossier de récolement²⁴).

En l'absence de compétences internes du maître d'ouvrage, les prestations d'ingénierie de dépollution relèvent des prérogatives d'entreprises spécialisées justifiant d'un savoir-faire particulier dans les études de faisabilité, de dimensionnement, la conception de projet et le suivi des travaux de réhabilitation. Le maître d'ouvrage peut recourir à un assistant à maîtrise d'ouvrage et à un maître d'œuvre. Une distinction importante existe, sur le plan contractuel, entre le maître d'œuvre et l'assistant à maîtrise d'ouvrage :

- l'assistant à maîtrise d'ouvrage n'exerce qu'un rôle de conseil ;
- le maître d'œuvre est responsable de l'atteinte des objectifs (garantie de résultats) pour le compte du maître d'ouvrage.

Si le maître d'ouvrage possède ses propres compétences en matière d'ingénierie et choisit d'assurer lui-même l'ingénierie de dépollution, il est, bien sûr, responsable de ses choix et décisions.

Dans tous les cas, la réussite du projet nécessite l'implication du maître d'ouvrage. De la même manière, tout au long du chantier, une répartition claire des rôles de chacun des acteurs est importante (par exemple, entre le maître d'œuvre et l'assistant à maîtrise d'ouvrage).

S'agissant des modalités de contractualisation entre les différents acteurs, il convient de se référer à la norme NF X 31-620 Partie 1 qui précise les responsabilités de chacun.

²⁴ Le dossier de récolement a pour objectif de contrôler la conformité des travaux

5.2. Le plan de conception des travaux

Le plan de conception des travaux regroupe toutes les études nécessaires à la rédaction du cahier des charges pour la consultation des entreprises de travaux. Il fait appel à des compétences en ingénierie de dépollution. C'est une étape clé du processus de gestion pour valider les scénarios de gestion. Ce plan de conception des travaux peut être réalisé par différents acteurs suivant le contexte : entreprises de travaux, bureaux d'études spécialisés, maître d'œuvre,...

De la même manière, cette phase de conception peut être réalisée à différents moments du processus de gestion selon les cas de figure (connaissance initiale de la situation, procédure d'achat du donneur d'ordre,...). Elle est plus ou moins longue (quelques semaines à plusieurs mois voire davantage) suivant le contexte du site et la complexité des travaux à engager.

Le plan de conception des travaux a vocation à constituer un document spécifique réalisé après le plan de gestion qui aura défini les essais de faisabilité et de traitabilité à réaliser, les données de dimensionnement du projet, ainsi que les objectifs associés à ces essais. Dans ce cas, le plan de gestion n'est pas conclusif.

Néanmoins, il est possible de réaliser les essais de faisabilité et de traitabilité dans le cadre du plan de gestion afin de le consolider, réduire le nombre de scénarios de gestion voire définir les solutions les plus pertinentes au contexte étudié. Dans ce cas, ces essais constituent le plan de conception des travaux qui est alors un chapitre spécifique du plan de gestion.

5.2.1. Le contenu du plan de conception des travaux

Le plan de conception des travaux doit apporter des réponses aux enjeux de faisabilité techniques des scénarios de réhabilitation. Il doit nécessairement servir de base technique au dossier de consultation du maître d'œuvre ou des entreprises de travaux mais ce n'est pas une étude de conception (ni même un cahier des charges). En effet, cette étude est, si nécessaire, réalisée ultérieurement par le maître d'œuvre ou par l'entreprise de travaux qui pourront alors s'engager sur les délais, les coûts et les objectifs de traitement.

Le plan de conception des travaux comprend la réalisation des essais de faisabilité et de traitabilité en laboratoire ou sur site qui s'avèrent nécessaires, dans la plupart des cas pour sécuriser les scénarios de gestion identifiés et aider au dimensionnement des travaux de réhabilitation et des installations de traitement en limitant les incertitudes.

Suivant les contextes, la réalisation conjointe de ces deux types d'essais (laboratoire et terrain) peut s'avérer nécessaire.

Ces essais peuvent se limiter à des mesures en laboratoire de caractérisation des milieux spécifiques aux techniques retenues (porosité, granulométrie,...), ou aller jusqu'à la mise en œuvre de mesures de terrain (test d'extraction des gaz, test d'épuisement, pompages d'essai,...) voire de pilotes (venting, pompage-traitement,...).



Document ADEME sur la Traitabilité des sols pollués : Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances :

www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/traitabilite-sols-pollues-guide-methodologique-evaluation-2008-rapport-final-3.pdf

Le plan de conception des travaux fournit les éléments de dimensionnement des travaux pour quantifier leur périmètre et chiffrer leur coût. Des éléments techniques, des éléments financiers et un échéancier sont ainsi présentés et détaillés ainsi qu'une actualisation du bilan massique (si les résultats ont évolué lors de la réalisation du plan de conception des travaux). De la même manière, le plan de conception des travaux s'attache à prendre en compte les éléments connexes : aspect géotechnique, utilités disponibles, modalités d'accès au chantier, espace disponible, co-activité, gestion des nuisances,...

Après définition de la faisabilité de la technique et de la détermination des performances attendues, les éléments déjà présents dans le plan de gestion sont mis à jour dans le plan de conception si un écart est identifié. Les parties du plan de gestion les plus directement concernées sont le bilan coût-avantages, l'ARR prédictive, les modalités de contrôle et de surveillance, les restrictions d'usage voire les aspects traitant de la communication.

Dans le cas où le plan de conception est intégré dans le plan de gestion, celui-ci étant itératif, il est alors automatiquement mis à jour sur les parties concernées.

Au final, les objectifs de réhabilitation étant maintenant connus précisément, le plan de conception des travaux aboutit, parmi les scénarios de gestion précédemment étudiés, à la proposition de la solution à mettre en œuvre pour les travaux. Il comporte alors tous les éléments pour élaborer le dossier de consultation des entreprises de travaux. En maîtrise d'œuvre il s'agit des études de projet (PRO).



La norme NF X 31-620-3 définit les exigences dans le domaine des prestations d'ingénierie des travaux de réhabilitation. Norme disponible et en vente depuis le 01.06.2011 sur le site de l'AFNOR :

www.boutique.afnor.org/norme/nf-x31-620-3/qualite-du-sol-prestations-de-services-relatives-aux-sites-et-sols-pollues-partie-3-exigences-dans-le-domaine-des-prestati/article/707070/fa164729

5.2.2. Le cadre réglementaire

En matière d'ingénierie, il y a lieu de distinguer celle qui concerne les maîtres d'ouvrage ou donneurs d'ordre publics qui est encadrée par la loi n° 85-704 du 12 juillet 1985 « relative à la maîtrise d'ouvrage publique et à ses rapports avec la maîtrise d'œuvre privée », de celle qui concerne les donneurs d'ordre privés et qui n'est pas encadrée légalement.

