MARS 2017

EXPERTISES

ELABORATION DES BILANS COUTS-AVANTAGES ADAPTES AUX CONTEXTES DE GESTION DES SITES ET SOLS POLLUES

Guide méthodologique

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

upds
Union des professionnels de la dépollution des sites

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME , UPDS- 2016 – Elaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués – Guide méthodologique. 251 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr,/mediatheque , http://www.upds.org/

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME et l'UPDS

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1572C0018

UPDS

183 avenue Georges Clemenceau

92000 Nanterre

Étude réalisée pour le compte de l'UPDS et de l'ADEME par : Arcadis ESG

REMERCIEMENTS

Ce guide méthodologique a été élaboré par Arcadis ESG pour le compte de l'UPDS (Union des Professionnels de la Dépollution des Sites). Le projet a bénéficié d'un co-financement par l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie).

La rédaction du guide a été suivie par un comité au cours de 4 réunions d'échanges. Le comité de suivi était constitué de :

- *Mme BAJEAT (ADEME)*
- *Mme BLUSSEAU (Arcadis)*
- *Mme BOURSIEZ (EACM)*
- *Mme CHAMBON (UPDS)*
- *Mme DE LA HOUGUE (UPDS)*
- *M GALLET (RETIA)*
- *M GILBERT (Ministère en charge de l'environnement)*
- *M GISBERT (Arcadis)*
- *Mme GRASSET (Grand Lyon)*
- *M GUELORGET (ICF Environnement)*
- *Mme GUISERIX (RENAULT)*
- *Mme MICHEL (Arcadis)*
- *Mme POHU (EPF Nord-Pas-De-Calais)*
- *M VIRCONDELET (HPC ENVIROTEC)*

Merci à Hubert LEPROND, Responsable d'Unité Sites, Sols et Sédiments Pollués (3SP) au BRGM, pour sa relecture attentive du guide et ses conseils avisés.

Nous remercions également pour leur participation les 31 interlocuteurs interviewés, ayant répondu à une enquête sur le bilan coûts-avantages : bureaux d'études, sociétés de travaux, maîtres d'ouvrages publics/privés, interlocuteurs de l'administration, juristes, ainsi qu'une association environnementale. Les interlocuteurs interviewés sont notamment :

- La société Artelia
- M CAMPOMANES (DREAL Languedoc-Roussillon)
- M CAO-THANH (Retia)
- M CARRERAS (Tesora)
- Me CHAILLOU (cabinet LPA law)
- M DAUBIGNY (Apave)
- M DEMEYER (Métropole Européenne de Lillle)
- La société Eodd
- M GERARDIN (Burgeap)
- M HENNEBELLE (DREAL Pays-de-la-Loire)
- M HIRRIEN (GRS Valtech)
- M HOWARD (Environmental Agency)
- M HUSSON (France Nature Environnement)
- M JANSSENS (Bruxelles Environnement – IBGE)
- Me LE ROY-GLEIZE (cabinet Foley Hoag)
- Mme MAHEUT (Grand Paris Aménagement)
- Mme MARTIN (SNCF)
- M MONTACLAIR (Biogénie)
- Mme POLVECHE (DRIEE Ile-De-France)
- M RHEINBOLD (Colas)
- M SCHALK (Arcadis)
- M TRAVERS (Ramboll)

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION 9

2 DEFINITION DES NOTIONS CLES UTILISEES DANS LE GUIDE 11

3 SYNTHESE DE LA PHASE D'ENQUETE 12

4 DOCUMENTS CLES DE LA BIBLIOGRAPHIE 15

5 RAPPEL DES PRINCIPES QUE DOIT RESPECTER TOUT BCA 15

6 LIMITES DU BCA 16

7 LOGIGRAMME PRESENTANT LE CHEMINEMENT D'ETABLISSEMENT D'UN BCA 16

8 EXEMPLE FICTIF RECURRENT DANS LE GUIDE 18

9 ETAPES PRELIMINAIRES DU BCA 18

9.1 RAPPEL DES DONNEES D'ENTREE DU BCA 18
9.2 IDENTIFICATION DES SEUILS/OBJECTIFS DE REHABILITATION 19

10 DEFINITION DES CRITERES DE COMPARAISON ET MODALITES D'ETUDE 20

10.1 DEFINITION DES CRITERES DE COMPARAISON 20
10.2 PROPOSITION DE MODALITES D'ETUDE POUR CERTAINS CRITERES 21
10.2.1 Etude du critère environnemental 21
10.2.2 Etude du critère financier 21
10.2.3 Etude du critère juridique 22

11 UN TRAITEMENT EST-IL POSSIBLE ? 25

12 SELECTION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION A ETUDIER 26

12.1 TRI SUR LA BASE DE CRITERES NON ECONOMIQUES 26
12.2 PRISE EN COMPTE DU CRITERE FINANCIER 27
12.3 DESCRIPTION TECHNIQUE SIMPLIFIEE DES TECHNIQUES SELECTIONNEES 27
12.4 REPETITION DE LA DEMARCHE POUR CHAQUE TYPE DE CONTAMINANT / POUR CHAQUE ZONE A TRAITER 27

13 LES TECHNIQUES ETUDIEES LAISSERONT-ELLES SUR SITE UNE POLLUTION RESIDUELLE GENERANT DES RISQUES SANITAIRES / ENVIRONNEMENTAUX ? 28

14 SELECTION DE DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET/OU IDENTIFICATION DE RESTRICTIONS D'USAGE 28

14.1 SELECTION DE DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES 28
14.2 IDENTIFICATION DES RESTRICTIONS D'USAGE ADAPTEES AUX ENJEUX 30
14.2.1 Typologies de restrictions d'usage 30
14.2.2 Objets sur lesquels portent les restrictions d'usage 31
14.3 IMPACT JURIDIQUE DES DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES / RESTRICTIONS D'USAGE 31

15 CHOIX DE SCENARIOS DE GESTION A COMPARER 32

16 COMPARAISON DES DIFFERENTS SCENARIOS DE GESTION ET ETABLISSEMENT D'UN TABLEAU DE SYNTHESE 33

17 DISCUSSION COMPARATIVE SUR LES SCENARIOS DE GESTION ET RECOMMANDATIONS EVENTUELLES 34

18 CHOIX D'UNE METHODOLOGIE DE BCA 34

18.1 UN GRAND NOMBRE DE METHODES DISPONIBLES 34
18.2 UNE METHODE QUANTITATIVE : L'ANALYSE MULTICRITERES (AMC) 35
18.2.1 Sélection d'une grille de pondération des critères 35
18.2.2 Attribution de scores pour chaque scénario de gestion et chaque critère 37
18.2.3 Discussion et hiérarchisation éventuelle des scénarios 39
18.2.4 Tests de sensibilité 39

19 LIVRABLE DU BCA : UN DOCUMENT PERMETTANT DE FACILITER LA COMMUNICATION ENTRE LES DIFFERENTS ACTEURS 42

19.1 FORMAT DE RENDU DU BCA 42
19.2 IMPLICATION DES PARTIES PRENANTES 42

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des réponses aux questions formulées lors de la phase d'enquête et principales lignes méthodologiques du futur guide 12

Tableau 2 : Synthèse des opinions collectées lors de la phase d'enquête et principales lignes méthodologiques du futur guide 13

Tableau 3 : Aide-mémoire pour l'identification des principaux enjeux juridiques (non exhaustif) 23

Tableau 4 : Exemple fictif de tableau de synthèse du BCA 33

Tableau 5 : Exemple fictif de grille de pondération 36

Tableau 6 : Exemple fictif d'attribution de notes et de calcul de scores dans le cadre d'une analyse multicritères 38

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Logigramme présentant le cheminement d'établissement d'un BCA 17

GLOSSAIRE / LISTE DES ABREVIATIONS

Admin :	Administration / contact de l'administration
AMC :	Analyse Multicritères
ARR :	Analyse des Risques Résiduels
Asso :	Association
BCA :	Bilan Coûts-Avantages
BE	Bureau d'études
BTEXN :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Naphtalène
COHV :	Composés Organo-Halogénés Volatils (solvants chlorés)
DGPR:	Direction Générale de la Prévention des Risques
EQRS :	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Etr :	Interlocuteurs étrangers
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC :	Composés constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène uniquement. Ce terme est donc utilisé pour désigner les hydrocarbures dits « pétroliers », autrement dit les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques.
HS :	Hors Site
IS :	In Situ
ISD :	Installation de Stockage des Déchets (I : Inertes, ND : Non dangereux, D : Dangereux)
Jur :	Juriste
MO :	Maître d'Ouvrage
PAC :	Porter A Connaissance
PCB :	PolyChloroBiphényles
PG:	Plan de Gestion
PIG :	Projet d'Intérêt Général
REX :	Retour d'expérience
ST :	Société de travaux
SS:	Sur Site
SSP :	Sites et Sols Pollués
SUP :	Servitude d'Utilité Publique
RUCPE :	Restriction d'Usage Conventionnelle au Profit de l'Etat
RUP :	Restriction d'Usage entre Parties
UPDS :	Union des Professionnels de la Dépollution des Sites

RESUME NON TECHNIQUE

Le présent guide méthodologique sur l'élaboration des bilans coûts-avantages (BCA) adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués a été élaboré par Arcadis ESG pour le compte de l'UPDS, et cofinancé par l'ADEME.

Ce guide vise à harmoniser les pratiques françaises sur l'élaboration des bilans coûts-avantages et à fournir un contenu minimal attendu, afin que les plans de gestion apportent un niveau d'analyse et d'argumentation suffisants.

L'élaboration de ce guide a été suivie par un comité constitué de l'UPDS (et d'ingénieristes membres de l'UPDS), de l'ADEME, du Ministère en charge de l'environnement, ainsi que de maîtres d'ouvrages publics et privés. Les travaux ont été réalisés en deux phases :

- **1ère phase : réalisation d'un état de l'art** : cette phase a consisté en la réalisation de 31 enquêtes auprès d'interlocuteurs français et étrangers d'horizons variés (prestataires, maîtres d'ouvrage, interlocuteurs de l'administration, etc.) et d'une synthèse bibliographique ;
- **2ème phase** : **rédaction de la partie opérationnelle du guide méthodologique** : tenant compte des données collectées lors de la 1ère phase.

L'approche préconisée s'inscrit dans le cadre de la méthodologie nationale française de gestion des sites et sols pollués, encadrée par la circulaire du 08 février 2007 et ses annexes. Cette méthodologie étant en cours de révision, les évolutions majeures d'ores et déjà actées ont été prises en considération dans le présent guide.

Dans ses grandes lignes, le guide préconise :

- De rappeler le contexte et les données d'entrée qui conditionneront le BCA (accessibilité du site, caractéristiques des pollutions, seuils / objectifs de dépollution, etc.) ;
- D'identifier les critères jugés pertinents pour l'étude et leur pondération éventuelle (cas d'une analyse multicritères) ;
- De formaliser et d'argumenter les étapes de tri permettant d'aboutir à une sélection de techniques de dépollution adaptées ;
- De fournir les éléments ayant permis l'estimation financière (identification des méthodes employées : abaques, étude de coûts adaptée au site, consultation d'une société de travaux,…) ;
- De formaliser les étapes de sélection d'éventuelles dispositions constructives, et/ou d'identification des restrictions d'usages ;
- De fournir un tableau de synthèse présentant l'évaluation des différents scénarios de gestion pour chacun des critères étudiés (avantages, inconvénients et coûts) ;
- D'établir une discussion comparative des scénarios de gestion confrontés et, le cas échéant, de fournir des recommandations (tests et études complémentaires si besoin).

Le BCA constitue l'un des éléments du Plan de Gestion (PG). Il est adaptable au fil de la réalisation des études ; il sera notamment mis à jour lors de l'établissement du plan de conception des travaux, que celui-ci soit intégré ou non dans le plan de gestion.

A noter que la démarche de BCA reste à adapter par le prestataire au cas par cas. Plusieurs outils sont proposés dans le présent guide : analyse qualitative, semi quantitative, quantitative…,. Quelle que soit la méthodologie retenue, le BCA devra toujours présenter un bon niveau d'argumentation.

A noter également que les contextes simples de gestion des déblais (excavation et évacuation hors site de terres non inertes mais ne présentant pas de pollutions concentrées, dans le cadre des terrassements prévus par le projet) ne relèvent pas du plan de gestion, ni du bilan coûts-avantages. Une étude technico-économique pourra néanmoins être réalisée, présentant les coûts par filière, ainsi que les avantages / inconvénients intrinsèques à chacune de ces filières.

Afin d'illustrer le présent guide méthodologique, deux exemples d'application basés sur des données réelles sont proposés en Annexe 4 et Annexe 5.

EXECUTIVE SUMMARY

The present guidelines are related to cost-benefit analysis (CBA), and were established by Arcadis ESG for the UPDS (French professional union of environmental consulting and remediation companies, operating in the evaluation and management of contaminated sites), and co-financed by the ADEME (Governmental Agency dedicated to environmental and energy issues).

These guidelines aim at standardizing French practices regarding CBA studies, and to identify the minimal content expected, so that site management plans (SMP) are sufficiently argued.

The guidelines were established under the supervision of a committee consisting of the UPDS, the ADEME and the Ministry of Environment representatives, as well as UPDS members, and public/private project owners. The project comprised two phases:

- **1st phase: establishment of a state of the art**: this phase consisted in 31 interviews of various French and foreign stakeholders (environmental engineers, project owners, authorities, etc.), as well as in a bibliography synthesis;
- **2nd phase**: redaction of the operational part of the guidelines taking into account the data collected during the first phase.

The recommended approach is consistent with the French national methodology related to the management of contaminated sites and soils, as described in the 08/02/2007 circular and its appendixes. This methodology is currently being updated – and the main known changes have already been taken into account in the present guidelines.

The main points of the recommended methodology are:

- Recalling the context and any entry data that might influence the CBA (site accessibility, pollutions characteristics, thresholds/ remedial objectives, etc.);
- Identifying the criteria considered as relevant for the study, as well as their relative weight (in the context of a multi-criteria analysis);
- Arguing and detailing all steps of the selections leading to a few remedial techniques that fit the site context;
- Presenting how financial costs were estimated (identification of the employed methodologies: abacus, site-applied cost-analysis, consultation of a company specialized in remediation works...);
- Detailing the selection of constructive measures, and/or use restrictions;
- Preparing a synthesis table detailing the evaluation of the considered remediation scenarios for each of the considered criteria (advantages, disadvantages, costs);
- Discussing and comparing all remedial scenarios. Recommendations for further site tests or complementary studies should be formulated at this stage, if needed.

The CBA is included in the SMP, and is to be adapted along with the progress of the environmental studies on site. In particular, the CBA may be adapted along the course of the remediation plan, whether or not this phase is included in the SMP.

The CBA approach should however be adapted to each case by engineering companies. Thus, several tools are presented in these guidelines: qualitative, semi-quantitative, quantitative analysis…Whichever methodology is chosen, the CBA must be sufficiently argued.

It should also be noted that projects with simple excavated soil management (excavation and off-site disposal of non-inert soils which do not present significant pollution) do not require a site management plan and a cost-benefit analysis. A techno-economic analysis could nevertheless be performed, with a presentation of costs for each facility likely to handle the materials issued from the site. The advantages/disadvantages of each facility could then be compared.

The present guidelines are illustrated by two examples (see Appendixes 4 and 5). Both examples are based on real data.

1 INTRODUCTION

Le bilan coûts-avantages (BCA), exercice qui constitue une partie centrale du plan de gestion (PG), vise à définir la meilleure stratégie possible pour parvenir à l'objectif du plan de gestion, à savoir la maîtrise des sources et de leurs impacts sanitaires et environnementaux, pour les usages actuels et/ou futurs.

Plusieurs documents fournissent des indications partielles quant à la méthodologie à adopter pour réaliser un BCA : la méthodologie nationale, la norme NF X 31-620, ainsi que divers guides techniques parus sur les mesures de gestion existantes. Néanmoins, aucun guide méthodologique dédié à l'exercice du BCA n'était encore disponible pour définir les meilleures pratiques.

Après quelques années d'application de ces prescriptions concernant le BCA, il apparaît que les maîtres d'ouvrage et l'administration sont confrontés à des BCA hétérogènes. Par ailleurs, il est régulièrement demandé aux bureaux d'études de fournir des BCA apparaissant disproportionnés au regard de la problématique liée au site.

De ce fait, il est apparu nécessaire à la profession, aux maîtres d'ouvrages et au Ministère en charge de l'environnement de préciser une méthodologie de réalisation des bilans coûts-avantages afin que ceux-ci remplissent le rôle qui leur est dévolu, tout en étant proportionnés à l'ampleur de la problématique et en répondant aux attentes des maîtres d'ouvrage et de l'administration.

Afin de répondre à cette problématique, l'UPDS (Union des Professionnels de la Dépollution des Sites) et l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) ont souhaité établir un guide dédié aux « bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués », objet du présent document.

Le projet a été réalisé en deux phases :

- **1ère phase : réalisation d'un état de l'art** : cette phase a consisté en la réalisation de 31 enquêtes auprès d'interlocuteurs français et étrangers de typologies variées (bureaux d'études, sociétés de travaux, maîtres d'ouvrage, interlocuteurs de l'administration, juristes, association de protection de l'environnement) et d'une synthèse bibliographique ;
- **2ème phase** : **rédaction de la partie opérationnelle du guide méthodologique** : tenant compte des données collectées lors de la 1ère phase.

Les résultats de la première phase ont été reportés en annexe du présent guide (voir Annexe 1 à Annexe 3) ainsi qu'aux chapitres 2 et 4.

Les chapitres suivants constituent la recommandation d'une méthodologie claire, argumentée, et transparente pour l'établissement d'un bilan coûts-avantages (BCA). Cet exercice doit permettre d'accompagner les parties prenantes dans leur réflexion, en vue de considérer l'ensemble des possibilités pour la gestion d'un site pollué.

Le présent guide vise à harmoniser les pratiques françaises sur l'élaboration des bilans coûts-avantages et à fournir un contenu minimal attendu, afin que les plans de gestion apportent un niveau d'analyse et d'argumentation suffisants.

A noter que la démarche de BCA reste à adapter par le prestataire au cas par cas. Le prestataire qui la réalise doit pouvoir conserver une flexibilité suffisante pour proposer une démarche appliquée au contexte. Par ailleurs, la chronologie de la démarche peut être adaptée par le prestataire au besoin.

A noter également que les contextes simples de gestion des déblais (excavation et évacuation hors site de terres non inertes mais ne présentant pas de pollutions concentrées, dans le cadre des terrassements prévus par le projet) ne relèvent pas du plan de gestion (PG), ni du BCA. Une étude technico-économique pourra néanmoins être réalisée, présentant les coûts par filière, ainsi que les avantages / inconvénients intrinsèques à chacune de ces filières.

Afin d'illustrer le présent guide méthodologique, deux exemples d'application basés sur des données réelles sont proposés en Annexe 4 et Annexe 5.

Remarque préalable au guide : le présent guide méthodologique a été établi au cours de la période de révision des textes du 08/02/07, en cohérence avec les évolutions proposées dont le comité de suivi du guide avait la connaissance. Notamment, le guide intègre le fait que le BCA sera mis à jour au stade du plan de conception des travaux (afin d'intégrer les éventuels tests de faisabilité ou essais pilotes réalisés).

Une mise à jour du présent document pourra se révéler nécessaire afin de s'assurer de sa cohérence avec les nouveaux textes lorsque ceux-ci seront publiés.

2 DEFINITION DES NOTIONS CLES UTILISEES DANS LE GUIDE

Certaines notions sont reprises dans l'ensemble de la démarche exposée dans ce guide. Elles sont définies ci-après :

- **Mesure de gestion** : disposition visant à éliminer les sources de pollution sur site ou à désactiver les voies de transfert / d'exposition des cibles identifiées. Les mesures de gestion regroupent :
  - les techniques de dépollution,
  - les restrictions d'usage,
  - les dispositions constructives.
- **Technique de dépollution** : procédés physiques chimiques ou biologiques permettant d'aboutir à terme à une disparition, un abattement ou une immobilisation pérenne de la pollution dans le milieu impacté.
- **Technique de dépollution « novatrice »** : technique de dépollution pour laquelle il existe à l'heure actuelle peu (voire pas) de retour d'expérience en France.
- **Familles de traitements** : regroupements de techniques par typologie. Les 4 familles que l'on peut aisément distinguer sont :
  - Les traitements hors site ;
  - Les traitements sur site ;
  - Les traitements in situ ;
  - Les confinements (qui ne constituent pas un traitement au sens strict mais qui, par la mise en œuvre de barrières physiques, permettent de limiter la propagation des polluants dans les milieux).
- **Scénario de gestion** : en cohérence avec le contexte de gestion, le scénario de gestion constitue une combinaison d'une ou plusieurs mesures de gestion, permettant d'atteindre un état des milieux a minima conforme aux objectifs du PG (maîtrise des sources et de leurs impacts sanitaires et environnementaux).

  Le scénario, construit au fil du BCA, est une combinaison d'un ou plusieurs des éléments suivants :
  - Une ou plusieurs techniques de dépollution (qui peuvent se succéder dans le temps), éventuellement déclinées suivant des seuils/objectifs de réhabilitation variables, envisagés pour ces techniques ;
  - Si nécessaire, des mesures constructives ;
  - Le cas échéant, des restrictions d'usage ;
  - Les éventuels suivis ultérieurs associés.
- **Plan de conception des travaux** : étude réalisée soit dans le cadre du PG soit en aval de celui-ci et relevant de l'ingénierie des travaux de dépollution. Cette étude vise à réduire les incertitudes en lien avec la faisabilité technique et financière des travaux de réhabilitation du site et s'appuie si besoin sur des tests de traitabilité ou des tests pilotes.
- **Seuil de coupure :** seuil de définition de la pollution concentrée. Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer au guide du BRGM de 2016 intitulé « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » et au guide UPDS « Pollution concentrée : Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » mis à jour en avril 2016.
- **Concentrations maximales admissibles** (ou CMA) : ces valeurs sont définies sur la base de calculs de risques sanitaires, dans le cas où des niveaux de risques non acceptables sont générés par les pollutions en présence. Elles constituent alors le minimum pour ce qui est du niveau de dépollution à atteindre.

3 SYNTHESE DE LA PHASE D'ENQUETE

Une phase d'enquête (présentée en Annexe 1 du guide) a été réalisée auprès de différentes parties prenantes : Maître d'Ouvrage (MO), Association (Asso), Bureau d'études (BE), Avocat (Jur), Société de travaux (ST), Administration (Admin), interlocuteurs étrangers (Etr).

Elle a permis d'identifier les orientations méthodologiques souhaitées par une majorité des interviewés mais également les divergences d'opinions sur d'autres thématiques. Des avis variés (voire opposés) ont parfois été constatés au sein d'un même groupe d'interlocuteurs.

Les tableaux suivants synthétisent les différents **points méthodologiques** abordés, les opinions recueillies, ainsi que les conclusions tirées de la phase d'enquête pour l'établissement des lignes directrices du guide.

Tableau 1 : Synthèse des réponses aux questions formulées lors de la phase d'enquête et principales lignes méthodologiques du futur guide

Point méthodologique	Opinion des interviewés	Conclusions et justification des lignes directrices pour la rédaction du guide
Etude du critère environnemental	80% des interlocuteurs mentionnent que l'impact environnemental des scénarios de gestion est déjà considéré, mais essentiellement de façon qualitative. Près d'un tiers des interviewés serait favorable à une étude plus quantitative, avec par exemple des chiffrages approximatifs des émissions de gaz à effet de serre engendrées (au moyens d'abaques, s'ils existent).	Il n'a pas été identifié de méthodologie simple permettant d'estimer en première approche les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les scénarios étudiés. Le guide préconise donc a minima une analyse qualitative, mais ne peut suggérer de généraliser une méthode quantitative (voir le chapitre 10.2.1).
Opinion sur l'étude systématique d'un traitement de la totalité des pollutions **(scénario souvent à visée comparative sur le critère financier)**	Seul un panel partiel (21 interlocuteurs) a fourni son opinion sur cette thématique, identifiée après plusieurs enquêtes. 57% (essentiellement MO, BE) des interlocuteurs ayant répondu sur cette thématique sont défavorables à l'idée de systématiser ce scénario comparatif. 43 % des interviewés (dont tous les interlocuteurs Admin, mais aussi quelques MO) y sont au contraire favorables.	Compte-tenu de la méthodologie en cours de révision qui intègre la nécessité d'une telle démonstration, le guide préconise l'étude de ce scénario comparatif. Le chapitre 15 fournit plus de détails sur ce thème.

Point méthodologique	Opinion des interviewés	Conclusions et justification des lignes directrices pour la rédaction du guide
Opinion sur l'idée de mettre en place une méthodologie « standard » et une méthodologie « détaillée » de BCA selon la complexité du contexte.	65% des interviewés (BE, MO majoritairement) sont en faveur de la définition de deux méthodologies qui permettent de tenir compte de la complexité du contexte. Les 35% d'interlocuteurs défavorables correspondent à une partie des BE, ainsi qu'à 3 interlocuteurs de l'Administration sur 4.	La majorité des interviewés est favorable à l'introduction de deux niveaux de méthodologie, mais les enquêtes ont permis d'illustrer l'absence de consensus sur la définition d'un contexte « simple » et d'un contexte « complexe » de gestion. Aussi, le guide présente finalement une unique méthodologie à décliner au cas par cas.
Opinion sur l'applicabilité de l'analyse multicritères au BCA	Près de la moitié des interviewés est favorable à cette méthode. 23% des interlocuteurs n'y est pas opposé, et 29% des interviewés sont opposés à cette approche.	La moitié des interlocuteurs étant favorable à l'approche de l'analyse multicritères, cette méthodologie est présentée et préconisée dans le guide (voir le chapitre 18.2). Néanmoins, et afin de tenir compte de la diversité des points de vue (et de la validité d'autres méthodes) le guide rappelle que toute autre approche reste valable pour peu qu'elle soit suffisamment argumentée (voir le chapitre 18.1).

Tableau 2 : Synthèse des opinions[1] collectées lors de la phase d'enquête et principales lignes méthodologiques du futur guide

Point méthodologique	Opinion des interviewés	Conclusions et justification des lignes directrices pour la rédaction du guide
Lien entre le BCA et la phase de conception des travaux de réhabilitation	Trois interviewés (ST, MO, Admin) évoquent un niveau de détail souhaité du BCA qui apparente cet exercice à une phase de conception.	La conception des travaux de réhabilitation relève d'études dédiées, généralement réalisées par les sociétés de travaux. Le niveau de détail du BCA ne peut relever d'une étude de conception et doit donc être ajusté en conséquence.
Etude du critère financier	Deux des MO souhaiteraient que ce critère soit étudié sur la base d'une fourchette de coûts (afin de distinguer le BCA d'un chiffrage faisant suite à une phase de conception). A contrario, 5 autres interlocuteurs (dont 3 MO) souhaiteraient que le critère soit étudié sous la forme d'une estimation aussi précise que possible.	Il est préconisé de tenir compte de l'ensemble des facteurs connus pour étudier le critère des coûts financiers (exemple : intégrer le coût de suivis ultérieurs). Mais le BCA ne constitue ni une phase de conception, ni un devis pour des travaux de réhabilitation. Aussi, le format préconisé pour l'étude de ce critère est celui d'une fourchette de coûts (voir le chapitre 10.2.2).

[1] Lors des enquêtes, certaines remarques d'intérêt pour l'élaboration du futur guide ont été formulées par les interlocuteurs. Elles sont donc reportées dans le présent tableau, quand bien même elles ne faisaient pas partie du questionnaire initial. A noter que tous les interlocuteurs n'ont alors pas eu l'opportunité de s'exprimer sur le sujet concerné.

Point méthodologique	Opinion des interviewés	Conclusions et justification des lignes directrices pour la rédaction du guide
Intégration d'aspects techniques non environnementaux	5 interviewés (Mo, Admin, Jur) souhaiteraient que les prestataires en charge d'établir le BCA se mettent en relation avec d'autres métiers (géotechniciens, urbanistes, juristes…) afin d'intégrer des contraintes ne relevant pas uniquement du domaine des SSP.	Le guide préconise de prendre contact avec les sociétés spécialisées dans ces problématiques (voir les chapitres 6 et 19.2).
Comparaison de scénarios de gestion	Environ un tiers des interrogés a évoqué spontanément le souhait que le BCA compare des scénarios de gestion, et non uniquement des techniques de dépollution entre elles. A titre d'exemple, l'intégration de restrictions d'usage ou de dispositions constructives à la fin du BCA (et non en tant que mesures de gestion apportant des avantages et des inconvénients au même titre qu'une technique de dépollution) occasionne un biais pointé par plusieurs des interviewés.	Le guide propose un cheminement intégrant l'identification des éventuelles dispositions constructives et/ou restrictions d'usage au cœur de l'exercice. La comparaison porte alors sur des scénarios de gestion (voir les chapitres 15, 16 et 17), et non uniquement sur des techniques de dépollution.
Aspect conclusif du BCA	Deux interlocuteurs (MO, Admin) souhaiteraient que le BCA soit conclusif quant au scénario à retenir. A contrario, une société de travaux évoque les difficultés à proposer des variantes en phase de travaux lorsque le PG et le BCA sont d'ores et déjà conclusifs. Des arrêtés relatifs à la réhabilitation du site précisent parfois les moyens de la réhabilitation sur la base de ces conclusions.	Le guide préconise un BCA non conclusif (voir le chapitre 5), du fait notamment de son côté évolutif (le BCA peut être amené à évoluer au stade du plan de conception des travaux afin d'intégrer les données issues de tests de traitabilité/d'essais pilotes). Il est par ailleurs rappelé que les arrêtés prescrivant la réhabilitation des sites ne devraient pas décrire les moyens de cette réhabilitation (voir chapitre 6).
Opinion sur la réalisation systématique d'essais de faisabilité / traitabilité ou encore d'essais pilotes dans le cadre du PG	Un tiers des interlocuteurs (BE, ST, MO, Admin) a évoqué spontanément le souhait que des essais soient réalisés dans le cadre de l'établissement du PG. Trois d'entre eux précisent toutefois qu'il ne conviendrait pas de les systématiser.	Les tests et essais discutés relèvent de l'ingénierie des travaux de dépollution (et non des études environnementales, qui incluent le plan de gestion). Le plan de gestion recommandera le cas échéant la réalisation de ces tests/essais, qui seront réalisés dans le cadre du plan de conception des travaux.

4 DOCUMENTS CLES DE LA BIBLIOGRAPHIE

La liste complète de la bibliographie consultée lors de la phase 1 du projet est disponible en Annexe 6. Les principales références identifiées sont les suivantes :

- La circulaire du 08/02/2007 et ses annexes, ainsi que les travaux de réflexion en cours dans le cadre de la révision de cette méthodologie ;
- Le guide du BRGM RP-58609-FR de 2010 « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices » ;
- Le guide du ministère en charge de l'environnement et de la Direction Générale de la Prévention des Risques en date de janvier 2011 « Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués » ;
- La norme AFNOR NF X31-620 de 2011 (dont la partie 2 a été mise à jour en août 2016) ;
- Le guide du BRGM RP-63675-FR d'août 2014 « Guide sur les mesures constructives » ;
- Le guide du BRGM RP-64350-FR de 2016 intitulé « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » ;
- Le guide de l'UPDS mis à jour en avril 2016 « Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués ».

5 RAPPEL DES PRINCIPES QUE DOIT RESPECTER TOUT BCA

En comparant plusieurs scénarios de gestion, le BCA vise à définir la meilleure stratégie possible pour parvenir aux objectifs du plan de gestion (maîtrise des sources et de leurs impacts sanitaires et environnementaux).

Le BCA est une démarche à adapter au cas par cas, aussi il ne serait pas pertinent d'établir un modèle excessivement générique de BCA. Néanmoins, les principes généraux suivants devront être respectés, conformément aux orientations de la méthodologie nationale :

- La priorité est donnée à **l'élimination des sources de pollution**, puis en second lieu à la **désactivation des voies de transfert** ;
- Les scénarios de gestion doivent être **conformes à la réglementation**, et présenter des **risques résiduels acceptables** (validés par une ARR – Analyse des Risques Résiduels) ;
- Le BCA doit respecter le principe de la **proportionnalité** : l'ampleur du PG doit en effet rester proportionnée aux pollutions et à leurs étendues. Aussi, *lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, le bon sens conduit à excaver les terres et à les évacuer vers les filières de gestion appropriées, et non à s'engager vers des études lourdes et coûteuses qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion* [2];
- Comme tous les éléments constituant le PG, le BCA doit également respecter le principe **de cas par cas** : chaque contexte de gestion est unique et doit faire l'objet d'une étude appliquée tenant compte de ses spécificités ;
- Le BCA devra **aborder tous les milieux impactés** et justifier / argumenter le fait d'étudier ou non en détail certains milieux (par le biais de bilans massiques, d'identification des transferts, des impacts sanitaires, environnementaux, etc….) ;
- Le BCA doit tenir compte de l'ensemble des enjeux dans une perspective de **développement durable** ;
- Le BCA doit rester un outil qui doit **faciliter le dialogue** et favoriser la concertation avec les différentes parties prenantes ;

[2] Source : Annexe 2 de la circulaire du 08/02/2007.

- le BCA est adaptable au fil de la réalisation des études (PG, PCT). Le PCT, s'il n'est pas inclus dans le PG, intègre notamment un BCA actualisé sur la base des nouvelles données recueillies à ce stade.
- Enfin, le BCA est également un outil d'aide à la décision, mais **la décision finale doit rester du ressort du maître d'ouvrage** (notamment, dans le cas où une méthode d'analyse multicritères avec pondération est utilisée, les notes apportées doivent être expliquées dans le rendu et une étude de sensibilité doit être effectuée). Toutefois, si les moyens de la gestion ne sont pas fixés par l'administration, cette dernière reste l'ultime décisionnaire des objectifs de réhabilitation.

A noter que le BCA ne doit pas être un document conclusif, sauf si le scénario de gestion est évident.

6 LIMITES DU BCA

Le BCA ne constitue pas un devis pour des travaux de dépollution, ni une étude de conception ou de dimensionnement des futurs travaux. Il ne correspond également pas à un cahier des charges pour la réalisation de travaux de dépollution.

En outre, les arrêtés prescrivant la réhabilitation des sites ne devraient pas décrire les moyens de cette réhabilitation.

Dans le cas où le Plan de Conception des Travaux est dissocié du Plan de Gestion, le PG n'est pas conclusif quant au choix des scénarios de gestion. Il doit néanmoins conclure sur la nécessité ou pas de réaliser ultérieurement un PCT comprenant les essais de traitabilité ainsi que les essais pilotes.

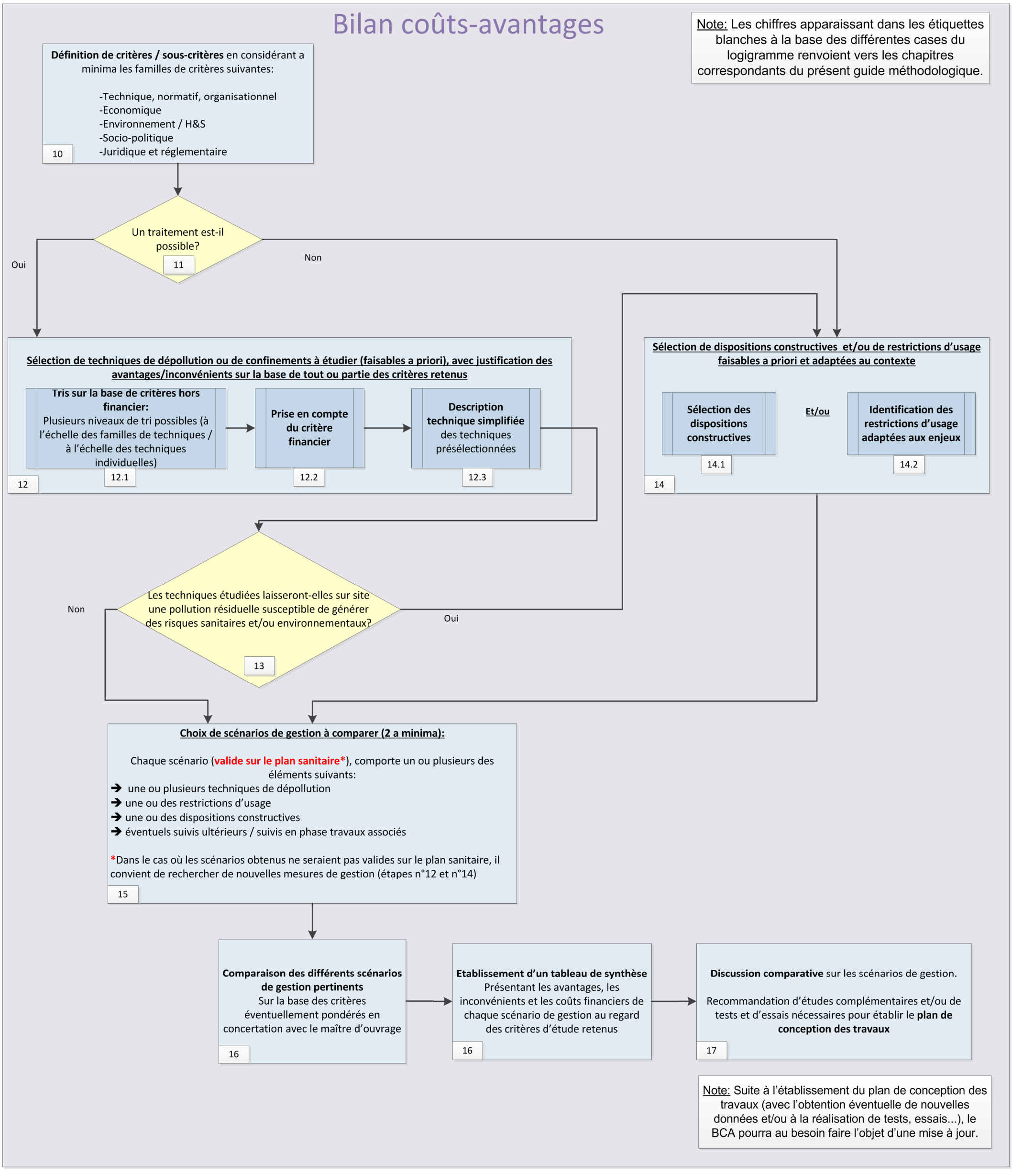
De plus, il est à noter que les problématiques en lien avec l'**amiante**, les pollutions **microbiologiques**, les pollutions **radiologiques** et la possible présence **d'objets pyrotechniques** sont considérées dans un autre cadre méthodologique que celui des SSP. Pour autant, le PG doit mentionner toute suspicion de problématique en lien avec ces domaines. Dans le cas où les contraintes correspondantes ne seraient pas clairement intégrées au bilan coûts-avantages, des réserves devront être formulées dans la conclusion du BCA. Il appartiendra au MO de lever ces réserves en s'attachant les compétences de sociétés spécialisées dans les domaines concernés.

7 LOGIGRAMME PRESENTANT LE CHEMINEMENT D'ETABLISSEMENT D'UN BCA

Afin d'aider la lecture des chapitres opérationnels suivants, un logigramme présente l'enchaînement possible des étapes permettant de réaliser un BCA.

Remarque : Les chiffres apparaissant dans les étiquettes blanches à la base des différentes cases du logigramme renvoient vers les chapitres correspondants du présent guide méthodologique.

Figure 1 : Logigramme présentant le cheminement d'établissement d'un BCA



8 EXEMPLE FICTIF RECURRENT DANS LE GUIDE

Afin d'illustrer étape par étape la démarche préconisée, plusieurs extraits d'application sur un exemple fictif sont disponibles dans les chapitres suivants.

Dans le cadre de cet exemple fictif, le site considéré présente les principales caractéristiques suivantes :

- 5 zones de pollution concentrée ont été identifiées ;
- Les contaminants sont de type hydrocarbures fractions C_{10}-C_{40}, ainsi que (dans une moindre mesure) des HC volatils (fractions C_5-C_{10}) ;
- Les piézomètres ne témoignent pas d'un impact sur le milieu eaux souterraines ;
- Environ 3 000 m^3 de terres hydrocarburées seraient à traiter, compte tenu du seuil de coupure retenu d'après le bilan massique ;
- Le site est isolé et localisé en zone rurale. Il n'est plus pourvu d'un accès à l'eau ou à l'électricité ;
- il est envisagé de créer une centrale photovoltaïque au droit du site.

Les **techniques de dépollution** envisagées dans le cadre du BCA sont les suivantes (à noter que d'autres techniques seraient pertinentes dans ce cas fictif, mais pour cet exemple, seules deux sont présentées à titre de simplification. Les deux techniques proposées ne présentent néanmoins pas plus de légitimité que les autres approches) :

- **Scénario A** : Excavation et envoi hors site des 3 000 m^3 de terres en biocentre ;
- **Scénario B** : Excavation et traitement thermique des 3 000 m^3 de terres sur site (en tertres).

9 ETAPES PRELIMINAIRES DU BCA

9.1 Rappel des données d'entrée du BCA

Un rappel des données acquises est généralement présenté au début du BCA. L'identification des données d'entrée permet d'appréhender la complexité du contexte de gestion et d'identifier les caractéristiques importantes du site.

Il s'agit donc d'une étape primordiale qui donnera au BCA toute sa spécificité et sa pertinence. A contrario, des lacunes dans la compréhension du contexte spécifique et des enjeux du site pourraient aboutir à des scénarios de gestion non adaptés au site, voire inefficaces.

Remarque : Afin de disposer de données d'entrée pertinentes pour réaliser le BCA, il est recommandé d'assurer la réalisation de tests relativement simples au stade du diagnostic (ex : analyses de granulométrie, test de rabattement, etc…). Les données obtenues dans le cadre de ces tests permettent généralement de mieux évaluer la faisabilité de techniques de dépollution adaptées au contexte du site.

A cette étape, il est recommandé :

- De rappeler le **cadre méthodologique en vigueur** afin que celui-ci soit toujours clair pour tout lecteur (notion de priorité à l'enlèvement des sources, puis à la désactivation des voies de transfert, etc. – voir le paragraphe 5) ;
- De rappeler les **données environnementales acquises** (vulnérabilité des milieux, concentrations mesurées lors des investigations,). Le niveau de précision du diagnostic peut être apprécié à cette étape (des tests sont-ils disponibles ? Manque-t-il des données ?) ;
- De rappeler quelles sont les éventuelles **pollutions concentrées identifiées**, ainsi que les **pollutions résiduelles / diffuses du site** qui pourraient générer des risques sanitaires, et de les hiérarchiser le cas échéant. Rappeler également les caractéristiques du schéma conceptuel ;
- D'établir des **constats simples** si nécessaire, comme par exemple :

- Un facteur temps limitant ;
- Un facteur espace limitant ;
- Des volumes faibles / importants de matériaux contaminés ;
- Un site localisé en plein tissu urbain avec des problématiques de gestion des nuisances à prévoir ;
- Un site isolé, où il n'existe pas/plus d'accès à l'eau ou à l'électricité ;
- Etc…

Pour la définition des **pollutions concentrées** lors de l'étape du diagnostic, les prestataires pourront s'appuyer sur les outils fournis par les Travaux du GT Pollution Concentrée (UPDS)[3], ainsi que le guide du BRGM sur le bilan massique[4].

Dans le cas de pollutions **diffuses/ résiduelles**, la comparaison aux valeurs de gestion, si elles existent, ou l'ARR permettront d'identifier si les concentrations mises en évidence sont à l'origine de risques sanitaires non acceptables.

9.2 Identification des seuils/objectifs de réhabilitation

En préalable du BCA, les **seuils et/ou objectifs de réhabilitation** considérés pourront également être formalisés. En effet, la réhabilitation d'un site est conditionnée par certaines valeurs clés, qui dépendent du niveau de pollution propre au site et des usages existants ou projetés.

Pour un polluant donné, l'objectif de réhabilitation correspondra soit au seuil de coupure, soit à la CMA (Concentration Maximale Admissible) :

- **Seuil de coupure :** seuil de définition de la pollution concentrée. Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer au guide du BRGM de 2016 intitulé « Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » et au guide UPDS « Pollution concentrée : Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » mis à jour en avril 2016.
- **Concentrations maximales admissibles** (ou CMA) : ces valeurs sont définies sur la base de calculs de risques sanitaires, dans le cas où des niveaux de risques non acceptables sont générés par les pollutions en présence. Elles constituent alors le minimum à atteindre pour ce qui est du niveau de dépollution.

Selon le contexte, une ou plusieurs de ces valeurs clés seront définies dans le PG. Elles permettront au rédacteur d'identifier par la suite quelles techniques permettent ou non de traiter les polluants en présence, et ce jusqu'aux objectifs fixés.

Une fois l'ensemble des données d'entrée rappelées, le **degré de complexité du contexte de gestion** est à apprécier au cas par cas. Conformément au principe de proportionnalité des études, le niveau de développement du BCA sera corrélé à la complexité du contexte de gestion.

[3] [12]

[4] [15]

10 DEFINITION DES CRITERES DE COMPARAISON ET MODALITES D'ETUDE

10.1 Définition des critères de comparaison

Rappelons que la priorité est donnée à l'élimination des sources, puis en second lieu à la désactivation des voies de transfert. En tenant compte de ces principes, une étape de définition des critères de comparaison pourra être effectuée à ce stade.