À l'origine cette loi était destinée aux travaux de construction d'ouvrages de bâtiments et de génie civil et d'infrastructure. Elle peut facilement être transposée au domaine des sites pollués.

Les maîtres d'ouvrage privés peuvent aussi tirer bénéfice à s'appuyer sur cette loi qui définit clairement le déroulement de l'ingénierie avec le contenu de chaque mission.

5.3. La consultation des entreprises de travaux

La consultation des entreprises s'effectue sur la base d'un dossier qui doit contenir *a minima* un cahier des clauses techniques particulières (CCTP) ou cahier des charges, un bordereau de prix et les critères de jugement des offres. Le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) ou cahier des charges est une pièce essentielle ; il s'appuie sur les éléments clefs du plan de conception des travaux (ou du plan de gestion si celui-ci intègre le plan de conception des travaux) et tous les éléments propres au projet nécessaires à la consultation des entreprises. Il contient la totalité des données techniques nécessaires et indispensables pour permettre aux entreprises de répondre avec le moins d'aléas possible.

Les éléments demandés aux entreprises lors de la consultation dépendent notamment du cadre public ou privé de celle-ci.

L'analyse des offres des candidats s'effectue sur la base des critères de jugement qui ont été définis dans le cadre de la consultation : critères techniques, délais, prix, critère environnementaux,...

Pour la commande publique, le Code des Marchés Publics fixe les modalités de consultation et les éléments constitutifs du dossier de consultation.

Il est recommandé d'auditionner les candidats afin qu'ils puissent exposer les principaux points de leurs propositions technique et financière. Cette audition est aussi l'occasion de préciser certains points ou lever certaines incertitudes identifiées dans leur réponse.

5.4. La suivi de la réalisation des travaux

La phase réalisation de l'ingénierie de dépollution est en continuité de la phase de conception et concerne le suivi de l'exécution des travaux. En phase réalisation, l'ingénierie correspond principalement au suivi des travaux pour en vérifier la bonne exécution en conformité avec le marché de travaux. Ce suivi peut être assuré par un maître d'œuvre ; ou un assistant à maître d'ouvrage.

L'ingénierie de dépollution comporte ainsi les différentes phases successives suivantes :

- assistance aux contrats de travaux (équivalence à la mission ACT pour la commande publique) ;
- missions de direction de l'exécution des travaux (équivalence mission DET pour la commande publique) ;
- ordonnancement, pilotage, coordination (mission OPC) ;
- validation des procédures d'exécution rédigées par l'entreprise (mission VISA) ;
- assistance aux opérations de réception (mission AOR) pour la phase réalisation.

5.4.1. Le suivi des travaux

Le suivi des travaux constitue généralement la partie la plus importante en terme de temps pour la mission du maître d'œuvre. En phase réalisation le maître d'œuvre a pour missions principales de :

- valider les procédures d'exécutions proposées par l'entreprise (mission VISA) ;
- délivrer les ordres de services ;
- s'assurer de la bonne exécution des prestations en conformité avec le marché de travaux avec notamment l'organisation et le pilotage des réunions de chantier (mission DET) ;
- proposer au maître d'ouvrage les éventuelles adaptations rendues nécessaires du fait des aléas de chantier ;
- valider les situations mensuelles ;
- ordonnancer, piloter et coordonner les opérations (OPC).

La prestation de maîtrise d'œuvre requiert :

- du personnel expérimenté dans la gestion et le suivi de travaux en général et plus particulièrement pour les techniques mises en œuvre ;
- d'avoir un bon sens relationnel ;
- la prise rapide de décision en fonction des aléas et contraintes qui peuvent être rencontrés ;
- une objectivité au regard des situations rencontrées pour faire le lien entre le cadre contractuel et la situation réelle rencontrée lors du chantier. Les échanges sont ainsi à double sens (maître d'ouvrage vers entreprises et inversement).

Le suivi des travaux nécessite des réunions fréquentes de chantier dont les comptes rendus actent de l'avancement du chantier (quantités traitées, calendrier,...) avec ses aléas et des prises de décisions qui peuvent être nécessaires pour s'y adapter.

Le suivi des travaux ne doit pas se limiter à la visite du jour de la réunion ; il est conseillé d'adapter la fréquence et la durée des visites de chantier aux phases de travaux, aux difficultés rencontrées ou pour la vérification de certains aspects spécifiques (respect de procédures de contrôle, volet sécurité,...). Les visites inopinées sont recommandées tant pour le suivi technique du chantier que pour les aspects liés à la sécurité, et donc faire intervenir des professions distinctes et complémentaires.

L'ingénierie de travaux va veiller aussi au respect du calendrier et des aspects administratifs et financiers (préparation des ordres de service ou avenant, vérification des décomptes périodiques des entreprises,...).

En tant que de besoin du maître d'ouvrage et selon les dispositions prévues dans le cadre du marché, l'ARR prédictive (élaborée lors du plan de gestion et mise à jour dans le plan de conception des travaux) est actualisée au fur et à mesure de l'avancement des travaux de réhabilitation.

5.4.2. La réception des travaux

La réception des travaux intervient à la demande de l'entreprise lorsqu'elle a terminé les travaux. La réception s'appuie sur les critères qui ont été définis en phase conception et figurent dans le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) travaux. Il s'agit de la mission assistance aux opérations de réception (AOR).

La réception peut être définitive, par exemple pour un confinement de surface pour lequel les contrôles en cours de chantier permettent déjà d'attester de la qualité des travaux. Les opérations de réception peuvent aussi intégrer un phasage permettant de prendre en compte les effets rebonds à la fin des travaux (par exemple avant le repli du matériel,...).

Des validations d'étape peuvent être prévues dans le cas de chantiers complexes : mise en œuvre de différentes techniques déconnectées les unes des autres sur différents milieux en des lieux différents du site par exemple.

Chaque validation peut faire l'objet de réserves si certaines dispositions prévues au marché ne sont pas respectées, si les objectifs ne sont pas atteints ou si certaines tâches ont été mal réalisées... Ces réserves vont imposer à l'entreprise de faire le nécessaire pour remédier aux non conformités ou malfaçons. L'entreprise dispose d'un délai fixé par le maître d'œuvre.