Les 5 familles de critères d'étude ci-dessous doivent être considérées dans tout BCA. La présente étape consiste à choisir, dans chacune de ces familles, un ou plusieurs critères de comparaison. Les critères cités ci-dessous pour chacune des familles ne sont pas exhaustifs et ne sont fournis qu'à titre illustratif (se référer à l'annexe 3 du présent guide pour plus de détail sur les critères) :

- **Les critères techniques, normatifs, et organisationnels** : critères focalisés sur l'aspect « pratique » de la gestion du site, tenant compte par exemple de la typologie des polluants en présence, des milieux impactés, de la profondeur de la pollution, de l'accessibilité du site, des délais à respecter pour la réhabilitation… ;
- **Les critères économiques** : coûts des travaux de dépollution, des restrictions d'usage (servitudes) et des dispositions constructives nécessaires et de leur éventuelle maintenance (tenant compte de la valeur du terrain, et des aides éventuelles), ainsi que des surveillances ultérieures… ;
- **Les critères environnementaux et liés à l'Hygiène et la Sécurité :** bilan environnemental de la mesure de gestion : consommation énergétique, réduction de la masse de polluants, émissions de CO_2, utilisation de ressources naturelles, impact ou bénéfice sur la biodiversité, revalorisation des matériaux traités, impact de la pollution résiduelle sur l'environnement… Ce critère étudie également les implications en termes d'hygiène et sécurité (H&S) sur site et hors site : transport de terres, envol de poussières, impact sur les eaux souterraines… ;
- **Les critères socio-politiques :** critères regroupant les nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives…), l'augmentation du trafic (également en lien avec les critères environnementaux ci-avant), l'acceptabilité du projet d'aménagement envisagé (usage futur, servitudes éventuelles, objectifs de réhabilitation et teneurs résiduelles qui en découlent), mais aussi les bénéfices de ce chantier (création d'emplois, amélioration du cadre de vie, valorisation financière, image du site et du MO…)...;
- **Les critères juridiques et règlementaires :** critères permettant essentiellement d'identifier la responsabilité à court et long terme du maître d'ouvrage (contraintes résiduelles, surveillances obligatoires, responsabilité liée aux déchets générés par un éventuel chantier, etc.)...

Tous ces critères permettent l'élaboration d'une stratégie de communication.

Les 5 grandes familles de critères présentées ci-avant devront être considérées dans tout BCA (même de façon restant succincte, et/ou qualitative). Cela implique donc d'identifier les enjeux du site pour chacune de ces grandes problématiques. Pour chacun de ces critères, le prestataire devra alors préciser les enjeux identifiés au droit du site, afin que l'analyse soit réellement adaptée au contexte, et ne reste pas excessivement générique. Sur la base de cette réflexion, des critères et/ou des sous-critères pourront être sélectionnés pour réaliser le BCA (comme illustré dans les exemples d'application disponibles en Annexe 4 et en Annexe 5).

Les familles de critères pourront être déclinées en sous-critères, voire complétées (si pertinent) de critères additionnels. A titre d'exemple : le critère du bilan environnemental pourrait correspondre dans un cas particulier :

- A l'impact de la mesure envisagée sur une espèce protégée identifiée au droit du site (biodiversité);
- Aux émissions de gaz à effet de serre en lien avec les techniques envisagées.

Une liste de critères d'étude par grande famille de critères et des questions clés à se poser pour les étudier est proposée en annexe 3 du guide.

Au cours de cette étape du BCA, il est recommandé de consulter d'autres parties pertinentes (en particulier le MO, mais aussi les riverains ou d'autres parties impliquées le cas échéant) afin de rechercher un consensus sur les critères à étudier, toujours avec l'accord du MO qui doit rester maître de sa communication vis-à-vis des tiers.

10.2 Proposition de modalités d'étude pour certains critères

Quel que soit le critère considéré, il est nécessaire que les mesures de gestion soient étudiées de façon appliquée au site et au contexte. Les paragraphes suivants proposent des modalités d'étude pour certaines familles de critères, pour lesquelles il est apparu particulièrement utile de fournir des pistes d'étude en raison :

- De l'absence d'une base méthodologique faisant consensus à l'heure actuelle pour l'étude des critères environnementaux et juridiques ;
- De l'importance du critère financier dans les BCA (confirmé par les résultats des interviews).

10.2.1 Etude du critère environnemental

Des méthodes quantitatives existent pour évaluer l'impact environnemental d'un scénario de gestion (évaluation du bilan équivalent carbone, analyse du cycle de vie, études d'impacts faune / flore…). Néanmoins, de telles méthodes demandent une analyse rigoureuse, parfois excessivement précise et coûteuse au regard des objectifs du BCA.

Le niveau de détails pour l'étude du critère environnemental sera donc à définir au cas par cas, selon le contexte et selon les enjeux du MO. Néanmoins, il est préconisé d'apprécier a minima de façon qualitative l'impact des mesures de gestion étudiées sur l'environnement. Pour ce faire, le rédacteur pourra notamment se poser les questions suivantes à propos de la mesure de gestion ou du scénario de gestion envisagé :

- Cette mesure / ce scénario seront-ils générateurs de déchets ?
- Auront-ils un impact sur des espèces (faune/flore) présentes au droit du site ? Certaines sont-elles protégées ? Quel sera l'impact paysager (notamment dans le cas d'un confinement) ?
- Quelle sera la consommation énergétique associée ? L'utilisation de ressources naturelles ?
- Quels seront les besoins liés au transport ?
- Le procédé est-il à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre ?
- Est-il possible de définir des filières de revalorisation des matériaux traités ?
- Quel sera l'impact du résiduel de la pollution qui sera laissé en place sur le site ?
- Etc... (se référer à l'Annexe 3 pour plus de précisions quant aux questions clés pour étudier le critère environnemental).

10.2.2 Etude du critère financier

L'**estimation financière** pourra être fournie sous la forme d'une fourchette de coûts, afin qu'il apparaisse clairement qu'elle constitue une base comparative entre plusieurs scénarios de gestion, et non un devis (voir le chapitre 6 relatif aux limites du BCA). Cette fourchette de coûts devra intégrer les éventuels aléas attendus, sur la base du retour d'expérience du prestataire (ou de la société de travaux (ST) consultée le cas échéant).

Il est par ailleurs recommandé de spécifier la méthodologie d'estimation financière employée : utilisation d'abaques, étude de coûts adaptée au site, retour d'expérience sous réserve qu'il soit argumenté, échanges avec des sociétés de travaux, etc….

Cette estimation, à l'échelle du scénario de gestion, devra intégrer chacun des coûts suivants, lorsqu'ils existent :

- Coûts purement liés à la ou les **techniques de dépollution** (Amené/repli, mise en place, consommation énergétique, fonctionnement, élimination des déchets…) ;
- Coûts liés aux **travaux annexes** devant être impérativement réalisés pour permettre la mise en œuvre de la ou les techniques de dépollution (exemple : frais inhérents à la mise en œuvre d'un soutènement des parois des fouilles dans le cadre de l'excavation de terres polluées). Le recours à des professionnels du domaine concerné est nécessaire dans le cas où le BE ne dispose pas de la compétence en interne ;
- Coûts liés aux **dispositions constructives.** Ces coûts sont parfois difficiles à estimer (notamment en l'absence de projet précis), aussi il est recommandé d'afficher toute hypothèse prise en compte pour établir l'estimation, et de fournir l'évaluation sous la forme d'une fourchette de coûts ;
- Coûts des **éventuels suivis** (suivi lors des travaux, surveillance des milieux post-travaux, ou suivi de l'efficacité et de la pérennité de certaines mesures de gestion, etc.).

  Il n'est pas toujours aisé d'évaluer la portée des suivis ultérieurs (notamment leur durée prévisionnelle). Il conviendra de prendre une hypothèse de chiffrage, et de la présenter de façon claire (ex : « il est fait l'hypothèse qu'un suivi des eaux souterraines sera effectué au droit du site sur 10 ouvrages sur tels paramètres et à telle périodicité pendant 10 ans suite à la finalisation des travaux de dépollution »). Ici aussi, la fourniture d'une fourchette de coûts pourra s'avérer pertinente (dans l'exemple précédent, application d'un suivi sur une période comprise entre 4 et 10 ans).
- Coût des **éventuelles études complémentaires nécessaires**. Ces études peuvent notamment correspondre à la constitution d'un dossier de demande de servitudes. La quantification de l'impact financier d'une restriction d'usage doit être confiée à un professionnel compétent. Aussi, il n'est pas recommandé d'intégrer ces mesures de gestion dans l'étude du critère financier. Toutefois, il est préconisé d'évaluer de façon qualitative l'impact de ces mesures (voir le paragraphe 14.2), et d'intégrer a minima une estimation du coût de constitution d'un dossier de demande de servitudes.

10.2.3 Etude du critère juridique

Les prestataires en SSP ne disposent pas de compétences dans le domaine juridique. Une identification exhaustive des **enjeux juridiques** pourra être effectuée en se rapprochant de juristes dans le cadre de l'étude.

Dans la mesure du possible et des connaissances au stade de la rédaction du plan de gestion, le prestataire pourra toutefois intégrer des alertes et des rappels de la réglementation dans le BCA afin d'informer au mieux le MO sur les contraintes juridiques. Ces rappels ne pourront se substituer à l'analyse d'un juriste.

Un aide-mémoire est fourni ci-après, définissant de façon non exhaustive les principales thématiques du BCA qui peuvent être à l'origine d'enjeux juridiques.

Tableau 3 : Aide-mémoire pour l'identification des principaux enjeux juridiques (non exhaustif)

Thématique	Implications possibles pour le MO et/ou le responsable juridique de la pollution
Hygiène Sécurité Environnement (HSE)	Le MO conserve une part de responsabilité juridique relative aux éventuelles problématiques HSE en lien avec la réhabilitation entreprise au droit du site.
Autorisations administratives	La mise en œuvre de certaines techniques de dépollution requiert l'obtention préalable d'autorisations administratives.
Loi sur l'eau	Dans les contextes hors ICPE, il convient de vérifier les rubriques de l'article R214-1 du code de l'environnement pour déterminer si un dossier « loi sur l'eau » doit être établi. Dans le contexte d'un site ICPE, le cas échéant, un porté à connaissance ICPE devra être transmis à l'administration en lieu et place du « dossier loi sur l'eau » (conformément à l'article L214-1). Dans le cas d'une pollution accidentelle, il n'est par ailleurs pas nécessaire d'établir un « dossier loi sur l'eau ». Le préfet doit néanmoins être informé (conformément à l'article R214-44 du code de l'environnement).
Déchets	Le MO conserve la responsabilité des déchets générés sur le site d'étude jusqu'à leur revalorisation ou élimination finale selon des filières adaptées.
Pollutions résiduelles	Le responsable de la pollution au sens juridique (propriétaire, exploitant, MO…) conserve une responsabilité juridique à long terme dans le cas où une pollution résiduelle est laissée en place sur site après la réhabilitation. Des surveillances ultérieures pourront être nécessaires. Il sera alors du ressort du responsable de la pollution d'en assurer (y compris financièrement) l'organisation régulière.
Restrictions d'usage	La mise en place de restrictions peut engendrer un coût lié à la dépréciation des terrains. Dans certains cas, le responsable de la pollution devra indemniser les propriétaires concernés par la mise en place d'une restriction d'usage les concernant.

Les paragraphes suivants fournissent quelques rappels en matière d'identification des responsabilités environnementales.

Rappel des principes de responsabilités en matière de sols pollués :

Le code de l'environnement définit clairement (articles L556-1 à L.556-3) les responsabilités pesant sur le **responsable de la pollution de sols**, lorsque cette pollution engendre des risques sanitaires non acceptables pour l'usage en cours ou prévu sur site, ou bien présente un risque pour l'environnement.

Lorsque la pollution résulte de l'exploitation d'une installation classée, le responsable de la pollution des sols est le dernier exploitant de cette installation (ou un tiers intéressé qui veut prendre en charge la réhabilitation du site en application de l'article L.512-21 du code de l'environnement). Il lui revient d'assumer en principe la maîtrise d'ouvrage des travaux de réhabilitation pour un usage comparable à celui de la dernière période d'exploitation, ou bien, exceptionnellement, un autre usage défini par décision du préfet dans le cadre des procédures de remise en état propres aux installations classées. Ce dernier exploitant doit éventuellement indemniser le propriétaire de la dépréciation des terrains qui pourraient résulter de la mise en place de restrictions d'usage par des servitudes d'utilités publiques ou de droit privé.

Après les travaux de réhabilitation par le dernier exploitant, si un nouveau changement d'usage doit intervenir, le maître d'ouvrage qui en prend l'initiative doit en assumer la responsabilité.

Lorsque la pollution résulte de la présence de déchets, il revient au producteur des déchets, ou à défaut au détenteur des déchets, d'en assumer les conséquences : évacuation et/ou traitement des déchets selon leur nature, réhabilitation des terrains.

En dehors de ces hypothèses, ou lorsque ces responsables ont disparu, le propriétaire du terrain n'est responsable que s'il est démontré qu'il a fait preuve de négligence ou qu'il n'est pas étranger à cette pollution.

La responsabilité du maître d'ouvrage des travaux de dépollution :

Le maître d'ouvrage de travaux de dépollution doit assumer la responsabilité de tout maître d'ouvrage de travaux immobilier à l'égard des tiers, en particulier si les travaux mal réalisés ont pour conséquence une aggravation de la pollution, ou une migration de celle-ci vers des terrains voisins.

De plus, les terres excavées constituent des déchets, dont le maître d'ouvrage est le producteur au sens des articles L.541-1-1 du code de l'environnement, et au sens de l'article L.556-3 du même code. Il lui appartient de choisir les filières adaptées en cas de traitement hors site, et il en est responsable jusqu'à leur valorisation ou leur élimination finale. La doctrine administrative admet dans des conditions plus souples la réutilisation sur site des terres excavées à l'occasion de travaux de réaménagement, y compris lorsque ces terres font l'objet d'un traitement (voir en particulier annexe 2 de la circulaire du 8 février 2007 http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Politique-de-gestion-des-sites-et.html).

Le maître d'ouvrage restera toutefois responsable à l'égard des tiers de tout préjudice qu'ils pourraient subir du fait de la réalisation des travaux, et sera également responsable, éventuellement dans les limites des conventions signées, à l'égard des acquéreurs ultérieurs du site.

Enfin, des **restrictions d'usage**, soit sous la forme de servitudes d'utilités publiques fixées par un arrêté préfectoral, soit sous formes conventionnelles, pourront déterminer plus précisément le cadre dans lequel, compte tenu du traitement, les terrains pourront être réutilisés pour un nouveau projet.

Exemple fictif :

Dans le cas de l'exemple fictif développé dans le guide, le responsable de la pollution est le propriétaire et ancien exploitant, qui est également maître d'ouvrage de la dépollution à venir. Un projet de centrale photovoltaïque (usage validé par le préfet) est à l'étude au droit du site. Le niveau de réhabilitation du site doit donc garantir une compatibilité sanitaire des terrains avec cet usage (nécessitant un nombre très réduit de bâtiments).

Les deux scénarios consistent en une excavation des zones de pollution concentrée, puis le traitement hors site (scénario A) ou sur site (scénario B) des terres hydrocarburées.

La responsabilité environnementale du MO est en lien avec :

- La **création de déchets** dans le cas où les terres excavées sont traitées hors site : en quittant le site, les terres prennent le statut de déchet, et restent sous la responsabilité du MO jusqu'à leur revalorisation finale après le traitement en biocentre. Une attention particulière doit donc être portée sur le choix des filières de traitement hors site ;
- Les **pollutions résiduelles prévisionnelles** : quel que soit le scénario, il subsistera en bordure de fouille des pollutions résiduelles. Sauf convention signée avec les futurs acquéreurs du site (qui installeront et exploiteront la centrale photovoltaïque), cette pollution résiduelle reste du ressort du propriétaire actuel des terrains (le MO) ;
- Les **possibles restrictions d'usage** : selon les caractéristiques de la pollution résiduelle prévisionnelle, des restrictions d'usage pourraient être mises en place au droit du site (exemple : interdiction de mettre en place des jardins potagers au droit des zones concernées). Selon la nature de ces restrictions, et selon les conventions établies entre le propriétaire actuel des terrains et le futur acquéreur et exploitant de la centrale photovoltaïque, les restrictions d'usage (probablement prises sous la forme de SUP) pourraient engendrer une dépréciation de la valeur du foncier ;
- Les **futures surveillances** : les surveillances environnementales post-dépollution peuvent être contraignantes (nécessité de garantir l'accès au réseau de suivi, et d'entretenir ce dernier). Toutefois, dans le cas fictif étudié, il n'est pas mis en évidence de pollution dans les eaux souterraines. Compte-tenu du contexte de réaménagement du site en centrale photovoltaïque, aucune surveillance des milieux ne sera préconisée.

A noter que les restrictions d'usage permettent également de conserver la mémoire de l'état des milieux, ce qui permet d'anticiper, par exemple, des surcoûts en cas de projet ultérieur impliquant des terrassements (gestion de déblais non inertes).

11 UN TRAITEMENT EST-IL POSSIBLE ?

Avant d'entreprendre une réflexion sur les techniques de dépollution qui pourraient être appropriées pour le site, il convient de s'interroger sur les possibilités théoriques de traitement. Il est du ressort du prestataire, sur la base de son retour d'expérience et de ses connaissances, de répondre à la question « un traitement est-il possible », de façon argumentée et transparente. La réponse ne se substitue toutefois pas à la réalisation d'essais de faisabilité.

Plusieurs facteurs peuvent remettre en cause l'utilité de la réalisation d'un traitement :

- CMA non atteignables dans les conditions techniques et économiques du moment (dans ce cas de figure, il peut néanmoins être utile de traiter afin d'abattre les niveaux de pollution dans la mesure du possible, et de compléter le scénario de gestion par d'autres mesures de gestion) ;
- Absence de technique efficace connue pour traiter la pollution dans le contexte étudié, ou encore traitement possible uniquement en mobilisant des ressources disproportionnées (ressources énergétiques, financières…) ;
- Source inaccessible ;
- Etc…

Dans le cas où un traitement est possible, le BCA se poursuit avec l'identification de techniques de dépollution qui pourraient convenir pour le site.

Si aucun traitement n'est recevable dans les conditions techniques et économiques du moment, le BCA se poursuit également, en s'orientant vers la sélection de dispositions constructives, et/ou l'identification de restrictions d'usage.

Remarque : avant de conclure à l'impossibilité de réaliser un traitement au droit du site dans les conditions techniques et économiques du moment, il convient d'envisager toutes les techniques connues, y compris les techniques novatrices identifiées par veille scientifique et technique. Certaines d'entre elles ne seraient-elles pas déclinables sur le site d'étude ?

12 SELECTION DES TECHNIQUES DE DEPOLLUTION A ETUDIER

Dans le cas où un traitement de la pollution du site est possible, il convient d'identifier les techniques de dépollution adaptées au contexte.

Le BCA doit envisager en premier lieu (avant de sélectionner les techniques les plus appropriées) **toutes les techniques** qui sont envisageables (y compris les techniques novatrices, pour lesquelles il peut exister des retours d'expérience à l'étranger). Le bilan coûts-avantages ne doit en effet pas être le moyen de justifier une solution prédéterminée du fait des contraintes liées au projet/au client ou de l'expérience du prestataire.

Il pourra, pour ce faire, s'appuyer sur les outils suivants :

- outil d'aide à la décision SELECDEPOL[5] ;
- guide méthodologique du BRGM/RP-58609 de juin 2010 « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices »[6] ;
- Guide ADEME de 2008 « Traitabilité des sols pollués : Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances »[7].

12.1 Tri sur la base de critères non économiques

Lors de cette étape, une sélection de techniques de dépollution pertinentes est effectuée par élimination, en partant de l'ensemble des techniques connues. L'objectif est d'aboutir à un nombre restreint de techniques (faisables a priori) adaptées au contexte et aux enjeux. Les techniques non adaptées au contexte (polluants, contraintes du site, enjeux…) sont éliminées avec une justification. Parfois, plusieurs techniques de dépollution pourront être éliminées simultanément, sur la base d'un même critère.

La **faisabilité théorique** des techniques de dépollution proposées doit être assurée (techniques déjà testées dans le passé sur des polluants et/ou des sols similaires).

Il est proposé d'effectuer cette sélection par le biais d'une ou plusieurs étapes de tri (à déterminer par le prestataire selon le niveau de complexité). Ces tris peuvent permettre d'écarter des familles de traitements entières, ou encore être réalisés à l'échelle individuelle des techniques de dépollution. Le ou les tris sont opérés au regard des critères de comparaison retenus, à l'exclusion des critères économiques (pris en considération au chapitre 12.2).

Lors de ces tris, le rédacteur de BCA pourra présenter les avantages et inconvénients (voire les incompatibilités ou critères rédhibitoires) des différentes techniques pour les critères les plus importants. Toutefois, il n'est pas nécessairement utile ni proportionné d'étudier tous les critères retenus pour l'ensemble des techniques lors de ces étapes de tri.

Aussi, il est préconisé d'identifier explicitement les critères les plus importants en lien avec le MO et de se baser sur ceux-ci pour effectuer le tri. Les critères les plus importants seront ceux qui possèderaient les pondérations les plus élevées dans le cas d'une analyse multicritères effectuée sur le site concerné. Pour toute autre méthodologie, les critères les plus importants devront être identifiés de façon justifiée.

A ce stade, il n'est pas nécessaire d'évaluer les techniques en leur attribuant des notes, y compris dans le cadre d'une analyse multicritères (cf chapitre 18.2 plus loin). L'analyse peut rester succincte et qualitative.

[5] http://www.selecdepol.fr

[6] http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58609-FR.pdf

[7] http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/traitabilite-sols-pollues-guide-methodologique-evaluation-2008-rapport-final-3.pdf

Les autres critères d'importance moindre, non pris en compte à ce stade, seront étudiés plus en aval dans la démarche, à l'étape de comparaison des scénarios de gestion.

Quant aux **aspects financiers**, ils ne sont étudiés que dans un second temps (voir le paragraphe 12.2). Une telle approche permet de ne pas éliminer trop précocement des techniques d'intérêt, sur la base d'une appréciation financière parfois trop pénalisante en première approche.

Exemple fictif :

Dans le cadre de l'exemple fictif les critères primordiaux non économiques qui pourraient être retenus seraient les suivants :

- Accessibilité du site ;
- Absence d'accès à l'eau et à l'électricité sur site ;
- Caractéristiques des polluants et adéquation de la technique.

Dans le cadre de cet exemple fictif, les critères prépondérants sont d'ordre technique et organisationnel.

A l'issue de cette étape de sélection, ne subsistent que les techniques faisables a priori et ne présentant pas d'incompatibilité pour les critères clés (hors financier).

12.2 Prise en compte du critère financier

Cette étape consiste à fournir un ordre de grandeur financier du coût de la réhabilitation, dans le cas où les techniques retenues à l'issue de l'étape précédente seraient mises en œuvre au droit du site d'étude.

Cet ordre de grandeur sera défini pour plusieurs seuils ou plusieurs objectifs de réhabilitation conformément à la méthodologie nationale.

Les modalités d'étude proposées pour le critère financier sont définies au paragraphe 10.2.2.

Certaines techniques peuvent se révéler inappropriées d'un point de vue financier. Il convient alors de les écarter à cette étape du BCA, tout en explicitant les arguments sur lesquels se fonde ce choix.

12.3 Description technique simplifiée des techniques sélectionnées

A l'issue des étapes précédentes (tris, intégration du critère financier), une description synthétique et simplifiée des techniques présélectionnées pourra être effectuée par le rédacteur du BCA.

Le contenu exposé doit permettre au lecteur non expert de comprendre en quoi consiste la technique et ce qu'implique sa mise en application (transport, structures, consommation d'énergie, durée du procédé, etc…).

12.4 Répétition de la démarche pour chaque type de contaminant / pour chaque zone à traiter

Sauf exceptions justifiées, la démarche de sélection des techniques de dépollution à étudier devrait être effectuée pour **chaque typologie de contaminants** en présence / chaque combinaison de contaminants identifiée dans une même zone.

Par ailleurs, si plusieurs zones présentent la même typologie de contaminants au droit du site d'étude, il pourra être judicieux de réaliser **une analyse par zone**. En effet, plusieurs facteurs peuvent influencer le degré de pertinence de techniques d'une zone à l'autre du site pour un même contaminant (ex : lithologie différente, niveaux de concentrations variables, profondeur de la pollution, etc.).

Néanmoins, la démarche reste adaptable au cas par cas, notamment s'il est identifié d'emblée que des combinaisons de techniques sont pertinentes pour traiter plusieurs pollutions à la fois.

13 LES TECHNIQUES ETUDIEES LAISSERONT-ELLES SUR SITE UNE POLLUTION RESIDUELLE GENERANT DES RISQUES SANITAIRES / ENVIRONNEMENTAUX ?

Dans certains cas, des techniques sont pertinentes pour la gestion d'une pollution concentrée, mais ne permettent pas d'atteindre les objectifs de la réhabilitation. Des **traitements complémentaires** (qui peuvent intervenir en second lieu) peuvent permettre de poursuivre la réhabilitation pour atteindre les objectifs. Il convient alors de réaliser à nouveau l'étape de sélection des techniques de dépollution, en tenant compte des nouvelles conditions initiales (terrains déjà partiellement dépollués).

Toutefois, lorsqu'il n'est plus pertinent de rechercher des traitements complémentaires, selon les pollutions résiduelles attendues, il convient de compléter le scénario de gestion par des dispositions constructives et/ou des restrictions d'usage, avant d'évaluer le scénario de gestion dans son ensemble.

14 SELECTION DE DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES ET/OU IDENTIFICATION DE RESTRICTIONS D'USAGE

Des dispositions constructives et/ou des restrictions d'usage pourront être retenues en tant que mesures de gestion :

- si les techniques de dépollution mises en œuvre laissent sur site un résiduel de pollution susceptible de générer des risques sanitaires ou environnementaux ;
- si le site présente une pollution diffuse qui ne peut être traitée.

Dans certains cas, lorsque le traitement ou le confinement de tout ou partie de la pollution ne seront pas recevables dans les conditions techniques et économiques du moment (pour des raisons qui auront été explicitées et argumentées de façon transparente), cette approche pourra également être retenue.

Ces mesures de gestion, intégrées au scénario de gestion, permettent d'agir sur les transferts ou les voies d'exposition. Il est néanmoins rappelé que la méthodologie française vise en premier lieu à favoriser le traitement des sources.

14.1 Sélection de dispositions constructives

Les dispositions constructives (voir l'Annexe 1 du guide) constituent des mesures de gestion qui permettent « d'assurer durablement l'adéquation d'un usage (existant ou envisagé) avec une pollution existante ou résiduelle au droit d'un site, et de s'affranchir autant que possible de l'évolution réglementaire des

référentiels qui pourrait remettre en cause à plus ou moins long terme le niveau d'exposition admis pour les usagers ».[8]

Des dispositions constructives peuvent donc être intégrées au scénario de gestion :

- Afin d'aboutir à un niveau de risques sanitaire acceptable, si les seules techniques de dépollution ne permettent pas d'aboutir à ce niveau ;
- Mais aussi à titre de précaution, alors même que le niveau de risques sanitaires visé est acceptable (anticipation d'un éventuel effet rebond, ou encore d'une évolution pénalisante des valeurs réglementaires ou toxicologiques…).

Pour appuyer sa démarche de sélection de dispositions constructives, le lecteur pourra se référer au « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » du BRGM.

Les principaux paramètres que ce guide préconise d'étudier pour identifier les dispositions constructives adéquates sont les suivants :

- Le **contexte du projet** (quelle est la configuration du bâtiment ? Quelles sont les cibles à protéger ? Quel est l'objectif à atteindre d'un point de vue sanitaire ? etc…) ;
- Le **polluant** à l'origine de la problématique et **l'efficacité des dispositions constructives** pour la pollution caractérisée ;
- L'**estimation financière** de la mise en œuvre et de l'entretien des dispositions envisagées.

Lorsque des dispositions constructives sont envisagées, une démarche de bilan coûts-avantages doit être adoptée pour définir les dispositions les plus appropriées. Le guide du BRGM met à disposition une liste des principaux avantages / inconvénients connus pour les dispositions constructives, ainsi qu'un outil d'aide à la décision.

Concernant l'estimation financière des dispositions constructives, il convient que le PG mentionne a minima son existence et ses différentes natures, définies dans le guide du BRGM comme suit[9] :

- Estimation financière de la **définition, du dimensionnement, et de la mise en œuvre** de la disposition (incluant les études et tests éventuels) ;
- Estimation financière du **contrôle et de la supervision de la mise en œuvre de cette disposition** par une tierce personne compétente dans ce domaine ;
- Estimation financière **du fonctionnement et de la maintenance éventuelle** (en tenant compte de l'usure du matériel, de la dépense énergétique nécessaire, etc…) ;
- Estimation financière de la **surveillance de la mesure constructive** (éventuels diagnostics permettant de vérifier l'état de dispositifs, ou encore prélèvements permettant de quantifier les concentrations auxquelles sont exposés les usagers).

Sauf exception dument justifiée, l'estimation des coûts liés aux dispositions constructives est nécessaire. Ces estimations financières peuvent notamment être établies sur la base des montants fournis en annexe du guide du BRGM.

Il est nécessaire d'identifier clairement les différents types de coûts en lien avec les dispositions constructives dans le BCA afin que les parties impliquées connaissent les implications financières (y compris à long terme) des mesures de gestion étudiées.

[8] [11]

[9] [11]

Par ailleurs, le cas échéant, le BCA devra identifier les contraintes nécessaires pour que les dispositions constructives soient pérennes dans le temps (entretien, surveillance…).

14.2 Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux

Les restrictions d'usage servent à « informer sur les risques résiduels, encadrer les usages (notamment la réalisation de travaux ultérieurs comme par exemple l'intervention sur des canalisations), et pérenniser la conservation des informations sur l'état environnemental du site ».[10]

Les restrictions d'usage résultent souvent d'autres mesures de gestion envisagées (ex : restrictions d'usage complémentaires d'un traitement qui ne permet pas, à lui seul, de rétablir la compatibilité de l'état des milieux avec les usages). Néanmoins, à partir du moment où la source de pollution est maîtrisée (traitement ou confinement), les restrictions d'usage peuvent parfois constituer la seule autre mesure de gestion possible. **Elles constituent dans tous les cas des mesures de gestion à part entière, à intégrer dans le scénario de gestion.**

A noter que l'objectif du plan de gestion est d'identifier les restrictions nécessaires dans le cadre des scénarios de gestion sélectionnés, mais que le plan de gestion ne constitue pas le dossier technique permettant d'instruire le dossier de demande de restrictions d'usage.

14.2.1 Typologies de restrictions d'usage

Pour sélectionner des restrictions d'usage appropriées au contexte de gestion, le lecteur pourra se référer au « Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués » (DGPR). Ce document présente les 5 principales typologies de restriction d'usage (SUP, PAC, PIG, RUCPE, RUP[11]) dont une description est disponible en Annexe 1.

D'après le guide de la DGPR, la restriction d'usage à favoriser de façon générale est la SUP. La décision de retenir un type de restriction différent devra être justifiée (démontrer en quoi la SUP n'est pas adaptée au contexte).

Le guide identifie les critères à considérer pour déterminer la typologie de restriction convenant le mieux au site :

- Le **délai** : dans certains contextes aux délais courts, le format de la SUP n'est pas approprié car il nécessite une enquête publique. Il faut alors envisager le format de la SUP sans enquête publique (parfois appelée « SUP simplifiée »), ou encore de la RUCPE ;
- Le **nombre de propriétaires concernés** : les contextes impliquant de nombreux propriétaires se prêtent mieux à la SUP avec enquête publique, ou au PIG. Si le nombre de propriétaires est faible, le format de SUP sans enquête publique pourra mieux convenir ;
- L'**acceptation du projet d'institution de restriction par le(s) propriétaire(s)** : en cas d'opposition des propriétaires au projet de restriction, seuls le PIG ou la SUP permettent de contourner cette opposition ;
- L'**existence ou non d'un exploitant défaillant** : si le pollueur est défaillant, il convient de retenir les restrictions les plus simples : SUP sans enquête publique, RUCPE, PAC, PIG, ou RUP.

A noter que les restrictions d'usage peuvent être à l'origine d'une **dépréciation financière des terrains qui peut donner lieu à un dédommagement des propriétaires**, et qui peut constituer un réel enjeu financier dans des contextes de cession.

---

[10] [6]

[11] SUP : Servitude d'Utilité Publique ; PAC : Porter A Connaissance ; PIG : Programme d'Intérêt Général ; RUCPE : Restriction d'Usage Conventionnelle au Profit de l'Etat ; RUP : Restriction d'Usage entre Parties

Toute quantification de cette dépréciation financière doit être confiée à des professionnels compétents. Néanmoins, il est recommandé de fournir a minima une analyse qualitative : le nombre de propriétaires concernés est-il important ? La surface concernée par la servitude est-elle grande ? Quelle est la valeur immobilière du foncier concerné ?

A noter également que le MO entreprenant la réhabilitation environnementale peut ne pas être le propriétaire du site. Aussi, le point de vue du propriétaire du site devra être pris en considération lors de l'établissement du BCA, dans le cas où il serait envisagé de retenir une ou plusieurs restrictions d'usage dans le scénario de gestion.

14.2.2 Objets sur lesquels portent les restrictions d'usage

Les restrictions d'usage sont caractérisées par leur typologie administrative (voir paragraphe précédent), mais aussi par leur nature (c'est-à-dire leur objet). Ces objets peuvent être variés, comme en témoignent les exemples suivants (liste non exhaustive) :

- **Usage** industriel possible au droit du site. Tout autre usage devra faire l'objet d'études complémentaires préalables ;
- A l'échelle des différentes zones du site : **perte locale de constructibilité**, ou encore **typologies d'usages restreintes au droit d'une zone particulière du site** (exemple : possibilité de créer un espace vert, mais interdiction de mettre en place un bâtiment au droit d'une zone donnée) ;
- **Utilisation** possible **des eaux souterraines** pour l'arrosage de jardins d'agrément ou encore pour alimenter des circuits de refroidissement, mais interdiction d'utiliser les eaux souterraines pour arroser un jardin potager, pour l'alimentation en eau potable ou pour remplir une piscine ;
- Obligation d'une part d'entretenir un **réseau de surveillance des eaux souterraines**, et d'autre part obligation pour le propriétaire de garantir l'accessibilité aux ouvrages utilisés dans le cadre de cette surveillance (il reste possible de remplacer un ouvrage existant si sa destruction est nécessaire dans le cadre d'un projet d'aménagement) ;
- Obligation de mettre en place une couverture par des matériaux d'apport sains, ou encore d'implanter et d'entretenir un **couvert végétal** ;
- Interdiction de réaliser toute activité qui pourrait endommager un **confinement** mis en œuvre sur site (ex : interdiction de circuler, de creuser, de planter…) ;
- Etc…

Il est rappelé que dans la mesure du possible, il est toujours préférable de formuler des restrictions d'usage de façon positive, c'est-à-dire d'indiquer quels sont les usages / activité possibles, en précisant que tout autre usage sera soumis à étude complémentaire préalable.

14.3 Impact juridique des dispositions constructives / restrictions d'usage

Dès lors que des dispositions constructives et/ou des restrictions d'usage sont retenues dans un scénario de gestion, les implications en termes de responsabilité environnementale à long terme devraient être identifiées.

Ainsi, un paragraphe devrait signaler dans le BCA (à l'issue de la phase d'identification des dispositions constructives et des restrictions d'usage) la responsabilité qu'acquiert / conserve chacun des acteurs impliqués dans le cadre du scénario de gestion étudié.

Une application sur la base de l'exemple fictif du guide est disponible au chapitre 10.2.3.

15 CHOIX DE SCENARIOS DE GESTION A COMPARER

A cette étape, il convient de définir **les scénarios de gestion (au moins deux)**, qui consistent chacun en une combinaison d'un ou plusieurs des éléments suivants (étudiés et présélectionnés aux étapes antérieures) :

- Une ou plusieurs techniques de dépollution (qui peuvent se succéder dans le temps), éventuellement déclinées suivant des seuils /objectifs de réhabilitation variables, envisagés pour ces techniques ;
- Le cas échéant, des restrictions d'usage et/ou des mesures constructives ;
- Les éventuels suivis lors des travaux et/ou ultérieurs (ex : suivi de nappe dans le cadre d'un bilan quadriennal).

Il est rappelé que pour être valable, un scénario de gestion doit être valide sur le plan sanitaire.

Par ailleurs, si le nombre minimal de scénarios de gestion à proposer en conclusion du BCA est de deux, il convient bien entendu d'en étudier un plus grand nombre, si plus de deux se révèlent pertinents pour le site.

La nouvelle méthodologie nationale prévoit par ailleurs de rendre systématique l'étude des possibilités de traitement de la pollution selon plusieurs paliers (traitement de 10%, 20% 30%.... 100% de la pollution).

Les modalités d'étude de ces scénarios sont laissées à l'appréciation du prestataire qui devra préciser ses hypothèses de travail (ex : la « totalité des pollutions » est définie comme l'ensemble des volumes de sols concernés par la détection du contaminant ciblé, ou encore par l'ensemble des volumes que représentent les pollutions concentrées du site).

Dans certains cas, seul un ordre de grandeur financier est alors attendu (a minima). En effet, lorsque le seuil de traitement étudié n'est pas réaliste pour des raisons techniques ou financières (ex : volumes en jeu très élevés), il n'est pas utile d'étudier en détail le scénario correspondant. Il est plutôt attendu de montrer quel serait l'ordre de grandeur maximal des coûts de dépollution associés à ce seuil de traitement.

Pour établir cette estimation, des hypothèses simplificatrices pourront être prises (chiffrage en première approche, maximaliste, et pour lequel il n'est pas attendu le même degré de précision que pour l'estimation financière des scénarios viables).

16 COMPARAISON DES DIFFERENTS SCENARIOS DE GESTION ET ETABLISSEMENT D'UN TABLEAU DE SYNTHESE

Lors de cette étape, les scénarios de gestion envisagés doivent être comparés sur la base des mêmes critères. Ces critères correspondent à ceux retenus lors de l'étape décrite au chapitre 10.

Les techniques de dépollution ou de confinement, le cas échéant, ont déjà été évaluées sommairement vis-à-vis des critères d'étude les plus importants lors des étapes de présélection. Aussi, une partie du travail d'évaluation est déjà ébauchée. Il convient néanmoins de le compléter, en l'adaptant à l'échelle du scénario de gestion entier (et non des simples mesures de gestion unitaires), ainsi qu'en complétant l'analyse par le biais des critères non encore étudiés.

Exemple fictif :

Le rédacteur pourra présenter l'évaluation de façon synthétique dans un unique tableau, selon le format suivant (basé sur l'exemple fictif du chapitre 8, mais présenté sous la forme d'une analyse qualitative afin de montrer une des alternatives possibles à l'analyse multicritères) :

Pour rappel, des fourchettes d'estimations financières devront apparaître dans ce tableau de synthèse (bien qu'elles ne soient pas présentées dans cet exemple fictif et partiel).

Tableau 4 : Exemple fictif de tableau de synthèse du BCA

Famille de critères	**Critères**	**Scénario A :** excavation et envoi en biocentre hors site		**Scénario B :** excavation et traitement thermique sur site en tertres	
		Evaluation	Justification	Evaluation	Justification
Critères techniques et organisationnels	Caractéristiques des polluants et adéquation de la technique	☺	Pour les contaminants identifiés (majoritairement des hydrocarbures fractions C_{10}-C_{40}), un traitement biologique est tout à fait approprié.	☺	Pour les contaminants identifiés (majoritairement des hydrocarbures fractions C_{10}-C_{40}), un traitement thermique est tout à fait approprié.
	Accessibilité du site	☹	Site fortement isolé et mal desservi, ce qui est pénalisant pour le chantier d'excavation/remblaiement, mais surtout pour le transport des terres hors site.	😐	Site fortement isolé et mal desservi, ce qui est pénalisant pour le chantier d'excavation et pour la mise en place et le suivi du traitement sur site, mais moins pénalisant qu'en cas de transport des terres hors site.
	Absence d'accès à l'eau et à l'électricité sur site	😐	Cette absence d'utilités est pénalisante pour le chantier (base vie, problématiques d'H&S…), mais ne pose pas de problème particulier pour le traitement à proprement parler.	☹	Cette absence d'utilités est pénalisante pour le chantier (base vie, problématiques d'H&S…), ainsi que pour la réalisation du traitement sur site.
Critères environnementaux	Augmentation du trafic	☹	Le scénario engendre une augmentation du trafic lors du chantier d'excavation/remblaiement, mais surtout lors du transport des terres hors site.	😐	Le scénario engendre du trafic lors du chantier d'excavation/remblaiement.
(…) etc. (exemple partiel à visée illustrative)					

Cette typologie de tableau permettra au lecteur du BCA de disposer de l'ensemble des informations en lien avec les coûts, les avantages et les inconvénients des scénarios de gestion dans un tableau synthétique. Le lecteur pourra s'y référer lors de la lecture de l'analyse comparative entre les scénarios de gestion, effectuée à l'étape suivante.

A noter qu'un exemple de tableau de synthèse dans le cadre d'une analyse multicritères est présenté au chapitre 18.2.2.

17 DISCUSSION COMPARATIVE SUR LES SCENARIOS DE GESTION ET RECOMMANDATIONS EVENTUELLES

Sur la base du tableau de synthèse précédent, une discussion argumentée permettra ensuite de formaliser l'analyse comparative des scénarios de gestion. Le contenu de cette discussion doit être accessible aux interlocuteurs non experts en SSP et leur permettre d'appréhender si un ou plusieurs des scénarios sont particulièrement favorables / défavorables (avantages particulièrement valorisables ? Ou au contraire inconvénients particulièrement pénalisants ?).

A noter que le BCA ne devrait pas être un document conclusif, sauf si le scénario de gestion est évident.

Le BCA doit veiller à **recommander** (si pertinent) les **études complémentaires** (par exemple essais de faisabilité et de traitabilité en laboratoire, voire essais pilotes sur site) nécessaires pour permettre de vérifier l'efficacité des mesures de gestion pressenties et proposées, et choisir ainsi le meilleur scénario de gestion. Ces études complémentaires permettront d'établir le plan de conception des travaux du site.

De plus, il est rappelé que le PG devra mentionner toute suspicion de problématique en lien avec l'amiante, les pollutions microbiologiques, les pollutions radiologiques, et la possible présence d'objets pyrotechniques. Compte-tenu de l'influence de ces problématiques sur le déroulement d'éventuels travaux de dépollution, des études complémentaires (si nécessaires) pourront être recommandées au stade du PG.

18 CHOIX D'UNE METHODOLOGIE DE BCA

18.1 Un grand nombre de méthodes disponibles

L'exercice du BCA repose sur la comparaison de plusieurs possibilités sur la base de critères définis. Il existe de nombreuses méthodes valables permettant de réaliser cette comparaison :

- **Des méthodes qualitatives** : textes présentant des arguments, système de ☺ 😐 ☹, etc… ;
- **Des méthodes semi-quantitatives** : systèmes de + et de -, ou encore représentations graphiques (ex : représentation des scénarios de gestion sous la forme d'étoile), etc… ;
- **Des méthodes quantitatives** : méthode d'analyse multicritères (présentée et préconisée dans le présent guide).

Toutes ces méthodologies sont valides pour réaliser un BCA, dès lors qu'un niveau suffisant d'argumentation et de transparence est apporté à chaque étape et que le résultat aboutit à un éclairage du maître d'ouvrage quant à la pertinence des choix possibles.

18.2 Une méthode quantitative : l'analyse multicritères (AMC)

L'analyse multicritères (AMC) permet de comparer plusieurs scénarios de gestion de façon quantitative, par le biais de critères pondérés et de notations des scénarios.

L'analyse multicritères doit obligatoirement être argumentée (les notes et la pondération se doivent d'être justifiées, afin de pouvoir être discutées entre les différentes parties le cas échéant).

Cette méthodologie peut être complexe à mettre en œuvre, mais présente l'avantage de rationaliser la démarche, d'être transparente (notes et pondérations sont affichées et peuvent donc facilement être discutées si besoin) et de favoriser les échanges entre les parties.

18.2.1 Sélection d'une grille de pondération des critères

Les modalités de sélection de critères de comparaison des techniques puis des scénarios de gestion sont présentées au paragraphe 10.1. Dans le cadre de l'application d'une méthodologie d'analyse multicritères, il convient ensuite d'attribuer pour chaque critère retenu une pondération.

Les pondérations pourront être attribuées sous la forme d'indices compris entre 0 et 1. Les valeurs proches de zéro correspondent alors aux critères jugés les moins importants dans le contexte de gestion, tandis que les valeurs proches ou égales à 1 correspondent aux critères jugés primordiaux.

Les pondérations peuvent prendre la valeur de 1 (critère crucial pour le site), mais ne peuvent pas prendre la valeur de 0, car dans un tel cas de figure, il n'est a priori pas utile de retenir le critère, de trop faible importance.

Le système de pondération peut être adapté selon la volonté du prestataire et du MO (barème de 1 à 5, ou encore de 0 à 100% par exemple).