Chaque étape de réception des travaux, quelle qu'en soit la nature, fait l'objet d'un procès-verbal rédigé par le maître d'œuvre sur formulaire standardisé (formulaire EXE). La réception des travaux intervient après le repli des installations de chantier.

Le marché de travaux peut avoir prévu une retenue de garantie qui est levée à la fin de période de garantie de parfait achèvement. La garantie de parfait achèvement est une garantie qui vise à couvrir les désordres ou évolutions négatives du site pendant un an sous réserve qu'ils correspondent à des manquements du titulaire. Elle prend effet à la réception des travaux avec ou sans réserves.

En parallèle le maître d'œuvre vérifie le projet de décompte final présenté par l'entreprise et élabore le Décompte Général Définitif (DGD) qu'il propose au maître d'ouvrage pour règlement du solde.

L'entreprise peut engager une réclamation financière à la fin des travaux. Celle-ci est analysée par le maître d'œuvre qui propose ses conclusions au maître d'ouvrage sur le bien-fondé de celle-ci et propose éventuellement le versement d'un montant complémentaire.

Dans la norme NF X 31 620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle, une offre globale de prestation existe pour les contrôles (CONT).

Elle concerne les contrôles de la mise en œuvre du programme d'investigations ou de surveillance et les contrôles des mesures de gestion.

Cette prestation ne se substitue pas à une mission de maîtrise d'œuvre. Elle consiste à :

- vérifier la conformité des travaux d'exécution des ouvrages d'investigations ou de surveillance ;
- contrôler, au fur et à mesure de leur avancement, que les mesures de gestion (opérations de dépollution, réalisation des aménagements, etc.) sont réalisées conformément aux dispositions prévues.

5.4.3. Le dossier de récolement et l'ARR de validation de travaux

Le rapport de fin de travaux, élaboré par l'entreprise de travaux, constitue le livrable indispensable qui clôture la phase réalisation. Ce document doit restituer précisément le déroulement des travaux pour en conserver la mémoire.

Le rapport de fin de travaux nécessite un travail important de compilation (comptes rendus de chantier, Bordereaux de Suivi des Déchets (BSD), bordereaux d'analyses, dossier photographique, procédures d'exécution, procédures qualité,...), d'intégration des informations, des données et des documents produits au cours de l'exécution du marché de travaux. Usuellement, sa réalisation nécessite plusieurs semaines après la fin du chantier. Il détaille, en effet, l'ensemble des opérations réalisées, fournit tous les justificatifs réglementaires des filières de gestion des matériaux et déchets du chantier (terres polluées, effluents, éventuels matériaux amiantés, ferrailles,...). Il comporte également des éléments importants comme par exemple un plan de récolement de la zone ayant fait l'objet de travaux.

Il doit permettre de mesurer les écarts entre les prévisions contractuelles et la réalisation effective.

L'ARR de validation de travaux est réalisée par un tiers (hors entreprise de travaux) sur la base de concentrations résiduelles dans les milieux traités ou des actions sur les voies d'exposition.

Elle est actualisée en tenant compte des hypothèses retenues dans l'ARR prédictive (cf. § 3.6) et doit faire apparaître la synthèse de l'ensemble des concentrations résiduelles.

Le dossier de récolement comprend toutes les pièces, notamment le rapport de fin de travaux de l'entreprise en charge des travaux de réhabilitation et l'ARR de validation de travaux. Ce document est soumis à l'approbation du maître d'œuvre ou de l'assistant à maître d'ouvrage et du maître d'ouvrage. Dans le cas des installations classées, il est un préalable à la délivrance du procès-verbal constatant la réalisation des travaux (articles du code de l'environnement : R.512-39-3 III (cas de l'autorisation) et R.512-46-27 III (cas de l'enregistrement)).

5.4.4. Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO)

Le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage est requis lorsque les travaux de réhabilitation du site conduisent à la réalisation d'ouvrages pérennes (confinement, installations de pompage par exemple) qui nécessitent un entretien, une maintenance. Il peut aussi concerner les éventuels futurs aménagements, notamment pour la surveillance environnementale. Il peut être produit par l'entreprise seule ou en partenariat avec le maître d'œuvre et est fourni au maître d'ouvrage.

6. La gestion des anciens sites miniers

6.1. L'organisation pour gérer l'après-mine en France

En France, depuis les premières lois minières de 1791 qui posent le principe que la mine est à la disposition de la nation, puis celle de 1810 qui fonde le droit actuel, de nombreuses évolutions ont eu lieu notamment en matière de sécurité des personnels, de prise en compte de l'environnement ou encore d'abandon des installations.

L'ère de la gestion Après-Mine a vu le jour dans les années 1990 avec la cessation définitive des opérations dans la plupart des bassins miniers français : mines de charbon du Nord-Pas-De-Calais, mines de fer en Lorraine (Briey-Longwy-Thionville),

Lors de la fermeture des sièges d'exploitations, de nombreuses opérations de mise en sécurité, de démantèlement ont été conduites par les exploitants. Mais ces opérations n'ont pu, dans certains cas, suffire à régler tous les impacts ou les risques générés. En conséquence, la loi n°99-245 du 30 mars 1999 formalise la procédure d'arrêt des travaux miniers et de la gestion des risques miniers. Elle instaure la possibilité de mise en œuvre de Plans de Prévention des Risques Miniers, renforce les modalités d'information et organise la prévention des risques miniers résiduels. L'État devient garant des dommages causés par l'activité minière de l'exploitant lorsque celui-ci a disparu ou est défaillant. Ainsi la loi, codifiée dans le code minier, confie des responsabilités importantes à l'État.

Pour entreprendre cette gestion, l'État s'est doté d'un dispositif institutionnel d'Après-Mine suivant 4 axes :

- le pilotage administratif et politique sous l'égide du ministère en charge de l'environnement (et ses représentants régionaux) ;
- l'expertise, réalisée par le Groupement d'Intérêt Public (GIP) GEODERIS constitué par le BRGM et l'INERIS et dont les principales missions sont la gestion et la diffusion de l'information liée aux risques Après-Mine, l'élaboration des cartes d'aléas, la reconnaissance et l'analyse des risques liés aux anciennes activités minières ainsi que la réalisation d'un inventaire des dépôts de résidus miniers à l'échelle de la France métropolitaine ;
- la recherche, confiée sans exclusivité, à un groupement d'intérêt scientifique (GISOS) comprenant le BRGM, les Mines ParisTech, l'université de Lorraine et l'INERIS ;
- la garantie de la sécurité des personnes et des biens sur les anciens sites miniers et le maintien des compétences techniques minières accordés au Département de Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM.