La grille de pondération sera établie de façon objective et présentée de façon claire et transparente, préférentiellement sous la forme d'un tableau. Une application simplifiée sur la base de l'exemple fictif présenté au paragraphe 8 est proposée ci-après :

Exemple fictif :

Tableau 5 : Exemple fictif de grille de pondération

Famille de critères	Critère[12]	Pondération retenue (0<x≤1)	Justification de la pondération
Critères techniques et normatifs	Caractéristiques des polluants et adéquation de la technique	1	L'adéquation de la technique est primordiale afin de garantir l'efficacité du traitement.
	Accessibilité du site	0,9	Le site est particulièrement isolé, et desservi uniquement par une route départementale à 2 voies. Des difficultés sont à anticiper en phase chantier.
	Absence d'accès à l'eau et à l'électricité sur site	0,9	En l'absence d'énergie et d'eau sur site, les scénarios doivent tenir compte de contraintes supplémentaires.
	Temps disponible	0,1	Le site est en friche, et le projet de centrale photovoltaïque est seulement à l'étude à ce stade (sans contrainte notable de planning).
Critères économiques	Coût de la mise en œuvre de la technique	0,8	Les coûts de mise en œuvre de la technique seront particulièrement dimensionnants. D'autre part, le site est isolé, et présente un très faible potentiel de développement. Du fait de sa faible attractivité, une solution économique est recherchée pour la réhabilitation du site.
	Coût des suivis ultérieurs	0,2	Les suivis ultérieurs devraient représenter un coût secondaire. D'autre part, il n'est pas mis en évidence d'impact sur les eaux souterraines et aucune cible n'a été identifiée (anticipation d'un suivi limité dans le temps).
Critères environnementaux	Augmentation du trafic	0,5	Afin de limiter l'impact environnemental global, il est souhaitable de limiter le trafic et les déchets générés par le chantier. Les critères environnementaux sont pris en considération, mais ne sont néanmoins pas jugés prioritaires.
	Déchets générés	0,5	
Critères socio-politiques	Nuisance au voisinage (bruit, poussières, odeurs)	0,1	Il convient de limiter les nuisances pour les animaux de la pâture voisine, mais l'isolement du site permet de limiter fortement la problématique des nuisances aux riverains.
Critères juridiques et règlementaires	Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillances ultérieures…)	0,2	Il n'est pas prévu à ce stade de revendre le site. Le projet de centrale photovoltaïque à l'étude est peu contraignant vis-à-vis des restrictions d'usage et des surveillances ultérieures.
Nombre total de critères unitaires étudiés	**10**	**Total des indices de pondération**	**5,2**

[12] Des sous-critères pourront également être explicités au besoin.

A l'issue de cette étape, une phrase pourra définir la plage des scores totaux possibles. Dans le cas précédent, cette plage serait comprise entre 0 et 52, puisqu'une plage de notation entre 0 et 10 a été retenue dans ce cas fictif, le score maximal correspondant à la multiplication :

- de la somme des pondérations associées (5,2) ;
- avec le score maximal attribuable pour chaque critère (10).

Dans l'exemple fictif précédent, il pourrait ainsi être écrit : « compte-tenu de la grille de pondération définie et compte-tenu des scores attribuables par critère et par scénario de gestion (entre 0 et 10), les scores totaux de chaque scénario seront compris entre 0 et 52 ».

Ce tableau pourrait être établi avec le MO, puis transmis à d'autres interlocuteurs (administration ou autres parties impliquées) en amont de la remise du BCA. De cette façon, les éventuelles discussions sur la pondération pourront avoir lieu avant que la suite de l'exercice ne soit réalisée. Il est par ailleurs possible, avant (voire après) consultation des différentes parties prenantes, de tester la sensibilité de la pondération en prenant en considération le point de vue d'autres acteurs impliqués, afin de voir si l'issue de l'exercice varie en se plaçant de leur point de vue.

Le BCA bénéficiera alors d'une meilleure acceptabilité auprès des différents interlocuteurs.

18.2.2 Attribution de scores pour chaque scénario de gestion et chaque critère

L'attribution des notes par le prestataire pourra être réalisée selon l'échelle souhaitée, établie au besoin en concertation avec le maître d'ouvrage (ex : de 0 à 3, ou encore de 1 à 10, etc.).

Il convient en tout état de cause d'expliciter l'échelle retenue (exemple pour le cas fictif ci-dessous : une échelle de 0 à 10 est retenue, la note de 0 étant attribué lorsque le scénario étudié est fortement défavorable pour le critère considéré, et la note de 10 étant attribuée lorsque le scénario est au contraire particulièrement favorable pour le critère étudié).

A noter qu'une notation ne présentant pas de note médiane (exemple : de 1 à 4) a pour avantage de pousser le rédacteur à se positionner pour chaque critère étudié.

L'attribution des scores et sa justification pourront être présentées de façon synthétique et simple, sous la forme d'un tableau. **Chaque note attribuée doit être associée à une justification**.

Exemple fictif :

Un tableau basé sur l'exemple fictif présenté au paragraphe 8 est exposé ci-après. Il présente, pour une partie des critères étudiés, la façon dont peuvent être attribuées et justifiées les notes. Pour rappel, deux techniques de réhabilitation sont considérées dans cet exemple théorique :

- **Scénario A** : excavation et envoi hors site des 3 000 m^3 de terres en biocentre ;
- **Scénario B** : excavation et traitement thermique des 3 000 m^3 de terres sur site (en tertres).

Tableau 6 : Exemple fictif d'attribution de notes et de calcul de scores dans le cadre d'une analyse multicritères

Critères	**Scénario A :** excavation et envoi en Biocentre		**Scénario B :** excavation et traitement thermique sur site en tertres		Rappel de la pondération (0<x≤1)	Score unitaire Scénario A	Score unitaire Scénario B
	Note attribuée	Justification	Note attribuée	Justification			
Caractéristiques des polluants et adéquation de la technique	10/10	Pour les contaminants identifiés (majoritairement des hydrocarbures fractions C_{10}-C_{40}), un traitement en biocentre est tout à fait approprié.	10/10	Pour les contaminants identifiés (majoritairement des hydrocarbures fractions C_{10}-C_{40}), un traitement thermique est tout à fait approprié.	1	10	10
Accessibilité du site	2/10	Site fortement isolé et mal desservi, ce qui est pénalisant pour le chantier d'excavation/remblaiement, mais surtout pour le transport des terres hors site.	4/10	Site fortement isolé et mal desservi, ce qui est pénalisant pour le chantier d'excavation et pour la mise en place et le suivi du traitement sur site, mais moins pénalisant qu'en cas de transport des terres hors site.	0,9	1,8	3,6
Absence d'accès à l'eau et à l'électricité sur site	5/10	Cette absence d'utilités est pénalisante pour le chantier (base vie, problématiques d'H&S…), mais ne pose pas de problème particulier pour le traitement à proprement parler.	1/10	Cette absence d'utilités est pénalisante pour le chantier (base vie, problématiques d'H&S…), ainsi que pour la réalisation du traitement sur site.	0,9	4,5	0,9
Augmentation du trafic	2/10	Le scénario engendre une augmentation du trafic lors du chantier d'excavation/remblaiement, mais surtout lors du transport des terres hors site.	7/10	Le scénario engendre du trafic uniquement lors du chantier d'excavation/remblaiement.	0,5	1	3,5
(…) – seule une partie des critères est présentée, cet exemple ayant une portée uniquement illustrative							
TOTAUX	-					**Score global A : 45/52**	**Score global B : 49/52**

Dans l'exemple fictif précédent, le scénario B présente un score global légèrement plus élevé que celui du scénario A. A noter que ce tableau d'exemple étant à visée uniquement illustrative, tous les critères n'y sont pas développés. Des scores totaux ont donc été attribués de façon arbitraire.

18.2.3 Discussion et hiérarchisation éventuelle des scénarios

A l'issue de l'étape précédente, il a été déterminé pour chaque couple critère/ scénario de gestion un **score unitaire**, issue de la multiplication suivante :

$$SU_{c/s} = N_{c/s} \times P_c$$

Avec :

$SU_{c/s}$: score unitaire obtenu par un scénario pour un critère donné.

$N_{c/s}$: note obtenue par un scénario pour un critère donné.

P_c : pondération du critère considéré.

Dès lors, le **score global** du scénario de gestion peut être établi, en additionnant l'ensemble de ses scores unitaires, comme suit :

$$SG_s = \sum SU_{c/s}$$

avec :

SG_s : score global pour un scénario donné.

$SU_{c/s}$: score unitaire obtenu par un scénario pour un critère donné.

Les scores les plus élevés correspondent aux scénarios qui présentent a priori le bilan le plus favorable.

Il est nécessaire de conserver un regard critique sur l'issue de cet exercice. Les scénarios qui sont associés aux scores les plus élevés sont-ils équilibrés ? Ou présentent-ils des avantages sur quelques critères à forte pondération, mais de nombreux inconvénients sur des critères moins pondérés ?

Le score global obtenu par chacun des scénarios fournit une indication sur leur niveau d'adéquation avec le contexte de gestion. Néanmoins, le plan de conception des travaux du site qui sera établi par la suite ne retiendra pas nécessairement le scénario présentant le score le plus élevé.

A ce stade, les tests de sensibilité peuvent apporter un regard critique sur l'issue de l'analyse multicritères, en déterminant de quelles valeurs dépend principalement le classement final. La réalisation de ces tests est abordée au paragraphe suivant.

18.2.4 Tests de sensibilité

Toute démarche comparative peut présenter un caractère subjectif. Lorsque le BCA est réalisé par analyse multicritères, ce caractère subjectif s'exprime au travers de l'attribution des notes et des pondérations ; il peut être amplifié par les incertitudes associées aux critères considérés. L'un des intérêts majeurs de

l'approche multicritères est la possibilité de réaliser des tests de sensibilité qui permettent d'apprécier dans quelle mesure les éléments les plus incertains/discutés influent sur l'issue du BCA.

Les tests de sensibilité de l'AMC peuvent porter sur :

- Les **pondérations :** il est possible de tester la sensibilité de la pondération en prenant en considération le point de vue d'autres acteurs impliqués afin de voir si l'issue de l'exercice varie en se plaçant de leur point de vue ;
- Les **notes attribuées** : l'analyse sur les notes permet de tenir compte de l'incertitude qui pèse sur certaines évaluations ;
- Les **estimations de coûts**.

Test de sensibilité portant sur les pondérations attribuées :

Le test de sensibilité sur les pondérations attribuées peut être effectué en établissant une ou plusieurs grilles alternatives de pondération pour les scénarios étudiés, tout en se plaçant du point de vue d'autres parties impliquées. Le cas échéant, les acteurs concernés peuvent être consultés pour attribuer les poids des différents critères. Les scores globaux pour chaque scénario sont alors ré-estimés.

Test de sensibilité portant sur les notes attribuées :

Afin d'étudier la sensibilité de la notation, il convient d'identifier quelles notes sont sujettes à discussion (car elles sont basées sur des données présentant des incertitudes, ou encore car certains acteurs les contestent ou sont susceptibles de les contester).

Une grille de notation alternative pourra alors être établie, en étudiant l'échelle des possibles pour les critères discutés. Si nécessaire, cette notation alternative peut être établie en lien avec les autres groupes d'acteurs impliqués. Les scores globaux pour chaque scénario sont alors ré-estimés.

Test de sensibilité portant sur les estimations de coûts :

Il est recommandé d'effectuer les estimations financières sous la forme de fourchettes de coûts (voir le paragraphe 10.2.2). Aussi, en cas d'incertitude notable sur ce paramètre (fourchette de grande ampleur), le prestataire peut choisir une ou plusieurs stratégies d'étude de sensibilité :

- Etude des cas extrêmes (avec d'une part l'estimation la plus basse, d'autre part l'estimation la plus élevée) ;
- Et/ou étude de plusieurs cas intermédiaires argumentés (le prestataire se base sur plusieurs hypothèses raisonnables explicitées).

Les notes relatives au critère financier peuvent évoluer en fin de test, et les scores globaux pour chaque scénario sont alors ré-estimés si nécessaire.

Exploitation des tests de sensibilité :

Selon le contexte, le rédacteur du BCA pourra choisir quel(s) test(s) réaliser parmi les possibilités présentées ci-avant. Il est recommandé de formaliser les objectifs et la méthodologie retenue pour les tests de sensibilité avant de présenter les évaluations alternatives.

Le test de sensibilité consiste alors à observer et commenter l'évolution des scores globaux pour les différents scénarios. Le scénario présentant le score le plus élevé est-il différent selon la grille adoptée ? L'écart est-il important ?

Dans le cas où les tests de sensibilité montrent une évolution du classement des scénarios, l'analyse basée sur les grilles de pondération / notation / coûts qui sera jugée la plus réaliste pourra être mise en avant.

Si aucune grille ne semble plus réaliste qu'une autre, les scénarios pourraient éventuellement être classifiés par scores moyens.

Exemple fictif :

Dans le contexte de l'exemple fictif présenté dans ce guide, il sera supposé que l'exploitant agricole possédant une pâture limitrophe avec le site d'étude a pris connaissance de l'état de pollution du site et est préoccupé par la santé de son cheptel. Il s'est donc mis en lien avec l'administration afin de connaître les mesures prises, et les implications pour son activité. Il souhaite notamment savoir si sa parcelle de pâture reste utilisable pour les mois à venir.

Dans un tel contexte, le BCA pourrait comporter une **analyse de sensibilité portant sur la pondération**, afin de tenir compte du point de vue de cet acteur. Le BCA pourrait formaliser cette analyse comme suit :

« Afin de tenir compte du point de vue de l'exploitant agricole voisin du site, il est proposé de calculer les scores totaux pour chaque scénario en prenant en considération une grille alternative de pondération.

Dans cette grille alternative, le poids de trois critères est renforcé comme suit :

- Temps nécessaire pour la réhabilitation : pondération de 0,5 au lieu de 0,1 ;
- Augmentation du trafic : pondération de 0,8 au lieu de 0,5 ;
- Nuisance au voisinage (bruit, poussières, odeurs) : pondération de 0,8 au lieu de 0,1.

Les autres pondérations restent inchangées.

Sur cette base, les nouveaux scores totaux pour chacun des scénarios sont les suivants :

- Scénario A (excavation et envoi en biocentre hors site) : nouveau score de 40/66 ;
- Scénario B (excavation et traitement thermique sur site en tertres) : nouveau score de 45/66.

Le test de sensibilité sur la pondération ne montre pas de changement dans la hiérarchisation des scénarios.

19 LIVRABLE DU BCA : UN DOCUMENT PERMETTANT DE FACILITER LA COMMUNICATION ENTRE LES DIFFERENTS ACTEURS

Les paragraphes suivants présentent les recommandations permettant d'aboutir à un rendu de BCA efficace pour asseoir la discussion entre les différentes parties impliquées.

19.1 Format de rendu du BCA

Le format de rendu d'un BCA doit rester flexible et adaptable au site et aux enjeux. Néanmoins, voici en résumé les points minimaux qui doivent y figurer :

- Le rappel du contexte et des données d'entrée qui conditionneront le BCA (accessibilité du site, caractéristiques des pollutions, seuils / objectifs de dépollution, etc.) ;
- L'identification des critères retenus pour l'étude et de leur pondération éventuelle ;
- La formalisation des étapes de tri permettant d'aboutir à une sélection de techniques de dépollution et/ou de confinement pertinentes, et l'argumentation associée ;
- Les éléments ayant permis l'estimation financière (et notamment l'identification des méthodes employées : abaques, étude de coûts adaptée au site, échanges avec des sociétés de travaux, retour d'expérience argumenté, etc…) ;
- La formalisation des étapes de sélection d'éventuelles dispositions constructives, et/ou d'identification des restrictions d'usages ;
- Le tableau de synthèse présentant l'évaluation des différents scénarios pour chacun des critères étudiés ;
- La discussion comparative sur la base des scénarios de gestion confrontés et, le cas échéant, les recommandations (tests et études complémentaires à envisager).

19.2 Implication des parties prenantes

Afin de faciliter le dialogue entre les différentes parties prenantes, le BCA doit être bien argumenté, mais aussi être mis à la portée des non-experts. C'est notamment l'objectif du résumé non technique à fournir dans le PG.

Par ailleurs, lors de sa démarche d'établissement du BCA, le prestataire pourra se tourner vers certains interlocuteurs :

- **Le MO :** le prestataire devra assurer des échanges réguliers avec le MO, en vue d'identifier ses contraintes et problématiques, de bénéficier le cas échéant de son retour d'expérience sur ses sites, mais aussi en vue de jouer son rôle de conseil auprès de lui et de lui présenter des scénarios de gestion qui s'inscrivent dans la méthodologie nationale ;
- **L'administration (cadre des sites ICPE)** : si le donneur d'ordre y est favorable, une communication anticipée et transparente avec l'administration permettra d'aboutir plus rapidement à un BCA jugé recevable par l'ensemble des parties ;
- Les **sociétés de travaux** : afin de bénéficier de leur expertise relative aux travaux de dépollution ;
- **Le propriétaire du site (s'il diffère du MO)** : il est de fait concerné par les travaux de réhabilitation qui pourraient être entrepris sur son site, mais doit également être impliqué dans les discussions sur les éventuelles restrictions d'usage ;

- **Les sociétés spécialisées** pouvant apporter une expertise sur des **thématiques ne relevant pas des SSP au sens strict** : ces interlocuteurs peuvent être par exemple des paysagistes, urbanistes, diagnostiqueurs amiante, juristes, entreprises de génie civil etc. ;
- Le cas échéant, les **ONG** (Organisations Non Gouvernementales), les **collectivités**, ou encore les **riverains** (possiblement regroupés au sein d'une association), etc. : si le donneur d'ordre y est favorable, la prise en compte anticipée des points de vue de ces différents acteurs permettra de limiter les points de désaccord ultérieurs.

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 PHASE 1 DU PROJET : ETABLISSEMENT D'UN ETAT DE L'ART ET SYNTHESE DE LA PHASE D'ENQUETE

ANNEXE 2 SYNTHESES DES 31 ENQUETES REALISEES

ANNEXE 3 LISTE DES CRITERES D'ETUDE (BIBLIOGRAPHIE)

ANNEXE 4 EXEMPLE D'APPLICATION N°1

ANNEXE 5 EXEMPLE D'APPLICATION N°2

ANNEXE 6 BIBLIOGRAPHIE

Annexe 1 Phase 1 du projet : établissement d'un état de l'art et synthèse de la phase d'enquête

Annexe 1 : Etablissement d'un état de l'art actuel en matière de bilans coûts-avantages (Phase 1 du projet)

TABLE DES MATIERES

1 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : LES OUTILS THEORIQUES, NORMES ET REGLEMENTS EXISTANTS EN FRANCE 4

1.1 Le BCA dans le contexte réglementaire et normatif actuel 4

1.2 Principaux outils méthodologiques déjà rendus publics 5

1.2.1 Outils méthodologiques relatifs à la définition de l'objet du BCA 5

1.2.2 Outils méthodologiques en lien avec la méthodologie générale d'élaboration d'un BCA 6

1.2.3 Outils méthodologiques en lien avec les critères d'étude 7

1.2.4 Outils méthodologiques en lien avec l'identification de techniques de dépollution 9

1.2.5 Les dispositions constructives : des mesures de gestion 10

1.2.6 Les restrictions d'usage : des mesures de gestion 10

2 ENQUETES DE RETOURS D'EXPERIENCE EN FRANCE 12

2.1 Méthodologie d'enquête et panel interviewé 12

2.1.1 Panel interviewé 12

2.1.2 Méthodologie d'enquête et de dépouillement 13

2.2 Références bibliographiques utilisées par les BE 14

2.3 Cheminement intellectuel des BE interviewés pour l'établissement des BCA 15

2.4 Difficultés rencontrées par les différents acteurs 15

2.4.1 Difficultés identifiées auprès de chaque groupe d'acteurs 16

2.4.2 Difficultés en lien avec les MO 16

2.4.3 Difficultés en lien avec les BE 16

2.4.4 Difficultés en lien avec l'administration 17

2.5 Attentes quant aux BCA 17

2.6 Utilisation du BCA en tant qu'outil de communication 18

2.7 Utilisation du BCA en tant qu'outil d'aide à la décision 18

2.8 Critères de comparaison 19

2.8.1 Etat des lieux des critères étudiés 19

2.8.2 Etude des critères environnementaux et sociétaux 21

2.8.3 Attentes des interlocuteurs concernant les critères d'étude 22

2.9 Mesures de gestion et scénarios de gestion 23

2.9.1 Etat des lieux des mesures de gestion étudiées 23

2.9.2 Attentes des interlocuteurs concernant les mesures de gestion 25

2.10 Place des servitudes / restrictions d'usage, des dispositions constructives, et des suivis ultérieurs 25

2.10.1 Etat des lieux 25

2.10.2 Attentes des interlocuteurs concernant les restrictions d'usage, dispositions constructives et suivis ultérieurs 26

2.11 Aspects techniques non environnementaux 26

2.12 Implication du maître d'ouvrage 26

2.13 Opinion sur la réalisation systématique d'essais de faisabilité / traitabilité, ou encore d'essais pilotes 27

2.14 Opinion sur l'étude systématique d'un enlèvement complet des sources 27

2.15 Mise en place d'une méthodologie « standard » de BCA, et d'une méthodologie « détaillée » 29

2.16 Opinion sur l'applicabilité de l'analyse multicritères au BCA 32

2.17 Retour d'expérience sur les réhabilitations, et niveau d'information des BE 34

3 RETOURS D'EXPERIENCE A L'ETRANGER 36

3.1 Méthodologies appliquées dans les autres pays 36

3.1.1 SURF-UK 36

3.1.2 BATNEEC 36

3.2 Principales différences d'approches mises en évidence 37

3.3 Résultats obtenus et analyse critique 38

GLOSSAIRE / LISTE DES ABREVIATIONS

Admin :	Administration / contact de l'administration
Asso :	Association
BCA :	Bilan Coûts-Avantages
BE :	Bureau d'études
BTEXN :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes, Naphtalène
COHV :	Composés Organo-Halogénés Volatils (solvants chlorés)
EQRS :	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
HAP :	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HC :	Composés constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène uniquement. Ce terme est donc utilisé pour désigner les hydrocarbures dits « pétroliers », autrement dit les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques.
HS :	Hors Site
IS :	In Situ
ISD :	Installation de Stockage des Déchets (I : Inertes, ND : Non dangereux, D : Dangereux)
Jur :	Juriste
MO :	Maître d'Ouvrage
PCB :	PolyChloroBiphényles
PG:	Plan de Gestion
REX :	Retour d'expérience
ST :	Société de travaux
SS:	Sur Site
SSP :	Sites et Sols Pollués
UPDS :	Union des Professionnels de la Dépollution des Sites

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2 : Eléments définissant un contexte simple/ standard 30

Tableau 3 : Eléments définissant un contexte complexe 30

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition des opinions par typologie d'acteurs sur la question de « systématiser l'étude d'un enlèvement complet des sources ». 28

Figure 2 : Répartition des opinions par typologie d'acteurs sur la proposition d'introduire une méthodologie « simple/standard » de BCA, et une méthodologie « complexe/développée » 29

Figure 3 : Répartition des opinions concernant l'outil « analyse multicritères » 32

Figure 4 : Répartition des opinions concernant l'outil « analyse multicritères » pour les BE/ MO/ Admin 33

1 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE : LES OUTILS THEORIQUES, NORMES ET REGLEMENTS EXISTANTS EN FRANCE

1.1 Le BCA dans le contexte réglementaire et normatif actuel

Le bilan coûts-avantages (BCA) constitue une partie du plan de gestion (PG). **La première définition du** BCA dans le contexte des SSP est apparue dans les textes de la méthodologie nationale en 2007[1] (paragraphe 3.2.3.1).

Tel que défini, il fournit « *un cadre à l'exploitant*[2] *pour lui permettre de justifier les modalités de gestion proposées dans son plan de gestion. Les solutions finalement retenues parmi les choix possibles devront offrir le meilleur compromis sur la base de considérations environnementales, sanitaires, techniques et économiques* ».

La circulaire apporte des précisions quant au cadre de cet exercice :

- Le BCA ne *« consiste pas à produire une étude détaillée, il présente des éléments factuels de comparaison de chacune des solutions pertinentes »* ;
- Il doit par ailleurs permettre « *d'instruire et d'asseoir les échanges entre les exploitants et l'administration sur les solutions proposées* ».

Rappelons que le BCA est inclus dans le plan de gestion dont l'objectif est de « *rendre compatible le niveau de dépollution avec l'usage futur ou avec les usages actuels en cas d'incompatibilité constatée au terme d'une Interprétation de l'Etat des Milieux* ».

Le BCA doit être rédigé en conservant à l'esprit que le plan de gestion doit retenir en priorité :

- *« Les mesures qui permettent l'élimination des pollutions compte tenu des techniques disponibles et de leurs coûts »* ;
- *« puis, si les mesures précédentes sont impossibles ou insuffisantes, celles qui conduisent à supprimer de façon pérenne les possibilités de contact entre les pollutions (terres, vapeurs …) et les personnes ».*

Des précisions ont été apportées sur la définition et la portée du BCA dans la norme AFNOR NF-X31-620-2 de juin 2011, ainsi que dans le « Guide de l'auditeur pour la certification des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués » (V4 d'Avril 2014).

Tel que défini par la norme NF X31-620, le BCA (prestation codifiée A330 : Identification des options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages) consiste :

- *«à l'identification des différentes options de gestion possibles, toutes adaptées au plan technique et validées au plan sanitaire par une analyse des risques résiduels définis selon les performances attendues et les mesures proposées (prestation A320*[3]*) » ;*
- *«à l'élaboration du bilan coûts/avantages de ces options de gestion » ;*
- *« à la proposition de l'option ou des options de gestion présentant le bilan coûts/avantages le plus adapté ».*

[1] [1] Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués

[2] Afin de compléter cette définition, il est précisé que le PG peut également être réalisé par des gestionnaires, des donneurs d'ordre, etc. Les exploitants ne sont donc pas la seule catégorie concernée.

[3] Prestation A320 : Analyse des enjeux sanitaires (démarche d'évaluation des risques sanitaires)

La norme NF X31-620 indique également que le BCA doit préciser la nature des éventuels paramètres complémentaires dont l'acquisition est nécessaire pour s'assurer de la faisabilité technique des options de gestion.

La **norme NF X31-620** précise ce que doit comprendre le contenu minimal attendu du rapport présentant le BCA (correspondant au PG) :

- La synthèse des données antérieures ;
- Le détail des calculs permettant de déterminer les concentrations résiduelles attendues (sur la base de l'efficacité attendue de la mesure de gestion considérée) ;
- L'identification des différentes mesures de gestion considérées dans le BCA ;
- Les ARR (Analyses des Risques Résiduels) définies sur la base des performances attendues des mesures de gestions étudiées ;
- La proposition de l'option ou des options de gestion présentant le bilan coûts-avantages le plus adapté ;
- Une synthèse technique à destination de l'organisation chargée d'assurer le contrôle des mesures de gestion ;
- L'identification des suivis environnementaux et/ou des restrictions d'usage qui seront nécessaires.

Le **guide de l'auditeur** [10] précise par ailleurs que sont attendus :

- **A minima deux options de gestion différentes**, clairement identifiées, excepté dans le cas d'une pollution concentrée circonscrite à un volume limité (pas de réalisation d'un BCA, et retrait obligatoire de cette source de pollution) ;
- Des options de gestion **toutes valides sur le plan sanitaire**. Si l'une d'elles conduit à laisser un résiduel de pollution en place (avec lequel les cibles pourraient rentrer en contact), la validité sanitaire de l'option devra être évaluée par le biais d'une ARR réalisée en cohérence avec les concentrations résiduelles estimées ;
- Une définition **d'a minima 3 critères de comparaison**, choisis parmi les suivants : économique, technique, juridique, et environnemental. Ces critères peuvent être plus ou moins détaillés, selon le contexte de gestion et les enjeux identifiés.

1.2 Principaux outils méthodologiques déjà rendus publics

A ce jour, il n'existe pas de document méthodologique sur l'exercice du bilan coûts-avantages, ce qui motive la rédaction du présent guide.

Les rédacteurs de BCA peuvent néanmoins s'appuyer sur plusieurs outils méthodologiques disponibles dans la bibliographie, et traitants d'aspects particuliers (exemple : les techniques de dépollution). Les paragraphes suivants présentent une synthèse des méthodologies disponibles, et renvoient le lecteur vers les références utiles.

1.2.1 Outils méthodologiques relatifs à la définition de l'objet du BCA

La définition des pollutions concentrées et la hiérarchisation des sources permettent de **définir l'objet même du BCA**.

Constatant qu'un manque de définition de cette notion menait à des discussions entre les parties impliquées, plusieurs outils méthodologiques ont été mis à disposition par le « groupe de travail Pollution concentrée » de l'UPDS (Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués – version mise à jour d'avril 2016) afin d'homogénéiser les pratiques :

- Interprétation des constats de terrain ;

- Analyse statistique ;
- Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols ;
- Cartographie fondée sur des méthodes déterministes ;
- Bilan massique fondé sur des méthodes déterministes ;
- Approche intégrée géostatistique.

La définition des pollutions concentrées peut être complétée par l'approche du **bilan massique et de la loi de Pareto,** telle que proposée dans le guide du BRGM intitulé « Définir une stratégie de dépollution ». Cette approche est basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » (février 2016)[4]. Elle vise à argumenter le **choix d'une technique de dépollution** dans le cadre du BCA, ainsi que le **choix d'un seuil de coupure théorique**.

1.2.2 Outils méthodologiques en lien avec la méthodologie générale d'élaboration d'un BCA

Le guide « Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » de l'ADEME (2009) recense les **données d'entrée** permettant d'établir une présélection de techniques de dépollution applicables au site (voir ci-après). Ces données sont à acquérir au stade du diagnostic, et sont relatives notamment :

Aux contraintes du site :

- **nature des polluants à traiter** : nature organique/minérale, caractéristiques physico-chimiques ; mélanges… ;
- **zone de sols à traiter** : délimitation en surface et en profondeur, en fonction des niveaux de concentrations en présence, de l'état de saturation et de la densité à l'eau ;
- **conditions d'accès** : obstacles à l'accès, présence ou non d'activité sur site, contexte urbain (espace disponible ? Contraintes de la proximité aux lieux publics ?), disponibilité en eau et électricité ;
- **nature des objectifs de traitement** : portent-ils plutôt sur l'atteinte d'une teneur résiduelle, durée de traitement, les coûts, l'aptitude à la végétalisation, l'aptitude à la réutilisation hors site, ou encore l'admissibilité en installations de stockage ?

Aux caractéristiques des sols permettant d'exclure certaines techniques :

- caractérisation de la nature des polluants en présence et de leur concentration ;
- distribution granulométrique du sol ;
- teneur en matière organique totale ;

Aux caractéristiques des sols qu'il faut déterminer pour mettre en œuvre un traitement par injection de réactifs in situ :

- homogénéité et isotropie des sols ;
- perméabilité et capacité d'infiltration des sols ;
- en cas de traitement de la zone saturée : propriétés géologiques et hydrogéologiques de l'aquifère, et qualité physico-chimique des masses d'eau.

[4] [15]

Le guide « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » du BRGM (2010) propose une stratégie de **pré-sélection de techniques de dépollution** qui permet d'isoler les techniques potentiellement applicables sur site, afin de les comparer. Les paramètres permettant de sélectionner ces techniques reposent sur **l'adéquation de ces dernières avec le ou les milieux à traiter**, ainsi que les **polluants en présence.**

Le guide de l'ADEME « Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » (2009) propose quant à lui plusieurs approches de présélection de techniques :

- sur la base de leur mise en œuvre (in situ, sur site, hors site, et limites de mise en œuvre) ;
- sur la base de la nature de la pollution ;
- sur la base de paramètres d'exclusion de certaines techniques (situation et état physique de la pollution, température d'ébullition des polluants) ;
- sur la base de paramètres limitants complémentaires (liés aux caractéristiques de la pollution, du sol, des eaux souterraines, des concentrations en polluants…).

Enfin, pour les contextes les plus complexes, le guide intitulé « Outils d'aide à la décision dans le cadre de la gestion de sites et territoires complexes » du BRGM [3] apporte des éléments méthodologiques d'intérêt pour la **comparaison de scénarios de gestion**, dont certains pourraient être déclinés dans un BCA :

- utilisation de **l'outil AMC** (analyse multicritères) pour hiérarchiser des scénarios de gestion et sélectionner ceux qui présentent le meilleur bilan au regard d'un ensemble de critères sélectionnés par les acteurs impliqués ;
- utilisation de **l'outil ACB** (analyse coûts-bénéfices) qui permet d'évaluer plusieurs scénarios de gestion au travers du prisme de l'allocation de ressources financières. Cet outil est souvent combiné à l'AMC, mais le guide du BRGM le distingue dans le sens où l'ACB est ici utilisée pour effectuer une hiérarchisation temporelle des actions à mener dans chaque scénario, ce qui la rend complémentaire de l'AMC.

L'analyse multicritère est utilisée pour une hiérarchisation dans l'espace des scénarios de redéveloppement du territoire alors que l'analyse coût-bénéfice est utilisée pour une hiérarchisation temporelle des actions à mener dans chaque scénario. En ce sens, l'analyse coût-bénéfice peut être considérée comme complémentaire à l'analyse multicritère.

1.2.3 Outils méthodologiques en lien avec les critères d'étude

1.2.3.1 Identification des critères d'étude

La comparaison des scénarios de gestion repose sur un ensemble de critères, à sélectionner selon les problématiques du site étudié. Les 5 grandes familles de critères qui peuvent être identifiées sont les suivantes (illustrées par quelques exemples, de façon non exhaustive) :

- **Les critères techniques, normatifs, et organisationnels** : critères focalisés sur l'aspect « pratique » de la gestion du site, tenant compte par exemple de la typologie des polluants en présence, des milieux impactés, de la profondeur de la pollution, de l'accessibilité du site, des délais à respecter pour la réhabilitation… ;
- **Les critères économiques** : coûts des travaux de dépollution, des restrictions d'usage (servitudes) et des dispositions constructives nécessaires et de leur éventuelle maintenance (tenant compte de la valeur du terrain, et des aides éventuelles), ainsi que des surveillances ultérieures… ;
- **Les critères environnementaux et liés à l'Hygiène et la Sécurité :** bilan environnemental de la mesure de gestion : consommation énergétique, réduction de la masse de polluants, émissions de CO_2, utilisation de ressources naturelles, impact ou bénéfice sur la biodiversité, revalorisation des matériaux traités, impact de la pollution résiduelle sur l'environnement…. Ce critère étudie également les implications en termes d'hygiène et sécurité (H&S) sur site et hors site : transport de terres, envol de poussières, impact sur les eaux souterraines… ;

- **Les critères socio-politiques :** critères regroupant les nuisances du chantier (visuelles, sonores, olfactives…), l'augmentation du trafic (également en lien avec les critères environnementaux ci-avant), l'acceptabilité du projet d'aménagement envisagé (usage futur, servitudes éventuelles, objectifs de réhabilitation et teneurs résiduelles qui en découlent), mais aussi les bénéfices de ce chantier (création d'emplois, amélioration du cadre de vie, valorisation financière, image du site et du MO…)...;
- **Les critères juridiques et règlementaires :** critères permettant essentiellement d'identifier la responsabilité à court et long terme du maître d'ouvrage (contraintes résiduelles, surveillances obligatoires, responsabilité liée aux déchets générés par un éventuel chantier, etc.)...

Chacune de ces familles de critères couvre un grand nombre d'aspects, développés dans la liste de critères d'étude établie en Annexe 3. Cette liste a été établie sur la base :

- du guide du BRGM intitulé « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (Juin 2010) ;
- de l'annexe 2 de la circulaire du 08/02/2007 (p40-41) ;
- du guide de l'UPDS intitulé « Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » (Avril 2016) ;
- des retours d'expérience formulés par les différents interlocuteurs lors des enquêtes (voir le chapitre 2).

Les critères à étudier dans le cadre du BCA seront à sélectionner parmi les critères existants, dont la liste est fournie en Annexe 3, en tenant compte des problématiques du site, ainsi que de la complexité du contexte, afin de toujours rester proportionné aux enjeux. Un nombre plus important de critères pourra être développé pour l'étude d'un site complexe. D'autre part, les critères d'étude pourront être sélectionnés conjointement avec d'autres parties impliquées (en particulier le maître d'ouvrage (MO)).

1.2.3.2 Etudes existantes pour l'évaluation du critère environnemental

Le programme SOLENV[5] (Evaluation environnementale des technologies de traitement de sols et des eaux souterraines pollués) a été établi par le BRGM dans le but de fournir une méthode de sélection des techniques de traitement sur la base des impacts environnementaux qu'elles engendrent sur une échelle géographique et temporelle globale (c'est-à-dire en ne se focalisant pas sur le site d'étude).

L'évaluation environnementale de ces impacts dits « secondaires » telle que définie par le programme SOLENV se base sur la définition de « pressions », qui correspondent :

- aux émissions ;
- à la consommation en ressources primaires ;
- à la consommation en ressources non-renouvelables ;
- à la consommation en énergie.

Les impacts secondaires liés à la mise en application d'un traitement ont été évalués par ACV (Analyse du Cycle de Vie). Les analyses ont permis d'identifier plusieurs paramètres influençant particulièrement l'impact environnemental « secondaire » d'une technique de dépollution ;

- durée de traitement ;
- quantité et nature des matériaux consommés, et transport de ces derniers ;

[5] [8]

- consommation de réactifs in situ pouvant occasionner des impacts toxiques / écotoxiques/ d'eutrophisation… ;
- la distance au site mise en relation avec la nécessité de suivi environnemental au droit de ce dernier (augmentation des trajets nécessaires).

1.2.4 Outils méthodologiques en lien avec l'identification de techniques de dépollution

1.2.4.1 Guides et outils méthodologiques pour l'identification de techniques de dépollution adéquates

Plusieurs guides méthodologiques permettent d'obtenir un descriptif des différentes techniques de dépollution existantes. En particulier, le lecteur pourra se référer aux documents suivants :

- Guide méthodologique du BRGM intitulé « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (Juin 2010) ;
- Guide méthodologique de l'ADEME intitulé « Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » (Octobre 2009).

Par ailleurs, le site internet SELECDEPOL[6], mis en place par le BRGM et l'ADEME (http://www.selecdepol.fr/) est un outil interactif permettant de présélectionner des techniques de dépollution en fonction d'un contexte de gestion (défini par l'utilisateur au travers des polluants en présence, de la matrice à dépolluer, du mode d'application des techniques, et éventuellement de la perméabilité des terrains si celle-ci est connue). Après cette pré-sélection, l'outil permet de comparer les techniques choisies selon leur maturité, leur taux d'utilisation, et selon la profondeur de la zone à traiter.

Cet outil d'aide à la décision ne se substitue toutefois pas à l'expertise du professionnel de la dépollution des sols, qui doit conserver un regard critique sur l'adéquation des techniques étudiées avec le site.

1.2.4.2 Cas particulier de la gestion de déblais : des outils pour étudier le potentiel de réutilisation hors site de terres

Afin de limiter le coût environnemental et financier des contextes de gestion de déblais, une méthodologie d'étude des potentialités de réemploi des terres hors site a été mise en place par le BRGM en 2012.[7]

Elle précise les règles de l'art et les modalités sous lesquelles des terres peuvent être réemployées en technique routière, ou dans le cadre de projets d'aménagement. Le guide propose une démarche de réutilisation des terres excavées, tenant compte des problématiques environnementales et sanitaires. A noter que les contraintes géotechniques n'y sont pas développées.

Ce document présente des valeurs seuils de réutilisation hors site de terres excavées selon deux scénarios de réaménagement :

- VS1 : Valeurs seuils sous bâtiment (bureau, industriel, commercial) ;
- VS2 : Valeurs seuils pour une réutilisation sous couverture (revêtement bitumineux, béton, ou sous couverture de terres).

[6] [17]

[7] [9]

1.2.4.3 Conclusion sur les outils d'identification de techniques de dépollution

Il existe de multiples techniques de dépollution disponibles (traitements thermiques, biologiques, chimiques, etc.). Le contexte de gestion permet alors de déterminer celles qui, le cas échéant, se révèlent les plus adaptées.

Un scénario **de gestion consiste souvent en une combinaison** d'une ou plusieurs techniques de dépollution et/ou de confinement, (éventuellement échelonnées dans le temps ou l'espace), ainsi que des dispositions constructives, des restrictions d'usage, et des suivis ultérieurs.

1.2.5 Les dispositions constructives : des mesures de gestion

Les **dispositions constructives** constituent des mesures de gestion à part entière, qui permettent « d'assurer durablement l'adéquation d'un usage (existant ou envisagé) avec une pollution existante ou résiduelle au droit d'un site, et de s'affranchir autant que possible de l'évolution réglementaire des référentiels qui pourrait remettre en cause à plus ou moins long terme le niveau d'exposition admis pour les usagers ».[8]

Le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » du BRGM [11] présente les principales dispositions qui peuvent être appliquées dans un contexte de gestion de SSP :

- **Dispositions constructives permettant de limiter / supprimer les phénomènes d'intrusion de vapeurs dans un bâtiment :** adaptation du projet, création d'un vide sanitaire, techniques actives/ passives…
- **Perméation dans les réseaux** : choix de l'emplacement des canalisations, surveillance, mise en place d'étanchéité par bentonite autour des canalisations, etc. ;
- **Couverture de sols en surface** : afin de couper certaines voies de transfert (ingestion de sols par les enfants, ingestion de poussières…), il est possible de mettre en place des terrains de couverture sains, précédés d'un géotextile, et/ou d'un filet avertisseur, ou encore de décaper et substituer les sols de façon superficielle, etc. ;
- **Limitation des phénomènes de corrosion des biens matériels** : choix de revêtements appropriés, utilisation de produits d'imprégnation des bétons, etc.

Les mesures constructives peuvent être envisagées en complément d'une mesure de traitement de la pollution, si ce traitement laisse en place des pollutions résiduelles susceptibles de générer des enjeux sanitaires, ou en tant que seule mesure de gestion appliquée, si une action sur la pollution n'est pas possible pour des raisons techniques et/ou économiques.

Elles doivent faire l'objet d'un contrôle, puis parfois de surveillances et d'entretien ultérieurs permettant d'en vérifier la pérennité et l'efficacité. Le lecteur trouvera des recommandations sur les bonnes pratiques, ainsi que des outils d'aide à la décision et des notions de coûts dans le « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP » du BRGM.

1.2.6 Les restrictions d'usage : des mesures de gestion

De même que les dispositions constructives, les **restrictions d'usage** constituent des mesures de gestion à part entière, qui servent à « **informer** sur les risques résiduels, **encadrer** les usages (notamment la réalisation de travaux ultérieurs comme par exemple l'intervention sur des canalisations), et **pérenniser** la conservation des informations sur l'état environnemental du site ».[9]

[8] [11]

[9] [6]

Le « Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués » (DGPR) présente 5 principales typologies de restriction d'usage, reprises ci-dessous :

- **Servitude d'utilité publique (SUP)** : la SUP constitue une limitation administrative du droit de propriété et d'usage du sol. Elle comporte au besoin une limitation des usages du sol, du sous-sol, des nappes phréatiques, la subordination des modifications des usages à des prescriptions particulières ainsi que des dispositions en lien avec la surveillance du site. Elle nécessite une enquête publique préalable à sa mise en place (destination : **documents d'urbanisme, conservations aux hypothèques**). A noter qu'il existe un format de SUP sans enquête publique (seuls les propriétaires sont alors consultés) – parfois désigné en tant que « SUP simplifiée » ;
- **Porter à connaissance (PAC**) : l'Etat porte à connaissance des communes les informations nécessaires à l'exercice de leurs compétences en matière d'urbanisme, notamment en termes des risques (destination : **documents d'urbanisme) ;**
- **Projet d'Intérêt Général (PIG)** : il permet à l'Etat de faire prévaloir (dans le Plan Local d'Urbanisme) la prise en compte d'intérêts dépassant l'échelle communale. Le projet doit alors présenter un caractère d'utilité publique, et fait l'objet d'une enquête publique préalable (destination : **documents d'urbanisme) ;**
- **Restriction d'Usage Conventionnelle au Profit de l'Etat (RUCPE)** : il s'agit d'une convention passée entre le propriétaire et le représentant de l'Etat, dans laquelle le propriétaire consent une restriction du droit à disposer de sa propriété. Elle comporte au besoin une limitation des usages du sol, du sous-sol, des nappes phréatiques, la subordination des modifications des usages à des prescriptions particulières ainsi que des dispositions en lien avec la surveillance du site (destination : **conservation aux hypothèques, prise en compte dans les documents d'urbanisme).**
- **Restriction d'Usage entre Parties (RUP)** : il s'agit d'une convention conclue entre deux parties dont l'une est le propriétaire du terrain, qui consent par contrat à limiter l'usage du terrain lui appartenant, à se soumettre à des obligations du surveillance, ou encore d'entretien d'ouvrages (destination : **conservation aux hypothèques, prise en compte dans les documents d'urbanisme).**
- **Restriction d'Usage entre Parties (RUP)** : il s'agit d'une convention conclue entre deux parties dont l'une est le propriétaire du terrain, qui consent par contrat à limiter l'usage du terrain lui appartenant, à se soumettre à des obligations du surveillance, ou encore d'entretien d'ouvrages. (destination : conservation aux hypothèques, prise en compte dans les documents d'urbanisme).

2 ENQUETES DE RETOURS D'EXPERIENCE EN FRANCE

Dans le cadre de l'élaboration du présent guide méthodologique, une enquête relative au BCA a été réalisée auprès de 27 interlocuteurs français, issus de bureaux d'études, de sociétés de travaux, d'administrations, des maîtres d'ouvrage publics et privés (notamment industriels), des juristes, ainsi qu'un interlocuteur du milieu associatif.

Par ailleurs, 4 enquêtes ont été réalisées auprès d'interlocuteurs étrangers (travaillant pour l'administration du Royaume-Uni et de la Belgique, et au sein de BE basés aux Pays-Bas et aux Etats-Unis).

L'objectif de ces enquêtes était de compléter la synthèse bibliographique par une collecte de retours d'expérience rapportés par des acteurs du domaine des SSP, familiarisés avec l'approche du bilan coûts-avantages. Le présent chapitre expose la méthodologie d'enquête, ainsi que les principales tendances et conclusions de la synthèse des enquêtes réalisées auprès d'un total de 31 interlocuteurs (dont 27 interlocuteurs français).

2.1 Méthodologie d'enquête et panel interviewé

Les abréviations suivantes sont utilisées pour désigner les typologies d'acteurs interrogés : **BE** : Bureaux d'Etude / **MO** : Maîtres d'Ouvrage / **ST** : Sociétés de Travaux / **Admin** : interlocuteur de l'administration / **Jur** : Juriste / **Asso** : interlocuteur d'une association de protection de l'environnement / **Etr** : étranger.

2.1.1 Panel interviewé

L'objectif de cette phase d'enquête était de collecter des retours d'expérience auprès **des différentes parties usuellement concernées par les BCA**, identifiées par le comité de suivi comme suit.

Tableau 1 : Panel des interviewés

Groupe d'acteurs	Rôle dans la démarche d'établissement d'un BCA	Nombre d'interviewés
Bureaux d'études (BE)	Etablissement du BCA	8
Maîtres d'Ouvrage (MO) Privés/ publics	Utilisateurs du BCA / donneurs d'ordre	9
Administration (Admin)	Validation du PG dont le BCA	4
Sociétés de Travaux (ST)	Réalisation de travaux de dépollution	3
Juristes (Jur)	Conseil juridique auprès des MO / des BE	2
Association (Asso)	Implication moins récurrente, mais intérêt du point de vue sur la démarche	1
Admin ou BE étrangers (Admin/BE Etr)	Etablissement / validation de BCA dans d'autres pays que la France	2 admin 2 BE
TOTAL	-	**31**

2.1.2 Méthodologie d'enquête et de dépouillement

2.1.2.1 Modalités d'enquête

Le format d'interviews téléphoniques a été retenu pour la réalisation des enquêtes, afin d'apporter au besoin toute précision ou définition permettant à l'interlocuteur de répondre. Des questionnaires ont été initialement élaborés pour les trois principaux groupes d'acteurs (BE, MO, Admin). Ces questionnaires, sauf demande explicite, n'ont pas été communiqués aux interlocuteurs avant la réalisation de l'enquête (afin de limiter si possible les biais occasionnés par la préparation de l'entretien), mais ont uniquement servi de support pour l'intervieweur. Les grandes thématiques à aborder ont néanmoins été communiquées avant les entretiens.

Des trames adaptées ont été déclinées pour les autres typologies d'acteurs (sociétés de travaux, juristes, etc.). Les grandes thématiques abordées lors des interviews ont été notamment :

- Les **références bibliographiques et méthodologiques** utilisées par les BE et le **cheminement intellectuel** pour l'élaboration des BCA à ce jour ;
- Le **retour d'expérience** général disponible quant au BCA, et les **éventuelles dérives** méthodologiques ou **difficultés** constatées au sein des différents groupes d'acteurs ;
- Les **attentes** des interlocuteurs (quel format, quel niveau de technicité pour le BCA ? etc.) ;
- Les **critères** et les **mesures de gestion** étudiés/ qu'il serait souhaitable d'étudier ;
- L'**implication du MO** dans le processus afin de déterminer l'influence de ce dernier ;
- Les **contextes les plus fréquents de gestion** (types de polluants, de sites, contraintes, projets envisagés etc…) ;
- L'adéquation du BCA en tant qu'**outil d'aide à la réflexion** d'une part, et en tant **qu'outil d'aide à la communication** d'autre part.

Les interviews ont compris une partie relativement ouverte, où les interlocuteurs étaient en mesure de donner un ressenti général quant à leur expérience des BCA, puis ils ont été orientés vers un niveau plus détaillé de réponse par le biais de questions plus fermées.

A titre d'exemple : concernant la **liste des critères** pris en compte dans le cadre de la rédaction d'un BCA par un bureau d'études, l'interrogation a été effectuée comme suit :

- Question ouverte du type « Indiquez les critères que vous prenez en considération lors de l'établissement de votre bilan coûts-avantages » ;
- Question fermée du type « Vous n'avez pas mentionné tel critère. N'est-il donc pas pris en compte ? »

A l'issue de chaque enquête, une synthèse a été réalisée, puis transmise à l'interviewé afin qu'il puisse formuler ses éventuels commentaires/ demandes de modifications. Les synthèses validées sont consultables en Annexe 2.

Remarque : le contenu reporté dans les synthèses d'enquêtes reflète l'opinion des interlocuteurs interviewés, et non celle du comité de suivi du projet de guide méthodologique.

2.1.2.2 Modalités d'exploitation des données et remarques

Les informations obtenues ont été traitées dans le respect de l'anonymat des interlocuteurs. Ceux-ci ont été désignés par leur groupe d'acteur, suivi d'un indice numérique (ex : BE7). Les informations ont été dépouillées et analysées par thématiques (voir ci-avant).

Pour ce qui est du **cheminement de la réflexion** des auteurs de BCA en bureaux d'études, un diagramme de rendu d'enquête a été construit pour chacun des interlocuteurs de BE interrogés, permettant de montrer l'ordre dans lequel les diverses problématiques sont envisagées. L'ensemble des diagrammes a ensuite été comparé afin d'identifier les points communs et les différences entre les 8 BE interrogés.

Par ailleurs, l'ensemble des données a été dépouillé par thématique, en établissant (lorsque pertinent) des analyses statistiques simples sur les données (ex : pourcentage d'interlocuteurs favorables / défavorables à l'application d'une analyse multicritères dans le cadre du BCA). Dans les paragraphes ci-après, les résultats sont présentés en indiquant quand cela est pertinent quels groupes d'acteurs sont à l'origine de ce résultat.

A noter que certaines **questions non initialement développées ou certains points de désaccord** sont ressortis au bout de quelques enquêtes, et ont donc finalement été développés en tant que thématiques à part entière dans les enquêtes suivantes :

- Bien-fondé ou non **d'étudier de façon systématique l'enlèvement complet des sources**, et ce même si cette mesure de gestion serait aberrante financièrement et/ou techniquement (hypothèse de travail plébiscitée par certains interlocuteurs, et rejetée par d'autres) ;
- Opinion sur la démarche de **définition du contenu d'un BCA « standard »**, pour les contextes les plus simples, et identification de la réflexion supplémentaire qu'il convient d'engager dans des contextes plus complexes. En effet, certains interlocuteurs interrogés sur cette thématique ont avant tout exprimé leur désaccord avec l'idée d'introduire deux « niveaux » de BCA. Aussi, le positionnement de chacun a été recueilli dans la mesure du possible.

A noter également que les entretiens prennent la forme d'une discussion, au cours de laquelle l'interlocuteur développera spontanément les thématiques qui le touchent de plus près. Ainsi, certaines interviews aboutissent à un degré de précision de réponse plus important pour certaines thématiques, ce qui n'est pas le cas avec l'ensemble des interviewés.

Enfin, concernant le retour d'expérience des interlocuteurs étrangers, les principales différences de méthodologies nationales sont exposées au chapitre 3. De plus, les interlocuteurs étrangers ont été amenés à se positionner sur la plupart des thématiques abordées ci-après. Ils sont donc intégrés dans le panel des réponses fournies.

2.2 Références bibliographiques utilisées par les BE

Les BE sont les principaux rédacteurs de BCA à ce jour en France. Aussi, seul ce groupe d'acteurs a été interrogé quant aux références bibliographiques utilisées pour la réalisation de BCA.

La méthodologie de 2007 est citée spontanément par 7 interlocuteurs issus de BE sur 8 interrogés. Les autres références les plus récurrentes sont :

- La norme AFNOR NF X31-620 de 2011 (citée par 5 interviewés sur 8) ;
- L'outil SELECDEPOL du BRGM et de l'ADEME (site internet évoqué par 5 interviewés sur 8) ;
- Le guide du BRGM de 2010 « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices » (référence citée par 6 interviewés sur 8) ;
- Le guide de l'UPDS mis à jour en avril 2016 « Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » (4 interlocuteurs sur 8 citent cette référence).

Les rédacteurs de BCA citent la méthodologie nationale en premier lieu – elle est donc bien au centre du socle référentiel et méthodologique actuellement appliqué par la profession. Les autres documents ou outils interactifs sur lesquels s'appuient la majorité des BE sont relatifs à des contenus plus techniques et ciblés (définition d'une pollution concentrée, identification de techniques de dépollution appropriées au contexte).

2.3 Cheminement intellectuel des BE interviewés pour l'établissement des BCA

De même que pour l'identification des références méthodologiques utilisées, seuls les BE (rédacteurs des BCA) ont été interrogés sur le cheminement intellectuel qui permet l'établissement des BCA.

L'ensemble des interlocuteurs de BE interrogés a décrit le déroulé générique de l'établissement d'un BCA, étape par étape. Pour chacun des BE, un diagramme résumant ce cheminement a été construit suite à l'interview. Les diagrammes sont consultables avec la synthèse des enquêtes en annexe.

Il ressort de leur analyse que les BE réalisent les étapes suivantes :

- Première étape de **définition des pollutions concentrées et rappel des caractéristiques du site/ du projet** : les BE s'appuient sur divers outils pour identifier puis hiérarchiser les pollutions concentrées qui feront l'objet du BCA : cartographie, modélisation, approche statistique (dont approche de Pareto), bilan massique… ;
- Certains BE s'interrogent alors sur la complexité du BCA à réaliser, en la rattachant aux contextes de gestion de déblais pour les BCA simples, et aux autres contextes pour les BCA complexes ;
- Une étape d'identification des **mesures simples de gestion** est également effectuée par certains BE à ce stade ;
- Un à deux **niveaux de tri** des options de gestion sont alors opérés, sur la base de critères techniques / organisationnels, ou encore plus largement sur les typologies de traitements applicables au site (hors site, in situ, sur site) ;
- Les **mesures de gestion à comparer** sont alors souvent choisies à ce stade (et présentées succinctement par certains BE) ;
- L'étape au cours de laquelle les **critères et leur pondération (le cas échéant)** sont choisis est positionnée de façon variable selon les BE : avant, pendant, voire après l'identification des solutions à étudier (pondération ajustée au cours de la démarche), Cette étape peut impliquer le MO ;
- Une **étude comparative des mesures de gestion** est alors réalisée, comprenant pour certains BE la consultation de sociétés spécialisées en travaux afin de bénéficier de leur expertise. L'un des BE interviewés rapporte effectuer une dernière étape de pondération des critères en lien avec le MO, avant d'aboutir au choix d'alternatives de gestion possibles ;
- Une fois la ou les **mesures de gestion identifiées** (il est souvent retenu une combinaison de mesures de gestion, pour la plupart des BE) :
    - des tests pilotes peuvent être recommandés / réalisés de façon facultative, afin de garantir la validité des éventuelles techniques de dépollution proposées par le PG, qui est réalisé de façon itérative ;
    - La solution retenue sera souvent décrite de façon plus détaillée (certains BE iront jusqu'à fournir des éléments de dimensionnement) ;
    - Certains BE énoncent les dispositions constructives et restrictions d'usage associées lors de cette étape ;
    - Un point stratégique pourra être effectué avec le MO si besoin (notamment si le PG est transmis à l'administration).

2.4 Difficultés rencontrées par les différents acteurs

Tous les groupes d'acteurs ont été interrogés sur les éventuelles difficultés rencontrées en lien avec les BCA (rédaction, contribution, technicité, validation, etc.). Des difficultés de natures très variées sont identifiées, en lien avec les différents groupes d'acteurs intervenant dans la réalisation / validation d'un BCA. **Ces difficultés illustrent la variété des points de vue et des objectifs des interlocuteurs interrogés.**

2.4.1 Difficultés identifiées auprès de chaque groupe d'acteurs

Certaines difficultés sont identifiées auprès de l'ensemble des principaux acteurs, ce qui prouve leur récurrence, et met en lumière les points de désaccord les plus courants.

Ainsi, la **définition des pollutions concentrées** constitue un point jugé problématique :

- 3 interlocuteurs de BE sur les 8 interrogés estiment difficile de s'accorder avec les MO sur la définition des pollutions concentrées ;
- 2 interviewés (MO / Admin) relèvent la même difficulté auprès des BE ;
- 1 juriste interviewé estime que le consensus sur cette définition est difficile à trouver auprès de l'administration, ou encore auprès des futurs acquéreurs du site (qui cherchent à maximiser l'enlèvement des pollutions, parfois en vue de réduire les coûts de gestion des déblais liés à leur projet).

2.4.2 Difficultés en lien avec les MO

Certains MO exigent des BCA un niveau de détails (notamment concernant l'estimation des coûts) relevant d'une phase de conception voire de l'établissement d'un devis. Cette difficulté est pointée par 50% des BE interviewés.

D'autre part, 3 interviewés (dont 2 interlocuteurs de l'administration et un interlocuteur issu d'une association de protection de l'environnement) estiment que les MO cherchent trop souvent à argumenter vers le maintien de pollutions en place sur site.

2.4.3 Difficultés en lien avec les BE

Certains interlocuteurs estiment que les BCA sont biaisés par les BE.

Un quart de l'ensemble des interviewés (ST, MO, Admin et Jur) regrette que les **BE orientent leurs BCA vers les solutions qu'ils connaissent / maîtrisent le mieux** (selon les interviewés, soit du fait que leur niveau d'expertise en travaux ne leur permet pas de proposer des solutions plus pertinentes mais moins usuelles, soit du fait que les BE espèrent assurer la réalisation des travaux après l'établissement du PG, et préfèrent donc orienter le BCA vers une technique qu'ils maîtrisent bien).

Les BCA ne sont pas toujours suffisamment appliqués aux sites.

Environ 20% de l'ensemble des interviewés (essentiellement MO et Admin, mais aussi ST) rapportent que certains BCA sont trop **simplistes ou génériques** (réflexion non aboutie, détails ou nombre de solutions insuffisants). Les mêmes groupes d'acteurs relèvent que d'autres BCA sont trop **longs ou exhaustifs**, mais ce sans réelle valorisation des données (trop grand nombre de mesures de gestion présentées, et présentations trop génériques de techniques de dépollution, sans adaptation au site).

Un nombre significatif d'interlocuteurs (6 interviewés, soit 21%, correspondant à des ST/ MO / Admin) signalent par ailleurs que certains BCA proposent parfois des **solutions inadaptées** à la typologie des terrains, ou omettent des aspects organisationnels clés (ex : présence ou absence d'utilités sur site). Trois de ces interlocuteurs (MO / Admin) estiment également que les nuisances de chantier ne sont pas suffisamment prises en compte au stade du BCA.

Les trois sociétés de travaux interrogées évoquent leurs **difficultés à proposer des mesures alternatives** de gestion, lorsqu'elles ne sont pas d'accord avec les conclusions du BCA. Du fait de leur intervention après la validation du PG (parfois actée par l'administration par le biais d'un arrêté), ces sociétés ne sont en effet pas toujours entendues sur les alternatives suggérées. Les 3 sociétés interviewées, ainsi que l'un des MO, estiment par ailleurs que certains BE ne possèdent pas suffisamment d'expertise dans le domaine des travaux pour réaliser des BCA. Une approche parfois « théorique seulement » est aussi rapportée par deux autres interlocuteurs (MO / Admin).

Quatre interlocuteurs (ST / MO / Admin) regrettent que les BCA ne présentent **pas suffisamment de données techniques** pour permettre la réalisation de dimensionnements par la suite (granulométrie, résultats d'essais de pompage, etc.).

Un **manque d'intérêt pour les solutions dites « innovantes »** par les BE est noté par 4 interlocuteurs (ST / MO / Asso). Cette observation doit être mise en parallèle avec le point de vue d'un interlocuteur de la DREAL, qui estime a contrario que le BE doit idéalement s'appuyer sur des solutions éprouvées, ou, dans le cas contraire, fournir des retours d'expérience chiffrés issus d'autres chantiers afin d'illustrer l'adaptabilité sur site de la technique novatrice.

5 interlocuteurs mentionnent par ailleurs des problématiques en lien avec la **précision de l'estimation financière** du coût des mesures de gestion :

- 2 BE sur les 8 interrogés regrettent l'utilisation d'abaques pour l'estimation de coûts de traitement in situ, aboutissant parfois à des chiffrages qu'ils jugent déconnectés de la réalité ;
- 3 interlocuteurs (ST/ MO / Admin) estiment plus généralement que les estimations de coût fournies par les BE ne reflètent pas suffisamment la réalité.

2.4.4 Difficultés en lien avec l'administration

La principale difficulté en lien avec l'administration relève de son niveau d'exigence variable (relatif au niveau de détails du BCA notamment) selon les régions, voire selon les dossiers (difficulté identifiée par 1 BE et 2 MO).

2.5 Attentes quant aux BCA

Tous les groupes d'acteurs hormis les BE ont été amenés à formuler leurs attentes concernant le BCA, et à définir le contenu « idéal » de cette partie du PG. Ces attentes répondent parfois directement aux difficultés formulées ci-avant.

Quatre interlocuteurs (MO, Admin/ Asso) soulignent la nécessité de **réaliser un BCA, même si un seul scénario de gestion semble possible**. Le BCA permet alors de le justifier. Deux interlocuteurs de l'administration rappellent néanmoins que lorsque des mesures simples de gestion seules (au sens de la méthodologie nationale) permettent d'évacuer l'ensemble de la pollution, il n'y a en revanche pas lieu de réaliser un BCA.

Près d'un tiers des interlocuteurs (ST, MO, Admin) soulignent leur volonté que le BCA soit rédigé par un expert en travaux de réhabilitation, s'appuyant sur l'état de l'art et sur des retours d'expérience actuels. L'un des BE a appuyé cette remarque.

Un **besoin de transparence** est identifié auprès de trois interlocuteurs (MO / Admin / Jur) qui souhaiteraient que le critère de la disponibilité locale de professionnels maîtrisant les techniques de dépollution envisagées soit explicité dans le BCA (Admin). Il est également suggéré que le BE communique de façon transparente sur le fait qu'il réalise ou non des travaux (ce qui lui apporte une expertise appliquée, mais peut générer des biais, le prestataire ayant vraisemblablement développé un meilleur retour d'expérience pour certaines techniques par rapport à d'autres).

Plusieurs interlocuteurs formulent des attentes concernant la **phase de définition des besoins / des problématiques.** Ces attentes comprennent le rappel des éléments relatifs au planning du projet (le cas échéant), la définition des teneurs résiduelles acceptables, l'identification et la priorisation des zones à traiter. Pour la définition de ces zones, deux interlocuteurs (Jur, MO) soulignent que les BE ne doivent pas adopter une approche excessivement pénalisante au risque de mettre en péril la réalisation de projets de réhabilitation. Il est également rappelé par un interlocuteur de l'administration que les critères FNADE / les seuils d'acceptation en ISDI ne sauraient constituer des valeurs de référence pour définir des seuils de réhabilitation.

Concernant le **niveau de détails et de technicité du BCA**, de nombreux interlocuteurs (26% des interrogés) insistent sur la nécessité de mettre le contenu technique à la portée de non experts.

Six interviewés (MO, Admin, Jur) insistent par ailleurs sur le soin qui doit être apporté à l'argumentation du BCA, qui doit suffisamment détailler les mesures de gestion envisagées comme pertinentes et comparées entre elles.

Deux personnes (MO, Admin) signalent par ailleurs la nécessité que le BCA soit appliqué au site (pollution, contraintes, usage prévu...), et non uniquement une présentation générique de mesures de gestion qui pourraient convenir.

Trois interviewés souhaitent pousser la démarche plus loin, afin que le BCA s'apparente à une phase de conception :

- Une ST estimant par ailleurs que le BCA devrait être réalisé par une société spécialisée en travaux ;
- Un MO qui précise que cette exigence vaut pour certains contextes qui le permettent (diagnostic approfondi volontairement, en amont, en vue de donner un caractère « opérationnel » au BCA) ;
- Un interlocuteur de l'administration qui ne formule pas cette exigence de façon explicite, mais souhaite que le BE apporte des données relevant de la conception dans son BCA (ex : quantités de produits à injecter en cas de traitement chimique in situ).

A défaut de s'inscrire lui-même dans une phase de conception, le BCA devrait a minima fournir les éléments techniques (granulométrie, essais de perméabilité, etc.) qui permettront de réaliser le dimensionnement, selon les 3 sociétés de travaux interviewées, ainsi que l'un des MO et l'un des contacts de l'administration.

Certaines volontés sont contradictoires : ainsi, une ST souhaiterait que le BCA ne soit pas **conclusif** quant à la mesure de gestion à retenir, tandis que deux interviewés (MO / Admin) requièrent a contrario que le PG soit conclusif.

Les attentes des interlocuteurs concernant les critères d'études et les mesures de gestion étudiées sont développées dans les chapitres dédiés à ces thématiques.

2.6 Utilisation du BCA en tant qu'outil de communication

A une exception près (interlocuteur de l'administration estimant que le niveau technique général des BCA n'est pas encore suffisant), les interlocuteurs concernés (MO, BE, admin, juristes) estiment que le BCA constitue d'ores et déjà un bon outil pour faciliter la communication entre le MO et l'administration.

Pour les interlocuteurs des BE et les MO, le BCA permet également d'échanger entre ces deux groupes. Certains interlocuteurs de BE nuancent toutefois ce point de vue : tous les MO ne lisent pas les BCA, et le contenu de ce dernier ne paraît pas toujours suffisant pour le MO, puisqu'il n'appréhende pas suffisamment les risques financiers et techniques liés aux coûts hors champs de responsabilité du BE (ex : perte de valeur foncière, coûts des dispositions constructives, etc.).

Plus ponctuellement, certains interlocuteurs signalent l'utilité du BCA pour communiquer entre vendeurs/acquéreurs en contexte de cession/acquisition.

Pour la plupart des interviewés, le BCA, jugé trop technique, n'est pas utilisé à ce jour dans le cadre de communications « publiques » (auprès de riverains, d'associations…) sauf contextes rares d'accidents environnementaux médiatisés.

Il est intéressant de rapprocher la fonction d'outil de communication du BCA à l'attente formulée spontanément par 26% des interrogés (MO / Admin / Asso) de mettre le BCA à la portée de non experts.

2.7 Utilisation du BCA en tant qu'outil d'aide à la décision

Il a été demandé aux BE et aux contacts de l'administration interviewés si, selon eux, les rédacteurs de BCA connaissent parfois d'avance la solution de l'étude (BCA ne servant qu'à formaliser un choix déjà effectué, ou encore BCA rédigé à la seule fin que le PG respecte les normes et réglementations en vigueur).

Les 8 BE et les 4 contacts de l'administration interrogés répondent unanimement qu'il existe effectivement des contextes dans lesquels la mesure de gestion est connue avant la rédaction du BCA.

Ce point n'est jugé problématique par aucun des 8 BE interrogés. Cinq d'entre eux souhaiteraient par ailleurs pouvoir s'appuyer plus largement sur leur retour d'expérience. Six des BE interviewés soulignent néanmoins que dans certains cas plus complexes, la démarche du BCA constitue une réelle aide à la réflexion.

Pour ce qui est des administrations, 3 interlocuteurs sur 4 jugent logique que le BE puisse connaître la solution par avance (le BE étant un professionnel qui accumule du retour d'expérience) et ce n'est pas nécessairement problématique, pour peu que le rédacteur du BCA **conserve une démarche objective,** et **réfléchisse à l'ensemble des possibilités**. Le 4ème contact administratif pointe quant à lui un manque d'objectivité, et une orientation des BCA vers les solutions les mieux maîtrisées, ce qui peut être préjudiciable pour le MO.

2.8 Critères de comparaison

2.8.1 Etat des lieux des critères étudiés

Le tableau suivant présente les critères actuellement mis en avant dans les BCA, ainsi que les critères jugés prépondérants par les différents interlocuteurs (sur la base de 31 personnes interrogées – soit l'ensemble des groupes d'acteurs). Les critères cités par plus de la moitié des interlocuteurs y sont identifiés en rouge, et sont les suivants :

- Estimation de coûts financiers : critère étudié d'après 100% de interviewés, et jugé prépondérant par 65% d'entre eux ;
- Bilan environnemental global : même si l'analyse reste souvent qualitative et simple, 84% des interviewés rapportent que les BCA tiennent compte de l'impact environnemental des scénarios de gestion. Seuls 19% des interlocuteurs jugent ce critère primordial ;
- Abattement prévisionnel des teneurs (rendement / efficacité) : ce critère est déjà étudié selon 58% des interviewés. 39% des interlocuteurs jugent ce critère prépondérant ;
- Délais de réhabilitation : ce paramètre est pris en compte selon 87% des interlocuteurs, et est jugé primordial par 52%.

Remarque : Les critères évoqués un seul interlocuteur ne sont pas reportés.

Tableau 2 : Etat des lieux relatif aux critères de comparaison (cités par famille, puis par ordre décroissant de fréquence d'identification par les interlocuteurs) :

Critère	Sous-critère	Interlocuteurs qui identifient ce critère comme étudié à l'heure actuelle	Interlocuteurs pour lesquels l'étude de ce critère est prépondérante
Economique	Estimation du coût	100%	65% (critère cité comme prépondérant un ou des représentants de chaque groupe d'acteurs, excepté Asso).
	Estimation des aléas	10% (BE, MO, Admin Etr)	6% (MO, Admin Etr)
Environnemental	Bilan environnemental global	84% (selon tous les groupes d'interlocuteurs, sauf exceptions ponctuelles. A noter que l'analyse reste souvent succincte et qualitative)	19% (ST, MO, Asso, Jur, Admin Etr)

Critère	Sous-critère	Interlocuteurs qui identifient ce critère comme étudié à l'heure actuelle	Interlocuteurs pour lesquels l'étude de ce critère est prépondérante
Juridique / réglementaire	Servitudes / restrictions d'usage	32% (BE, MO, Admin, BE Etr)	19% (BE, Admin, Jur, Be Etr)
	Contraintes réglementaires / conformité réglementaire	16% (BE, MO, ST, BE Etr)	6% (ST, Admin Etr)
	Responsabilité relative aux déchets produits	6% (BE, BE Etr)	Non cité
	Responsabilité à court et long terme du MO	Non cité	6% (Jur)
Socio-politique	Nuisances générées par le chantier	32% (BE, ST, MO, et Admin)	10% (ST, Admin, Admin Etr)
	Acceptabilité sociétale de la solution	29% (BE, MO, Admin, Jur, Admin/BE Etr)	10% (Jur, Admin Etr)
	Communication / concertation avec d'autres parties	10% (BE, MO)	Non cité
	Recevabilité des scénarios par l'administration	6% (BE, Admin Etr)	6% (MO, Admin Etr)
	Image publique du MO	6% (Be Etr, MO)	Non cité
Technique / organisationnel	Délais de la réhabilitation	87% (critère cité par toutes les typologies d'acteurs)	52% (BE, ST, MO, Admin, Jur, Admin/BE Etr)
	Abattement prévisionnel des teneurs (rendement / efficacité)	58% (BE, ST, MO, Admin, Jur, Admin/BE Etr)	39% (BE, MO, Admin, Jur, Admin/BE Etr)
	Caractéristiques des polluants et adéquation de la technique	39% (BE, ST, MO, Jur, Asso)	23% (BE, MO, Jur)
	Adaptabilité sur site (et occupation actuelle des sols). Le cas échéant, ce critère inclut la notion de co-activité en phase chantier.	39% (BE, ST, MO, Admin, Jur, Asso, Be Etr)	16% (BE, MO, Admin)
	Niveau de garantie de l'atteinte des objectifs	26% (Be, MO, Admin, Admin Etr)	16% (BE, MO, Admin, Admin Etr)
	Foncier (temps et espace disponibles)	26% (BE, ST, MO, Asso)	10% (BE, MO)
	Contraintes liées au projet envisagé	26% (BE, ST, MO, Admin)	3% (Admin)
	Fiabilité / maturité de la technique	19% (BE, MO, Admin)	13% (BE, MO)
	Aléas sur l'abattement prévisionnel / le rendement	13% (MO, Admin/BE Etr)	16% (MO, Admin/BE Etr)
	Risques HSE du chantier	13% (BE, MO, Admin Etr)	6% (Admin Etr)
	Ratio entre le financier et l'abattement	13% (BE, MO)	6% (BE, MO)
	Pérennité de la solution	10% (BE, ST, Admin)	16% (BE, Admin, Jur)

Critère	Sous-critère	Interlocuteurs qui identifient ce critère comme étudié à l'heure actuelle	Interlocuteurs pour lesquels l'étude de ce critère est prépondérante
Technique / organisationnel	Résiduel prévisionnel	10% (ST, Admin/BE Etr)	10% (Admin, Admin/BE Etr)
	Aléas sur les délais	10% (BE, MO, Admin Etr)	10% (BE, MO, Admin Etr)
	Bilan massique	10% (Admin, BE Etr)	Non cité
	Flexibilité du scénario de gestion (possibilité de changer de technique en cours de dépollution)	6% (Admin/BE Etr)	6% (Admin/BE Etr)
	Sous-produits générés / gestion des effluents	6% (BE, BE Etr)	3% (BE Etr)
	Disponibilité d'essais de faisabilité	6% (BE)	3% (BE)
	Contexte géologique / hydrogéologique	6% (BE, MO)	Non cité

Ce tableau permet de constater la multiplicité des sous-critères techniques et organisationnels, ce qui atteste du degré de précision accordé à cette famille de critères par les BE.

Le critère jugé le plus important par les interlocuteurs est le financier (primordial pour 65% des interlocuteurs, incluant notamment plus de la moitié des MO, et 50% des interlocuteurs de l'administration interrogés, ainsi que les ¾ des BE interviewés).

La durée de la réhabilitation est également primordiale pour 52% des interviewés, ainsi que le taux d'abattement prévisionnel de la pollution (39% des interviewés).

2.8.2 Etude des critères environnementaux et sociétaux

Le critère du bilan environnemental global et le critère socio-politique sont moins souvent étudiés (ou encore étudiés de façon moins approfondie) que les critères techniques et organisationnels.

Lors des enquêtes, il a donc été demandé plus précisément aux interviewés de quelle façon ces critères sont considérés à l'heure actuelle, et (le cas échéant) les modalités d'étude qu'il faudrait adopter, selon eux.

Concernant le critère du **bilan environnemental**, environ 80% des interviewés (excluant les 3 ST) confirment que ce critère est déjà pris en considération à l'heure actuelle. Toutefois, à l'exception d'un MO, tous les interlocuteurs s'accordent à dire que ce critère est étudié de façon uniquement qualitative, par des observations de bon sens (ex : l'envoi de terres hors site génère des déchets et augmente le trafic routier). Très peu d'analyses quantitatives (bilan carbone chiffré, Analyse du Cycle de Vie…) sont réalisées.

Près d'un tiers des interrogés exprime le souhait que le bilan environnemental soit étudié de façon plus approfondie. Une approche par le bilan carbone est largement préconisée, y compris par l'association environnementale interrogée. La plupart des interlocuteurs se satisferait d'une analyse restant qualitative, ou alors de chiffrages approximatifs (éventuellement au moyen d'abaques, ainsi que préconisé par plusieurs interlocuteurs dont l'association interrogée), afin de ne pas complexifier excessivement la démarche.

Certains interlocuteurs préconisent également une meilleure identification des déchets générés, dans le cadre de l'étude du bilan environnemental global.

Une meilleure mise en valeur des filières permettant le traitement des terres au lieu de leur simple enfouissement est également souhaitée par une ST.

Deux des MO interrogés souhaiteraient aller plus loin dans la démarche, avec l'utilisation de données issues d'études d'impact, ou encore la réalisation systématique d'un bilan carbone chiffré, d'ACV (pour les BE en possédant la compétence), et éventuellement d'études faune/flore.

L'association interviewée considère également que le BCA devrait assurer une meilleure prise en compte de la biodiversité et des impacts sur les milieux naturels.

Plus de la moitié des interviewés environ rapportent que le **critère socio-politique** est déjà pris en considération dans les BCA. Toutefois, près d'un tiers d'entre eux estiment que cette étude ne se rapporte à ce jour qu'aux nuisances de chantier. Par ailleurs, la moitié des BE interviewés précisent que ce critère n'est développé que dans des cas complexes, ou à la demande explicite du MO.

Les enquêtes n'ont pas révélé une volonté marquée des interlocuteurs d'étudier plus en avant ce critère. Seul un MO suggère d'étudier l'acceptabilité des solutions pour les riverains, sans se limiter aux seules nuisances du chantier.

2.8.3 Attentes des interlocuteurs concernant les critères d'étude

Concernant les **critères d'étude,** de nombreuses préconisations sont formulées par les interlocuteurs, notamment concernant le critère financier et le critère des délais.

Pour ce qui est du **financier**, 2 MO appellent à plus de prudence dans les estimations, en ne fournissant qu'une fourchette de prix par exemple. Le critère financier ne devrait d'ailleurs pas être prépondérant, d'après 1 MO / 1 Admin.

A contrario, une demande de réalisme dans l'estimation des **coûts et des délais** est formulée par 5 interlocuteurs (dont 3 MO). Certaines pistes sont proposées pour améliorer ces estimations, comme l'intégration des coûts de surveillance ou d'entretien ultérieur de dispositifs, ou encore la réalisation d'études des incertitudes pesant sur les coûts et les délais.

Une étude des incertitudes quant à l'atteinte des objectifs / du taux d'abattement prévisionnel est également jugée utile par 3 MO.

Certains MO s'appuient préférentiellement sur des ratios pour choisir la meilleure option de gestion possible, tels que le ratio financier / abattement des teneurs, ou encore le ratio financier/ délais de réhabilitation du site.

Pour les gestions par excavation, deux interlocuteurs (Admin / Asso) regrettent que l'éloignement des centres ne soit pas pris en considération (d'un point de vue financier et environnemental).

5 interlocuteurs (ST / MO / Admin) souhaiteraient par ailleurs que les **aspects organisationnels et les futures nuisances** en lien avec les chantiers soient mieux appréhendés.

D'autres critères d'étude sont mentionnés de façon plus ponctuelle par certains interlocuteurs :

- Toxicité des produits de dégradation des contaminants initiaux ;
- Potentiel de revalorisation de terres excavées / de déchets présents sur site ;
- Perception par l'administration des mesures de gestion proposées ;
- Responsabilité à court/long terme du MO ;
- Pérennité de la solution (potentiel de relargage) ;
- Usages futurs possibles.

2.9 Mesures de gestion et scénarios de gestion

2.9.1 Etat des lieux des mesures de gestion étudiées

Toutes les typologies d'acteurs ont été interrogées sur le nombre de scénarios de gestion généralement comparés dans les BCA. A deux interlocuteurs près, les réponses sont homogènes, et présentent une moyenne de 4 scénarios par BCA.

Les deux interlocuteurs évoqués ci-dessus rapportent un plus grand nombre de scénarios comparés (jusqu'à une quinzaine) car ils tiennent compte d'un grand nombre de variantes proposées.

Les interlocuteurs n'ont pas soulevé de problématique en lien avec le nombre de scénarios étudiés – celui-ci semble donc convenir.

Les interlocuteurs ont été invités à lister les mesures de gestion généralement étudiées/ retenues, ainsi que celles qui sont au contraire moins souvent étudiées/ retenues. Les tableaux de synthèse disponibles ci-après présentent les résultats obtenus. Les mesures de gestion pointées par plus de la moitié des interlocuteurs comme souvent ou rarement retenues y sont identifiées en rouge.

Remarque : les mesures de gestion citées par un seul interlocuteur ne sont pas reportées.

Le code couleur suivant est appliqué : mesures de gestion portant spécifiquement sur les sols / sur les eaux souterraines / mesures mixtes ou ne portant pas sur un milieu particulier.

Tableau 3 : Etat des lieux relatif aux mesures de gestion – techniques de réhabilitation au sens large

Mesure de gestion	Type de mesure (Hors site, Sur site, In situ)	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme souvent étudiée / retenue	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme rarement étudiée / retenue
Excavation et envoi hors site des terres ➔ envoi en ISD ➔ envoi en centre de traitement	HS	81% (couvrant l'ensemble des groupes interrogés)	3% (MO préférant favoriser des solutions sur site) Un autre MO souligne que les excavations profondes avec rabattement de nappe sont rares.
Confinement de sols	SS	55% (couvrant l'ensemble des groupes interrogés à l'exception des ST)	6% (BE, MO)
Venting Incluant les variantes telles que le bioventing	IS	35% (BE, ST, MO, Admin)	Non cité
Traitements biologiques des sols sur site	SS	26% (BE, ST, MO, Admin)	3% (BE) concernant le Landfarming. 13% (BE, MO, Admin) estiment que les traitements biologiques en général sont peu étudiés/retenus.
Pompage-traitement des eaux souterraines	SS	26% (BE, ST, MO, Admin, Be Etr)	Non cité
Oxydation chimique (sols, mais aussi eaux souterraines)	IS	26% (BE, ST, MO, Admin, Admin/BE Etr)	16% (BE, MO, Admin) Cette observation concerne toutes les méthodes chimiques in situ
Sparging	IS	19% (BE, ST, MO, Admin)	Non cité
Ecrémage du flottant (passif ou actif)	IS/SS	13% (BE, MO, Admin)	Non cité

Mesure de gestion	Type de mesure (Hors site, Sur site, In situ)	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme souvent étudiée / retenue	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme rarement étudiée / retenue
Pompage – écrémage des eaux souterraines	SS	13% (BE, MO, Admin)	Non cité
Solutions in situ en général	IS	16% (BE, MO, Admin, Jur)	16% (BE, MO, Jur)
Extraction multi-phase	IS	10% (BE, MO)	Non cité
Confinement hydraulique des eaux souterraines	IS	10% (BE, Admin, Jur)	13% (MO, BE Etr) Les MO concernés ont indiqué qu'il s'agit d'une volonté de leur part de favoriser plutôt les solutions permettant de traiter la pollution.
Traitement biologique des eaux souterraines	IS	10% (BE, ST, BE Etr)	13% (BE, MO, Admin) estiment que les traitements biologiques en général sont peu étudiés/retenus.
Réduction chimique	IS	10% (BE, BE Etr)	16% (BE, MO, Admin) Cette observation concerne toutes les méthodes chimiques in situ
Atténuation naturelle contrôlée	IS	6% (ST, Admin)	39% (essentiellement BE, mais aussi ST, MO, Admin).
Pas de traitement des eaux souterraines, mais une surveillance simple (ne constitue pas une mesure de gestion en soi)	-	6% (BE, MO)	Non cité
Traitements biologiques en général	HS / SS / IS	6% (Admin/BE Etr)	13% (BE, MO, Admin)
Barrières réactives permettant de traiter les eaux souterraines	IS	6% (Admin/BE Etr)	Non cité
Solutions sur site en général	SS	3% (MO)	10% (BE)
Traitement thermique in situ	IS	Non cité	16% (BE, ST, MO, BE Etr)
Vitrification in situ	IS	Non cité	10% (BE, Admin, BE Etr)
Phytomanagement	IS	Non cité	10% (BE, MO)
Stabilisation / soil mixing	IS	Non cité	6% (ST, BE Etr)

Tableau 4 : Etat des lieux relatif aux mesures de gestion – restrictions d'usage et dispositions constructives

Mesure de gestion	Type de mesure (Hors site, Sur site, In situ)	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme souvent étudiée / retenue	Interlocuteurs qui identifient cette mesure de gestion comme rarement étudiée / retenue
Restrictions d'usage	-	23% (BE, MO, Admin, Jur)	Non cité
Dispositions constructives	-	10% (BE, MO, Jur)	Non cité

Il ressort des enquêtes que les gestions par **excavation et envoi hors site** des terres sont largement prépondérantes (citées par 81% des interlocuteurs). Viennent ensuite les **confinements** (cités par environ 55% des interrogés) et les **ventings** (cités par 35 %).

A noter que les interlocuteurs semblent plus volontiers citer des techniques de dépollution relatives au milieu sols.

L'**atténuation naturelle** ressort comme la mesure de gestion la moins souvent étudiée/ retenue, essentiellement sur la base du témoignage de 7 BE interrogés sur 8.

Les raisons évoquées concernent la mauvaise acceptabilité de cette option de gestion par l'administration, ou encore l'absence de contexte s'y prêtant. Il est intéressant de noter que d'autres interlocuteurs (ST, Admin) estiment au contraire que l'atténuation naturelle s'est constituée une réelle place en tant que mesure de gestion.

A noter que 13% des interlocuteurs (ST, Admin, Asso) remarquent que les solutions novatrices sont généralement moins étudiées/ retenues.

2.9.2 Attentes des interlocuteurs concernant les mesures de gestion

Environ un tiers des interrogés a évoqué spontanément la volonté que la mesure de gestion corresponde à un **scénario de gestion** (intégrant un ensemble de mesures de gestion), et non à une simple comparaison de techniques de dépollution. Les scénarios doivent par ailleurs permettre de gérer l'ensemble des milieux impactés du site.

Une approche par bilan massique pour définir des scénarios de gestion a été préconisée par 7 interlocuteurs (soit 23%, issus des groupes BE ST, MO, et Admin).

Les interlocuteurs interviewés (notamment les MO) attendent avant tout une démarche « ouverte », prenant en considération l'ensemble des possibilités et n'excluant pas de mesure de gestion possible, même si celle-ci est innovante. Deux MO soulignent que même si un tri est nécessaire au début du BCA, le BE ne devrait pas s'orienter d'emblée vers un nombre limité de solutions présélectionnées.

Concernant les solutions innovantes néanmoins, un contact de l'administration souligne que toute proposition de technique de dépollution innovante devrait toujours être accompagnée d'un retour d'expérience à l'étranger sur un site comparable, avec à l'appui des teneurs initiales et finales. En effet, il n'est pas du ressort des administrations régionales de valider ou non le bienfondé d'une technologie non encore éprouvée en France. Le contact évoquant cette problématique souhaite avant tout sécuriser le scénario de gestion, et assurer une maitrise des risques.

2.10 Place des servitudes / restrictions d'usage, des dispositions constructives, et des suivis ultérieurs

2.10.1 Etat des lieux

Les restrictions d'usage et les dispositions constructives sont bien intégrées dans les PG, sur la base des réponses des BE.

Toutefois, plusieurs d'entre eux ne placent pas ces éléments au cœur de leur BCA, ce que peuvent regretter certains MO ou interlocuteurs de l'administration. En effet, il conviendrait d'étudier ces aspects en tant qu'avantages/inconvénients des solutions, et non juste de les rappeler en conclusion du BCA, au risque de créer un biais qui orientera le BCA vers une solution peut-être plus contraignante dans ces domaines.

Il est par ailleurs complexe d'estimer les coûts financiers qui y sont associés (les BE interrogés n'effectuent pas un tel chiffrage).

Concernant les suivis ultérieurs (suivis de nappe, ou encore suivis des dispositifs constructifs laissés en place sur site), ceux-ci sont généralement identifiés, mais ne sont pas toujours chiffrés dans l'estimation financière de la mesure de gestion, ce qui constitue un biais. L'un des BE relève la difficulté de ce chiffrage, car la durée des suivis est souvent inconnue, et dépasse fréquemment le cadre strict du bilan quadriennal.

2.10.2 Attentes des interlocuteurs concernant les restrictions d'usage, dispositions constructives et suivis ultérieurs

Cinq interlocuteurs (1 MO / 2 Admin / 2 Jur) seraient favorables à ce que les BCA intègrent mieux les surveillances ultérieures, ou encore l'entretien des dispositifs constructifs ou des dispositifs de traitement voués à rester en place.

Il est difficile de juger de l'impact financier de servitudes / restrictions d'usage, mais leur impact devrait néanmoins être identifié qualitativement a minima.

Plusieurs interlocuteurs souhaitent replacer ces notions au cœur du BCA (elles sont aujourd'hui majoritairement évoquées en conclusion).

2.11 Aspects techniques non environnementaux

Cinq interlocuteurs (dont 3 MO pour lesquels les PG sont essentiellement préparés dans un contexte de réaménagement du site, ainsi que 1 Admin / 1 Jur) souhaiteraient que les BE se mettent plus en relation avec d'autres métiers (géotechnique, urbanistes, etc.) afin d'obtenir un BCA « clé en main », qui intègre non seulement les contraintes environnementales, mais également d'autres problématiques. A titre d'exemple, l'un des interlocuteurs souhaiterait que la perte de portance géotechnique suite à une opération d'excavation / remblaiement soit identifiée auprès du MO.

D'autre part, les limites techniques prévisibles des solutions telles que l'instabilité des terrains après l'atteinte d'une certaine profondeur devraient être identifiées par le BE, selon un contact de l'administration.