Concernant spécifiquement la gestion des déchets issus des exploitations minières, des outils se développent depuis ces dernières années, à la suite de la publication de la Directive européenne 2006/21/CE du 15 mars 2006 concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive (Directive DDIE).

Ces outils s'inspirent de la démarche de gestion des sites et sols pollués. Les différents instruments aujourd'hui à disposition des acteurs de l'Après-Mine en France consistent en :

- des phases d'inventaires et de classement de sites, permettant de définir les priorités sur la base de critères sanitaires, environnementaux et géotechniques ;
- des phases d'analyse plus détaillées avec notamment la production d'une Interprétation de l'État des Milieux (IEM) ;
- l'élaboration de plans de gestion avec le cas échéant, la réalisation, de travaux de mise en sécurité ou de réhabilitation.

Ces deux premiers points sont généralement menés par le GIP Geodéris, tandis que le troisième est généralement confié au DPSM.

La démarche « Mine responsable » initiée par le ministère en charge de l'économie en 2015 vise entre autre à une responsabilité des exploitants plus accrue, actuelle ou future, pour limiter leur impact.

6.2. L'inventaire et la classification des anciens sites miniers

Afin de répondre aux prescriptions de l'article 20 de la Directive DDIE, le ministère en charge de l'environnement a mandaté GEODERIS pour la réalisation d'un inventaire des dépôts miniers présents sur le territoire français (hors exploitation d'uranium), pour les sites fermés ou abandonnés.

Deux méthodologies ont été élaborées : l'une spécifique aux exploitations de charbon (spécificité liée à la disponibilité des données et aux impacts), l'autre concerne les autres types de déchets regroupés sous le terme de déchets issus de mines « métalliques » concernant les métaux de base (fer, cuivre, plomb, zinc, etc.), les métaux rares et les métaux précieux (or, argent, molybdène, etc.), les métalloïdes (arsenic et antimoine), mais aussi d'autres substances concessibles comme la fluorine, les sels et potasses, la pyrite et les bitumes.

6.2.1. La classification des déchets des mines « métalliques »

L'inventaire des déchets des mines « métalliques » a été fait à partir des études documentaires et visites de terrain si nécessaire. Celles-ci ont conduit à deux classifications différentes, l'une relative aux enjeux sanitaires et environnementaux et l'autre relative aux aspects géotechniques.

Les titres miniers contenant des dépôts et ouvrages de retenue (digues, bassins, etc.) ont été regroupés en « Secteurs » élaborés notamment sur la base de critères géologiques, géologiques, de substances exploitées et/ou produites et de proximité géographique. Le statut administratif des titres miniers concernés a également été pris en compte de manière à isoler les secteurs présentant des titres miniers pour lesquels un exploitant connu est toujours présent. Sur la base de scores de risque évalués pour les quatre cibles principales (population, eaux souterraines, eaux superficielles et compartiment faune/flore), les secteurs ont été classés de A à E pour l'aspect environnemental et de I à III pour l'aspect géotechnique.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des critères sanitaires et environnementaux d'une part et des critères géotechniques d'autre part.

Tableau 10 : Termes de risques associés aux classements par secteurs relatifs au « volet sanitaire et environnemental » et au « volet géotechnique ».

CLASSE « VOLET SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTAL »	TERMES DE RISQUE
E	Secteur dont les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire DDIE sont susceptibles de présenter un risque très significatif pour la santé humaine et l'environnement. Il nécessite une étude sanitaire et environnementale, si elle n'a pas déjà été réalisée ¹ .
D	Secteur dont les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire DDIE sont susceptibles de présenter un risque significatif pour la santé humaine et l'environnement. Il nécessite une étude sanitaire et environnementale, si elle n'a pas déjà été réalisée ¹ .
C+ et C-	Secteur dont les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire DDIE sont susceptibles de présenter un risque pour la santé humaine et l'environnement. Il nécessite une étude d'orientation et/ou une étude « maison sur dépôt » pour apprécier le niveau de risque éventuel.
B	Secteur dont les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire présentent peu de risque pour la santé humaine et l'environnement. Il ne nécessite pas d'étude complémentaire.
A	Secteur dont les dépôts miniers identifiés lors de l'inventaire ne présentent pas de risque pour la santé humaine et l'environnement. Il ne nécessite pas d'étude complémentaire.

Ou dans le cas de sites qui sont déjà suivis et monitorés.

CLASSE « VOLET GEOTECHNIQUE »	TERMES DE RISQUE
III	Secteur présentant au moins un dépôt potentiellement instable susceptible de présenter un risque pour l'environnement immédiat. Les dépôts concernés nécessitent une étude géotechnique plus approfondie pour compléter les données et statuer sur le niveau de stabilité et des risques avant de mettre en œuvre des mesures éventuelles de gestion.
II	Secteur présentant au moins un dépôt susceptible de présenter une instabilité, toutefois sans risque pour l'environnement. Un aléa « mouvement de terrain » devra être établi au niveau du dépôt et de son environnement immédiat.
I	Secteur présentant des dépôts stables. Aucune action particulière n'est à mettre en place.

6.2.2. La classification des déchets des mines de charbon

Pour les dépôts issus des mines de charbon, seul un inventaire a été réalisé sur la base des données de la littérature existante. Aucun classement n'a été réalisé.



L'inventaire des installations de gestion de déchets fermées, y compris les installations désaffectées est mis à la disposition du public sur le site internet du ministère en charge de l'environnement :

www.developpement-durable.gouv.fr/gestion-lapres-mine

6.3. L'application de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués au cas des sites miniers

Au regard des teneurs en métaux dans les sols qui peuvent dépasser le g/kg, les évaluations quantitatives des risques sanitaires vont montrer des résultats problématiques au regard des critères mentionnés dans les § 2.4.9 et 3.6.4 et ne peuvent pas servir d'outil d'aide à la décision.

La réalisation d'un « Environnement Local Témoin (ELT) peut être nécessaire pour gérer ces sites. Il s'agit de comparer l'état des milieux d'exposition situés sur ou à proximité de la zone d'études à celui des habitants de toute la zone alentours (fond géochimique comparable mais n'ayant pas fait l'objet d'activités minières passées).

Si les expositions des populations concernées par la zone d'études sont supérieures aux autres, des mesures de gestion doivent être mises en place. Dans le cas contraire, la pertinence de mesures de gestion environnementale et sanitaire ciblées se pose. La mise en œuvre d'outils d'évaluation de santé publique telles que les études épidémiologiques et d'imprégnation peut préciser l'exposition réelle des populations et, le cas échéant, justifier voire définir les mesures de gestion environnementale pertinentes.