2.12 Implication du maître d'ouvrage

Le niveau d'implication du MO dans l'établissement du BCA a été évalué auprès des BE et des MO de façon qualitative lors des enquêtes (en interrogeant les interlocuteurs sur les étapes où le MO intervient, et sur le contenu qu'il discute). Sur la base des réponses des BE et MO interviewés, 3 « niveaux » d'implication ont pu être définis comme suit :

- Implication **faible** : MO consultant le BCA finalisé, et demandant éventuellement des compléments ou modifications mineures suite à cette revue ;
- Implication **moyenne** : MO impliqué dans le choix du contenu du BCA lors de son élaboration, puis une fois celui-ci validé, avec une discussion portant notamment sur les critères et leur pondération ;
- Implication **forte** : MO impliqué dans l'ensemble de la démarche, contribuant non seulement au choix des critères et de leur pondération, mais également à celui des mesures de gestion à étudier/ à écarter.

L'implication du MO dans l'établissement du BCA, telle que décrite par les 8 BE interrogés, est majoritairement **faible à moyenne**. L'un des BE identifie certains MO industriels comme plus impliqués, dans le sens où ils bénéficient d'un important retour d'expérience sur leurs propres sites et polluants (implication forte).

Il est intéressant de noter que les MO jugent majoritairement (7 MO sur 9) leur propre implication comme **forte**, et évoquent notamment, pour certains d'entre eux, les nombreuses phases d'échange avec les BE lors de l'établissement du BCA.

La différence d'appréciation de l'implication des MO entre ce groupe d'acteurs et les BE pourrait s'expliquer par plusieurs facteurs :

- Les BE pourraient souhaiter atténuer la reconnaissance de cette implication, car ils préfèrent avant tout afficher leur indépendance dans ce type de démarche ;
- Les MO interviewés correspondent majoritairement à des industriels de grands groupes, lesquels sont souvent très impliqués dans les études car ils gèrent de nombreux sites. Aussi, ils possèdent souvent en interne un service dédié à la gestion des problématiques environnementales (récurrentes), ce qui leur permet de s'appuyer sur un solide retour d'expérience.

Le MO est destinataire du PG, et décisionnaire quant à la réhabilitation à effectuer. Il est donc normal qu'il souhaite s'impliquer dans la démarche d'établissement du BCA, et il est souhaitable qu'il communique son retour d'expérience au BE, ainsi que ses contraintes afin qu'elles soient prises en considération.

De son côté, le BE doit veiller à jouer son rôle de conseil, en préconisant des mesures de gestion qui respectent la méthodologie nationale.

2.13 Opinion sur la réalisation systématique d'essais de faisabilité / traitabilité, ou encore d'essais pilotes

Un tiers des interlocuteurs environ (BE, ST, MO, Admin) a évoqué spontanément au cours des entretiens son souhait que des essais de terrain (essais pilotes) ou de laboratoire (tests de faisabilité / de traitabilité) soient effectués dans le cadre de l'établissement du PG et du BCA.

Trois d'entre eux (2 BE, 1 Admin) soulignent néanmoins qu'il ne faudrait pas systématiser la réalisation de ces tests, qui ne sont pas toujours nécessaires.

A noter également que cinq interlocuteurs (dont 3 Admin) ont également insisté spontanément sur l'importance de réaliser un diagnostic abouti en amont du PG. Le PG est d'autant plus pertinent et précis qu'il s'appuie sur un niveau de données suffisant.

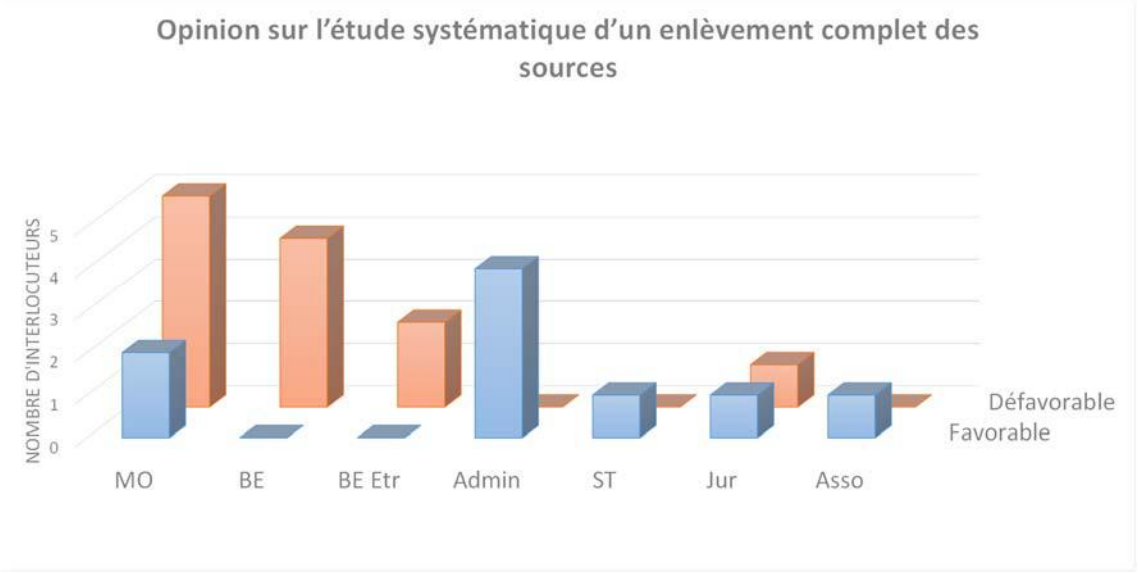
2.14 Opinion sur l'étude systématique d'un enlèvement complet des sources

Cet aspect a été ajouté au questionnaire suite à plusieurs enquêtes ayant révélé qu'il constituait une exigence pour certains interlocuteurs, mais une demande jugée aberrante pour d'autres.

Dans le cadre de l'enquête, **il a donc été demandé aux différents groupes d'interlocuteurs s'ils seraient favorables à ce que le BCA étudie de façon systématique (y compris financièrement) la possibilité d'évacuer toute la pollution du site**. Cette solution, parfois écartée d'emblée par le BE (par exemple du fait qu'il serait très onéreux de déplacer des activités en cours sur site, et de détourner des réseaux, le cas échéant, ou encore en cas de surfaces / volumes concernés très importants) présente l'intérêt de montrer le coût le plus élevé possible pour la réhabilitation du site (fourchette des possibles).

Le panel des interlocuteurs s'étant prononcé sur cette question est partiel. Le graphique ci-après présente la répartition des opinions par typologies d'acteurs :

Figure 1 : Répartition des opinions par typologie d'acteurs sur la question de « systématiser l'étude d'un enlèvement complet des sources ».



Certains des **BE** interrogés (tous défavorables) reconnaissent l'intérêt de l'exercice, mais la communication autour de cette solution « extrême » est jugée périlleuse. Les élus locaux, associations, riverains etc. risquent en effet de considérer ce chiffrage comme une possibilité réelle, et d'exiger sa mise en application. Deux interlocuteurs évoquent également la difficulté de cet exercice qui nécessite l'aide du MO (chiffrage des pertes d'exploitation par exemple). Le temps consacré à une telle étude paraît alors excessivement important comparé à l'étude des solutions « réalistes ».

Les **BE étrangers** (USA, Pays-Bas) ne sont pas favorables à cette approche car elle ne correspond plus à leur méthodologie nationale.

Pour ce qui est des **MO**, 2 d'entre eux sont favorables au principe discuté, du fait de sa dimension pédagogique. Néanmoins, 5 autres MO se déclarent défavorables à l'idée de systématiser cette étude, en raison :

- des problématiques de communication déjà évoquées par les BE ;
- de la difficulté de définir le seuil de dépollution à 100% (correspond-il au bruit de fond géochimique ?) ;
- de l'inadéquation de cette demande avec l'étude de pollutions anciennes et/ou étendues ;
- de l'inadéquation de cette démarche avec l'approche française (basée, selon l'interlocuteur, sur les niveaux de risques sanitaires) ;
- de leur opposition générale au principe de systématisation d'outils ou étapes d'études (la démarche doit être adaptée au cas par cas).

Par ailleurs, l'une des juristes interviewées est opposée à cette démarche, pour des raisons de communication, et du fait qu'il n'est pas exigible d'un industriel que celui-ci démantèle ses installations. La responsabilité environnementale étant source de risques financiers importants, cette interlocutrice estime que les études devraient se limiter au contenu strictement exigible d'un PG. Une autre juriste interviewée trouve toutefois la démarche utile pour faire (le cas échéant) la démonstration « par l'absurde » de l'impossibilité de traiter toute la pollution.

Les **interlocuteurs de l'administration, tous favorables à cette démarche,** estiment unanimement que cette approche pédagogique permettrait également de se prononcer sur le niveau adapté de réhabilitation qu'ils convient de prescrire.

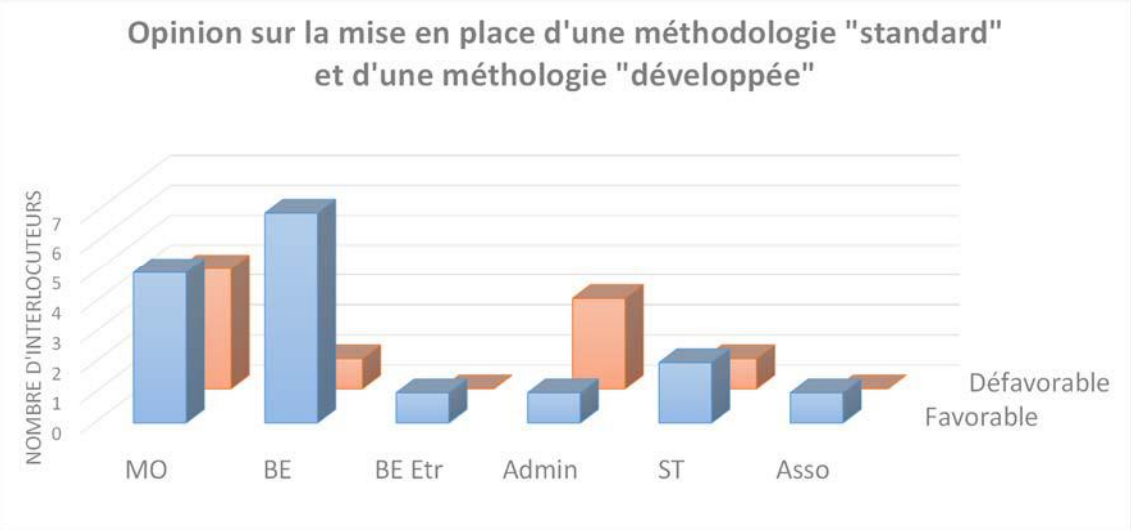
Enfin, un **interlocuteur issu d'une association environnementale** est favorable à la démarche car celle-ci pourrait permettre de chiffrer le montant des mesures compensatoires exigibles d'un industriel responsable d'une pollution.

2.15 Mise en place d'une méthodologie « standard » de BCA, et d'une méthodologie « détaillée »

Les interlocuteurs (à l'exception des juristes et des administrations étrangères) ont été interrogés sur la définition de contextes « simples/standards » de gestion, et a contrario de contextes « complexes » nécessitant un BCA « développé », ainsi que sur le contenu attendu du BCA dans un cas comme dans l'autre. Il a alors été noté en premier lieu que **tous les interlocuteurs ne sont pas favorables à l'introduction de plusieurs niveaux de complexité du BCA**.

La figure suivante synthétise le positionnement des différents groupes d'acteurs interrogés sur cet aspect.

Figure 2 : Répartition des opinions par typologie d'acteurs sur la proposition d'introduire une méthodologie « simple/standard » de BCA, et une méthodologie « complexe/développée »



Aussi, les BE sont majoritairement favorables à l'idée de définir un contenu « standard » de BCA, ainsi qu'un contenu « développé ». A contrario, les interlocuteurs de l'administration sont majoritairement défavorables. Les MO se montrent plus partagés.

Les arguments avancés en défaveur de la définition de niveaux de complexité du BCA ont été les suivants :

- Création d'un BCA « à deux vitesses » et possibilité de chercher à tout prix à rentrer dans une catégorie ou dans l'autre ;
- Impossibilité à définir des contextes simples / complexes. Pour l'un des interlocuteurs de l'administration, les contextes simples correspondent souvent à ceux ne nécessitant pas la réalisation d'un BCA (car des mesures simples de gestion suffisent) ;
- Démarche standardisée ne poussant pas les BE à la réflexion ;
- Manque de clarté et passage prévisible d'un niveau de complexité à l'autre en cours de démarche.

Pour les interlocuteurs favorables à l'introduction de plusieurs niveaux de complexité du BCA, des définitions variables ont été proposées pour définir les contextes simples / complexes. Les principales définitions qui ressortent des interviews sont présentées dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 5 : Eléments définissant un contexte simple/ standard

Elément définissant un contexte simple /standard	Nombre d'interlocuteurs citant cet élément
Gestion par excavation (le BCA ne porte que sur le niveau des excavations, ou encore sur l'arbitrage entre cette solution et d'autres alternatives possibles).	7 interlocuteurs (BE, ST, MO, Admin)
Gestion de déblais	4 interlocuteurs (BE / ST)
Contextes particulièrement récurrents (exemples cités : anciens garages, remblais d'après-guerre, stations-services)	4 interlocuteurs (BE / MO / Admin)
Zone à traiter bien identifiée, diagnostic suffisamment abouti	4 interlocuteurs (BE/ MO / Admin)
Faibles volumes à traiter	3 interlocuteurs (BE/ MO / Admin)
Absence d'impact des eaux souterraines (milieu dont la gestion est jugée plus complexe)	3 interlocuteurs (BE/ MO / Admin)
Faible profondeur de l'impact	2 interlocuteurs (BE / Admin)
Techniques particulièrement récurrentes à l'étude	2 interlocuteurs (BE / MO)

Concernant le **contenu d'un BCA standard,** les interlocuteurs souhaiteraient que celui-ci contienne a minima :

- Un rappel du contexte avec l'établissement de constats simples si nécessaire (facteur temps limitant / facteur espace limitant / faibles volumes impliqués…) ;
- Une revue des techniques applicables et une étude de l'adaptabilité de la technique aux polluants et au site d'étude ;
- Une estimation des coûts (bien que l'un des interlocuteurs de ST souhaite a contrario que les BCA les plus simples soient exempts d'une telle estimation) ;
- Une évaluation du bilan environnemental (notamment en cas d'envoi hors site de terres, vers des centres éloignés du site).

Le tableau suivant présente les principaux facteurs définissant un contexte de gestion « complexe », selon les interlocuteurs :

Tableau 6 : Eléments définissant un contexte complexe

Elément définissant un contexte complexe	Nombre d'interlocuteurs citant cet élément
Plusieurs milieux impactés / Nappe impactée	5 interlocuteurs (BE, MO)
Traitement in situ à envisager	4 interlocuteurs (BE, ST)
Géologie / hydrogéologie complexe ou hétérogène	4 interlocuteurs (BE, ST, MO, Asso)
Présence de contaminants jugés moins faciles à traiter (exemple cité : les COHV)	3 interlocuteurs (BE, ST)
Zones sources multiples	3 interlocuteurs (MO, Asso)
Usage en cours sur site (avec éventuelle présence de bâti)	3 interlocuteurs (BE, MO, Asso)
Importants volumes impactés	2 interlocuteurs (BE)
Nombreuses typologies de polluants en présence	2 interlocuteurs (BE)

Elément définissant un contexte complexe	Nombre d'interlocuteurs citant cet élément
Coûts prévisionnels de traitement élevés	2 interlocuteurs (ST)
Implication de plus de deux parties (et notamment contextes médiatisés)	2 interlocuteurs (BE, ST)

Dans des contextes complexes, les interlocuteurs souhaiteraient que **le BCA « développé » contienne** :

- Plus de critères et mesures de gestion à l'étude ;
- Une formalisation des raisons qui poussent le rédacteur à écarter certaines options ;
- une argumentation plus étoffée, et plus de détails techniques ;
- des estimations des aléas de durée de la réhabilitation, ou encore des taux d'abattement prévisionnels ;
- Une analyse critique des scénarios de gestion, voire des propositions de scénarios de substitution ;
- Une discussion sur les impacts des servitudes / restrictions d'usage ;
- un développement sur des aspects ne relevant pas des SSP au sens strict (ex : étudier le réemploi possible des terres selon les facteurs géotechniques, agro-pédologiques, de perméabilité…). Pour ce faire, le BE devrait se mettre en relation avec des interlocuteurs compétents ;
- pour certains : des estimations chiffrées issues d'une phase de conception, une consultation d'une société spécialisée en travaux de dépollution, ou encore les résultats d'essais réalisés sur site.

2.16 Opinion sur l'applicabilité de l'analyse multicritères au BCA

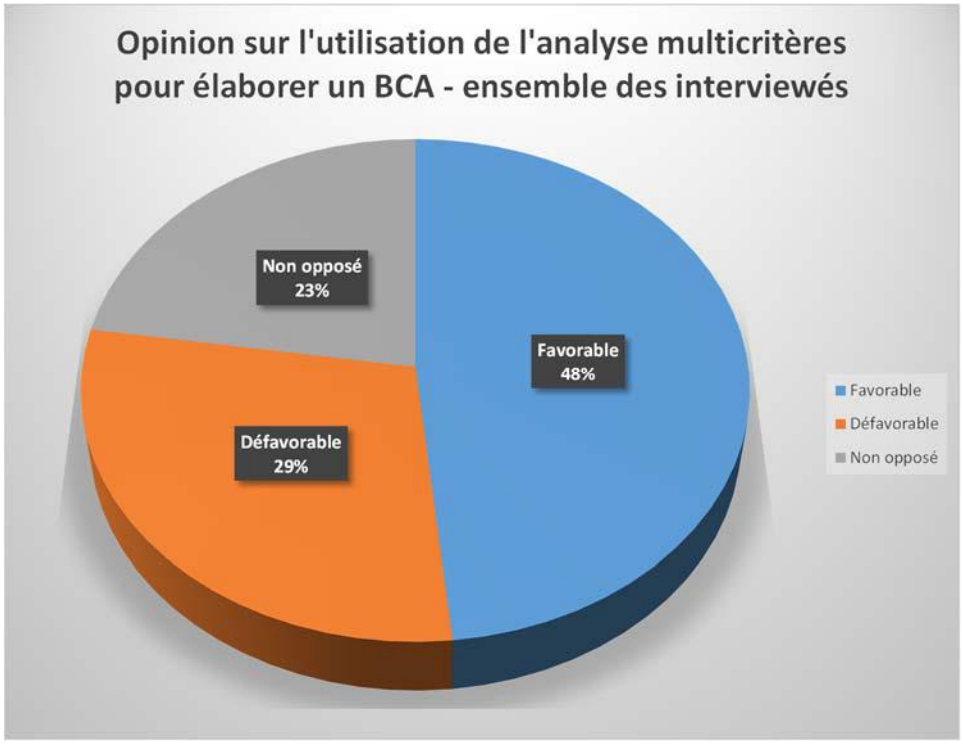
L'ensemble des interviewés a été invité à se prononcer sur l'intérêt de l'analyse multicritères pour l'élaboration d'un BCA.

L'analyse multicritères consiste à affecter une pondération aux critères retenus pour comparer les options de gestion, ainsi que des notes pour chaque couple de critère de comparaison / option étudiée. Un polynôme résultant de la combinaison des pondérations et des notes permet alors d'obtenir une note globale pour chaque option, et de comparer les possibilités de façon quantitative.

Les points de vue sur l'adaptabilité de cette méthode à l'élaboration d'un BCA se révèlent particulièrement divergents, parfois au sein d'un même groupe d'acteurs.

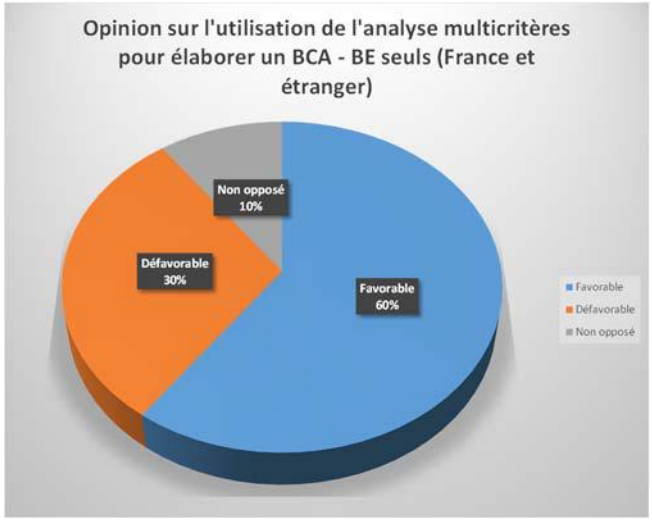
Comme l'illustre la répartition ci-après, près de la moitié du panel interrogé est favorable à cette méthodologie, pour un large quart qui y est défavorable, et près d'un quart qui y est non opposé (c'est-à-dire qui estime que la méthode doit rester libre, tant que l'analyse est pertinente et argumentée).

Figure 3 : Répartition des opinions concernant l'outil « analyse multicritères »

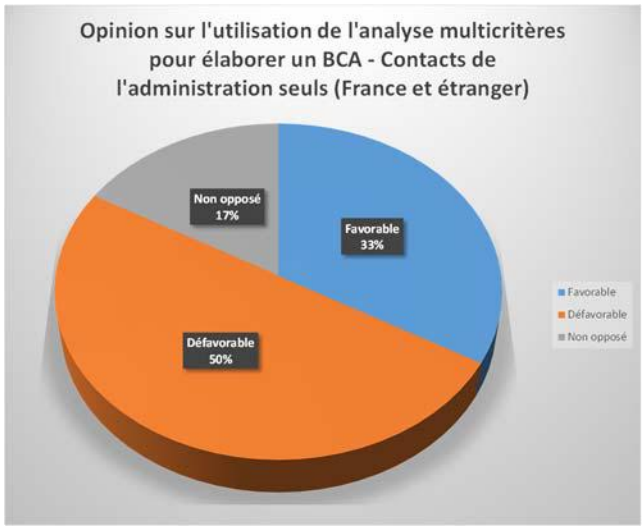


Les graphiques suivants présentent la répartition des opinions pour les trois principales typologies d'acteurs (BE, MO, et administration).

Figure 4 : Répartition des opinions concernant l'outil « analyse multicritères » pour les BE/ MO/ Admin

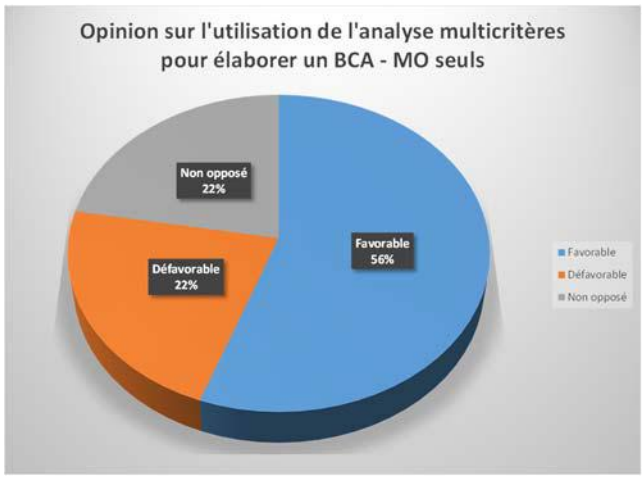


Au sein du groupe des BE, une majorité d'interlocuteurs (60%) est favorable à l'utilisation de l'analyse multicritère, voire l'applique déjà.



Auprès des contacts de l'administration française, aucun interlocuteur ne s'est révélé favorable à une telle approche. 3 contacts sur les 4 interviewés sont défavorables à l'utilisation de cette analyse.

Les deux interlocuteurs des administrations étrangères étaient quant à eux favorables à cette méthode.



La diversité de points de vue est notable parmi les MO. Plus de la moitié d'entre eux trouvent de l'intérêt à l'analyse multicritères.

Les interlocuteurs **défavorables à cette approche** soulèvent les points suivants :

- Certains interlocuteurs de BE estiment que ces démarches chiffrées sont peu valorisantes pour la profession, et leur préfèrent une argumentation qualitative de qualité ;
- Cet outil est jugé trop aisé à détourner en vue d'orienter le BCA vers la solution voulue par le rédacteur. Les résultats pourraient se révéler particulièrement variables selon le BE qui réalise le BCA en appliquant cette méthodologie. Le caractère chiffré génère par ailleurs des effets de seuil ;
- Un interlocuteur de l'administration craint que ce type d'analyse chiffrée ne remette en cause le rôle d'arbitrage des instances publiques. Il n'est néanmoins pas défavorable à son utilisation pour les BCA dont l'administration n'est pas destinataire ;
- Cette méthodologie peut se révéler complexe à mettre en œuvre.

Certains des interlocuteurs **non opposés** à l'utilisation de cet outil (ainsi que deux des interlocuteurs défavorables) suggèrent plutôt de le mettre à disposition, mais sans le systématiser.

Les interlocuteurs **favorables** à l'utilisation de cette méthodologie en soulignent toutefois la complexité de mise en œuvre. Les aspects favorables sont les suivants :

- Aspect rationnel et transparent de la démarche, (certes, le BCA peut être orienté, mais il peut l'être tout autant par le biais d'une analyse non chiffrée, tandis que la notation et la pondération forcent le rédacteur du BCA à afficher les partis pris) ;
- Le BCA est plus « réversible » dans ces conditions, ses conclusions sont moins figées. De nombreux interlocuteurs estiment qu'une telle analyse ne peut être réussie que si elle est assortie d'une étude d'incertitude / de sensibilité des paramètres, afin de voir dans quelle mesure l'issue du BCA varie selon les notes et les pondérations attribuées. Un interlocuteur préconise ainsi de conserver un regard critique sur l'issue de cette analyse, et sur le classement des solutions qui en résulte ;
- La concertation préalable avec le MO (voire avec l'administration, et les autres parties impliquées pour les cas les plus complexes) sur les pondérations / notes est jugée nécessaire par la plupart des interlocuteurs favorables à cette méthodologie ;
- De même, plusieurs interlocuteurs soulignent que le BCA doit conserver un niveau d'argumentation suffisant : le choix des pondérations et notes doit faire l'objet d'une discussion écrite.

2.17 Retour d'expérience sur les réhabilitations, et niveau d'information des BE

Les interlocuteurs ont été invités à se prononcer sur l'efficacité des mesures de gestion préconisées à l'issue des plans de gestion, ainsi que sur le niveau d'information dont bénéficie le BE sur cette efficacité. L'objectif était d'identifier si les BE ont l'opportunité de mettre à jour leurs connaissances et leur méthodologie d'établissement de BCA.

Près de la moitié des interviewés (BE, MO, Admin, Jur) notent que certains traitements ne fournissent pas les résultats escomptés (durée plus longue que prévue, ou encore atteinte des limites du traitement à un taux d'abattement inférieur à l'attendu). Plusieurs raisons l'expliquent, telles que la découverte d'autres pollutions en cours de traitement, ou encore l'impact du climat sur certaines solutions biologiques. Dans certains cas plus ponctuels, le traitement retenu ne se révèle pas adéquat pour traiter la pollution du site (ce que les essais sur site peuvent parfois révéler en amont du chantier, permettant de rechercher une solution alternative). A noter que les traitements des eaux souterraines semblent plus particulièrement sujets à ce type d'aléas.

Sur 10 BE interrogés (dont 2 à l'étranger), 6 soulignent qu'ils bénéficient de retour d'expérience appliqué dans le sens où ils sont impliqués dans les travaux de réhabilitation (maîtrise d'œuvre, ou assistance technique auprès du MO). Certains BE travaillent par ailleurs étroitement avec des sociétés de travaux qui leur fournissent un retour d'expérience appliqué sur les travaux de réhabilitation.

Par ailleurs, plus de la moitié des MO interrogés assurent qu'ils tiennent les BE informés des suites sur les sites où ces derniers ont établi les PG, même si la transmission de ces informations est souvent effectuée de façon informelle.

Les travaux de réhabilitation ne se déroulent pas toujours comme attendu, avec dans certains cas un allongement de la durée de traitement, ou encore l'atteinte de limites de traitement alors qu'il subsiste une pollution résiduelle plus importante qu'escompté.

MO et BE s'accordent néanmoins à dire que les BE bénéficient de retour d'expérience sur ces chantiers, qu'ils en assurent la réalisation / la supervision, ou qu'ils soient informés par le MO de façon informelle.

3 RETOURS D'EXPERIENCE A L'ETRANGER

3.1 Méthodologies appliquées dans les autres pays

Lors des recherches bibliographiques et lors des discussions avec les 4 interlocuteurs étrangers interviewés, plusieurs méthodologies issues d'autre pays ont pu être consultées. Deux d'entre elles (parmi les plus connues) sont décrites dans les paragraphes suivants :

3.1.1 SURF-UK

Issue du Royaume-Uni, la méthodologie **SURF-UK[10] (United Kingdom's Sustainable Remediation Forum)** propose **trois méthodes pour les BCA,** qui peuvent être appliquées individuellement, successivement, ou même combinées ensemble :

- **Analyse qualitative** : la plus simple des trois approches, qui implique d'identifier les impacts potentiels des différents scénarios de gestion, sans qu'il soit nécessaire d'estimer leur aspect significatif avec des méthodes quantitatives ;
- **Analyse semi-quantitative** : **CEA** (Combined Cost-Effectiveness Analysis – analyse coûts/efficacité combinée) et **MCA** (Multi-Criteria Analysis – analyse multicritères) : cette approche permet d'attribuer des scores aux impacts des scénarios étudiés en fonction de leur aspect significatif. Les mesures de gestion associées aux impacts les moins significatifs, et aux bénéfices les plus significatifs (comparés aux coûts) sont identifiées ;
- **Analyse quantitative** : **CBA** (Cost-Benefit Analysis – Analyses coûts/bénéfices) : cette analyse est plus complexe à mettre en œuvre, et est utilisée lorsqu'un impact généré par les scénarios étudiés peut aisément être évalué en termes monétaires.

L'approche de type CBA est l'une des plus complexes, et est souvent utilisée dans les cas les plus critiques (où les décisions auront un impact important).

L'identification des meilleurs scénarios de gestion d'un site peut également nécessiter une méthodologie itérative : si les méthodes qualitatives montrent la nécessité de réaliser une analyse quantitative, ces méthodes seront appliquées en second lieu. A contrario, si la première analyse qualitative révèle qu'il n'existe qu'un seul scénario de gestion possible pour le site (en raison de contraintes techniques ou liées au projet par exemple), il n'est pas nécessaire de réaliser des analyses plus complexes. Le choix doit néanmoins toutefois toujours être justifié.

Les méthodes quantitatives sont de plus en plus utilisées au Royaume-Uni en vue d'évaluer la performance des mesures de gestion étudiées vis à vis des principes du **développement durable**.

Des évaluations qualitatives peuvent être formulées pour de nombreux paramètres, tels que la perte de biodiversité, ou encore la dégradation de la qualité d'eaux souterraines par exemple. Elles sont alors notamment basées sur les biens et services que procurent ces capitaux naturels à la société.

L'approche américaine pour l'établissement de BCA (méthodologie de l'US-EPA – agence environnementale des Etats-Unis) est proche de celle du Royaume-Uni.

3.1.2 BATNEEC

La méthodologie **BATNEEC[11]** (Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost - meilleure technologie disponible, à des coûts économiquement acceptables) est notamment employée en Belgique pour réaliser des BCA.

---

[10] [1]

[11] [14]

L'objectif est de présenter une méthodologie aussi objective que possible pour sélectionner le scénario de gestion le plus efficace. L'analyse, telle qu'effectuée en Belgique, consiste à comparer différents scénarios sur la base d'un calcul de **rendement environnemental global**.

Le rendement environnemental global intègre des effets directs et indirects de la dépollution :

- **Coûts financiers** : coûts directs des travaux, mais également coûts indirects tels que le manque à gagner d'une exploitation mise à l'arrêt pour permettre le traitement ;
- **Bilan environnemental** reposant sur l'élimination de charge polluante, et les effets dits « secondaires » du traitement (nuisances, consommation d'énergie, etc.).

Le rendement environnemental correspond au rapport entre le bilan environnemental et les coûts financiers. Pour chaque zone impactée et pour chaque scénario de gestion, ce rendement est établi pour permettre la comparaison.

A minima 3 scénarios doivent être comparés (comportant une ou plusieurs techniques de dépollution).

3.2 Principales différences d'approches mises en évidence

Outre les méthodologies appliquées pour l'établissement de BCA, les interviews avec des interlocuteurs étrangers ont mis en évidence des différences dans **l'approche pour la réalisation des études** entre certains pays étrangers et la France. Certaines de ces différences sont présentées ci-dessous :

- Le **rôle de l'administration** est parfois plus marqué : ainsi, en Belgique (région de Bruxelles), l'administration (et non le MO) est décisionnaire quant au scénario de gestion. Chaque étape des études est par ailleurs validée par une autorité administrative, de même qu'aux Etats-Unis. Au Royaume-Uni, certains BCA sont par ailleurs directement préparés par l'administration (sites gérés publiquement car le pollueur n'est pas ou plus connu) ;
- En Belgique (région de Bruxelles), tous **les sites sont classifiés** selon 5 indices (0 à 4), afin de désigner leur niveau de pollution (de 0 : potentiellement pollué – à 4 : site pollué en cours d'étude ou de traitement). Cette classification est consultable publiquement, et tout contexte de cession/acquisition nécessite de définir l'état environnemental du site (il n'est pas possible de revendre un site en catégorie 0). Aux Etats-Unis, les « superfund sites » correspondent à des sites considérés comme prioritaires à l'échelle nationale en termes de réhabilitation environnementale ;
- L'**origine de la pollution** doit être recherchée dans certains pays (Belgique région de Bruxelles) afin de définir les modalités de gestion du site (seuils de réhabilitation), mais aussi d'attribuer des subventions (pollutions orphelines, ou encore pollutions anciennes) ;
- Certains pays ont adopté des **seuils d'intervention**, qui lorsqu'ils sont dépassés requièrent l'établissement d'un plan de gestion (e.g : Belgique en région Bruxelloise, Pays-Bas) ;
- A l'étranger, certaines parties des études sont réalisées de façon **informatisée et uniformisée** (même outil informatique pour tous) :
  - En Belgique, un outil informatique de mise en application de la méthodologie BATNEEC est disponible ;
  - Aux Pays-Bas, les calculs de risques sont réalisés en ligne selon un même logiciel pour tous les BE ;
- Les **études sont rendues publiques** dans certains des pays étrangers interviewés (Belgique région de Bruxelles, Pays-Bas, et Royaume-Uni sauf exceptions) ;
- Par ailleurs, la Belgique (région de Bruxelles) adopte une démarche proactive en **consultant toutes les parties impliquées** dans le cadre de la gestion environnementale des sites (réunions publiques systématiques). Les interlocuteurs des autres pays soulignent par ailleurs le bien-fondé d'une communication impliquant toutes les parties, car elle permet de limiter les désaccords futurs ;
- Aux Etats-Unis, il est possible de **revenir a posteriori sur un site dont la réhabilitation** est pourtant terminée et validée par l'administration, si de nouveaux éléments l'exigent (exemple : découverte de l'écotoxicité de nouveaux contaminants possiblement présents sur site) ;

- Les BCA aux Etats-Unis et aux Pays-Bas ne comprennent plus l'étude systématique de l'enlèvement de la totalité des pollutions. A contrario, aux Etats-Unis, il est étudié de façon systématique un « **scénario sans action »**, afin de voir comment évoluerait la pollution si aucune mesure de gestion n'était prise.

Dans plusieurs pays, **l'analyse multicritères** s'est démocratisée pour établir les BCA (Pays-Bas avec la méthodologie ROSA (« Robuust Saneringsvarianten Afwegen »), possibilité d'une telle analyse dans le cadre de la méthodologie SURF-UK, application également aux Etats-Unis, etc.).

3.3 Résultats obtenus et analyse critique

Sur la base des méthodologies présentées par les interlocuteurs étrangers, et des différences d'approche exposées ci-avant, il ressort que les méthodologies pour établir des BCA, bien que variables, restent comparables sur le principe (comparaison de plusieurs possibilités selon des critères choisis).

L'une des principales variables reste l'aspect **qualitatif ou quantitatif** de cette analyse, avec la possibilité de réaliser des analyses particulièrement complexes dans le cadre de la méthodologie SURF-UK (quantification de la perte de biodiversité par exemple).

S'il ne semble pas pertinent de généraliser ce type d'approche en France, il est utile de noter que les **analyses multicritères** se sont démocratisées dans de nombreux pays. Les réserves émises par les interlocuteurs étrangers interrogés sont de même nature que celles formulées par les interlocuteurs français : la mise en place de pondérations et notations ne doit pas dispenser le BE d'argumenter et expliciter ses évaluations. Par ailleurs, une réelle réflexion portant sur les spécifiés du site doit être assurée pour l'établissement de tout BCA.

Enfin, il est à noter que les interlocuteurs étrangers interviewés ont évoqué l'utilité de **communiquer en amont sur les chantiers de réhabilitation**, si possible en impliquant toutes les parties. Lorsque cette implication est possible, elle permet d'anticiper les éventuels futurs points de désaccord, et de trouver un compromis acceptable pour les différents groupes d'acteurs.

Annexe 2 Synthèses des 31 enquêtes réalisées

Administration étrangère n°1

Points clés :

➔ Dans certains cas, la méthode de réhabilitation environnementale retenue pour un site n'est pas la première priorité de l'administration, dès lors que les objectifs sont atteints et que la réhabilitation elle-même ne génère pas de nuisances ou de pollution ;

➔ Les BCA devraient être réalisés de façon rigoureuse, mais ces évaluations restent spécifiques à chaque site, et font appel au jugement des experts (notion de cas par cas) ;

➔ Le ou les scénarios de gestion retenus doivent assurer l'atteinte des objectifs tout en restant conformes à la législation ;

➔ L'hygiène et la sécurité des riverains habitant à proximité des sites, ainsi que du personnel de terrain travaillant sur les projets de remédiation sont des paramètres qui devraient être considérés comme primordiaux.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocuteur interviewé travaille au sein du National Office of the Environment Agency en Angleterre (agence nationale chargée de l'environnement – structure publique).
L'interlocuteur a 20 ans d'expérience dans le domaine des déchets et des sites et sols pollués en Angleterre. Antérieurement, il a travaillé au sein de l'administration dédiée au contrôle des déchets. Depuis 15 ans, il se focalise sur les problématiques de SSP.
Initialement, il a contribué à l'identification des sites pollués. A ce jour, il travaille à développer les politiques nationales de gestion des SSP, ainsi que les méthodologiques et pratiques à appliquer. Il est donc au fait des outils méthodologiques disponibles en Angleterre.

Au Royaume-Uni (RU), plusieurs administrations font appliquer les différentes législations en vigueur, relatives aux SSP. Les conseils municipaux assurent la gestion de la plupart des suivis environnementaux de sites pollués, mais l'agence environnementale (Environment Agency, ou EA) joue un rôle complémentaire.
La plupart des BCA sont rédigés par les consultants des donneurs d'ordres. Les BCA peuvent être soumis à l'accord de l'Administration avant de réaliser la dépollution, bien que dans certains cas, seul le scénario final est alors regardé (et non l'ensemble du BCA). Cela dépend de la législation appliquée, et du contenu que l'interlocuteur de l'administration souhaite consulter.

Parfois, l'Administration elle-même rédige des BCA, par exemple si la réhabilitation est assurée par une structure publique (lorsque le pollueur ne peut pas être retrouvé).

Le BCA dans la méthodologie nationale du pays de l'interlocuteur

De nombreuses typologies d'analyses se rapportent à la démarche dite d' « identification des options » (« Options appraisal »), qui correspond en France au bilan coûts-avantages (dans la présente synthèse, le terme BCA sera utilisé pour désigner l'analyse de type « options appraisal »). Les analyses d'identification des mesures de gestion peuvent être désignées selon plusieurs termes au Royaume-Uni., et peuvent être utilisées dans des contextes variés. De plus, les problématiques environnementales font l'objet de nombreuses lois différentes au Royaume-Uni, bien que toutes suivent une approche par gestion du risque et impliquent une démarche d'identification des mesures de gestion possibles.

Le BCA, dans le processus de gestion des risques, a pour objectif de définir quelle approche, ou quelle combinaison d'approches convient le mieux au contexte étudié.
Une analyse de type « CBA » (Cost-Benefit Analysis) correspond à une méthode d'évaluation quantitative, qui peut être retenue par les BE si jugée pertinente.

La méthodologie SURF-UK propose **trois méthodes pour les BCA,** qui peuvent être appliquées individuellement, successivement, ou même combinées ensemble :

- **Analyse qualitative:** la plus simple des trois approches, qui implique d'identifier les impacts potentiels des différents scénarios de gestion, sans qu'il soit nécessaire d'estimer leur aspect significatif avec des méthodes quantitatives ;
- **Analyse semi-quantitative: CEA** (Combined Cost-Effectiveness Analysis – analyse coûts/efficacité combinée) et **MCA** (Multi-Criteria Analysis – analyse multicritères) : cette approche permet d'attribuer des scores aux impacts des scénarios étudiés en fonction de leur aspect significatif. Les mesures de gestion associées aux impacts les moins significatifs, et aux bénéfices les plus significatifs (comparés aux coûts) sont identifiées ;
- **Analyse quantitative : CBA** (Cost-Benefit Analysis – Analyses coûts/bénéfices) : cette analyse est plus complexe à mettre en œuvre, et est utilisée lorsque un impact généré par les scénarios étudiés peut aisément être évalué en termes monétaires.

L'approche de type CBA est l'une des plus complexes, et est souvent utilisée dans les cas les plus critiques (où les décisions auront un impact important). La méthodologie du RU ne définit pas de contextes qui nécessitent une telle analyse quantitative, et le BE est généralement libre de choisir le niveau approprié de complexité de son BCA.

L'identification des meilleurs scénarios de gestion d'un site peut également nécessiter une méthodologie itérative : si les méthodes qualitatives montrent la nécessité de réaliser une analyse quantitative, ces méthodes seront appliquées en second lieu.

Si la première analyse qualitative révèle qu'il n'existe qu'un seul scénario de gestion possible pour le site, il n'est pas nécessaire de réaliser des analyses plus complexes. Parfois, il existe peu de possibilités pour la gestion d'un site, compte-tenu des caractéristiques de ce dernier, ou encore de contraintes (techniques, de projet…) Le choix doit toutefois toujours être justifié.

Les méthodes quantitatives de type CBA sont de plus en plus utilisées en vue d'évaluer l'aspect durable des mesures de gestion étudiées, et dans les BCA de façon plus générale.
Les CBA peuvent comprendre des estimations financières pour un grand nombre de critères, tels que la perte de biodiversité, ou encore la dégradation de la qualité d'eaux souterraines par exemple. De telles évaluations sont basées sur les biens et services que procurent ces capitaux naturels à la société (ainsi que sur la base du droit de ce capital à exister pour lui-même). Cette analyse aide donc les gouvernements et les décideurs politiques ainsi que les citoyens à adopter un point de vue à long terme.

A titre d'exemple, une méthodologie a été publiée au RU pour évaluer les bénéfices apportés par les eaux souterraines (en collaboration avec différentes parties, de façon à assurer une meilleure acceptation de certaines valeurs seuils retenues). Antérieurement, de telles évaluations se seraient uniquement basées sur l'alimentation en eau potable (faible fiabilité de ces estimations).
La recherche récente a permis de mieux évaluer les bénéfices liés aux eaux souterraines, sans se focaliser uniquement sur les problématiques d'eau potable.

Pour ce qui est des sols, il n'existe pas de méthodologie dédiée à l'évaluation (et la protection) des fonctions des sols. Les évaluations ont tendance à se focaliser sur la possibilité que les sols contaminés puissent affecter d'autres cibles, telles que les eaux souterraines, les eaux de surface ou les personnes.

Contextes de gestion les plus fréquents

La plupart des contextes de gestion (de l'ordre de 90%) au RU sont en lien avec des projets de **réaménagement de sites** (construction de logements, sites commerciaux…) au **droit d'anciens sites industriels**.
Le RU possède un long héritage industriel, avec des industries et des contaminants de natures variées, comme par exemple d'anciennes décharges, des sites sidérurgiques, des cokeries / usines à gaz, des sites miniers, des stations-services (avec des problématiques de pollution des eaux souterraines), etc.
Il n'existe pas de typologie d'industrie prédominante. Toutefois, certains contaminants sont plus fréquemment rencontrés : les HC, BTEX, HAP, métaux, et amiante, ainsi que les COHV dans les eaux souterraines.

Attentes concernant le BCA

L'approche de type CBA est complexe, et basée sur des évaluations économiques. Elle doit donc être particulièrement détaillée et rigoureuse. Chaque score et chaque pondération doivent être justifiés, de même que le choix des critères d'étude eux-mêmes.
L'administration du RU accorde plus d'importance à l'atteinte des objectifs de réhabilitation qu'à la méthodologie du BCA. De ce fait, les interlocuteurs de l'administration ne questionneront pas systématiquement le pollueur et le BE sur la façon dont les études sont réalisées (bien que le niveau d'implication de l'administration dépende de la législation appliquée).

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

L'interlocuteur note que des BCA visant à justifier d'un scénario de gestion présélectionné ne témoignent pas de bonnes pratiques.
Néanmoins, certains BE peuvent parfois chercher à utiliser le BCA pour justifier de décisions ayant déjà été prises.
Même si les expériences précédentes du BE peuvent aider à identifier le meilleur scénario de gestion, l'interlocuteur souligne un réel besoin de transparence. **Les pondérations, notes et scores attribués dans l'analyse devraient toujours être justifiés et expliqués de façon claire, même si ces éléments sont parfois basés sur le jugement professionnel, ou sur des préférences personnelles.**

Pour ce qui est des BCA basés sur des méthodes d'analyse qualitatives : lorsque des techniques de dépollution sont écartées sur la base de paramètres géologiques par exemple, une justification doit être fournie (cas d'études issus de sites précédents, etc.).

Efficacité du BCA comme outil de communication

Les BCA devraient être accessibles et expliqués aux différentes parties impliquées. Les meilleures pratiques seraient d'inclure l'interlocuteur de l'administration / les riverains et toutes les parties pertinentes dans le processus d'établissement du BCA, de sorte à éviter des désaccords ultérieurs.

De nombreux industriels sont maintenant ouverts à l'idée de communiquer de façon positive sur les sites et sols pollués. Toutefois, certains d'entre eux préfèrent réaliser des BCA et mettre en œuvre des travaux de réhabilitation en limitant fortement la communication publique, et les contacts avec l'administration.

La plupart des rapports que reçoit l'administration peuvent être mis à disposition du public sur demande (sauf exceptions), en raison des lois britanniques en vigueur sur ce type de données. Les industriels doivent donc accepter ce principe.

Critères

La liste de critères d'étude qui pourraient être considérés dans les BCA est presque illimitée, et devrait en tout état de cause être adaptée à chaque contexte.
La méthodologie SURF-UK établit une liste détaillée d'indicateurs en lien avec les principes du développement durable (indicateurs environnementaux, économiques, et sociaux).

Les critères peuvent être spécifiés au fil de l'analyse réalisée (notamment si celle-ci est réalisée en plusieurs étapes).
Aucun critère n'est plus important que les autres. **Toutefois, les scénarios de gestion retenus doivent assurer l'atteinte des objectifs tout en restant conformes à la législation.**

L'hygiène et la sécurité des riverains habitant à proximité des sites, ainsi que du personnel de terrain travaillant sur les projets de remédiation sont des paramètres qui devraient être considérés comme primordiaux.

Solutions de gestion

Généralement, **2 à 5 scénarios de gestion** sont étudiés de façon plus détaillée dans les BCA. Le bilan coûts-avantages constitue un processus itératif, qui permet de ne conserver que les meilleures mesures de gestion à l'avancement. Plus l'analyse est complexe, plus le nombre de mesures de gestion restantes devrait être restreint. En premier lieu, une analyse qualitative est réalisée sur l'ensemble des techniques commercialisées, bien que certaines puissent être écartées rapidement (sur la base de la géologie, du temps/foncier disponible, du type de contaminants, etc.).

Des outils méthodologiques (ex : tableaux) sont disponibles pour permettre le tri des mesures de gestion, sur la base des contaminants, des contraintes des sites, etc.

Les **mesures de gestion les plus souvent sélectionnées** sont:

- L'excavation / élimination (restant la mesure de gestion la plus courante, bien que de moins en moins fréquente);
- La bioremédiation ;
- L'oxydation chimique (parfois in situ), qui devient de plus en plus fréquente ;
- Le confinement ;
- Les barrières in situ.

Les mesures de gestion **les moins souvent sélectionnées** sont:

- La désorption du fait du faible nombre de centres de traitement mettant en œuvre cette technique au RU (disponibilité limitée);
- La bioremédiation (dans certaines régions, et en certaines saisons, le climat n'est pas favorable au succès de cette technique) ;
- Certaines technologies qui ne sont généralement pas assez rapides pour être compatibles avec les projets d'aménagement.

L'excavation / élimination n'est pas toujours la solution la moins chère : certaines directives sur les déchets sont dissuasives car elles augmentent les taxes sur le stockage de terres.

Pour ce qui est de l'atténuation naturelle surveillée, cette mesure de gestion doit respecter une méthodologie établie afin d'être jugée acceptable. Elle ne consiste pas à simplement laisser la dégradation se produire, mais elle repose sur une bonne compréhension et sur une démonstration des processus d'atténuation naturelle. Elle peut être combinée avec d'autres mesures de gestion, si elle n'est pas suffisante pour atteindre les objectifs de réhabilitation.

Pour ce qui est des technologies innovantes de remédiation (ex : la nano-remédiation, la phytoremédiation, ou encore les méthodes douces de réhabilitation en général (GRO : Gentle Remediation Options) : l'association CL :AIRE a été créée afin de démontrer leur efficacité et de promouvoir ces technologies de traitement.

L'un des objectifs de CL :AIRE est de fournir des preuves que ces technologies innovantes fonctionnent, et de montrer aux pollueurs, aux parties impliquées, et à l'administration qu'il peut être bénéfique de les mettre en application.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Il est possible que certains rédacteurs de BCA introduisent du biais (sur la pondération des critères, sur la notation….). Mais l'analyse multicritères permet une discussion transparente autour des notes et de la pondération.
L'analyse doit être justifiée, claire et transparente, afin de lui permettre d'être discutée de façon constructive par les différentes parties.
Idéalement, les discussions peuvent inclure l'administration, ainsi que les riverains habitant à proximité du site et les autres parties impliquées. Impliquer les différentes parties suffisamment tôt dans la démarche permet de limiter le risque de désaccords futurs.

Administration étrangère n°2

Points clés :

➔ Dans la région de l'interlocuteur, l'administration est décisionnaire quant au scénario de gestion à retenir pour les sites;
➔ Dans certains cas, la méthodologie BATNEEC pourra être appliquée (identification de la meilleure technologie disponible, à des coûts économiquement acceptables) ;
➔ L'analyse multicritères peut manquer d'objectivité. L'interlocuteur préconise une harmonisation des pondérations à l'échelle nationale afin que les BCA réalisés par de tels outils soient préparés selon une base commune.

Structure interviewée

L'interlocuteur travaille en Belgique, au sein de Bruxelles environnement (l'administration de l'environnement de l'énergie de la région de Bruxelles). Plus particulièrement, l'interlocuteur est chef de division de l'inspection des sols pollués / bien-être animal. Dans la même administration mais dans une autre division, des permis d'exploiter pour les installations classées niveau 1 sont délivrés.

A noter que la plupart des interlocuteurs qui valident les études et les bilans coûts avantages au sein de l'administration sont eux-mêmes issus de bureaux d'ingénierie. Ils possèdent donc une bonne connaissance technique des techniques de réhabilitation existantes.

Méthodologie du pays interviewé

La méthodologie de Bruxelles en matière de sites et sols pollués a évolué à partir de 2009, et une large consultation auprès des experts et non experts a été effectuée afin de mettre à jour les préconisations.

Un inventaire de l'état du sol a été réalisé en 2000, sous forme d'une cartographie où tous les permis d'exploiter délivrés depuis 1947 ont été recherchés. Sur la base du recensement des installations classées par risque, un inventaire a été établi :

0. Parcelles potentiellement polluées
1. Parcelles non polluées
2. Parcelles légèrement polluées sans risque
3. Parcelles polluées sans risques
4. Parcelles polluées en cours d'étude ou de traitement

Dans tout contexte de vente, il est obligatoire que l'état du sol soit connu (il n'est donc pas possible de vendre un site en catégorie 0). En cas de pollution avérée, le site ne peut être vendu que si des garanties financières ont été prises pour effectuer la réhabilitation, et si un calendrier des travaux est disponible. Le responsable (vendeur/ acheteur) doit par ailleurs être clairement identifié.
Une attestation de sols est alors délivrée par l'administration. Ainsi, tous les sites sont investigués dans les contextes de cession/acquisition, mais aussi lors des cessations d'activités ou lors de l'initiation de nouvelles activités à risques.
La base de recensement est consultable publiquement.

L'administration approuve le contenu des études à chaque étape.
Si une pollution est caractérisée sur un site d'étude, il faut alors identifier si la pollution est liée aux activités actuelles (pollution nouvelle), historiques (pollution orpheline), ou à une combinaison des deux (pollution mixte).

Des valeurs d'intervention ont été définies dans la région de l'interlocuteur, en fonction des zones urbaines (zone d'habitat, zone industrielle, zone Natura 2000, etc.).

Dans le cas où les valeurs d'intervention sont dépassées, une étude détaillée est nécessaire, avec pour objectif de délimiter la pollution.

Il existe deux filières pour les sites contaminés :

- **Filière pollution nouvelle** : le terrain doit être dépollué (assaini) jusqu'aux valeurs d'assainissement ;
- **Filière pollution mixte / orpheline** : le site doit être géré en fonction des risques sanitaires, qui sont caractérisés. La gestion peut alors être orientée vers des mesures permettant de couper les voies de transfert et d'exposition (recouvrement des terres par exemple), ou encore vers des mesures de suivi.

Suite aux travaux de réhabilitation, une étude doit démontrer qu'il a été satisfait aux exigences décrites ci-dessus.

L'exercice de bilan coûts avantages (BCA) est réalisé dans le cadre des projets d'assainissements (ou dépollutions). Les experts doivent alors sélectionner des techniques de réhabilitation sur la base des critères suivants :

- Efficacité
- Coût ;
- Incidences sur l'environnement ;
- délais d'exécution.

En cas de coûts importants des techniques identifiées ci-avant, le rédacteur est orienté vers la méthodologie **BATNEEC** (Best Available Technique Not Entailing Excessive Cost - meilleure technologie disponible, à des coûts économiquement acceptables).

Dans un contexte de **projet dit « d'assainissement »,** l'exploitant doit alors soumettre un projet comparant a minima 3 méthodes d'assainissement (scénarios de gestion). **L'administration est alors décisionnaire de la meilleure option à retenir**, ce qui est différent du contexte français.
Par ailleurs, l'expert peut également proposer une solution de réhabilitation de type « gestion des risques », qui correspond alors au minimum à réaliser.

A noter que dans les **projets dits de « gestion de risques »,** il est également demandé à l'expert d'étudier une possibilité de gestion par assainissement (et non uniquement des mesures de surveillance ou recouvrement des pollutions par exemple), en vue de vérifier qu'il ne serait pas plus avantageux financièrement de traiter la pollution.

Des tests en laboratoire peuvent être réalisés en parallèle de la démarche de bilan coûts-avantages.

Des primes (subventions) sont accordées pour la réalisation des études / pour la filière de gestion des risques (gestion de pollutions orphelines). Dans le cas d'une pollution nouvelle, le principe pollueur-payeur s'applique. Certains secteurs (cuves de fioul de particuliers, stations-services, et probablement bientôt pressings et garages automobiles..) bénéficient d'aides financières pour initier les études.

Contextes de gestion les plus fréquents

Dans 70% des cas, les études sont réalisées en contexte de cession de sites.
La vente peut intervenir en fin d'exploitation.
De nombreux sites présentent une pollution des eaux souterraines, et non uniquement des sols. Les contaminants récurrents sont les HC, les BTEX, les HAP, ainsi que les métaux lourds et des solvants.

Attentes concernant le BCA

De façon générale, toutes les études sont des documents techniques respectant les bonnes pratiques en vigueur, mais comportent également un résumé non technique.
Les bonnes pratiques ont été établies conjointement entre l'administration et la profession des experts en sites et sols pollués / des sociétés d'assainissement.

Le BCA en tant qu'outil d'aide à la communication

Il existe une communication entre l'expert qui établit le bilan coûts-avantages et l'exploitant, ainsi qu'entre l'expert et l'administration.
Par ailleurs, le contenu du BCA sera consultable publiquement, et pourra être discuté lors de réunions publiques.

Critères d'étude

Les critères d'étude génériques sont les suivants :

- Efficacité
- Coût ;
- Incidences sur l'environnement ;
- délais d'exécution.

Si la méthodologie BATNEEC est mise en œuvre (car les coûts de traitement sont identifiés comme élevés), les critères de sélection et comparaison des techniques seront :

- les **objectifs d'assainissement** ;
- les **objectifs en termes de risques** ;
- les **délais d'exécution** ;
- Les **coûts** ;
- Le **bilan environnemental**, critère qui regroupe un nombre important de thématiques : charge de polluants éliminée, consommation énergétique, gêne occasionnée par les travaux, incertitude concernant l'atteinte / la contrôlabilité des objectifs, durée, pollution résiduelle, sécurité des opérateurs, déchets générés, rejets et émissions, etc).

Concernant le **bilan environnemental**, l'interlocuteur souligne qu'une valorisation des bonnes pratiques est recherchée (exemple : encourager le transport de terres par bateau plutôt que par voie routière).
Les **nuisances** du chantier sur l'air, l'eau, ainsi que les nuisances sonores sont évaluées.

L'**acceptabilité sociétale** est prise en considération par le biais des enquêtes publiques. En effet, pour chaque chantier de réhabilitation, une consultation publique a lieu au niveau communal. Les riverains, par exemple, peuvent donc alors s'exprimer sur les conditions de la réhabilitation. Le projet peut être modifié pour en tenir compte (intégration de contraintes de bruit, de rejets d'eau, etc.).

Solutions de gestion

La méthodologie bruxelloise exige de présenter **a minima 3 possibilités** d'assainissement dans les bilans coûts-avantages. Parfois, un nombre plus important de possibilités peuvent être présentées. Lorsque les variantes proposées sont nombreuses, l'interlocuteur souligne que le choix par l'administration est plus pertinent, car il se base sur un plus grand nombre de possibilités.

Une part importante des travaux de réhabilitation est effectuée par excavation des sols impactés.

Opinion sur le développement d'une méthodologie standard / complexe

L'interlocuteur différencierait avant tout l'étude de la pollution des sols et celle de la pollution des eaux souterraines.
BATNEEC pourrait être appliqué pour les sols, puis pour les eaux souterraines, de façon séparée. Dans certains cas, l'interlocuteur juge qu'une telle approche serait plus complète qu'une approche intégrée, tenant compte des deux milieux à la fois.

Opinion sur l'outil d'analyse multicritères

L'interlocuteur alerte sur les méthodologies par analyse multicritères, dont la **pondération pourrait être orientée pour aboutir à une option souhaitée**.
Eventuellement, si la pondération est arrêtée par l'administration au niveau régional, cette méthodologie pourrait rester pertinente.
Il pourrait également être envisagé de mettre en place des pondérations par classement ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) des sites relevant de cette réglementation.

Administration n°1

Points clés :

➔ Le BCA devrait présenter en systématique la solution d'un enlèvement complet de la pollution même si cette solution ne paraît pas, a priori, ni techniquement ni économiquement acceptable, car cette solution correspond à l'attente des élus et des riverains.

➔ Le choix doit s'opérer sur une solution globale, intégrant notamment les coûts de surveillance ultérieure et d'entretien des dispositifs.

➔ Une méthode généralisée d'analyse multicritères ne permettrait pas au préfet ou au maire de remplir son rôle d'arbitrage en fonction des enjeux locaux.

➔ Toute technique de dépollution innovante dans le contexte français et qui serait proposée doit s'appuyer sur un retour d'expérience concret (ex : application dans un autre pays).

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocuteur est référent régional SSP dans une DREAL. Il travaille sur les sites prioritaires et sensibles. Les contextes récurrents dans lesquels l'interlocuteur peut être impliqué sont notamment :

- Le contexte de cessation d'activité ICPE au droit de sites pour lesquels il existe un projet d'aménagement ;
- Le contexte de sites exploités dans le passé au droit duquel une pollution est découverte, alors qu'il y a déjà un projet d'aménagement prévu.

Retour d'expérience sur le BCA

Certains BCA sont orientés : le BE a déjà choisi une solution de gestion, et le BCA ne vise alors qu'à la justifier, plutôt qu'à comparer factuellement différentes options.
Les BE peuvent favoriser une solution qu'ils maîtrisent mieux, en n'apportant pas une argumentation suffisante sur les options moins bien maîtrisées.

Certaines options de gestion (notamment in situ) nécessitent de réaliser des **études pilotes** avant de se positionner sur une solution de réhabilitation. L'interlocuteur jugerait pertinent de prescrire un BCA à deux niveaux :

- Une première analyse basée sur la littérature et le retour d'expérience ;
- Puis au besoin une deuxième analyse basée sur des investigations complémentaires (pour les sites à enjeux).

L'interlocuteur fait remarquer que toute **technique « innovante »** proposée doit être étayée par un **solide retour d'expérience transposable au site (ex : site similaire dans un autre pays)**, et documentée avec précision (notamment en fournissant les teneurs initiales et les teneurs en fin de traitement pour le site servant d'exemple). En effet, il n'est pas du ressort des administrations régionales de statuer sur la validité ou non de solutions innovantes.

Enfin, les BCA ne sont pas toujours assez détaillés : à titre d'exemple, l'interlocuteur souhaiterait que le BE indique quelles quantités de produits seront nécessaires dans le cas d'un traitement in situ par injection.

Attentes concernant le BCA

- Le BCA doit être **technique**, car c'est le document qui va justifier du choix de la technologie retenue. Mais il doit aussi être compréhensible par le public, car il est un document clé (avec l'EQRS) qui peut être lu par les riverains et les élus ;

- Lorsqu'un résiduel de pollution subsistera sur site, le BCA doit permettre de **répondre de façon argumentée** à l'interrogation récurrente des interlocuteurs non sachants : **« pourquoi n'enlève-t-on pas toute la pollution ? »** ;
- A cet effet, il est souhaité que le BCA **présente en systématique la solution d'un enlèvement complet de la pollution même si cette solution ne paraît pas, a priori, ni techniquement ni économiquement acceptable**, car cette solution correspond à l'attente des élus et des riverains ;
- La comparaison des options de gestion devrait intégrer les **surveillances ultérieures, ainsi que les frais d'entretien des dispositifs** (le cas échéant). Il est nécessaire que tous les intervenants du projet identifient clairement à ce stade qui en aura la charge financière.

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

Les solutions de gestion ne sont pas décidées en amont du BCA dans la majorité des cas, mais ce cas de figure se présente effectivement.
Au-delà du biais identifié ci-avant (les BE peuvent être tentés de favoriser une solution de gestion qu'ils maîtrisent mieux), l'existence de professionnels pour une technique de dépollution donnée dans une région va également influencer les approches qui seront les plus considérées. La disponibilité de la technique localement pourrait être prise en considération de façon transparente par le BE, en tant que critère (elle l'est généralement par le coût d'intervention qui est moindre de par la proximité). Toutefois, l'interlocuteur rappelle que l'administration ne peut en aucun cas s'appuyer sur des sociétés définies en prescrivant son arrêté de réhabilitation.

Le fait que la solution soit parfois identifiée en amont de l'exercice n'est pas nécessairement irrecevable si elle est bien argumentée dans le BCA, le nombre de solutions possibles étant limité à la base.
Le plus important est que le niveau de dépollution requis soit atteint. Le BE doit veiller à fournir une comparaison détaillée de chacune des solutions, y compris de celles qui ne sont pas retenues en conclusion du PG.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA est un réel outil de communication. L'administration a d'importantes attentes sur cette partie du PG, afin de justifier d'une combinaison de mesures de gestion à retenir. Le BCA est une phase clé dans le déroulé des études dans le cadre de la gestion d'un site pollué.

Critères

Les critères généralement étudiés sont :

- L'atteinte des seuils de dépollution ;
- Le coût financier ;
- Les délais ;
- Les nuisances générées par le chantier (si habitations proches) ;
- La pérennité des solutions retenues ;
- Les contraintes de réaménagement (dispositions constructives) ;
- Les servitudes.

Tous ces critères sont jugés primordiaux par l'interlocuteur. Concernant les autres critères, non évoqués ci-avant :

- **L'acceptation sociétale** (au sens plus large que l'estimation seule des nuisances du chantier) : certaines solutions jouissent effectivement d'une faible acceptation sociétale (ex : le confinement). Mais à plus grande échelle, ce sont les principes mêmes de la méthodologie nationale qui sont parfois mal acceptés par les citoyens, qui peuvent défendre une logique de « dépollution totale ». Aussi, un BCA bien argumenté doit permettre de faire accepter la solution retenue.
  Il n'est pas utile d'étudier le critère sociétal en tant que tel, mais il faut plutôt en tenir compte dans la présentation des arguments.

- **Le bilan environnemental global :** ce critère est souvent étudié de façon succincte, et sur la seule base du nombre de rotations de camions. L'interlocuteur estime que **ce critère est rarement déterminant**, sauf pour écarter la solution de tout envoyer en centre de stockage.

Quelques critères adaptés au contexte du site et bien argumentés suffisent pour réaliser un BCA – l'interlocuteur favoriserait un nombre limité de critères, mais une argumentation solide sur chacun d'entre eux.

Solutions de gestion

Le **nombre de solutions étudiées** est très variable : si l'on tient compte des variantes qui peuvent parfois être proposées, ce nombre peut aller jusqu'à une quinzaine.

Pour ce qui est des **solutions les plus souvent retenues** :

- Les **métaux** sont souvent gérés par excavation et confinement sur site, et plus rarement par traitement chimique ;
- Les **hydrocarbures** sont gérés sur site ou hors site, régulièrement par bioremédiation.

Les **solutions les moins souvent retenues** correspondent notamment à **l'atténuation naturelle**, du fait de sa difficile justification et de sa mauvaise acceptabilité auprès des élus (cette solution est perçue comme une façon de « ne rien faire »). Pour que l'atténuation naturelle soit recevable en tant que solution de gestion, il faut avoir démontré qu'aucune autre option à plus court terme n'est recevable et économiquement acceptable.

L'interlocuteur note que le confinement ne dispose également pas d'une bonne acceptabilité auprès des élus, mais cette solution est néanmoins retenue régulièrement notamment pour les pollutions inaccessibles ou de grande étendue.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur y est particulièrement favorable (voir ci-avant).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

La distinction est pertinente si elle correspond au **principe de proportionnalité**.
Mais il ne semble pas utile de préciser une méthodologie de BCA pour les contextes les plus simples : souvent, de tels contextes ne requièrent justement pas la réalisation d'un BCA.
En effet, lorsqu'une pollution localisée est identifiée, il n'y a pas lieu de rédiger un BCA, le spot de pollution doit tout simplement être éliminé, en prenant des mesures simples. Par mesures simples, l'interlocuteur fait notamment référence à des mesures qui ne génèrent pas de nuisances à long terme pour les riverains, et qui ont un coût limité. Ces mesures s'appliquent donc logiquement à des volumes limités de pollution.
Quand il existe une seule solution de gestion possible, il convient néanmoins de le justifier via un BCA, sauf si la solution consiste au retrait de la pollution.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocuteur interviewé n'est **pas favorable à l' »analyse multicritères »**. Un BCA bien argumenté ne nécessite pas de notation pour permettre de retenir la meilleure solution de gestion.
Par ailleurs, si le choix de cette solution n'est pas évident à l'issue du BCA, le maire ou le préfet doivent conserver leur rôle d'arbitrage, ce qui est peu compatible avec une méthode « mécanique » et chiffrée telle que le scoring.
Néanmoins, le scoring pourrait être proposé comme **outil d'aide à la réflexion pour les BCA qui ne sont pas voués à être consultés par l'administration**.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Les solutions retenues (qui sont des combinaisons de mesures de gestion) sont **généralement efficaces**. Il existe des exceptions, notamment en cas de découverte d'une nouvelle pollution au cours du chantier de réhabilitation.

Par ailleurs, la solution envisagée demande parfois **plus de temps que prévu** initialement (notamment pour les HC, COHV et métaux).

Enfin, le milieu **eaux souterraines** est particulièrement imprévisible et complexe, et il arrive donc que le traitement ne fonctionne pas, sans que la raison en soit identifiée. Ces cas restent néanmoins marginaux.

Administration n°2

Points clés :

➔ La méthodologie ne prend pas en compte à ce jour le critère de capacité de financement de l'industriel pour la réhabilitation du site ;

➔ Souvent, le BE ne se positionne que sur un usage similaire à la dernière période d'exploitation à l'issue de son PG. Il serait pourtant utile d'étudier les autres usages possibles, car les changements d'usage sont fréquents, et nécessitent alors de réaliser de nouvelles phases d'études (ces sites pourraient donc être systématiquement être inscrits en tant que SIS).

➔ Parfois, des mesures simples de gestion suffisent, et il n'y a pas lieu de réaliser un BCA. Il ne faut pas négliger la possibilité d'élimination des sources concentrées.

➔ Il est important d'étudier l'enlèvement total d'une pollution afin que l'industriel prenne connaissance du coût en lien avec la pollution qu'il a engendrée.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocuteur est adjoint au responsable du service risques au sein d'une DREAL, et chef de la division risques chroniques depuis 2 ans. Il est chargé d'animer le réseau régional des inspecteurs des installations classées.
Il a également travaillé 5 ans en tant que responsable d'une UT, ainsi que 5 ans en tant que chef de subdivision environnement (implication sur des sites en fonctionnement aussi bien qu'en cessation).

La région de l'interlocuteur ne possède pas un gros passé industriel. Aussi, la thématique SSP peut être moins prépondérante au sein de la DREAL de l'interlocuteur qu'au sein d'autres DREAL. La région comporte néanmoins un tissu industriel dynamique, et le contexte de crise financière est à l'origine d'un nombre important de cessations d'activités avec de nombreux responsables défaillants.

Les **contextes récurrents localement** sont :

- Des évacuations de cuves d'hydrocarbures avec nécessité de décaper les terrains en surface (légère pollution résiduelle laissée sur site) ;
- Des pollutions métalliques liées à des apports de remblais et aux activités de fonderie, avec une gestion opérée en partie par confinement sur site.

Retour d'expérience sur le BCA

L'interlocuteur identifie une difficulté particulière pour les professionnels de l'administration : **comment prendre en compte avec justesse la situation financière du payeur de la réhabilitation** ? Un bon équilibre est recherché entre des objectifs de réhabilitation qui permettent une amélioration de l'état des milieux, et le risque de mettre en péril une activité économique locale en prescrivant des réhabilitations trop coûteuses. **La méthodologie ne prévoit pas la prise en compte de la solvabilité du payeur**. A noter que la plupart des cessations d'activité sont en lien avec des liquidations judiciaires. Le choix de la solution de réhabilitation va donc s'orienter dans ce type de cas vers la solution la moins chère.

Une autre difficulté identifiée est celle de contrer la solution de laisser (au moins pour partie) la pollution en place, défendue par certains industriels et leur BE. Ces solutions génèrent des contraintes et des servitudes sur le long terme, qu'il faut bien avoir identifiées. **Il n'est pas toujours souhaitable d'évacuer toute la pollution, mais un juste milieu entre évacuer toute la pollution, souvent économiquement non pertinent, et tout laisser en place, doit être recherché par le BE.**

L'interlocuteur identifie également parfois des faiblesses dans **l'identification des pollutions concentrées** : ces dernières doivent être délimitées sur la base d'un diagnostic suffisamment abouti.

Un manque de pragmatisme est aussi identifié chez certains BE : **parfois, des mesures simples de gestion suffisent** (exemple : décapage de terres impactées sous une cuve), **et il n'y a pas lieu de réaliser des études (dont un BCA) pour aboutir à cette conclusion.**

Beaucoup de PG (notamment en contexte de liquidation judiciaire, où le repreneur du site cherche à réaliser son projet en dépensant le moins possible pour la réhabilitation du site) sélectionnent et **développent une unique solution**, sans comparer plusieurs scénarios de gestion. Cela s'explique souvent du fait qu'une seule solution est réalisable en raison des moyens financiers disponibles.

Dans le PG (et le BCA), il manque également souvent une **discussion sur les usages** : les réhabilitations sont basées sur l'hypothèse d'un usage futur comparable à la dernière période d'activité. Dans d'autres contextes, les porteurs de projet ne font réhabiliter le site que sur la base du programme d'aménagement prévu. **Le PG n'étudie pas la possibilité de réhabiliter le site pour d'autres usages**. Est-il souhaitable qu'à chaque changement d'usage, une nouvelle phase d'investigations et d'études soit nécessaire ? Ne vaudrait-il pas mieux se positionner dès la cessation ? Faute de positionnement en cas de changement d'usage, ces sites risquent systématiquement à terme de devenir des SIS : est-ce souhaitable ?

Attentes concernant le BCA

Du point de vue de l'interlocuteur, un BCA « standard » devrait comporter :

- Plusieurs scénarios de gestion ;
- Une évaluation massique en fonction des scénarios (quels volumes seraient concernés par la dépollution ?) ;
- Une estimation financière en fonction des scénarios ;
- Une discussion plus approfondie sur les usages possibles selon les scénarios de gestion considérés.
- des discussions autour des hypothèses de conservation de la mémoire autour de l'état du site (SUP, Basol, SIS, Basias...).

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

L'interlocuteur estime que l**es BCA justifient dans la majorité des cas des solutions décidées en amont, sur la base d'une enveloppe budgétaire fixée**. Parfois, l'effort d'identification des sources concentrées à l'issue du diagnostic ne semble pas suffisant.
Pour ce qui est de la pertinence des solutions ainsi proposées, l'interlocuteur interviewé juge que les BE sont des professionnels qui disposent d'un bon retour d'expérience. Aussi, il n'est pas aberrant qu'ils sachent d'emblée quelle solution sera la plus appropriée.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le format du BCA se prête bien à la communication. Néanmoins, l'interlocuteur identifie deux cas de figure :

- Le porteur de projet dispose des moyens financiers nécessaires pour pousser la dépollution du site à son maximum, et peut aller effectivement s'appuyer sur le BCA pour communiquer sur le sujet ;
- Le porteur de projet ne dispose pas de tels moyens, et l'exposition du BCA au public risque de générer des problématiques de communication auprès des riverains, des élus locaux, etc.

Critères

Les critères généralement étudiés sont :

- Le coût ;
- La fiabilité de la technique ;
- L'évaluation massique ;
- La durée ;
- Le transport engendré (ex : contraintes liées au transport de terres hors site) ;

Le critère du **bilan environnemental global** est peu souvent étudié. L'interlocuteur n'est par ailleurs pas en faveur d'une étude beaucoup plus poussée de ce critère : il souhaite ne pas multiplier la liste des critères étudiés, et rester pragmatique.
L'acceptation sociétale est encore peu discutée, mais est en voie de devenir un thème récurrent vis-à-vis des futurs propriétaires du site (avec la médiatisation croissante de la problématique de gestion des SSP).
Le critère **juridique** est encore trop peu développé selon l'interlocuteur. Le futur aménageur du site doit pouvoir identifier les contraintes qui pèseront sur son projet.
Enfin, le critère des **usages qui seront compatibles** avec l'état du site après la réhabilitation est trop peu étudié.

Les **critères qui sont les plus importants** du point de vue de l'administration interrogée correspondent aux **coûts**, et aux **usages qui seront compatibles avec l'état du site** suite à l'application d'une mesure de gestion donnée.

Solutions de gestion

Souvent, 2 à 3 solutions de gestion sont comparées, ce qui est suffisant aux yeux de l'interlocuteur. Les solutions les plus souvent retenues sont les suivantes :

- Majoritairement des confinements avec restriction d'usage ;
- Des excavations des terres les plus polluées ;
- Plus rarement, des traitements in situ.

L'interlocuteur n'identifie pas de solution qui serait systématiquement écartée. **C'est plutôt le principe de traiter toute la pollution qui est fréquemment écarté.**
L'administration reste demandeuse de solutions éprouvées, apportant des garanties d'atteinte des objectifs de réhabilitation. Aussi, certaines techniques « expérimentales » sont moins souvent retenues. Régionalement, peu de sites se prêtent de toute façon à la réalisation de traitements de grande ampleur, mettant en avant des techniques novatrices (pas de contexte industriel historique lourd).

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur trouve **important de chiffrer de façon systématique le coût d'un traitement complet de la pollution** (intégrant le cas échéant des coûts d'enlèvement de bâtiments, de déplacement de réseaux, des pertes d'exploitation, une excavation totale de la zone, etc.) afin que l'industriel prenne connaissance du coût en lien avec la pollution qu'il a engendrée.
La plupart des BCA soumis à l'interlocuteur défendent a contrario un scénario laissant les pollutions en place (en l'absence de risques sanitaires et après application des éventuelles mesures simples de gestion).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'idée est pertinente aux yeux de l'interlocuteur, qui suggère de distinguer :

- Des **contextes soit « simples » soit « récurrents »,** tels que les pollutions au droit des stations-service, ou encore des secteurs de remblais (contaminés par des métaux de façon récurrente) ;
- Des **contextes « complexes »** en lien avec la présence de composés volatils, par exemple (voies de transfert et d'exposition plus complexes à caractériser).

Dans les **contextes complexes**, le BCA devrait être plus développé qu'un BCA « standard » (voir la rubrique « Attentes concernant le BCA »), et devrait comprendre :

- En premier lieu (avant le BCA), un diagnostic plus précis ;
- Plus de détails concernant les opérations de dépollution ;
- Une discussion sur les incertitudes ;
- Une discussion sur l'impact des servitudes ou restrictions d'usage.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Ce type de méthode se prêterait trop à l'orientation du BCA vers une solution donnée. L'interlocuteur favoriserait plutôt une discussion autour des solutions possibles.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Généralement, les chantiers permettent in fine d'aboutir aux objectifs du PG, et les solutions retenues sont bien adaptées. Les marges d'incertitude sur l'atteinte du résultat sont d'autant plus faibles que le diagnostic est précis en amont du PG.

Administration n°3

Points clés :

➔ Le PG doit faire suite à un diagnostic abouti.

➔ La réalisation de mesures sur site et de tests permet de réduire les incertitudes et d'étayer le BCA.

➔ Il est primordial de s'interroger sur l'existence de pollutions hors site. Souvent, cette dimension n'est pas suffisamment investiguée, car les industriels peuvent craindre de communiquer avec les riverains sur la pollution de leurs sites.

➔ Les BCA devraient proposer des scénarii de réhabilitation, comportant des mesures de gestion pour chacun des milieux impactés (le panache de dissous est parfois négligé, voire le milieu eaux souterraines dans son ensemble – au profit des sols).

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice est chargée de mission au service régional de la DRIEE IDF. Elle intervient notamment :

- dans des contextes de gestion de dossiers SSP dits « sensibles » régionaux (milieux fortement impactés, impacts sanitaires avérés) ;
- dans L'accompagnement de la démarche « établissements sensibles » en lien avec le BRGM et le ministère.

Antérieurement, l'interlocutrice travaillait au sein d'une Unité Territoriale, où elle a également pu consulter un grand nombre de PG touchant à des contextes variés (incluant des contextes moins sensibles que ceux dont elle a actuellement la charge).

Retour d'expérience sur le BCA

Plusieurs remarques peuvent être formulées quant aux BCA dont l'interlocutrice a pu être destinataire :

- Certains BCA présentent **un grand nombre de techniques, sans réelle réflexion sur les enjeux** (nuisances, contraintes du site…). Une importance excessive est parfois accordée au **critère financier**, qui est alors prépondérant. Le BCA devrait bien tenir compte de tous les autres paramètres ;
- Parfois, le PG ne fournit **pas suffisamment de détails techniques pour étayer son BCA**. Le niveau de détail est par ailleurs très variable d'un BE à l'autre. De nombreux paramètres déterminent la probabilité de succès des solutions de gestion, et il convient de les mesurer sur site (teneur en matière organique, perméabilité de la nappe…). La réalisation de mesures directes permet de limiter les incertitudes ;
- La performance de certains traitements est parfois inférieure à ce qui avait été annoncé. **Les BCA sont trop rarement accompagnés de tests de traitabilité** ;
- En petite couronne parisienne, en raison de l'importante pression foncière, la gestion des sites est réalisée dans des délais très brefs, ce qui pousse souvent à aboutir à une **solution de gestion par excavation**. Or, ce n'est pas nécessairement la seule option possible.

L'administration demande souvent des compléments du fait que **le PG ne respecte pas la méthodologie française (PG non recevable en l'état)**, par exemple :

- en n'envisageant pas la suppression des sources. **Encore aujourd'hui, l'administration consulte des PG cherchant à justifier du maintien d'une pollution sur la base de calculs de risques sanitaires.**
- En proposant un traitement pour les sols, mais sans étudier d'option de gestion permettant de traiter la phase libre de la nappe.
- Ou encore, en proposant des options de gestion pour la phase libre, mais sans étudier la possibilité de traiter le panache dissous.

Dans d'autres contextes, l'administration réceptionne les études après la fin des travaux de réhabilitation, et constate qu'il subsiste un fort résiduel sur site, dont le maintien est argumenté sur la base de limites techniques. Toutefois, des compléments de traitement auraient pu être envisagés.

Trop souvent dans des contextes d'aménagement, **il n'est pas envisagé de faire évoluer le projet afin de tenir compte d'alternatives de dépollution**. Le BE ne devrait pas se passer de BCA, et ce même si des sous-sols doivent être créés au droit du site étudié, évacuant de fait la pollution par excavation (associée à des servitudes). En effet, une autre technique aurait peut-être pu permettre d'atteindre un abattement plus important des teneurs.

Il est par ailleurs primordial de s'interroger sur **l'existence de pollutions hors site.** Souvent, cette dimension n'est pas suffisamment investiguée, car les industriels peuvent craindre de communiquer avec les riverains sur la pollution de leurs sites.

A noter également que **certains PG ne sont pas conclusifs** quant à la solution de gestion à retenir, ce qui ne permet pas à l'administration d'établir un arrêté prescrivant la réhabilitation du site.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes de gestion les plus fréquents pour l'interlocutrice correspondent à des friches industrielles en milieu urbain réhabilitées pour un usage plus sensible que l'industriel (ex : logement).
Les contaminants récurrents sont les hydrocarbures et les solvants chlorés. Les eaux souterraines sont souvent impactées.

Attentes concernant le BCA

Avant tout, le PG **devrait s'appuyer sur un diagnostic suffisamment abouti.**

Le PG (et son BCA) sont des **documents techniques**, mais il faut veiller à ce que son **contenu reste abordable pour des lecteurs non experts en SSP**. Le BCA doit être bien argumenté, et suffisamment détaillé.
Souvent, les BCA présentent de nombreux tableaux. Ce format ne doit pas empêcher le rédacteur d'apporter des **justifications et des arguments** concernant le choix de la solution retenue.
La démarche attendue consiste à exposer les techniques existantes, puis à en retenir quelques-unes (de l'ordre de 3) qui seront étudiées plus en détails.

Les BE ne travaillent pas encore assez sur la base d'outils tels que le bilan matière, ou encore en comparant les signatures chimiques des polluants. Les arguments en lien avec la recherche de l'origine des pollutions (est-elle issue du site, ou non ?) sont souvent trop peu étayés. L'isotopie, par exemple, n'est pas une méthodologie si coûteuse, et elle permettrait parfois de discriminer l'origine des pollutions.
Il manquerait également un travail sur le comportement des polluants, dont l'étude n'est pas toujours suffisamment détaillée.

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

Il est vrai que les BE et les sociétés de dépollution peuvent parfois avoir une **préférence (ou un meilleur retour d'expérience) pour certaines techniques** par rapport à d'autres. Il ne faudrait néanmoins pas que certaines techniques d'intérêt soient écartées par manque d'objectivité ou de retour d'expérience du rédacteur de BCA sur cette technique.
De même, si une technique est écartée car elle est jugée peu performante pour un contexte géologique donné, il convient de le vérifier par le biais de tests de perméabilité par exemple. De façon générale, **les BCA gagneraient à être accompagnés de tests de traitabilité.**

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le PG dans son ensemble est effectivement un document sur lequel s'appuient les discussions. Ces discussions sont fréquentes, et portent notamment sur le niveau de détail insuffisant des PG (demandes de compléments de l'administration), ou encore sur les objectifs de réhabilitation.

Critères

Les critères généralement étudiés sont :

- Le coût financier (souvent prépondérant) ;
- La durée ;
- Les aspects du développement durable (bilan environnemental global et acceptation sociétale).

Le critère des **nuisances occasionnées par le chantier de réhabilitation** n'est pas toujours suffisamment étudié. Le bruit généré par les chantiers est souvent pris en considération, mais d'autres nuisances sont à prendre en compte (ex : odeurs). L'analyse de ces nuisances doit se faire au cas par cas selon le contexte de gestion, mais il convient a minima de s'interroger sur cet aspect.

Par ailleurs, il est appréciable d'identifier clairement les inconvénients géotechniques de certaines solutions (exemple : perte de portance d'un terrain excavé et remblayé). Il convient d'étayer au maximum les BCA au moyen d'outils géophysiques et / ou d'études géotechniques, par exemple.

Solutions de gestion

Souvent, les BE évoquent le panel des possibles (avec notamment les trois grandes catégories d'options de gestion : in situ, sur site, hors site). Puis, certaines solutions de gestion (**généralement 2 à 3**) sont étudiées plus en détails. Elles correspondent parfois à des scénarios de gestion, alliant plusieurs options de gestion combinées entre elles (notamment si plusieurs milieux sont impactés).

De nombreux BCA aboutissent à une solution de gestion par excavation, qui est favorisée car elle permet de rendre les terrains disponibles dans des délais plus réduits.
Le cas échéant, les excavations sont associées à un écrémage de la nappe (en cas de présence de surnageant). Le panache dissous n'est alors pas toujours suffisamment pris en considération.
A noter également une certaine récurrence des traitements par oxydation, venting, et sparging.

D'autres solutions sont moins souvent retenues :

- L'extraction triple phase : **plus généralement, les BE ne proposent parfois pas de solution ou combinaison de solutions qui permettraient de traiter tous les milieux impactés** ;
- Certaines techniques biologiques ou d'oxydation (peut-être moins bien maîtrisées par certains BE).

L'atténuation naturelle est de plus en plus souvent proposée, parfois à mauvais escient. Cette option de gestion n'est pas toujours suffisamment argumentée. En particulier, les délais de résorption du panache doivent être définis, par exemple. Par ailleurs, l'acceptabilité de cette technique est parfois faible (exemple : panache en milieu urbain, avec impact hors site).

Concernant les **surveillances ultérieures**, l'interlocutrice note que le coût de ces suivis n'est pas toujours intégré au coût de la solution de gestion, ou alors il n'est comptabilisé que sur la base d'un bilan quadriennal. L'aspect « **restriction d'usage** » n'est quant à lui pas intégré en tant qu'inconvénient, ce qui biaise le BCA.

Les **dispositions constructives** ne viennent quant à elles qu'en complément des autres mesures de gestion, car elles ne sont pas pérennes par définition. Les coûts d'entretien de ces dispositifs (exemple : ventilation) devraient être intégrés dans la mesure du possible à l'estimation du coût financier des solutions de gestion. Par ailleurs, il est très rarement proposé de réaliser des prélèvements permettant de vérifier a posteriori l'efficacité de ces dispositifs.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocutrice est **favorable à cette approche, qui constitue un bon indicateur**. Dans le cadre d'une argumentation sur le bilan matière (en appliquant notamment la règle des 80/20), il est bénéfique de présenter plusieurs hypothèses : quid d'une dépollution à 100% ? 80% ? 50% ?
Sur la base de ces différentes hypothèses, il est possible de définir un seuil de dépollution pertinent.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocutrice **est défavorable à l'idée de définir deux niveaux de complexité de contextes de gestion**. Comment seraient définis ces niveaux de complexité ?
Il existe certes des contextes récurrents (exemple : cessation d'activité de stations-services). Mais la complexité d'un contexte de gestion ne s'arrête pas à la typologie des sources et des polluants.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocutrice est partagée sur ce sujet, et trouve cette méthode périlleuse : le même résultat serait-il obtenu par analyse multicritère entre deux rédacteurs de BCA ?
Ce type d'approche est largement sujet à interprétation, et semble complexe à mettre en œuvre au vu de la multiplicité des critères qui rentrent en ligne de compte.
Une analyse multicritères pourrait soit aboutir à un outil trop simpliste, soit au contraire à une méthodologie excessivement complexe.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Il arrive que certains traitements (notamment in situ) ne fonctionnent pas comme attendu. Parfois, les tests pilotes révèlent que la technique retenue pour traiter un site n'est pas efficace, alors même que l'arrêté a déjà été émis pour la réalisation du traitement selon les modalités du PG.

De façon générale, l'interlocutrice souligne néanmoins que les traitements appliqués fonctionnent.

Administration n°4

Points clés :

➔ Les BCA sont parfois trop génériques, simplistes, et ne sont pas suffisamment adaptés au contexte et à la spécificité des sites.

➔ Les potentialités de réutilisation des terres excavées devraient être étudiées dans le cadre des BCA ;

➔ Les BE orientent parfois les BCA vers les solutions de gestion qu'ils maîtrisent le mieux (biais dans l'analyse).

➔ La réalisation d'essais sur site est primordiale pour permettre au BCA d'être plus précis et plus réaliste.

➔ Les servitudes/restrictions d'usage devraient être replacées au cœur de la réflexion , dans une logique de réduction au minimum de la surface concernée, avec (quand cela est possible) une estimation financière de leur impact.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

Trois interlocuteurs répondent à l'enquête. Tous trois sont inspecteurs des installations classées d'une DREAL, au sein du service référent régional.
Ils interviennent uniquement en appui des inspecteurs sur des dossiers plus sensibles (juridiquement, politiquement…) et/ou associés à une pollution complexe.
Les interlocuteurs sont familiers avec l'exercice du BCA.

Retour d'expérience sur le BCA / attentes concernant le BCA

Les interlocuteurs formulent de nombreuses observations/recommandations, regroupées ci-après par thématique.