Les chapitres suivants ne concernent que les aspects environnementaux et sanitaires des sites miniers. Les aspects géotechniques ne relèvent pas de la présente démarche.

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués s'applique en tenant compte plus particulièrement des spécificités suivantes.

6.3.1. Le contexte géologique

Contrairement à la majorité des autres industries, l'industrie extractive est dépendante du contexte géologique. Pour les métaux et métalloïdes, l'exploitation minière se développe sur des zones d'anomalies géochimiques suffisamment importantes pour permettre une exploitation économique des substances. Ces zones d'anomalies peuvent être de géométries et d'extensions très variables : filons, amas minéralisés, etc. Ce sont ces conditions géochimiques particulières de la zone concernée qui conduisent à cette exploitation car elles présentent de fortes teneurs en éléments d'intérêt (éléments métalliques, etc.). Pour le charbon, il n'y a pas d'anomalie géochimique comme pour les métaux et c'est la formation géologique elle-même qui a fait l'objet d'une exploitation.

Ainsi, dans les zones d'exploitation minière, les gammes de teneurs en métaux et métalloïdes rencontrées vont être naturellement plus élevées que les gammes de teneurs couramment rencontrées sur le territoire national.

Ce contexte géologique particulier va contrôler les principaux aspects environnementaux, tant en termes de polluants potentiellement présents (paragenèse minérale et procédés de traitement associés) que de leur comportement dans l'environnement (solubilisation, potentiel de drainage acide, effets tampons de la roche encaissante, etc.). Le contexte géologique de la zone d'étude doit donc être clairement défini.

6.3.2. Le contexte hydrogéologique

L'exploitation minière, qu'elle ait été réalisée en découverte (mine à ciel ouvert) ou en travaux miniers souterrains (galeries), a créé des vides dans le sous-sol et des perturbations de l'encaissant qui peuvent générer une augmentation de la porosité et de la transmissivité du milieu.

Ces perturbations vont modifier les écoulements souterrains naturels en créant des interconnexions de bassins versants et/ou avec des nappes supérieures ou latérales. Localement, les conséquences de ces travaux miniers conduisent à créer un nouvel aquifère dit aquifère minier.

De plus, lors de l'exploitation, des pompages étaient assurés pour éviter l'engorgement des travaux. En contexte d'après-mine, après l'arrêt des pompages, les aquifères miniers ne sont pas forcément tous revenus à l'état d'équilibre. Cet état d'équilibre peut être atteint plus ou moins rapidement (parfois des dizaines d'années). La surveillance et l'anticipation de la remontée des eaux souterraines est un élément essentiel pour prédire les éventuelles émergences, les zones susceptibles d'être inondées et les gérer.

D'un point de vue chimique, la qualité des émergences minières et des eaux souterraines d'un aquifère minier sont variables. Elles vont dépendre de la paragenèse minérale de la zone exploitée et de la roche encaissante. Bien souvent, il est observé une qualité des eaux dégradée au début de l'engorgement des vides miniers par le lessivage des travaux miniers souterrains, puis une diminution (qui peut durer de nombreuses années) et enfin une stabilisation des concentrations, parfois à des concentrations encore élevées, au fur et à mesure du renouvellement de l'eau contenue dans les vides miniers. Des phénomènes ponctuels de chasse liés à des événements pluvieux intenses peuvent être observés et être responsables de pics de concentration.

6.3.3. La gestion à différentes échelles

L'une des spécificités du contexte après-mine réside dans le fait que l'impact des activités minières peut être épars et très étendu (parfois jusqu'à des dizaines de kilomètres en aval des sources de pollutions identifiées notamment via la dissémination des polluants dans les sédiments de rivière du fait de l'érosion des dépôts de déchets miniers et du ruissellement lors des épisodes pluvieux importants et/ou les crues). Ces polluants d'origine minière existent sous forme dissoute et surtout particulaire.

De plus, les sources de pollutions potentielles couramment rencontrées sur les sites miniers concernent les tas de résidus miniers ou de stériles d'exploitation laissés à l'abandon. Ces sites présentent, dans la plupart des cas, un nombre élevé de sources de pollution avec des volumes de matériaux très importants et parfois étalés sur de grandes superficies. L'échelle spatiale du site étudié est donc souvent importante, engendrant des mesures et des coûts de gestion en proportion de ces caractéristiques (nombre élevé de sources de pollution, volumes importants de matériaux mis en jeu) et de cette échelle.

Il est à noter également que la majorité de ces anciens sites, dont certains ont été laissés en l'état pendant plusieurs décennies, est généralement située dans des zones peu urbanisées et n'est donc pas soumise à la pression urbaine que peuvent connaître certaines friches industrielles en périphérie des villes. L'échelle de temps de gestion du site peut donc être relativement proportionnée aux enjeux qui ont été identifiés.

6.3.4. Les sources potentielles de pollution et les polluants associés

Chaque site présente une typologie de gisement et une paragenèse minérale qui lui sont propres et qui ont conditionné les techniques d'extraction et le type d'installations de traitement. L'exploitation minière fait appel à une succession d'opérations qui vont de l'extraction jusqu'à la commercialisation de la matière première qui sera utilisée dans l'industrie.

Plusieurs sources de pollution peuvent donc être présentes, associées :

- aux travaux d'extraction et d'exploitation et les aquifères miniers associés : les métaux et métalloïdes contenus dans la paragenèse minérale ;
- aux installations de traitement du minerai : les métaux et métalloïdes contenus dans la paragenèse minérale ainsi que les réactifs utilisés pour extraire et concentrer les métaux et métalloïdes d'intérêt (cyanures, hydrocarbures, etc.) ;
- au transport du minerai contenant les mêmes éléments que ceux des unités d'exploitation ou de traitement dont ils proviennent géographiquement ;
- aux installations connexes d'exploitation, de traitement ou de transport : cuves d'hydrocarbures, dispositif d'adduction en énergie (transformateurs, centrale à charbon,...), bassin de rétention d'eaux contaminées, etc. ;
- au stockage des stériles d'exploitation et des résidus de traitement.

La sélection des substances à prendre en compte pour le diagnostic sera donc dépendante de la paragenèse minérale (minéralisation regroupant les minéraux les plus abondants, les minéraux d'intérêt voire les minéraux « traces » si nécessaire), des techniques de traitement employées et des polluants associés ainsi que et des autres sources potentielles de pollution citées ci-dessus.

6.3.5. Le comportement des polluants dans l'environnement minier

En complément du § 1.4.3, il est important de souligner un phénomène couramment rencontré sur les sites miniers impliquant des minéraux sulfurés : le Drainage Minier Acide (DMA) ou Neutre (DMN).

Le DMA est naturellement formé lorsque les minéraux sulfurés (principalement sulfures de fer) contenant du soufre sous forme réduite, s'oxydent au contact de l'eau et de l'oxygène, aboutissant ainsi à la formation de sulfates et une acidification des eaux (création d'acide sulfurique), propice à la solubilisation de nombreux métaux et à la formation d'oxyhydroxydes de métaux. Ces solutions acides et chargées en métaux se déversent depuis les sites d'origine vers le réseau hydrographique le plus proche, ou encore atteignent l'aquifère. Les activités minières impliquant une excavation de roches contenant des minéraux sulfurés, vont être propices à ce phénomène en favorisant l'exposition de tels matériaux à l'oxygène, à l'eau et aux microorganismes impliqués.

Le drainage produit par l'oxydation des minéraux contenant du soufre n'est pas nécessairement toujours acide, en fonction de la nature de la roche encaissante, il peut être neutre (DMN). L'eau contient alors des teneurs en métaux dissous qui, dans certains cas, peuvent être plus faibles que celles rencontrées en milieu acide, dépendant de la paragenèse minérale, mais il contient toujours des sulfates.

Une attention particulière devra être portée à la granulométrie des matériaux (stériles ou résidus de traitement) ou des sols avoisinants afin d'évaluer le potentiel de transfert vers les milieux d'exposition (ingestion et inhalation de poussières, etc.).

6.3.6. Le retour d'expérience des premières IEM menées sur des sites miniers

6.3.6.a *La détermination du fond géochimique local et le recours à l'environnement local témoin*

Pour distinguer les sources de pollution des fortes anomalies naturelles et définir les zones qui peuvent être retenues comme « Environnement Local Témoin » (ELT), il est nécessaire de bien déterminer le fond géochimique naturel local.

Cette détermination passe d'abord par une étude bibliographique permettant de définir les zones géologiques possédant une lithologie similaire et, ensuite, par la réalisation d'un nombre suffisant d'échantillons pour prendre en compte les hétérogénéités de teneurs observées sur les zones de fortes anomalies.

Les sites retenus comme « Environnement Local Témoin (ELT) » doivent en effet répondre à plusieurs conditions : posséder le même fond géochimique naturel, notamment des paragenèses semblables, être sélectionnés dans la région, et ne pas avoir connu d'activité anthropique majeure (extraction importante de minerai, usine d'enrichissement métallurgique...). Ils doivent, dans la mesure du possible, être sélectionnés dans un secteur proche de la zone d'étude et présentant des terrains de nature géologique voisine à identique à ceux de la zone étudiée.

Une étude de terrain permet de s'assurer que les usages, les voies d'exposition et les populations sont les plus proches possibles entre le site étudié et les environnements locaux témoins (résidentiels, potagers, usages des eaux souterraines et superficielles,...).

Au regard des teneurs en métaux dans les sols qui peuvent dépasser le g/kg, les évaluations quantitatives des risques sanitaires vont montrer des résultats problématiques au regard des critères mentionnés dans les § 2.4.9 et 3.6.4. Aussi, les diagnostics doivent-ils porter également sur les autres milieux d'exposition que sont par exemple les poussières et particules (déposées dans les maisons ou inhalées), les eaux de boisson (ou autres usages domestiques si nécessaire), les fruits et légumes produits localement, voire les produits d'élevage.

S'agissant des légumes produits localement, les premiers retours d'expérience peuvent montrer parfois leur faible capacité de bioaccumulation depuis les sols présentant des fortes teneurs en métaux/métalloïdes.

D'une manière générale, le recours à un ELT milieu par milieu n'est pas une fin en soi, il s'agit d'un outil d'aide à l'interprétation des données, à la gestion qu'il convient d'adapter au cas par cas.

6.3.6.b *Le choix des scénarios d'exposition et des paramètres d'exposition pertinents*

Comme indiqué précédemment, les sites sont souvent situés dans des zones peu urbanisées. En revanche, certains sites miniers sont localisés dans des zones touristiques (gîtes ruraux, de sentiers de randonnée, etc.) et peuvent également être situés à proximité d'habitations temporaires ou permanentes. Ou encore, il n'est pas rare que des habitants alentours utilisent les résidus miniers comme revêtement de surface de cours, d'allées de jardins, pour la fabrication de crépis de leurs maisons...

Ces usages spécifiques sont donc à prendre en compte dans la réalisation de l'IEM.

Les résultats connus sur les différents milieux, des calculs de risques sanitaires peuvent ensuite être réalisés en tenant compte des paramètres réels d'exposition pour les scénarios considérés.

La prise en compte de la bioaccessibilité est à considérer dans un second temps, une fois que les diagnostics sur les sols et les milieux d'exposition ont été interprétés et mis en perspective avec le schéma conceptuel.

Comme indiqué au § 1.4.2.b, le retour d'expérience montre que la bioaccessibilité est très variable selon les polluants. Dans les sols, elle est généralement importante pour le plomb alors que pour l'arsenic et le cadmium, elle peut être beaucoup plus basse justifiant sa caractérisation.

Cependant, au-dessus d'une certaine teneur, l'étude de bioaccessibilité n'est plus nécessaire car la teneur présente posera toujours problème quel que soit le pourcentage de bioaccessibilité démontré par l'étude.

6.3.6.c *L'exploitation des résultats de l'évaluation des risques sanitaires*

Comme indiqué au § 2.4.1.a, la démarche d'évaluation des risques sanitaires, démarche qui est intrinsèquement conservatoire, permet de hiérarchiser d'une part les différents polluants émis par une installation ou un site, et d'autre part leurs sources et les voies d'exposition, ceci en vue de définir des stratégies de prévention et de gestion spécifiques à chaque installation. Il s'agit d'un outil de gestion et d'aide à la décision. Or, il est trop souvent constaté que l'étape calculatoire ultime d'évaluation des risques sanitaires (l'évaluation quantitative des risques sanitaires) est celle qui retient le plus l'attention, notamment en termes de communication envers le public. Elle ne peut cependant déterminer ni l'impact réel sur la santé des populations riveraines du site d'études, ni l'exposition réelle des populations alentours. Seules des études épidémiologiques ou d'imprégnations pourraient apporter des éléments de réponse sur ces deux points.