Manques de précision récurrents et pistes d'amélioration:

- Le BCA doit avant tout s'appuyer sur un **diagnostic suffisamment abouti** (souvent ; les industriels se tournent vers le BE proposant le diagnostic le moins cher au début des études, mais un diagnostic plus abouti permet au BCA d'être plus précis, et de faciliter la transition vers les travaux de réhabilitation) ;
- Les PG et leurs BCA devraient mieux **tenir compte du contexte** (chantier et génie civil notamment). Les BCA devraient bien intégrer les nuisances générées par les chantiers de réhabilitation ;
- Les BCA **ne prennent pas encore en considération l'opportunité de réutiliser des terres excavées**. L'outil de réemploi de terres excavées devrait être utilisé par les BE, notamment pour réduire les volumes envoyés en centre de stockage, et pour réduire les coûts;
- Il est regrettable que les chiffrages financiers des solutions soient focalisés sur les **critères FNADE** (pour la définition des volumes concernés) et sur **les coûts d'acceptation à la tonne**. Les contraintes opérationnelles (liées à la stabilisation du terrain ou au rabattement de la nappe par exemple) ne sont pas toujours prises en considération. Aussi, **le chiffrage financier manque de réalisme**, et ne permet pas réellement d'appréhender l'acceptabilité d'une solution. L'industriel peut par ailleurs être pénalisé en cas de chiffrage trop imprécis ;
- Des **tests sur site devraient être systématisés** afin de vérifier la faisabilité des mesures de gestion étudiées, et afin de réaliser des BCA plus précis. Ces tests représentent certes un surcoût, mais celui-ci est dérisoire par rapport aux coûts de réhabilitation ;
- Le **coût des suivis ultérieurs** devrait être intégré à l'estimation financière des mesures de gestion. Le bilan quadriennal pourrait constituer une base minimale pour ce chiffrage (prévoir 5 ans de suivi afin d'intégrer la réalisation du bilan quadriennal par ex) ;

- Pour **l'évaluation du coût des servitudes/restrictions d'usage**, le chiffrage est complexe. Une piste pour certains cas serait d'utiliser le coût estimé du futur traitement de la pollution restant en place, après démolition des bâtiments (cas de la conservation d'une pollution pour des raisons de contraintes d'accessibilité) ;
- Les interlocuteurs n'envisagent en revanche pas de chiffrer financièrement les inconvénients de certaines **restrictions d'usage** (ex : interdiction de mettre en place un jardin potager). Néanmoins, les surfaces impactées par des servitudes selon l'option de gestion choisie pourraient être comparées. L'analyse peut également rester qualitative (utilisation de « + » et de « - »).

Biais constatés :

- Parfois, les BE ont une analyse biaisée dans le sens où ils **ne proposent que des solutions de gestion qu'ils maîtrisent**, alors que d'autres solutions applicables pour lesquelles ils ne disposent pas des compétences seraient pertinentes. De ce fait, les interlocuteurs ont le sentiment d'observer des **BCA génériques, et parfois simplistes**, qui ne leur permettent pas réellement d'évaluer les possibilités de réhabilitation (manque de détails dans l'étude, faible nombre de solutions comparées) ;
- Certains BCA restent trop théoriques et ne sont **pas suffisamment appliqués** au site (seul un paragraphe en fin de présentation vient préciser l'adaptabilité au site, et les périmètres concernés) ;
- Les **implications à long terme (servitudes, contrôles)** des mesures de gestion doivent être clairement explicitées (ex : nécessité future de contrôler les confinements), au risque sinon de biaiser l'analyse. Ces éléments devraient être évalués dans le BCA, car ils engagent l'industriel. Le coût des surveillances ultérieures devrait être intégré dans le chiffrage financier des solutions de gestion, et la dépréciation du foncier en lien avec la création de servitudes devrait être estimée ;
- Dans les contextes de gestion par excavation, le contexte local n'est pas suffisamment pris en considération. Dans l'estimation financière, le surcoût de transport lié à l'éloignement parfois important du centre d'acceptation des terres n'est pas pris en compte, ce qui biaise fortement la comparaison sur la base du critère financier, et donc in fine la conclusion du BCA.

Méthodologies erronées :

- Les critères FNADE ne sont valables que pour définir un exutoire en cas de projet impliquant de la gestion de déblais. **En aucun cas ces critères ne devraient être utilisés pour définir des seuils de réhabilitation**. La définition d'une pollution concentrée n'est pas basée sur ces jeux de valeurs ;
- Parfois, les interlocuteurs identifient une **déconnexion entre le diagnostic et le PG**. A certaines occasions, le PG ne propose des solutions de gestion que pour l'un des milieux impactés (ex : proposition de traitement pour les sols, mais absence de proposition pour les eaux souterraines également impactées). D'autres fois, une solution par excavation peut être proposée, alors même que la nappe se trouve à faible profondeur, et que la création de fosses peut entraîner un phénomène de « vidange » de la pollution vers le milieu « eaux souterraines ».

Bonnes pratiques à adopter :

- Dans le cas des pollutions par des COHV, il convient de ne pas oublier de tenir compte dans le BCA de la toxicité des produits de dégradation, pour certains plus élevée que celle des contaminants d'origine (Chlorure de Vinyle

Monomère), notamment lorsque la solution de remédiation étudiée est l'atténuation naturelle ;

- Dans les contextes d'étude de sites concernés par du stockage de déchets, il est également apprécié d'analyser les possibilités de revalorisation des déchets (ex : filières d'acceptation possibles pour des pneus ?). Une telle étude permet de réduire des coûts, et s'intègre bien dans une logique de développement durable (mieux revaloriser, et moins stocker).

Contextes de gestion les plus fréquents

Les **contextes de gestion les plus fréquents**, identifiés par les trois interlocuteurs à l'échelle de leur région, sont :

- **Nombreuses friches** dont la gestion environnementale est assurée par **la collectivité** (intérêt pour le foncier, pression des riverains, …) ;
- Des panaches anciens et récurrents de **COHV** dans les eaux souterraines, dont la gestion revient **à suivre** leur évolution ;
- les pollutions par des **hydrocarbures et/ou des COHV** au droit de zones industrielles, identifiées lorsque l'exploitant cesse son activité (ex ancien site de production de peinture). Des anciennes stations-services ou dépôts pétroliers sont également à l'origine de pollutions par des hydrocarbures. Les eaux souterraines peuvent alors être atteintes, parfois avec la présence de flottant. La gestion de ces sites requiert souvent la mise en place de servitudes d'utilité publique en complément des mesures de traitement ;
- La plupart des sites étudiés en zone industrielle (pollutions essentiellement hydrocarburées) sont **associés à un projet de réaménagement** (ex : friche reprise par la collectivité, ou encore projet de création de logement porté par des sociétés immobilières) ;
- Anciens **dépôts de ferrailles** avec des pollutions métalliques en surface, et sans projet de réhabilitation. La gestion de la plupart de ces sites se trouve actuellement en phase d'évacuation des déchets. La phase d'évaluation de la pollution des sols sera effectuée ultérieurement ;
- **Anciennes décharges** au droit de petites communes (multiples polluants).

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

Les interlocuteurs observent une récurrence de BCA relativement génériques, et parfois trop simplistes, en raison de l'orientation du BCA par les BE vers les solutions qu'ils maîtrisent le mieux.
Ce manque d'objectivité est problématique pour l'administration et pour les MO.
En effet, pour de nombreux industriels, la thématique des SSP est inconnue, et le MO accorde sa confiance au BE pour **étudier les possibilités de réhabilitation tout en tenant compte de ses problématiques : maîtrise du coût financier, maintien de l'activité sur site, pérennité de la solution retenue.**
Souvent, seul le premier aspect est (partiellement) étudié dans le BCA. L'administration se trouve alors également dans une situation délicate, car dans l'obligation de demander toujours plus de compléments.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA pourrait constituer un outil intéressant de communication, sous réserve d'être bien construit. Mais à ce jour, il est trop limitatif pour assurer pleinement cette fonction.
Le BCA pourrait alimenter la discussion en CODERST (présentation d'un arrêté préfectoral prescrivant la réhabilitation d'un site), notamment si un industriel refuse d'envisager une solution qui serait jugée pertinente par l'administration.
Quant aux réunions publiques, il est rare qu'un contenu aussi technique y soit exposé.

Critères

Les critères généralement étudiés dans les BCA sont :

- Le **coût** ;
- Le **bilan environnemental** (impacts du transport de terres polluées vers des centres de stockage, évalué de façon qualitative - sans bilan carbone) ;

- **Durée** (parfois évoquée) ;
- Compatibilité de la solution avec la **poursuite d'une activité** en cours sur site (critère rarement étudié, mais à systématiser pour les contextes pertinents) ;
- **Efficacité relative** du traitement.

Le critère de l'acceptabilité sociétale est rarement étudié, car souvent les MO se trouvent dans des zones industrielles, où le contexte ne s'y prête pas.

Pour l'administration, le critère le plus important est celui de la **performance** (efficacité relative) **et des conséquences à long terme de la solution de gestion**, ainsi que la prise en compte du **contexte du chantier**.
La **performance** doit être évaluée sur la base de la notion de bilan massique (avec application du principe de Pareto) dans l'« absolu », et non en se focalisant sur le niveau de pollution du site seul. Une analyse focalisée uniquement sur le niveau de pollution du site conclurait toujours que la solution par excavation est la plus efficace (puisqu'elle permet de transférer la pollution hors site).

Solutions de gestion

Généralement, les BCA étudient réellement 2 solutions de gestion :

- Maintien sur site de la pollution (**confinement**) ;
- **Excavation** et envoi en centre d'enfouissement.

Les BE ajoutent souvent à ces deux options l'étude d'une technique sur site (**portant à 3 le nombre moyen de solutions présentées**), complexe et coûteuse par rapport aux solutions par confinement ou excavation. La réflexion est donc tronquée dans le sens où cette technique est présentée comme non compétitive.

En résumé, les solutions les plus souvent étudiées sont :

- L'**excavation** et l'envoi hors site de terres ;
- Le **confinement** ;
- Les **solutions sur site** (venting, sparging, barrières hydrauliques, traitements sur charbon actif, pompage écrémage, stabilisation in situ). Ces solutions sont rarement retenues, et sont parfois présentées de façon non-corrélée au contexte local.

Les solutions biologiques sont rarement étudiées.
Certaines solutions in situ telles que la vitrification ne sont également pas courantes.

L'atténuation naturelle est souvent présentée, mais sans réelle démonstration de son bien-fondé (pas de recherche des microorganismes responsable de la biodégradation en présence notamment). Parfois, des bilans des accepteurs/donneurs d'électrons sont réalisés, mais il faut aller plus loin, avec la réalisation d'essais pilotes pour vérifier la faisabilité d'une telle mesure de gestion.
L'atténuation naturelle est généralement bien acceptée en tant que mesure de gestion pour les panaches historiques de COHV dans les eaux souterraines.
L'acceptabilité de l'AN auprès de l'administration dépendra d'un ensemble de facteurs de contextes et des enjeux identifiés, notamment en aval hydraulique du site.

En tout état de cause, l'atténuation est souvent présentée en dehors même du contexte du BCA, et comme la seule solution possible (notamment dans le cas où le panache est très étendu). Le BE ne réalise alors pas la démarche du BCA pour comparer l'atténuation naturelle à d'autres options, car il va de soi que les coûts de pompage et traitement de panaches aussi étendus ne seraient pas réalistes.

D'autre part, il arrive que cette solution soit étudiée en premier lieu, puis abandonnée lorsque l'industriel a pris connaissance des implications sur le long terme d'une gestion par atténuation naturelle pour lui.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Ce principe est nécessaire pour légitimer le bilan de masse présenté dans le BCA, et sert de pondération pour l'application du principe de Pareto (principe des 80/20).
L'approche technico-économique ne visant pas à retenir les solutions « extrêmes », il sera facile d'argumenter pour ne pas retenir cette solution qui n'est étudiée qu'à titre de comparaison. Il ne s'agit d'ailleurs pas de consacrer un temps démesuré à l'étude de cette solution : un ordre de grandeur pourra suffire à constituer un point de référence majorant.

L'un des interlocuteurs note néanmoins que la présentation d'un tel chiffrage pourrait se révéler délicate en termes de communication. Néanmoins, ne pas communiquer ce chiffrage pourrait s'apparenter à de la « rétention » d'information par l'industriel. Aussi, il est préférable d'étudier cette possibilité, et de la présenter.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les interlocuteurs **ne sont pas favorables** à l'identification de plusieurs niveaux de complexité du BCA, au risque de devoir passer d'un niveau à l'autre en cours de démarche, au détriment de la lisibilité du PG.

Une seule typologie de contextes « simples » de gestion est identifiable. Elle correspond (par exemple) à la gestion d'une fuite limitée d'une cuve de fioul, où l'on prévoirait l'enlèvement de la cuve, ainsi qu'une excavation limitée au droit de son emplacement. Le diagnostic révèle alors qu'il ne subsistera pas d'impact résiduel suite aux travaux.

Un BCA « simplifié » pourrait éventuellement faire suite à un diagnostic suffisamment précis et détaillé en amont.
L'un des interlocuteurs craint qu'en cas de développement d'une méthodologie « simplifiée », les BE répondent aux exigences minimales, et ne se posent plus d'autres questions. Ils pourraient également être tentés de simplifier leur étude afin de respecter la description d'un « contexte simple » de gestion.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Ce type de méthode permet de comparer plusieurs méthodologies mais dépend de la façon dont sont affectés les scores (de même qu'une évaluation par le biais de « + » et de « - »). Elle pourrait permettre d'homogénéiser les approches entre BE. Certains BE pourraient utiliser ce système de notation pour orienter le BCA vers leur solution préférée.

L'un des interlocuteurs évoque une représentation intéressante observée dans un BCA, sous forme d'étoile, où chaque critère représentait une branche. Une quotation de 1 à 5 était appliquée, et la branche associée au critère présentait une longueur proportionnelle à la note obtenue pour celui-ci. Cette méthodologie présente l'avantage d'être très visuelle, et de faire ressortir points forts et points faibles des solutions, ainsi que les solutions les plus équilibrées.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Les solutions par excavation, souvent retenues, sont régulièrement associées à un résiduel de pollution sur site, en raison de l'atteinte de limites techniques qui seraient pourtant prévisibles par le BE (stabilité des terrains, profondeur maximale atteignable par la pelle mécanique, etc). Si ce résiduel était mieux anticipé, la solution par excavation présenterait-elle le meilleur bilan coûts-avantages face à d'autres techniques ?

Les interlocuteurs signalent également l'exemple d'un site où le PG n'avait pas compris la réalisation d'essais sur site, et où une technique d'écrémage s'est révélée inefficace. Aussi, la réalisation d'essais dans le cadre du BCA est jugée primordiale par les interlocuteurs.

Association n°1

Points clés :

➔ La gestion des SSP s'appuie largement sur le critère des risques sanitaires. Il conviendrait d'envisager un bilan global, qui inclurait également les milieux naturels et la biodiversité et, de manière plus soutenue qu'actuellement, un bilan environnemental complet (dont le bilan carbone).

➔ Le contexte français n'accorde pas suffisamment sa place à l'innovation en matière de réhabilitation de sites.

➔ Il n'est pas aisé de trancher sur un niveau de réhabilitation de site industriel, lorsqu'il existe des incertitudes sur la capacité de financement du payeur de la réhabilitation, notamment dans le cadre de friches industrielles en contexte rural ou en milieu urbain « non attractif ».

Interlocuteur interrogé / association

L'interlocuteur a travaillé dans des BE spécialisés en SSP pendant 17 ans et a rejoint le milieu associatif il y a 6 ans. Il est donc au fait de la méthodologie nationale de 2007 relative aux SSP, et est sachant dans le domaine.
Actuellement, l'interlocuteur préside une fédération départementale de protection de la nature et l'environnement et anime des réseaux en lien avec les thématiques : environnement, santé, pollution, industrie et risques. Il est également référent en matière de sites et sols pollués au sein de la fédération nationale.

Les associations peuvent être confrontées à des BCA en CODERST, où les projets d'arrêtés préfectoraux (AP) sont examinés. Les associations peuvent échanger en amont avec les inspecteurs de la DREAL afin de connaître les éléments qui ont motivé le contenu de l'AP.

Il arrive que des riverains fassent appel aux associations de protection de la nature et de l'environnement, car ils découvrent que leur lotissement a été construit dans des délais très réduits, sur un site présentant des risques sanitaires résiduels. Les propriétaires peuvent s'estimer floués dans certains contextes (ex : sols pollués simplement recouverts de terre végétale).

Contextes les plus fréquents de gestion

L'interlocuteur est principalement confronté à des sites ADEME et à des ICPE. En contexte urbain, les contextes de gestion sont fréquemment en lien avec les aménageurs. Les aménagements concernent surtout les grandes métropoles, ce que l'association interviewée regrette. En effet, des villes de plus petite taille en province (associées à une pression moindre sur le foncier), voient souvent la réhabilitation de sites urbains (friches industrielles notamment) bloquée, en l'absence de projet.

Retour d'expérience général et difficultés identifiées

L'interlocuteur a parfois pu constater que certains industriels poussent l'administration à réduire son niveau de prescription en matière de dépollution. Les MO qui sont les plus susceptibles de rechercher cette négociation sont souvent ceux qui auraient pourtant la capacité financière à assumer ces chantiers.

L'interlocuteur note également un **manque d'attitude innovante dans les BCA** : souvent, les solutions retenues sont simplistes (exemple : excavation et envoi hors site des terres). Le contexte français est réfractaire à l'innovation et à l'application de recherche & développement (ex : peu de traitements par phytoremédiation).

Néanmoins, et de façon générale, **le niveau de prescription de réhabilitation des différents AP est jugé satisfaisant.**

Attentes concernant le BCA

L'interlocuteur trouve la démarche du BCA rationnelle : il n'est pas utile d'engager des surcoûts financiers très élevés dans l'unique but d'éliminer la portion la plus difficilement accessible des pollutions. Le point d'inflexion des techniques disponibles doit être recherché.

Ce qui manque actuellement au BCA est une réelle prise en compte de **la balance environnementale** (le critère est étudié de façon trop superficielle, ou encore n'est pas étudié du tout). Souvent, la filière retenue pour l'évacuation de terres est la moins coûteuse, et ce quand bien même elle est plus éloignée du site et, de fait pénalise le bilan carbone global. La prépondérance du critère financier donne lieu à des démarches qui ne sont pas rationnelles d'un point de vue environnemental.

L'ADEME pourrait éventuellement fournir des outils qui permettraient aux BE de mieux tenir compte des aspects environnementaux dans leurs BCA. L'étude du critère environnemental pourrait se focaliser sur les **émissions de CO_2** (cet indicateur est une bonne clé d'entrée pour juger du bilan environnemental d'une solution de gestion).

Trop souvent, les AP sont arrêtés sur la base de critères uniquement en lien avec les risques sanitaires. Il **faudrait tenir compte du global**, en incluant les **milieux naturels et la biodiversité**. D'autres pays comme les Etats-Unis tiennent déjà compte de ces enjeux dans leur gestion des sites et sols pollués.

Il est également important que plusieurs solutions soient comparées : le PG ne doit pas s'orienter d'emblée vers une solution sans considérer les alternatives.

Le BCA en tant que formalisation d'un choix de solution connu en amont

L'interlocuteur estime que la solution est souvent prédéfinie en amont, sur la base d'échanges entre le MO et son BE.
Il peut être gênant de ne pas envisager l'ensemble des solutions disponibles dans le BCA. L'interlocuteur a en effet déjà identifié des BCA orientés de sorte à conclure d'emblée vers la solution présentant le coût le moins élevé.

Efficacité du BCA comme outil de communication

L'interlocuteur note que les données sont rarement mises à la disposition du public. Il serait idéal de rendre disponibles des notes de synthèse relatives au PG et au diagnostic. Ces documents devraient être vulgarisés, afin d'être accessibles à des personnes ne possédant pas la culture scientifique des SSP, notamment pour les représentants aux CODERST et dans les Commissions de Suivi de Sites (CSS).

Critères

Les critères étudiés sont :

- La faisabilité technique des solutions ;
- Le coût ;
- Les moyens mis en œuvre ;
- Le personnel mobilisé ;
- La durée du chantier ;
- L'implantation sur site et la consommation de terrain par rapport à l'exploitation en place.

Le critère du bilan environnemental global est insuffisamment étudié (voir précédemment), il est néanmoins le critère le plus important pour l'association interviewée.

Solutions de gestion

L'interlocuteur observe que 4 à 5 solutions sont en général comparées dans les BCA. Ce nombre est suffisant, il n'est pas nécessaire que le BE décline toutes les solutions existantes dans son BCA.

Les **solutions les moins souvent étudiées sont souvent les plus innovantes**, faisant appel à la R&D.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

La distinction pourrait faire sens dans le contexte de la loi ALUR en cas de libération de foncier figé actuellement (les tiers-demandeurs pourraient bénéficier d'un **BCA simplifié**). Toutefois, un BCA optant pour des solutions dont la mise en œuvre est rapide (ex : excavation, avec parfois l'envoi de terres vers des centres éloignés) dans le cadre de libération de foncier à forte valeur ajoutée (friches urbaines de métropoles) pourrait amener à négliger le bilan environnemental global et notamment la contribution carbone.

Les **contextes complexes** pourraient se rapporter à des sites en exploitation, sans avoir besoin de libérer du foncier dans l'immédiat.
En effet, le degré de complexité peut certes être en lien avec les aspects techniques (nombre de sources ? géologie complexe ? etc…), mais il peut aussi être corrélé avec la **dimension sociale** (avec l'identification d'un « chantage à la délocalisation » par les industriels, dans le cas où ils contestent le niveau de réhabilitation demandé). Jusqu'où peut-on pousser les objectifs de réhabilitation sans déclencher cette menace ? Comment identifier les exploitants pour qui certaines solutions de gestion représentent une difficulté financière qui serait réellement insurmontable ?

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Ce chiffrage pourrait être utile pour évaluer le préjudice écologique subi lié à une défaillance de l'exploitant, et pourrait permettre de chiffrer des mesures compensatoires.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Cette approche pourrait être intéressante, pour peu qu'on ne choisisse pas de façon inconditionnelle la solution qui présente le meilleur score.
Il faut en effet garder un regard critique sur le résultat de cet exercice : si une solution obtient une très mauvaise note pour un critère donné, mais qu'elle présente malgré tout la meilleure note globale, constitue-t-elle vraiment le meilleur compromis ?

Bureau d'études étranger n°1

Points clés :

➔ L'estimation des délais pour les dépollutions in situ est particulièrement complexe ;

➔ En cas de risque notable d'échec du traitement envisagé, le BE inclut dans son BCA la définition d'une stratégie secondaire de réhabilitation. La mise en place de celle-ci ne doit pas représenter un surcout rédhibitoire par rapport aux coûts initialement engagés sur la première stratégie ;

➔ Toute technique de dépollution qu'il n'est pas aisé d'écarter est potentiellement pertinente pour le site. Elle doit alors être étudiée.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur travaille pour un bureau d'études (BE) implanté aux Pays-Bas. Il est spécialisé dans les travaux de réhabilitation depuis 1991, et a contribué à l'élaboration de nombreux plans de gestion.

Au sein du BE interviewé, les BCA les plus simples sont préparés par les ingénieurs ayant assuré le diagnostic du site, sous la supervision d'ingénieurs confirmés en travaux de réhabilitation. Les BCA les plus complexes sont confiés aux ingénieurs disposant d'une forte expérience en travaux de réhabilitation.

Méthodologie du pays interviewé

Aux Pays-Bas, **des seuils fixés pour chaque milieu permettent de classer le degré de pollution des sites**. Pour les pollutions notables, les propriétaires/ exploitants du site sont tenus d'informer l'administration des résultats. Une fois informée, l'administration statue sur la nécessité ou non de recourir à des mesures de gestion.

Les cas les plus contraignants sont ceux qui représentent un risque pour l'homme ou l'environnement, et/ou un risque de migration de la pollution. En l'absence de risque direct, il ne sera pas obligatoire de réhabiliter le site dans l'immédiat. Toutefois, tout projet de redéveloppement du site nécessitera de définir des mesures de réhabilitation.

Les plans de gestion sont globalement comparables à ceux élaborés en France. A noter toutefois que les calculs de risques sont réalisés par le même logiciel (disponible en ligne) pour tous les BE.

Le maître d'ouvrage (MO) est décisionnaire sur l'approche à retenir pour effectuer la gestion environnementale du site. Néanmoins, l'accord préalable de l'administration reste nécessaire.

Aux Pays-Bas, si une ou plusieurs mesures de gestion semblent évidentes pour la gestion du site, il n'est alors pas nécessaire de réaliser un BCA. L'interlocuteur cite à titre d'exemple une fuite de cuve pour laquelle la quantité de sols pollués a pu être estimée. La cuve est alors enlevée et les sols peuvent être excavés et évacués hors site.

Lorsqu'il y a lieu d'établir un BCA, le niveau de détails dépend de la complexité du contexte de gestion. Pour certains projets, des éléments de contexte sont décisifs, et sont mis en évidence dans le BCA afin d'aboutir plus rapidement à la solution pressentie pour la gestion du site.

La méthodologie à employer par les BE du Pays-Bas n'est pas fixée par l'administration : le BE reste libre de choisir la forme de son raisonnement, tant que celui-ci est suffisamment argumenté.

Une méthodologie (intitulée ROSA – « Robuust Saneringsvarianten Afwegen ») a été établie en 2005. La méthode de l'analyse multicritères y est présentée et préconisée.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes de gestion les plus fréquents correspondent :

- A des sites de taille limitée, présentant une problématique d'hydrocarbure, et traités par excavation et envoi hors site des terres ;

- A des problématiques de panaches de solvants chlorés dans les eaux souterraines, s'étendant parfois hors site.

La plupart des sites étudiés sont en activité, mais sont en cours de réorganisation. A contrario, il existe des sites pollués en centre-ville qui ne peuvent être redéveloppés en raison des frais de dépollution à prévoir. Aussi, et en réponse à la pression foncière croissante, l'administration des Pays-Bas facilite depuis près de 15 ans une approche conditionnée par les risques sanitaires. Cette action a permis de ramener la gestion de ces sites à des coûts plus abordables.

Description générique de la méthodologie du BE

L'interlocuteur interviewé suit généralement les principes suivants pour la réalisation d'un BCA :

- En début de document, les techniques de dépollution **les moins pertinentes pour le site sont écartées** de façon argumentée, et groupée (exemple : toutes les techniques basées sur la volatilisation sont écartées car elles ne sont pas efficaces pour le polluant étudié) ;
- Les techniques de dépollution qui subsistent après ces étapes de tri sont celles dont il est difficile de remettre en cause la pertinence. Le cœur du BCA sera concentré sur l'étude de ces techniques ;
- **Toute technique qui n'aurait pas été éliminée lors des étapes de tri se doit d'être étudiée plus en détails** ;
- Plus le risque d'échec du traitement est élevé, plus le BE sera susceptible d'inclure **une seconde solution à appliquer en cas d'échec du premier traitement envisagé** ;
- aucune technique de réhabilitation qui ne serait pas adéquate techniquement pour le site ne sera étudiée.

Difficultés identifiées

L'**estimation des coûts est complexe**, d'autant plus compte tenu du niveau d'information disponible au stade du BCA.
L'un des principaux facteurs de complexité identifié par l'interlocuteur est également la **durée d'une dépollution in situ**. Il existe des incertitudes, notamment sur les traitements biologiques (des tests sur site permettent de réduire ces incertitudes).
Il peut être complexe de trancher entre plusieurs options à coûts équivalent, mais avec des incertitudes sur les durées de dépollution.
L'interlocuteur préconise de proposer des solutions flexibles : **la stratégie retenue doit permettre de changer de technique en cours de dépollution (sans surcoût trop conséquent) si la technique retenue ne présente pas l'efficacité attendue**. L'interlocuteur intègre donc dans ses BCA la définition d'une stratégie secondaire.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA sert à la fois à rechercher pour le compte du MO quel est le scénario de gestion permettant de **fournir de bons résultats à un coût raisonnable**, et à **communiquer avec l'administration**. Auprès de celle-ci, le BCA constitue un outil d'argumentation, voire de justification (exemple : justifier pourquoi il n'est pas possible d'enlever la totalité de la pollution du site).
Le BCA synthétise plusieurs lignes de raisonnement, ainsi que la prise en compte d'intérêts parfois différents. Aussi, il constitue une base de discussion particulièrement appropriée entre les parties impliquées.
Dans le cadre des projets les plus complexes, l'approche envisagée pour réhabiliter le site est discutée avec l'administration, le MO, voire les parties prenantes (ex : les riverains si ceux-ci sont fortement impliqués). L'implication anticipée des différentes parties assure souvent l'atteinte plus rapide d'un consensus, car chaque groupe a alors eu l'opportunité de présenter ses préoccupations.

Bien que le BCA soit un document technique, il convient de le **mettre à la portée de chacun de ses destinataires**, afin qu'il joue ce rôle d'outil de communication.

Pour ce faire, il n'existe pas de format obligatoire, l'interlocuteur préconise de s'adapter à la problématique (ex: texte argumenté pour un BCA très simple, tableau et discussion argumentée dans le cadre d'une analyse multicritères sur un site complexe).

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Dans près de deux tiers des cas, les mesures de gestion appropriées pour un site sont connues par avance (du BE, et/ou de son MO). Le BCA permet alors de formaliser le raisonnement permettant d'aboutir à cette conclusion.
Mais dans un tiers des cas environ, le BCA permet réellement de départager plusieurs scénarios, sans que l'issue de l'exercice ne soit connue d'avance.

Critères

La méthodologie définie par ROSA définit les critères dont l'étude est attendue dans un BCA. Les **critères suivants sont à étudier obligatoirement** :

- Coûts ;
- Durée de la réhabilitation ;
- Pollutions résiduelles attendues et restrictions d'usage prévisionnelles ;
- Aléas pesant sur la dépollution (risque d'échec du traitement) ;
- Surcoût pour la mise en place d'un second scénario de gestion en cas d'échec du premier scénario ;
- Emissions prévisionnelles vers les autres compartiments lors du traitement (air, eau, déchets à enlever) ;
- Niveau de réduction des risques ;
- Augmentation des possibilités d'usage du site ;
- Evolution attendue du panache dans les eaux souterraines, le cas échéant ;
- Masse de pollution traitée comparée à la masse totale estimée ou connue ;
- Responsabilité juridique (en lien avec la pollution résiduelle et les futures restrictions d'usage).

Les **critères suivants sont optionnels**, et peuvent être développés lorsqu'ils sont pertinents :

- Valeur du site en termes de patrimoine naturel ;
- Valeur du site en termes de patrimoine historique (patrimoine archéologique, géologique, historique…);
- Impact environnemental ;
- Valeur prévisionnelle du foncier après dépollution ;
- Image publique du MO.

A noter que ROSA n'inclut pas de critères techniques, qui doivent être pris en considération en amont. Tous les scénarios de gestion qui sont étudiés via les critères ci-avant se doivent d'être valides au plan technique.

L'administration néerlandaise rend publics tous les plans de gestion. Aussi, même si le critère de **l'acceptation sociétale** n'est pas mentionné de façon explicite, il est bien pris en considération par les BE, de façon implicite.

Pour ce qui est de **l'impact des scénarios de gestion sur l'environnement**, il est rare que le BE réalise des études détailles (ex : études de faune flore, études d'impact…). L'impact en termes d'émission de gaz à effet de serre est souvent évoqué de façon qualitative, notamment lorsque sont comparées des techniques in situ et des solutions hors site.

Solutions de gestion

En général, **l'interlocuteur étudie a minima 3 scénarios de gestion**. Il est difficile de définir un nombre optimal de scénarios à confronter : toute technique de dépollution qui n'aurait pas été écartée lors des différents tris effectués au début du BCA se doit d'être étudiée de façon plus détaillée.

Aux Pays-Bas, une distinction est opérée entre la **gestion de la pollution dans le premier mètre de sol**, et la **gestion de la pollution présente dans le sous-sol** (avec risque de migration vers la nappe). Dans le premier cas, les mesures de gestion peuvent se focaliser sur des opérations de décapages/ remblaiements du site.

En cas de risque de migration vers les eaux souterraines, le BCA sera plutôt focalisé sur des techniques permettant d'aboutir à un panache de pollution stabilisé, ou en régression dans les eaux souterraines. Des techniques mettant en jeux la dégradation biologique des contaminants sont souvent pertinentes, ou encore des techniques de dégradation chimique pour les zones les plus concentrées. Les barrières réactives et les barrières hydrauliques sont également des étudiées de façon régulière. Toutefois, les barrières hydrauliques ne sont pas souvent retenues, car elles ne sont pas jugées efficaces en comparaison avec un pompage et traitement par exemple. Le bilan environnemental des barrières hydrauliques n'est par ailleurs pas suffisamment favorable.

Les traitements thermiques sont souvent applicables, mais leur coût est élevé. L'interlocuteur préfère donc les réserver à des problématiques très spécifiques, où ils restent compétitifs.
Aux Pays-Bas, l'atténuation naturelle surveillée est bien reconnue en tant que mesure de gestion. Elle nécessite de faire la démonstration de la stabilité du panache. En cas de migration du panache, il est préférable de stimuler la biodégradation.

A noter que les **restrictions d'usage** et les **dispositions constructives** sont étudiées au cœur du BCA, si pertinentes. Elles sont identifiées clairement pour chaque scénario, et le coût des dispositions constructives sont estimés.

Place du maître d'ouvrage

Certains MO possèdent une opinion sur le traitement qu'ils souhaiteraient / ne souhaiteraient pas mettre en application sur site. Souvent, il s'agit de MO gérant de multiples sites, et ayant acquis un retour d'expérience sur de précédents cas.
Le BE cherche alors à assurer son rôle de conseil auprès du MO en lui présentant les implications des orientations qu'il souhaite prendre (argumentation en faveur d'une technique pertinente si celle-ci est écartée de façon trop précoce, ou encore conséquences du choix d'une autre technique si le BE ne la juge pas réellement appropriée).

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Dans le passé, le **traitement de la totalité des pollutions était étudié de façon routinière**. Une estimation des coûts était alors fournie sur la base d'hypothèses basiques (présentées dans le BCA), afin de fournir une première idée des coûts maximaux de la dépollution.
L'administration n'exige pas d'étudier ces coûts, qui ne sont plus estimés de façon systématique à ce jour.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'utilisation d'une analyse multicritères est presque obligatoire pour les cas les plus complexes, car elle permet de présenter au mieux l'argumentation à l'administration.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

La plupart du temps, le BE interviewé réalise les travaux de dépollution sur les sites pour lesquels il a établi le BCA. Le retour d'expérience alors obtenu permet de mettre à jour, si besoin, la méthodologie de BCA, ainsi que les connaissances sur l'efficacité des techniques étudiées.

Bureau d'études étranger n°2

Points clés :

➔ Aux USA, le BCA doit inclure un scénario "sans action" à des fins comparatives ;

➔ Des mesures de gestion peuvent être retenues sans analyse détaillée dans le cas où le scénario de gestion approprié apparaît évident ;

➔ Les estimations de volumes et de coûts sont les deux principales difficultés identifiées par l'interlocuteur ;

➔ Les contextes les plus complexes correspondent aux migrations hors site de la pollution.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur travaille à la fois au Danemark et aux USA en tant que responsable des travaux de dépollution au sein d'un bureau d'ingénierie.
Dans le passé, il a été amené à travailler au Royaume-Uni et en Asie du sud-est, et a contribué à des projets français et italiens.
Avec cette connaissance des pratiques en termes de BCA autour du monde, l'interlocuteur peut confirmer que chaque pays a décliné sa propre méthodologie. Les méthodes les plus souvent reprises sont celles développées par l'US-EPA, ainsi que les standards néerlandais (approches restant comparables). La méthodologie SURF-UK reste aussi proche de celle de l'US-EPA (elle été créée pour répondre aux exigences du RCRA - Resource Conservation and Recovery Act).

Méthodologie du pays interviewé

Aux USA, la plupart des travaux de réhabilitation sont liés au programme dit des "superfund sites » (correspondant aux sites les plus contaminés des USA, qui sont considérés comme une priorité nationale).
Aux USA, l'administration (agences gouvernementales / gouvernement fédéral) sont fortement impliquées dans les études environnementales, dès les premiers stades des études. Après la caractérisation de la pollution du site, et après la réalisation de calculs de risques sanitaires, des études de faisabilité sont réalisées, incluant le BCA.
Presque chaque action entreprise aux USA dans le domaine de la gestion environnementale est soumise à l'administration pour revue (que ce soit au niveau local ou fédéral, selon la problématique).
En cas de changement d'usage d'un site, les études environnementales sont obligatoires, et doivent être validées par l'administration.

L'efficacité dans le temps des mesures de gestion est surveillée. En effet, aux USA, une fois les travaux de dépollution effectués sur des sites considérés comme priorité nationale, l'administration exige une vérification de la stabilité de la pollution résiduelle tous les 5 ans (sur une durée de plusieurs décennies, allant jusqu'à 100 ans).
De plus, l'interlocuteur mentionne que certains éléments peuvent déclencher la réouverture de dossiers pourtant terminés : si de nouveaux contaminants sont identifiés comme nocifs pour l'environnement ou pour les cibles humaines (ex : 1,4-Dioxane), et si ces contaminants n'ont pas été caractérisés sur le site à l'époque des études, des analyses complémentaires seront effectuées afin de savoir si de nouvelles mesures de gestion sont nécessaires.
Pour ce qui est des sites industriels qui ne constituent pas une priorité nationale, des vérifications post-traitement pourraient également être exigibles.

Contextes de gestion les plus fréquents

L'interlocuteur travaille essentiellement sur des **sites industriels** qui ont vocation à poursuivre leur activité industrielle ou commerciale.
Les contextes **d'anciens sites industriels** ayant causé une pollution hors site sont également communs. Dans ce cas de figure, l'ancien industriel reste le payeur de la réhabilitation du site.

Le troisième contexte le plus fréquent correspond probablement au **redéveloppement de sites urbains** dans un contexte de création d'immeubles d'habitation ou de maisons individuelles.

Description générique de la méthodologie du BE

La méthodologie de la société interviewée est basée sur des tris étape par étape, visant à éliminer les mesures de gestion non pertinentes. Tous les milieux sont pris en considération (sols, eaux souterraines…).
Un nombre limité de scénarios de gestion (qui peuvent être une combinaison de plusieurs mesures de gestion) sont ensuite comparés (sur le plan des coûts financiers, de leurs avantages et désavantages).

Pour ce qui est des outils interactifs qui proposent un accompagnement pour identifier les techniques pertinentes / non pertinentes pour la remédiation d'un site, l'interlocuteur considère que de tels outils peuvent être mal utilisés, si les BCA sont préparés uniquement sur leur base. Chaque BCA exige une analyse spécifique des différentes techniques disponibles. De nombreux facteurs peuvent affecter la possibilité de réaliser un traitement. L'analyse ne doit donc pas être excessivement simplifiée.
De plus, et afin de rester pertinent, le BCA devrait toujours être préparé par des experts en travaux de dépollution qui possèdent de l'expérience pour les techniques présentées. Enfin, la disponibilité locale des techniques de dépollution doit être vérifiée.

Difficultés identifiées

L'estimation des volumes constitue l'un des problèmes identifiés par l'interlocuteur (ces volumes sont souvent sous-estimés). Une erreur couramment rencontrée est celle d'omettre le foisonnement des sols après excavation, qui devrait pourtant être pris en compte pour envisager la gestion des terres excavées.

D'autre part, certains BCA ne présentent pas d'estimations réalistes pour les coûts, en particulier lorsque le BCA est préparé sans réelle compréhension de tous les coûts en lien avec la dépollution. L'utilisation d'abaques pour étudier le coût de traitements in situ mène souvent à des estimations manquant de réalisme.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision / part des contextes où l'issue du BCA est connue d'avance

Dans certains cas de figure, aux USA, si le traitement est aisé à identifier, les « presumptive remedies » (mesures de gestion « présumées ») peuvent être retenues sans la nécessité de réaliser une analyse détaillée (conformément à la méthodologie de l'US-EPA).
Dans d'autres cas, une analyse détaillée sera préparée, même si les experts pourraient savoir par avance quel scénario de gestion correspondra le mieux au site.
Enfin, il arrive parfois que le BCA ne confirme pas la première idée de l'expert, et soit alors réellement utile en tant que méthodologie rationnelle d'identification du meilleur scénario de gestion.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA peut se révéler un bon outil de communication entre les parties impliquées, mais il doit être remis dans le contexte du destinataire à qui il sera communiqué. A titre d'exemple, si le BCA doit être communiqué au public, il doit être mis à la portée de non experts.

Critères

Autour du monde, le critère du développement durable est actuellement en train d'être renforcé dans les analyses de type BCA (dans chaque pays, mais peut-être dans une moindre mesure aux USA).
Aux USA, les coûts sont considérés dans l'analyse, et mis en face des critères suivants :

- Degré de protection conféré par la mesure de gestion ;
- Conformité avec les lois ;

- Conformité avec les limites ARAR (Applicable or Relevant and Appropriate Requirements) pour l'eau ;
- Réduction de la toxicité, mobilité, et de volume de contaminants ;
- Efficacité à court/ long terme ;
- Applicabilité de la technique sur le site ;
- Réduction du risque sanitaire pour les cibles humaines ;
- Aspect durable (focalisé sur les impacts environnementaux seulement, tels que l'empreinte carbone de la technique de dépollution, ou l'utilisation d'énergie nécessaire) ;
- L'acceptabilité par le public (le public sera consulté une fois l'analyse réalisée et rendue publique. De ce fait, les bureaux d'ingénierie doivent garder à l'esprit que les scénarios de gestion retenus doivent bénéficier d'une bonne acceptabilité publique).

Le risque juridique est évalué sur une approche adaptée au MO concerné, en recherchant les risques à long terme. Ces aléas sont également intégrés dans l'étude de l'efficacité à court/ long terme du scénario de gestion. L'interlocuteur souligne qu'il existe de nombreux cas de litiges aux USA, en lien avec la gestion environnementale de sites pollués.

Solutions de gestion

En général, l'interlocuteur confronte environ **5 scénarios de gestion**, ou plus dans ses BCA (incluant un scénario consistant à « ne rien faire » - voir ci-après). Un nombre plus réduit d'alternatives ne semblerait pas suffisamment représentatif pour l'interlocuteur, excepté si le contexte reste simple. Pour les **contextes les plus simples**, **3 différents scénarios** pourront être comparés.
L'interlocuteur identifie des **mesures de gestion récurrentes**, essentiellement du fait que certains experts cherchent à se focaliser sur des techniques de dépollution qui sont mieux connues. A titre d'exemple, **l'excavation des terres polluées et leur envoi hors site** reste très fréquente aux USA.
Néanmoins, les préférences en matière de dépollution ont évolué vers les techniques qui permettent de **confiner la pollution, ou de la traiter sur place**. Une des raisons expliquant ce changement est que les sols contaminés évacués hors site restent de la responsabilité du MO.
L'interlocuteur estime que les **oxydations/réductions in situ** ont été employées à l'excès. Les **GRO** (Gentle Remediation Options – techniques douces de dépollution) et **l'atténuation naturelle stimulée** sont de plus en plus fréquemment retenues pour la réhabilitation des sites pollués.

L'**atténuation naturelle surveillée** (ANS) constitue une mesure de gestion régulièrement prise en considération depuis environ 20 ans aux USA. Toutefois, elle a pu être appliquée à des sites qui ne s'y prêtaient pas dans le passé. Aujourd'hui, elle est retenue avec plus de précautions (la gestion du risque sanitaire doit toujours être assurée). L'ANS n'est pas une mesure perçue comme une façon de « ne rien faire », puisqu'un suivi très rigoureux doit être effectué.

Les **traitements thermiques in situ** ne sont pas très fréquents aux USA, et sont rarement retenus dans les scénarios de gestion. Toutefois, l'interlocuteur a noté récemment que cette mesure de gestion était justement la plus appropriée pour un site étudié. Il est donc important de conserver l'esprit ouvert lors de l'analyse.

La **solidification / stabilisation in situ**, ou encore le **soil mixing** étaient fréquemment retenus dans le passé, mais ils sont maintenant peu fréquents.

Pour ce qui est des **restrictions d'usage et des mesures constructives**, elles sont prises en compte de façon précoce dans l'analyse.

En particulier, les restrictions d'usage sont définies avant l'étude des techniques de dépollution. Le tri des techniques de dépollution est ensuite basé sur les concentrations à atteindre en considérant les restrictions d'usage acceptables dans le contexte d'étude. Une estimation des coûts de ces restrictions et dispositions est incluse dans l'évaluation financière des différents scénarios.

Pour ce qui est des restrictions d'usage, les estimations de coûts peuvent se baser sur des données immobilières, ou encore sur les pénalités financières que le MO devra payer aux riverains en cas de travaux de dépollution / restriction d'usage hors site (ex : interdiction de cultiver des céréales sur le champ voisin, et pénalités financières payées aux agriculteurs concernés par la restriction). De tels coûts sont rarement significatifs comparés à l'ensemble des coûts de dépollution, et peuvent être estimés sur la base de contentieux antérieurs.
Des juristes sont impliqués pour l'estimation de ces coûts.