Il en va notamment ainsi du plomb pour lequel dans son avis du 23 mai 2014, le HCSP recommande un dépistage lorsque les teneurs dépassent 300 mg/kg dans les sols, 70 µg/m² dans les poussières déposées dans les logements et 20 µg/L dans les eaux de boissons. Les résultats donnés par ces outils de santé publique seront essentiels dans la gestion environnementale des anciens sites miniers au regard de leur étendue.

6.3.7. Des mesures de gestion adaptées

En l'absence d'usages sensibles au droit des sources de pollution (habitations, pâturages,...), au regard des volumes mis en jeu et des configurations des sites, les mesures de gestion au niveau des sources de pollution (tas de résidus, verses de stériles, etc.) consistent à mettre en sécurité pour maîtriser les risques et limiter les impacts. Ces mesures peuvent être par exemple, le recouvrement pour supprimer les envols de poussières et le transport particulaire ou dissout par les eaux météoriques vers les cours d'eau, la mise en sécurité géotechnique des tas de résidus et des digues de confinement, limiter la formation du DMA ou le traiter.

Des stations de traitement des eaux (passives dans la mesure du possible) ou des aménagements (type zone humide) peuvent également être mis en place pour gérer les émergences minières ou les sites sur lesquels un drainage minier s'est enclenché.

Concernant les milieux d'exposition, au regard de l'étendue des zones concernées, le décaissement et le recouvrement de la totalité des sols apparaît d'emblée irréaliste. Des mesures ciblées doivent être étudiées au cas par cas.

Par exemple, pour les populations, les mesures peuvent être limitées à des mesures simples d'hygiène (lavage soigné des mains, ménage intensifié dans les maisons pour limiter l'accumulation de poussières) ou aller plus loin selon les résultats de l'étude et les enjeux identifiés (mise en place de bacs à sable ou d'aires de jeux dédiées, excavations et recouvrement de certaines zones polluées, etc.). Pour la hiérarchisation des actions, il sera tenu compte de la sensibilité des populations exposées et des usages (présence d'enfants en bas âge résidant sur le site de manière permanente, notamment).

Pour les autres usages, l'analyse « coûts-avantages » devra permettre de choisir entre des mesures de restrictions d'usages (PIG ou SIS) et/ou de modifications des pratiques et des mesures de réhabilitation. Par exemple, pour des jardins potagers, le choix peut porter sur des restrictions d'usage ou la modification des pratiques culturales (cultures hors sol) ou aller jusqu'au réaménagement des jardins par apport de terre de qualité contrôlée (une attention étant portée sur le réenvol de poussières).

Pour les sites concernés par le plomb, la connaissance des résultats des dépistages selon les recommandations du HCSP sera un élément essentiel pour le dimensionnement des mesures de gestion environnementales.

Le coût des mesures ciblées ou de plus grande ampleur, ainsi que leur pérennité dans le temps, doivent être mis en perspectives des mesures d'éloignement définitives des populations.

Dans tous les cas, conformément à la méthodologie, ces mesures de gestion doivent être proportionnées aux enjeux et choisies sur la base d'une analyse « coûts-avantages ».

La mise en œuvre de ces mesures passe par une prise de conscience des populations concernées des risques potentiels qui peuvent être mis en évidence par les résultats de l'étude épidémiologique.

De tels sites se gèrent sous l'autorité du Préfet, en concertation avec les Maires concernés, plus encore lorsque ceux-ci sont titulaires du pouvoir de police, et avec l'appui technique des services de l'état :

- Autorité Sanitaire (ARS),
- Police des mines (DREAL, DRIEE),
- Denrées alimentaires et services vétérinaires (DDCSPP : ex. DGCCRF et DDSV)
- Loi sur l'eau et permis d'aménager (DDT²⁵ ou DDTM²⁶)

La communication auprès de la population, et donc l'implication des élus est également essentielle, de même que les associations de protection de l'environnement locales et de protection de la faune et flore locales qui doivent être associées au plus tôt dans la démarche.

Sur les aspects financement, au cas par cas, les possibilités de recours à l'encontre des responsables des pollutions, s'ils existent encore, seront examinées. Le financement et la mise en œuvre des mesures de gestion se feront avec l'aval des services des administrations concernées.

Les mesures ci-avant énoncées issues du retour d'expérience de la gestion des premiers sites miniers doivent être adaptées et complétées à chacun des cas rencontrés. Elles ne prétendent pas à l'exhaustivité.

²⁵ DDT : Direction Départementale des Territoires

²⁶ DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer

Annexe : les prestations définies dans la norme NF X 31-620

Les parties 2 à 4 de la norme NF X 31-620 (cf. § 2.4.1 du document « introduction à la méthodologie ») définissent des exigences pour chacun des domaines de prestations.

Ainsi, la norme NF X 31-620-2 relative aux exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle distingue :

- des offres globales de prestations présentées dans le Tableau 11 ;
- des prestations de conseil et d'assistance présentées dans le Tableau 12 ;
- des offres de prestations élémentaires présentées dans le Tableau 13.

Les offres de prestation sont modulables pour tenir compte des spécificités du site à gérer. Elles sont composées des offres de prestations élémentaires ou des offres globales de prestations pertinentes.

Tableau 11 : Offres globales de prestations (Norme NF X 31-620-2).

Code	Offres globales de prestations	Objectifs
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites pollués	Identifier les sites qui n'ont pas été pollués par des activités industrielles et/ou de service (sites industriels, zones de stockage, décharges,...), ou par des activités d'épandage des effluents ou de déchets.
EVAL	Évaluation (ou audit) environnementale des sols et des eaux souterraines lors d'une vente/acquisition d'un site	Identifier, quantifier et hiérarchiser les impacts environnementaux sur les sols et les eaux souterraines traduisant un passif résultant d'activités passées ou présentes sur le site. Déterminer les conséquences économiques liées aux constats.
CPIS	Conception de programmes d'investigations ou de surveillance - Réalisation du programme - Interprétation des résultats - Élaboration de schémas conceptuels, de modèles de fonctionnement et de bilans quadriennaux	Définir un programme d'investigations ou de surveillance. Mettre en œuvre le programme de prélèvements. Interpréter les résultats. Élaborer en cas de besoin un bilan quadriennal et proposer une définition ou une modification des prescriptions des arrêtés préfectoraux imposant une surveillance des milieux.
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Définir des modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué. Supprimer ou, à défaut, maîtriser les sources de pollution et leurs impacts.
IEM	Interprétation de l'État des Milieux	Distinguer les milieux avec des usages déjà fixés qui : - ne nécessitent aucune action particulière, - peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés, - nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Tableau 12 : Prestations de conseil et d'assistance (Norme NF X 31-620-2).

Code	Offres globales de prestations	Objectifs
AMO	Assistance à maîtrise d'ouvrage	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet.
CONT	Contrôles de la mise en œuvre : - du programme d'investigation ou de surveillance, - des mesures de gestion.	Vérifier la conformité des travaux d'exécution des ouvrages d'investigations ou de surveillance. Contrôler, au fur et à mesure de leur avancement, que les mesures de gestion (opérations de dépollution, réalisation des aménagements...) sont réalisées conformément aux dispositions prévues.
ATTE S	Attestation à joindre aux demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS) ou au second changement d'usage (loi ALUR)	Fournir une attestation qui garantit que le projet d'aménagement ou de construction prend correctement en compte la problématique de pollution du terrain/du sous- sol.
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués	Réaliser une revue critique de l'intégralité du dossier ou répondre à des questions spécifiques.

Tableau 13 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-2).

Code	Offres de prestations élémentaires
Diagnostic de l'état des milieux	
A100	Visite du site
A110	Études historiques, documentaires et mémorielles
A120	Étude de vulnérabilité des milieux
A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments
A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol
A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées
Évaluation des impacts sur les enjeux à protéger	
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eau
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales
A320	Analyse des enjeux sanitaires
A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan « coûts - avantages »
Autres compétences	
A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes

Pour la norme NF X 31-620-3 relatives à l'ingénierie des travaux de réhabilitation, les prestations sont définies dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-3).

Code	Prestation
B001	Assistance à maîtrise d'ouvrage dans la phase des travaux
B100	Étude de conception
B110	Études de faisabilité technique et financière
B111	Essais de laboratoire
B112	Essais en pilote
B120	Études d'avant-projet (AP)
B130	Études de projet
B200	Établissement des dossiers administratifs
B300	Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux
B310	Assistance aux contrats de travaux
B320	Direction de l'exécution des travaux
B330	Assistance aux opérations de réception

Pour la norme NF X 31-620-4 relatives à l'exécution des travaux de réhabilitation, les prestations sont définies dans le Tableau 15.

Tableau 15 : Offres de prestations élémentaires (Norme NF X 31-620-4).

Code	Prestation
C100	Préparation de chantier
C110	Organisation du chantier
C120	Définition d'un plan d'hygiène et de sécurité
C130	Établissement des dossiers administratifs
C200	Mise en place, réalisation et suivi du chantier
C300	Exécution des techniques de dépollution
C310	Techniques de dépollution in situ (avec traitement sur site des polluants récupérés)
C311	Méthodes physiques par extraction de la pollution in situ
C311a	Ventilation de la zone non saturée
C311b	Extraction multi-phase
C311c	Barbotage in situ (ou injection et bullage d'air in situ)/sparging
C311d	Pompage et traitement
C311e	Pompage-écrémage
C312	Méthodes physiques par piégeage de la pollution in situ
C312a	Confinement par couverture et étanchéification
C312b	Confinement vertical
C312c	Piège hydraulique ou confinement hydraulique
C312d	Solidification/stabilisation in situ
C313	Méthodes chimiques in situ
C313a	Lavage in situ
C313b	Oxydation chimique in situ
C313c	Réduction chimique in situ
C314	Méthodes thermiques in situ
C314a	Désorption thermique in situ

C314b a)	Vitrification in situ
C315	Méthodes biologiques in situ
C315a	Biodégradation dynamisée (ou atténuation naturelle dynamisée)
C315b	Bioventing
C315c	Biosparging
C315d	Phytoremédiation
C316	Autres techniques in situ
C316a	Barrière perméable réactive
C316b a)	Électroremédiation in situ
C320	Techniques de dépollution sur site
C321	Méthodes physiques par évacuation de la pollution
C321a	Excavation des sols
C321b	Tri granulométrique
C321c	Lavage à l'eau sur site
C322	Méthodes physiques par piégeage de la pollution sur site
C322a	Encapsulation sur site
C322b	Solidification/stabilisation sur site
C323	Méthodes chimiques sur site
C323a	Mise en solution et extraction chimique sur site
C323b	Oxydation et réduction chimique sur site
C324	Méthodes thermiques sur site
C324a	Incinération
C324b	Désorption thermique sur site
C324c a)	Pyrolyse ou thermolyse sur site
C324d a)	Vitrification sur site
C325	Méthodes biologiques sur site
C325a	Bioréacteur
C325b	Bioterre
C325c	Compostage
C325d	Landfarming
a) Ces techniques sont des techniques expérimentales et/ou innovantes peu développées en France. Le détail de ces techniques et leurs spécificités sont présentés en Annexe A de la norme.	

Code	Prestation
C330	Traitement des rejets aqueux sur site
C331	Récupération des produits purs par débourbeur/déshuileur sur site
C332	Prétraitement des eaux souterraines extraites sur site
C333	Élimination des contaminants organiques dissous sur site
C333a	Stripping à l'air
C333b	Photo-oxydation sous UV
C333c	Adsorption de contaminants organiques
C333d	Bioréacteur (procédés intensifs)
C333e	Bioréacteur dont lagunage (procédés extensifs)
C333f	Séparation par membrane de contaminants organiques
C334	Élimination des contaminants inorganiques dissous sur site
C334a	Oxydoréduction
C334b	Adsorption de contaminants inorganiques
C334c	Séparation par membrane de contaminants inorganiques
C334d	Échange d'ions
C334e	Précipitation, coagulation-floculation, décantation
C334f	Filtration

C340	Traitement des rejets atmosphériques sur site
C341	Méthodes de traitement des effluents gazeux sur site
C341a	Adsorption
C341b	Absorption (ou lavage)
C341c	Condensation
C341d	Procédés d'oxydation thermiques
C341e	Photo-oxydation
C341f a)	Réduction thermique
C341g	Bioréacteurs
C342	Elimination des particules sur site
C342a	Cyclones
C342b	Dépoussiéreurs humides (ou laveurs)
C342c	Electrofiltres
C342d	Filtres
C350	Techniques non listées ci-dessus b)
C400	Réception du chantier
^{a)} Ces techniques sont des techniques expérimentales et/ou innovantes peu développées en France. Le détail de ces techniques et leurs spécificités sont présentés en Annexe A de la norme. ^{b)} Ces techniques doivent avoir fait l'objet de référence d'utilisation à l'échelle d'un site ou de validation équivalente.	



**Ministère de l'Environnement,
de l'Énergie et de la Mer**

Secrétariat général
Tour Pascal A
92055 La Défense cedex
Tél. 01 40 81 21 22