Place du maître d'ouvrage

Récemment, les MO se sont révélés plus impliqués dans les études que dans le passé. Ils sont souvent focalisés sur les risques juridiques et financiers à long-terme.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%) / d'étudier en systématique un scénario « sans action »

Aux USA, le BCA a la particularité de **devoir inclure un scénario « sans action ».** Celui-ci consiste à l'évaluation de ce qui pourrait se produire si aucune action n'est effectuée. Ce scénario peut parfois être considéré comme une option envisageable, bien que l'interlocuteur note qu'il est rarement retenu (la gestion des risques devant être assurée). Ce scénario est souvent utilisé pour définir les processus qui se déroulent sur le site.

De nos jours aux USA, les BCA sont essentiellement conditionnés par les risques sanitaires. Les USA ont renoncé à l'approche étudiant le traitement de la totalité des pollutions.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Cette méthode est déjà appliquée pour 50% des BCA. Mais l'interlocuteur craint que cette approche simplifie à l'excès les problématiques. Une réelle analyse de la situation devrait toujours être assurée. L'interlocuteur est plutôt favorable à une analyse qualitative, associée à une argumentation et une discussion écrites.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Ce principe a du sens. Pour l'interlocuteur, les contextes les plus complexes correspondent à ceux pour lesquels une migration hors site de la pollution est identifiée.

Bureau d'études n°1

Points clés :

➔ Certains aspects financiers sont complexes à estimer, comme par exemple les coûts d'investissement et de fonctionnement induits par les mesures constructives (réserves financières pour la maintenance et la surveillance des dispositifs).

➔ Pourtant, une prise en compte exhaustive des coûts pourrait parfois amener à retenir d'autres solutions de gestion.

➔ Les estimations de coûts de dépollution in situ via des abaques (coût de traitement à la tonne par exemple) sont trop irréalistes.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est responsable du BE pour le secteur sud-est de la France.
Le BE travaille majoritairement (> 50%) pour des promoteurs /aménageurs privés ou publics dans un contexte immobilier, mais aussi pour des industriels.
Une cinquantaine d'ingénieurs réalise des « BCA simples » (études de gestion de déblais), tandis qu'une vingtaine d'opérateurs réalisent des BCA pour d'autres types de contextes (et notamment les contextes industriels). Cinq personnes expertes en travaux fournissent leur expérience sur le caractère opérationnel et les essais de faisabilité nécessaires pour mettre en œuvre les techniques.

Contextes de gestion les plus fréquents

Globalement, le BE note une prépondérance des objectifs de réhabilitation à **court terme.** Les contextes récurrents sont :

- Changement d'usage lors de l'aménagement d'un site ;
- Vente d'un terrain ;
- Cessation d'activités avec remise en état pour un usage industriel (ICPE).

Normes et guides utilisés

- Circulaire de 2007
- Norme NF X 31-620 (A330)
- Journées techniques sur le PG (avec des exemples donnés par le BRGM)
- Différents guides techniques disponibles sur les techniques de dépollution
- Les travaux du GT « Pollution concentrée » (UPDS) de décembre 2014.
- Le guide du BRGM intitulé « Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution », publié en février 2016.

Retour d'expérience général

Deux types de BCA sont identifiés : ceux qui sont transmis à l'administration (contexte ICPE) et les autres (ex : projet immobilier).
Les BCA non lus par l'administration ne posent pas de difficulté particulière : leur arbitrage se fait surtout sur le critère financier, ainsi que la gestion des servitudes et restrictions d'usage.
La méthodologie en place est suffisante pour les cas simples de gestion. Une bonne connaissance appliquée des travaux de dépollution semble toutefois nécessaire pour pouvoir élaborer des BCA complexes.

Difficultés identifiées

La principale difficulté est liée au **financier** :

- Qu'est-ce qui définit un coût financier acceptable ? De façon pragmatique, le BE se base actuellement sur la non remise en cause de l'opération de vente ou de réaménagement du fait du coût de la dépollution ;
- Les abaques fournissant des coûts de dépollution à la tonne ne sont pas suffisamment précis pour être utilisés en chiffrage dans le cadre d'un BCA (pour les traitements in situ).

D'autres difficultés sont liées aux **MO** :

- Si le MO est non-sachant, il peut se focaliser sur les coûts, et ne pas prendre la mesure des coûts induits (hors du champ de responsabilité du BE) et des coûts futurs, ou encore des aléas techniques (surtout dans un contexte de traitement in situ).

- Pour ce qui est de la définition des pollutions concentrées : certains MO peuvent avoir une définition qui leur est propre, ou encore s'appuyer sur une approche générique.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA est un bon outil de communication entre le MO et l'administration.
Entre le MO et le BE, il n'est pas toujours suffisant (si le MO n'appréhende pas suffisamment les risques financiers et techniques liés aux coûts induits / hors champ de responsabilité du BE – voir ci-avant), mais reste efficace pour asseoir la discussion. La disparité des modèles d'un BE à l'autre reste faible.

Dans un exemple de site sensible en termes de communication, le BCA a effectivement bien servi d'outil de communication, et a été montré aux différents acteurs. Mais ce sont des cas plus rares, pour lesquels il y a nécessité de mettre en œuvre un comité de pilotage du fait d'un nombre plus important de partis prenants (pas de gestion bilatérale). Un volet communication au public peut alors exister sous la forme d'une CLI (Commission Locale d'Information).

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Pour les BCA impliquant des travaux de dépollution, la solution est souvent évidente pour le rédacteur du BCA. Elle est confrontée à d'autres scénarios afin de respecter la méthodologie et de faire une démonstration aux différents partis prenants. Le BE souhaiterait privilégier une solution dont il croit en l'efficacité.
Dans certains cas, il n'y a qu'une seule option de gestion possible. Le BCA ne sert alors qu'à en faire la démonstration.
Le BCA n'est toutefois pas réellement identifié comme une contrainte, car il aide la réflexion. Les rédacteurs de BCA partent sans idées préconçues, notamment sur le financier dont le chiffrage n'a rien d'évident avant d'avoir réalisé l'exercice.

Critères

Le BE travaille sur la base de 4 familles de critères :

- financier,
- socio-politique,
- techniques et organisationnels,
- environnementaux.

Des sous-critères sont développés pour les cas les plus complexes.

Les critères les plus importants sont le coût (c'est souvent le premier critère pour le MO, qui a tendance à classer les solutions en fonction de ce paramètre), ainsi que la durée et la disponibilité d'essais de faisabilité. Le coût et la durée sont les critères les mieux appréhendés par les MO, et qui dirigent le plus le choix de la solution de gestion.
Le taux prévisionnel d'abattement de la masse des polluants est un autre critère important.
Les critères les moins prépondérants sont le bilan environnemental et le critère socio-politique, qui sont détaillés uniquement dans des cas complexes et/ou médiatiques.
Le bilan environnemental est étudié de façon qualitative, sur la base de réflexions de bon sens (ex : nombre de camions sur les routes).

Solutions de gestion

Le BE confronte 3 solutions de gestion.
Toutes les grandes familles de solution de gestion sont susceptibles d'être étudiées (**in situ, sur site, hors site, confinement**).

La solution **d'excavation et envoi hors site des terres** est très fréquemment retenue dans le contexte des projets immobiliers, pour lesquels il existe de fortes contraintes de délais, et de foncier disponible.

Les **confinements**, employés en vue de couper les voies d'exposition par ingestion, ou les transferts vers les eaux sont également très souvent associés à la solution de gestion retenue.
Pour ce qui est des **traitements in situ**, les options les plus souvent étudiées sont les plus éprouvées (écrémage pour le flottant, venting pour les COV dans les sols, pompage et traitement pour les contaminants dissous dans la nappe…).

Les options de **traitement sur site** sont peu fréquemment retenues, excepté lorsque l'aménagement concerne un foncier plus important (exemple : ZAC).

L'**AN** n'est pas mise en avant généralement, sauf en cas de constat d'inefficacité des autres techniques (résorption d'un panache résiduel par exemple). La démonstration du bien-fondé de cette mesure de gestion est souvent complexe, et les délais associés sont mal acceptés par l'administration, et souvent incompatibles avec la DCE.
Les **restrictions d'usage** et les **dispositions constructives** qui accompagnent (le cas échéant) la technique de dépollution sont mentionnées dans le tableau de comparaison des solutions de gestion, et font l'objet d'un chapitre ultérieur dans le PG.
Il serait pertinent d'intégrer le coût financier des restrictions d'usage et dispositions constructives dans le comparatif, mais ce n'est pas le cœur de métier d'un BE environnemental et ces coûts sont par ailleurs difficiles à prévoir au stade du PG. Cet aspect est problématique, car une prise en compte exhaustive des coûts pourrait parfois amener à d'autres solutions de gestion retenues. Cette estimation pourrait être fournie par un architecte.
Il n'est également pas toujours aisé d'estimer les **coûts de surveillance ultérieure** (combien d'années provisionner ? L'existence de standards d'évaluation du type « calcul de garanties financières » pourrait permettre d'uniformiser l'approche).

Place du maître d'ouvrage

Les interventions du MO sur le BCA sont rares. Elles n'interviennent qu'en phase de validation. Les scénarios proposés sont par ailleurs rarement remis en cause.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Parfois ce scénario n'est pas étudié car le MO ne le souhaite pas. L'administration est plus demandeuse de ce type de chiffrage.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocuteur identifie comme **« simple/ standard »** un contexte :

- de gestion de déblais (définition des exutoires) ;
- d'arbitrage entre l'excavation et d'autres techniques ;
- d'arbitrage entre une excavation totale ou partielle de la pollution.

Les sources concentrées seront nécessairement évacuées par excavation si elles sont accessibles, conformément à la méthodologie.

Les contextes **« complexes »** pourraient être rapprochés :

- des cas où une pollution résiduelle subsistera sur le site ;
- des sites médiatisés, qui requièrent un argumentaire plus détaillé avec notamment une meilleure prise en compte des critères environnementaux et sociaux-politiques

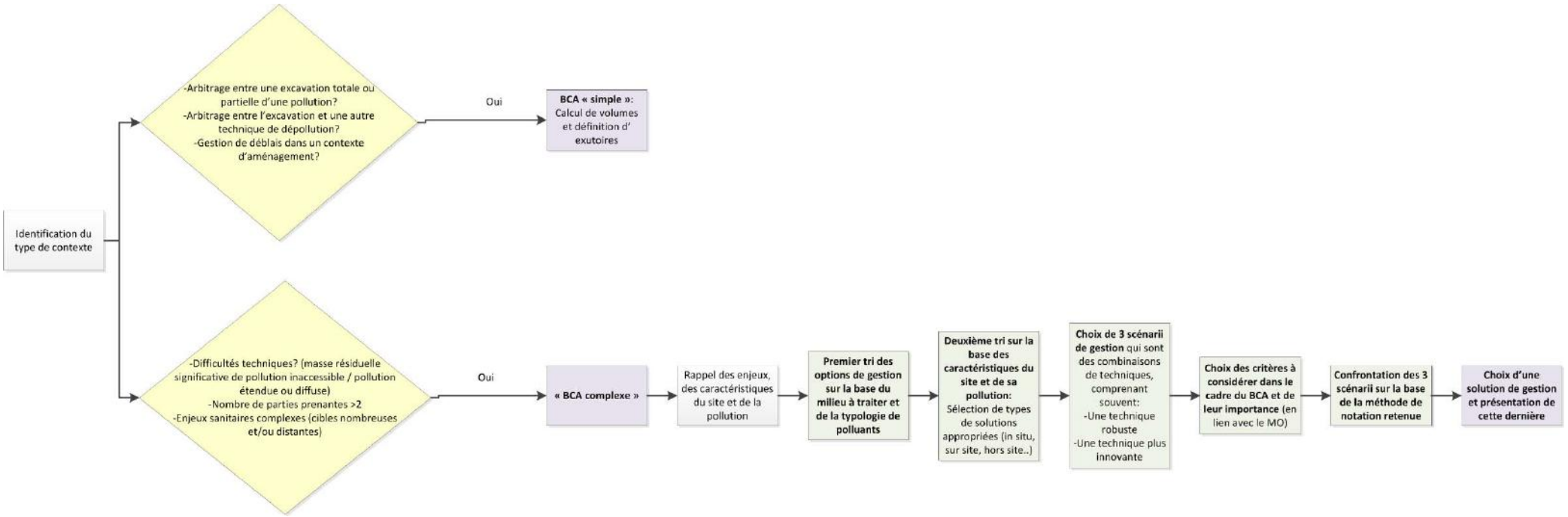
Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'analyse multicritères n'est utilisée que dans des cas complexes (difficultés techniques, gestion impliquant plus de 2 parties prenantes, enjeux sanitaires complexes). Sinon le BE fonctionne avec un système de + et de -.
Si cette méthodologie ne relève que du BE (sélection des paramètres et choix de la pondération utilisée), la légitimité de l'analyse multicritères peut être contestée (par le MO en premier lieu, puis par l'administration et les autres parties prenantes s'il en existe). Ainsi, une telle méthode nécessite une concertation préalable :

- dans les contextes les plus simples : concertation a minima avec le MO ;
- dans les cas complexes : concertation avec l'administration ou les représentants des tiers impliqués, afin de trouver un consensus sur une méthode de notation fidèle aux objectifs partagés.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Le BE accompagne souvent son MO dans la réhabilitation du site, ce qui permet de constituer un retour d'expérience en direct.
Parfois, des réadaptations sont nécessaires en cours de dépollution, car le traitement ne fonctionne pas comme escompté (rapidité, taux d'abattement...). Dans les cas les plus défavorables, les solutions du BCA peuvent être remises en jeu (exemple : basculement d'une technique in situ vers une autre).


Identification du type de contexte
-Arbitrage entre une excavation totale ou partielle d'une pollution?
-Arbitrage entre l'excavation et une autre technique de dépollution?
-Gestion de déblais dans un contexte d'aménagement?
Oui
BCA « simple »: Calcul de volumes et définition d' exutoires
-Difficultés techniques? (masse résiduelle significative de pollution inaccessible / pollution étendue ou diffuse)
-Nombre de parties prenantes >2
-Enjeux sanitaires complexes (cibles nombreuses et/ou distantes)
Oui
« BCA complexe »
Rappel des enjeux, des caractéristiques du site et de la pollution
Premier tri des options de gestion sur la base du milieu à traiter et de la typologie de polluants
Deuxième tri sur la base des caractéristiques du site et de sa pollution: Sélection de types de solutions appropriées (in situ, sur site, hors site..)
Choix de 3 scénarii de gestion qui sont des combinaisons de techniques, comprenant souvent:
-Une technique robuste
-Une technique plus innovante
Choix des critères à considérer dans le cadre du BCA et de leur importance (en lien avec le MO)
Confrontation des 3 scénarii sur la base de la méthode de notation retenue
Choix d'une solution de gestion et présentation de cette dernière

Bureau d'études n°2

Points clés :

➔ Les outils de travail développés en interne sont mis à jour s'ils orientent le BCA vers une solution qui ne cadre pas avec le retour d'expérience.

➔ L'analyse multicritère est déjà mise en application à ce jour.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur travaille pour un BE fondé il y a quelques années, avec à ce jour une équipe de 12 personnes (dont 4 rédacteurs de BCA), certifié LNE pour les domaines A et B.
Récemment le BE a produit de nombreuses études (notamment pour l'ADEME), incluant des PG avec BCA au droit d'anciens sites industriels.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes de gestion les plus fréquemment rencontrés par le BE à ce stade sont des **sites ADEME** (problématiques variées, comme par exemple une ancienne tannerie, un ancien stockage de solvants…). Ces friches (anciens sites industriels) ont fait l'objet d'arrêtés prescrivant leur réhabilitation, parfois suite à l'identification d'importantes problématiques sanitaires. Les études sur ces sites sont donc associées à une dimension sociétale importante.
Dans la majorité des cas, il n'y a pas encore de projet d'aménagement de prévu sur ces sites.

Le BE travaille également sur des contextes de **cessation d'activité**, avec à nouveau une forte variabilité des activités concernées : sites chimiques, ateliers de maintenance où étaient employés des COHV, sites comportant des cuves de fioul, etc.).

Normes et guides utilisés

Les normes et guides utilisés sont :

- Norme NFX 31 620 ;
- Circulaire du 8 février 2007 et ses annexes ;
- Loi de Pareto (le principe est appliqué pour l'élaboration des bilans massiques) ;
- Guide UPDS sur la définition des zones sources concentrées ;
- Plusieurs documents du BRGM, dont le guide de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices) et SELECDEPOL.

Retour d'expérience général

Le BE a construit et mis à jour au fil du temps ses propres outils pour la réalisation des BCA.

Difficultés identifiées

Aucune réelle difficulté n'est identifiée. Les difficultés rencontrées par le BE étaient plutôt associées à la phase de mise en place de leur méthodologie interne (concernant la définition des sources, la hiérarchisation de ces dernières, etc.), qui a nécessité un important travail.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA est un outil de communication efficace. Afin de s'en assurer, le BE définit clairement des critères (permettant plus de transparence), et décrit les enjeux, contraintes et inconvénients. Les notes et niveaux de pondération attribués aux critères sont explicités.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Le rédacteur de BCA peut avoir une idée du résultat auquel le BCA doit aboutir. Les **outils de travail** développés en interne sont d'ailleurs **mis à jour s'ils orientent le BCA vers un résultat qui n'est pas jugé recevable par retour d'expérience**. Quand ce cas de figure se présente, le BE effectue une analyse des différences entre la solution envisagée par retour d'expérience, et la solution qui émerge de l'application des outils de travail. Le BE travaille alors sur la pondération des critères avec son client afin que le BCA s'oriente vers l'une ou l'autre de ces solutions.

Actuellement, c'est le plus souvent la solution guidée par le retour d'expérience qui est alors favorisée.

Critères

Les **critères qui sont généralement étudiés** sont :

- Le coût ;
- Le rendement de la solution (ratio entre le financier et l'abattement des teneurs) ;
- L'impact sociétal (au travers du prisme des nuisances pour le voisinage : bruit, nuisance olfactive, durée du chantier) ;
- L'impact environnemental de la solution étudiée : le BE a développé des outils comparatifs pour comparer les options de gestion les unes par rapport aux autres. Ces outils ne nécessitent pas d'engager des études poussées pour chaque solution (exemple : pas de calcul du bilan carbone précis de chaque solution) ;

D'autres critères non cités en premier lieu peuvent également être étudiés :

- L'occupation des sols ;
- L'aspect technique et organisationnel : ce critère permet de présélectionner des solutions viables à comparer, et est repris en considération dans le cadre de la comparaison plus fine des solutions retenues.

Les critères les plus importants pour l'interlocuteur sont l'applicabilité de la technique, la durée de l'option de gestion, et son coût. Durée et coûts peuvent être des facteurs particulièrement limitants selon les contextes.

Solutions de gestion

Souvent le BE confronte **3 solutions pertinentes dans son BCA**. Chacune des solutions du panel disponible (in situ, sur site, hors site, confinement…) est susceptible d'être proposée dans le BCA, pour peu qu'elle soit pertinente.
Les BCA intègrent également les servitudes et les mesures constructives.

L'interlocuteur n'identifie pas de solution de gestion qui serait retenue plus fréquemment qu'une autre. Atténuation naturelle et confinement peuvent susciter une difficulté de compréhension de la part de l'administration, mais l'interlocuteur interviewé estime que si le BCA est bien évalué et argumenté, ces solutions peuvent être retenues et recevables.

Place du maître d'ouvrage

Parfois le MO n'est pas au fait de tous les enjeux et contraintes autour des travaux de dépollution. Le BE effectue donc une concertation à différentes phases des études, et notamment dès la définition des sources concentrées.
Les pondérations des critères sont ajustées par le BE en fonction des enjeux qu'il a identifiés en dialoguant avec son client.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Développer plusieurs niveaux de démarche semble intéressant. Un **BCA « simple »** pourrait être réalisé dans les cas suivants:

- Possibilité de dépollution commune de plusieurs zones de pollutions ;
- Familles de contaminants les plus accessibles (exclure éventuellement les COHV) ;
- Faible nombre de contaminants différents en présence ;
- Traitement des sols (et non des eaux souterraines) ;
- Traitements sur site ou hors site (in situ exclu, et rattaché à des contextes plus complexes) ;
- Volumes limités de terres polluées ;
- Techniques particulièrement récurrentes à l'étude ;
- Terrains impactés en surface.

A contrario les **BCA « complexes »** pourraient être réservés à :

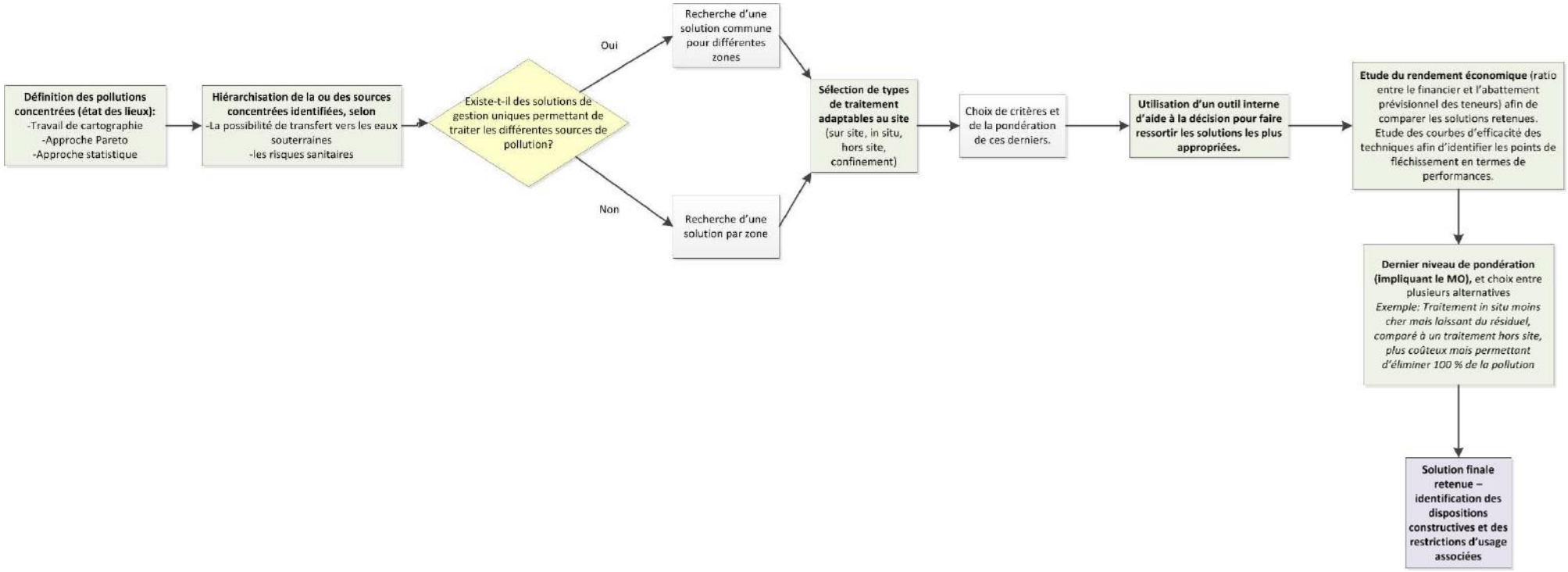
- Familles de contaminants moins accessibles (ex : les COHV) ;
- Nombreuses typologies de contaminants en présence ;
- Traitements in situ à l'étude ;
- Importants volumes de terres polluées ;
- Gestion d'une pollution du milieu eaux souterraines ;
- Terrains impactés profonds.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Cette méthodologie est déjà appliquée par le BE interviewé qui y est donc favorable. La pondération peut être définie en amont en concertation avec le MO, afin de tenir compte de ses contraintes et de ses enjeux (en lien avec l'administration, avec la vente d'un site, ou encore avec la planification d'un projet...).

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Le BE ayant été créé il y a peu, l'interlocuteur ne dispose pas encore d'un grand nombre d'exemples pour illustrer l'adéquation entre les résultats des dépollutions effectuées par rapport à ce qui était attendu au stade du BCA.
Mais a priori les observations sur site vont essentiellement dans le sens de ce qui avait été estimé.


Définition des pollutions concentrées (état des lieux):
-Travail de cartographie
-Approche Pareto
-Approche statistique
Hiérarchisation de la ou des sources concentrées identifiées, selon
-La possibilité de transfert vers les eaux souterraines
-les risques sanitaires
Existe-t-il des solutions de gestion uniques permettant de traiter les différentes sources de pollution?
Oui
Non
Recherche d'une solution commune pour différentes zones
Recherche d'une solution par zone
Sélection de types de traitement adaptables au site (sur site, in situ, hors site, confinement)
Choix de critères et de la pondération de ces derniers.
Utilisation d'un outil interne d'aide à la décision pour faire ressortir les solutions les plus appropriées.
Etude du rendement économique (ratio entre le financier et l'abattement prévisionnel des teneurs) afin de comparer les solutions retenues.
Etude des courbes d'efficacité des techniques afin d'identifier les points de fléchissement en termes de performances.
Dernier niveau de pondération (impliquant le MO), et choix entre plusieurs alternatives
Exemple: Traitement in situ moins cher mais laissant du résiduel, comparé à un traitement hors site, plus coûteux mais permettant d'éliminer 100 % de la pollution
Solution finale retenue – identification des dispositions constructives et des restrictions d'usage associées

Bureau d'études n°3

Points clés :

➔ La méthodologie reste générale, et la façon de la décliner au cas par cas constitue justement la plus-value et l'expertise de chaque BE. A ce titre, il n'est pas souhaitable de fournir une méthodologie trop figée.

➔ Les BCA ne sont pas des études de conception : en particulier, le chiffrage financier précis du coût de mise en œuvre des solutions n'est pas l'objet du PG.

➔ Il est regrettable que les délais des projets d'aménagement ne permettent (bien souvent) pas d'autre option de gestion que l'excavation et l'envoi hors site de terres.

➔ La solution de gestion est connue d'avance par le rédacteur du BCA (par retour d'expérience). Le BCA vise essentiellement à présenter les arguments qui conduisent à cette solution.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

Le BE interviewé est implanté et France et en Belgique. En France, la société compte 2 rédacteurs de BCA. La personne interrogée est responsable d'agence.
L'équipe comprend également une personne ayant travaillé 6 ans au sein d'une entreprise de travaux, qui fait bénéficier de son retour d'expérience au BE (en particulier sur les traitements de nappe).
Le retour d'expérience des agences implantées en Belgique permet également de compléter la vision Française. Par ailleurs, la gestion hors site des terres est effectuée en lien avec la Belgique du fait de la double implantation du BE, ce qui permet de bénéficier de la plus grande facilité de réemploi hors site des terres en Belgique.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les PG comprenant des BCA établis par le BE sont préparés majoritairement pour des promoteurs, mais aussi dans le cadre de marchés publics et pour des industriels.
Le BE travaille essentiellement sur des sites de taille limitée. L'interlocutrice identifie deux contextes principaux de gestion :

- Sites présentant des problématiques de gestion de déblais ;
- Sites industriels se prêtant plus à des remédiations in situ.

Normes et guides utilisés

Le BE s'appuie sur :

- Les circulaires et guides du ministère (méthodologie du 8 février 2007) ;
- Les guides du BRGM (notamment le guide de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices).

Retour d'expérience général

La méthodologie reste générale, et **la façon de la décliner au cas par cas constitue justement la plus-value et l'expertise de chaque BE**. L'interlocutrice souligne néanmoins que certains BCA élaborés par son BE vont peut-être plus loin dans la démarche que ce qui est réellement attendu de l'exercice.

Difficultés identifiées

La principale difficulté identifiée est en lien avec certains MO (notamment les promoteurs et certaines collectivités), qui **tendent à considérer le chiffrage du PG comme un faisant foi pour la suite des opérations**. Dans ce contexte, il peut être reproché au BE de prendre trop de précautions dans son chiffrage. Or, le PG, incluant le BCA, ne constitue pas une étude de conception ou un devis. Les coûts estimés ne constituent qu'une première approche.

L'interlocutrice identifie également (BCA préparés pour le compte de promoteurs) une **prédominance nette des solutions de gestion par excavation et envoi hors site des terres**, le facteur temps étant primordial dans ces contextes d'aménagement.
Les industriels peuvent quant à eux être ouverts à des démarches de gestion plus variées.

Une difficulté est également identifiée en lien avec **les solutions dites « novatrices »** : pour que ces dernières puissent être proposées, il faut disposer d'un temps suffisant d'étude, ce que tous les MO ne sont pas disposés à accepter (coût plus important de ces études, notamment en cas de réalisation d'essais de faisabilité / de tests pilotes). Cette observation va également dans le sens d'une systématisation des solutions par excavation et envoi des terres hors site.

Enfin, une **problématique en lien avec l'administration** est relevée : l'interlocutrice constate que des avis défavorables peuvent être émis par l'ARS sur des PG émis dans un contexte de réaménagement où il subsistera sur site un résiduel en contaminants volatils (la voie d'exposition par inhalation faisant souvent l'objet d'appréhensions). De tels avis défavorables peuvent être rendus même si le PG et le BCA ont été réalisés dans les règles de l'art. Pour ces raisons, le BE interviewé a pu être sollicité dans le passé par des mairies pour refaire des PG (pourtant tout à fait valables), devant retenir des options de gestion différentes de celles proposées par un premier BE.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA remplit effectivement ce rôle de communication, mais selon le point de vue de la personne qui lit le BCA, sa lecture sera différente (comme en témoigne la difficulté en lien avec l'ARS, rapportée ci-avant).
Sur la base de ce constat, il semblerait utile de faire valider la pondération des critères du BCA par l'ARS en amont de la finalisation du PG. Mais l'interlocutrice estime qu'il est peu probable que l'ARS accepte de se prononcer avant d'avoir à sa disposition le PG entièrement finalisé.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Les rédacteurs de BCA savent d'emblée quelle solution sera la plus adaptée techniquement. Le BCA permet de l'argumenter, et d'expliquer pourquoi la solution retenue a été sélectionnée. Il est donc rare que le BCA puisse jouer un outil d'aide à la réflexion. Le temps alloué aux études est par ailleurs souvent trop limité pour réaliser l'exercice dans cette optique.

Critères

Les critères considérés sont :

- La durée de réalisation ;
- La faisabilité technique (atteinte des objectifs et fiabilité de la technique) ;
- L'impact sur l'environnement (évalué de façon qualitative et succincte) ;
- Les aspects juridiques (notamment servitudes restant en place) ;
- Les contraintes associées à l'aménagement / au projet envisagé ;
- Le coût.

Le **coût, la durée et la faisabilité technique sont les critères les plus importants**.

Concernant l'évaluation de **l'impact de la solution de gestion sur l'environnement,** l'interlocutrice note que certaines collectivités possèdent une éthique de développement durable, mais que cette observation est plus rare chez les promoteurs. L'évaluation de ce critère est qualitative à ce stade (identification des solutions qui génèrent des rotations de camions). L'interlocutrice serait favorable à l'utilisation d'abaques qui fourniraient (par exemple) des estimations du bilan carbone des solutions.
Les **aspects sociétaux** ne sont pas étudiés en systématique : ils seront toutefois intégrés au BCA s'ils sont identifiés comme particulièrement sensibles, ou encore à la demande du maître d'ouvrage.

Solutions de gestion

En moyenne, **2 à 3 solutions** sont comparées par le BE. Chacune des solutions du panel disponible (in situ, sur site, hors site, confinement...) est susceptible d'être proposée dans le BCA, pour peu qu'elle soit pertinente.

L'atténuation naturelle constitue néanmoins une exception : elle n'est généralement pas proposée, car il est trop difficile de savoir en combien de temps les objectifs d'abattement des teneurs seront atteints. Le BE interrogé n'a par ailleurs pas encore rencontré de contexte qui se prêterait à ce type de gestion.
Par ailleurs, le BE identifie parfois des **difficultés régionales à proposer des traitements in situ ou sur site** pour les terres polluées. Le temps et l'espace manquent, ou alors les pollutions ne sont pas suffisamment importantes (petits sites). Les matériaux sont alors majoritairement évacués hors site.
Les traitements in situ / sur site restent néanmoins envisageables sur certains sites de MO industriels.

Les contextes de gestion les plus récurrents sont :

- l'excavation suivie de mise en décharge de terres (hors site) ;
- le confinement (réutilisation sur site des terres concernées).
- Le traitement biologique et thermique, ou encore le traitement physico-chimique hors site de terres.

Les **restrictions d'usage** sont étudiées par le biais du critère juridique. Quant aux **mesures constructives**, elles sont également identifiées dans le PG.
Il serait néanmoins intéressant de faire apparaître restrictions et mesures constructives directement dans le tableau de comparaison des solutions pertinentes, afin d'améliorer leur visibilité pour le destinataire du PG.

Place du maître d'ouvrage

Le MO formule ses attentes, qui sont surtout relatives au coût et à la durée. Certains MO peuvent également demander que la solution retenue leur assure qu'il n'y aura plus d'implication de l'administration par la suite.
Toutefois, le MO n'écarte pas de solutions que le BE aurait souhaité étudier : il se contente de choisir in fine parmi les différentes options possibles qui ont été développées dans le PG.
La pondération des critères est calée par le BE sur la base de sa compréhension des enjeux de son client (il n'y a pas de prise de contact spécifique pour arrêter cette pondération). Par retour d'expérience, les promoteurs sont peu susceptibles de revenir sur cette pondération. Si celle-ci doit être discutée, ce sera le plus souvent avec des MO industriels.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Ce chiffrage pourrait se révéler périlleux dans certains cas. Par exemple, dans un contexte post-industriel (réhabilitation de friches pour les collectivités), les locaux (élus, riverains) pourraient s'appuyer sur ce chiffrage, quand bien même les coûts estimés seraient très élevés, pour réclamer un enlèvement complet de la pollution (le chiffrage de cette solution ne serait pas vu comme un point de comparaison qui assoit la comparaison des autres alternatives, mais serait perçu à tort comme une solution « viable ». Le fait de ne pas y donner suite serait alors mal accepté).
Un tel chiffrage pourrait trouver son utilité au droit d'un site industriel dont la gestion environnementale se fait sans dimension publique (concertation entre sachants uniquement).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Il semble compliqué de mettre en place une notion de BCA simple / BCA développé. L'interlocutrice souligne les dérives que pourrait occasionner cette distinction au sein de la profession lors de l'élaboration de propositions (mise en place de deux « niveaux de prestation » avec des prix différents, ou encore application à tort du BCA minimal alors que le contexte requerrait un BCA plus développé).

Néanmoins, certains facteurs témoignent clairement de contextes plus complexes que la moyenne (ex : double sens d'écoulement des eaux souterraines au droit du site).

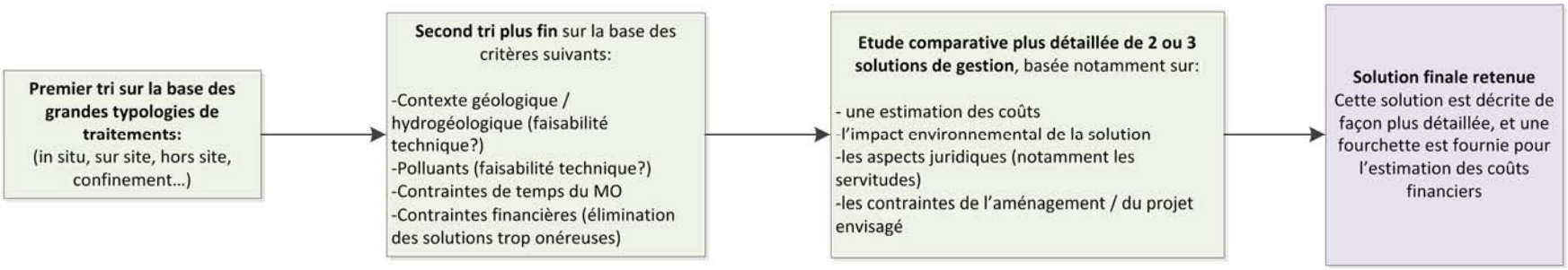
La complexité d'un PG n'est en revanche pas rattachée aux seuls polluants en présence. C'est la conjugaison de la pollution, de sa localisation, sa profondeur etc. qui détermine le degré de complexité du site.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Le BE applique déjà ce type de méthodologie à l'heure actuelle. L'interlocutrice y est donc favorable, d'autant que l'analyse multicritères permet d'argumenter les notes attribuées.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Le BE ne bénéficie pas de retours d'expériences systématiques. Toutefois, il est évident que si une solution proposée ne fonctionne pas sur site, le BE en sera informé par le MO.


Premier tri sur la base des grandes typologies de traitements:
(in situ, sur site, hors site, confinement…)
Second tri plus fin sur la base des critères suivants:
-Contexte géologique / hydrogéologique (faisabilité technique?)
-Polluants (faisabilité technique?)
-Contraintes de temps du MO
-Contraintes financières (élimination des solutions trop onéreuses)
Etude comparative plus détaillée de 2 ou 3 solutions de gestion, basée notamment sur:
- une estimation des coûts
-l'impact environnemental de la solution
-les aspects juridiques (notamment les servitudes)
-les contraintes de l'aménagement / du projet envisagé
Solution finale retenue
Cette solution est décrite de façon plus détaillée, et une fourchette est fournie pour l'estimation des coûts financiers

Bureau d'études n°4

Points clés :

➔ Les PG ne sont pas des études de conception. Le BCA (et notamment le chiffrage des différentes solutions) ne peut en aucun cas alimenter un cahier des charges pour un chantier de réhabilitation et/ou servir de devis de travaux de dépollution.

➔ Parfois, seules les mesures constructives peuvent garantir la compatibilité d'un projet avec l'état du site.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est responsable national dans le domaine des sites et sols pollués, et est également chargé des méthodes et certifications.
Le PG est élaboré en équipe entre des chefs de projet spécialisés en risques sanitaires, et des chefs de projet rédacteurs de plans de gestion (possédant des connaissances sur les travaux de réhabilitation).

Contextes de gestion les plus fréquents

Le quotidien du PG correspond à un diagnostic suivi d'une proposition de solutions opérationnelles rapides.
Le BE réalise des PG dans des contextes variés : projets d'aménagement portés par des promoteurs immobiliers, sites industriels, friches avec enjeux sur l'eau potable…
Dans la plupart des cas, les sites étudiés font l'objet d'un projet d'aménagement (il est rare que la réhabilitation soit effectuée sans usage ultérieur défini).

Normes et guides utilisés

Les normes et guides appliqués par le BE sont :

- Les outils de la méthodologie nationale de 2007 ;
- Guide de l'ADEME de 2009 (Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances) ;
- Guide du BRGM de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices) ;
- Site internet SELECDEPOL ;
- Guide du BRGM de 2014 sur les dispositions constructives (Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP).

Difficultés identifiées

Une difficulté est identifiée en lien avec les MO : certains d'entre eux (notamment les MO privés) reprennent le contenu du PG (et du BCA) dans leur cahier des charges pour la réhabilitation du site. Or, **le PG est une étude réalisée au stade de la préfaisabilité : il donne des tendances, mais ne constitue en aucun cas une étude de conception**.
L'administration (DREAL) exige parfois également un niveau de détail qui relève de la conception.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le PG est un document qui est connu et identifié de la plupart des intervenants sur les projets. Le BCA seul n'est pas aussi bien identifié. Toutefois, son format basé sur une méthodologie comparative constitue effectivement un bon outil pour communiquer entre les différentes parties.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Le BCA est une **aide à la réflexion dans le sens où il pousse son rédacteur à se poser des questions, et à rechercher des critères d'étude spécifiques**.
Toutefois, **la solution à retenir est parfois si évidente qu'elle est connue du rédacteur avant qu'il ne réalise l'exercice**. L'interlocuteur évoque à titre d'exemple les contextes de gestion des déblais. A noter toutefois que dans ces contextes, l'étude porte sur les exutoires possibles pour les terres à évacuer (il n'y a pas réellement d'autre option possible que l'excavation et l'envoi hors site, et donc pas de comparaison au sens strict). Toutefois, l'interlocuteur souligne que l'étude reste un PG, dans la mesure où le document prend en considération le projet, les dispositions constructives, et les risques sanitaires (sur la base des teneurs résiduelles).

Critères

Les critères étudiés sont :

- **La faisabilité technique**: propriétés des substances, encombrement et accessibilité du site, abattement prévisionnel des teneurs, efficacité de la technique, maitrise de la durée, maturité de la technique…
- Le **contexte géologique**: type de matériaux, granulométrie, porosité, stabilité géotechnique, hydrogéologie, niveau de la nappe, qualité des eaux, potentiel redox, perméabilité...
- Le **foncier** (espace et temps disponibles) ;
- **La durée** : planning des opérations, date de livraison, coactivités éventuelles avec les opérations de démolition, de terrassement de parkings…
- La disponibilité de **résultats d'essais spécifiques de faisabilité** (si non disponibles, ils sont recommandés pour valider par la suite la technique retenue et pour asseoir la conception) ;
- Les **critères environnementaux** : principes du développement durable, consommation énergétique, émissions de CO_2 etc... Evalué de façon qualitative, ce critère intéresse peu les MO pour lesquels travaille le BE ;
- **Les coûts** de conception, de suivi de traitement, d'exploitation, de surveillance...
- Les **aspects juridiques et sociétaux** (servitudes, restrictions d'usage, communication...).

Tous ces critères ne seront pas nécessairement applicables selon les spécificités de l'opération. Les critères les plus importants sont :

- Le coût (critère n°1 souvent pour le Donneur d'Ordre) ;
- La technique ;
- La durée (critère important souvent pour le Donneur d'Ordre d'une opération immobilière) ;
- Le foncier (l'emprise disponible conditionne les possibilités de traitement in situ, ou sur site).

Solutions de gestion

Le BE confronte toujours a minima 2 solutions (comme l'exige la norme). **Dans la plupart des BCA, 3 solutions sont confrontées.**

Chacune des solutions du panel disponible (in situ, sur site, hors site, confinement...) est susceptible d'être proposée dans le BCA, pour peu qu'elle soit pertinente.
Compte-tenu de la géologie locale (formations d'altérations avec matrice argileuse et milieux fracturés hétérogènes) dans la région où travaille l'interlocuteur, ce dernier identifie toutefois une **difficulté à proposer régionalement des techniques in situ.** L'interlocuteur note que les donneurs d'ordre de grands groupes industriels sont peut-être les MO les plus réceptifs à des solutions innovantes, nécessitant plus de temps et de foncier.
Le BE interviewé accorde par ailleurs une attention particulière à la maturité des techniques proposées (la maturité des solutions éprouvées est un critère important du BCA). Souvent, les solutions innovantes sont mises en place dans des contextes à enjeux importants, et bénéficient de financements spécifique (par l'ADEME, par exemple).

Le choix du **confinement sur site** (souvent étudié pour des pollutions métalliques) est également peu fréquent, puisqu'il requiert du foncier. Le confinement peut également être écarté dans l'optique de ne pas conserver de passif environnemental sur les terrains (se pose en effet la question de la pérennité effective des restrictions d'usages et servitudes).
La place de **l'atténuation naturelle** est également restreinte, au vu de la typologie des sites et des MO pour lesquels travaille le BE interviewé.

Toutefois, l'AN a déjà pu être proposée, notamment au droit de sites dont les eaux souterraines étaient impactées par des COHV.

La **solution de gestion la plus courante pour les opérations de construction avec contraintes foncières reste l'excavation et l'envoi hors site des terres** (avec des restrictions d'usage). Les opérations d'aménagement interannuelles sur du foncier disponible permettent une conception optimale plus innovante (et intégrant des essais) en traitement sur site.

Les **restrictions d'usage** sont identifiées dans le BCA, et sont étudiées par le biais du critère juridique et sociétal. La pérennité ce celles-ci et leur application effective restent un sujet de nombreuses questions qui fragilise ce critère.
Quant aux **mesures constructives**, il en existe très fréquemment dans les solutions de gestion retenues. **Parfois, les mesures constructives sont même les seules à pouvoir garantir la compatibilité du projet avec l'état du site** (atteinte des limites techniques des techniques de dépollution avec des VTR pénalisantes, ou encore sources situées hors du périmètre du promoteur).
Les mesures constructives sont évoquées dans le tableau de comparaison des solutions, mais elles ne sont pas intégrées dans l'estimation des coûts car il s'agit alors de coûts de construction / conception du bâti. Le BE renvoie le MO vers l'architecte du projet, ou vers la maîtrise d'œuvre pour l'obtention de ces coûts.

Place du maître d'ouvrage

Le choix final de la solution de gestion est du ressort du MO.
Il n'y a pas (ou peu) de concertation entre le BE et le MO avant la réalisation du BCA hors opérations d'importance : le BE propose une option de gestion équilibrée. Sur la base de l'étude réalisée, le MO est ensuite tout à fait libre d'analyser les critères et d'introduire une pondération s'il le souhaite.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Avant tout, le niveau de détail d'un BCA sera corrélé au budget et au temps disponibles pour les études.
La **distinction entre des contextes simples et des contextes complexes est pertinente**. Les rapports du BE sont adaptés pour des BCA « simplifiés », et pour des « BCA complexes ». La variable est alors le niveau de détail et des moyens mis en œuvre (plus d'arguments, de critères, et de solutions dans un cas complexe).

Les **contextes les plus simples** pourraient correspondre aux cas les plus récurrents, comme par exemple :

- Les anciens garages ;
- Les remblais de remplissage d'après-guerre (contexte urbanisé).

Les **facteurs de complexité** peuvent être notamment :

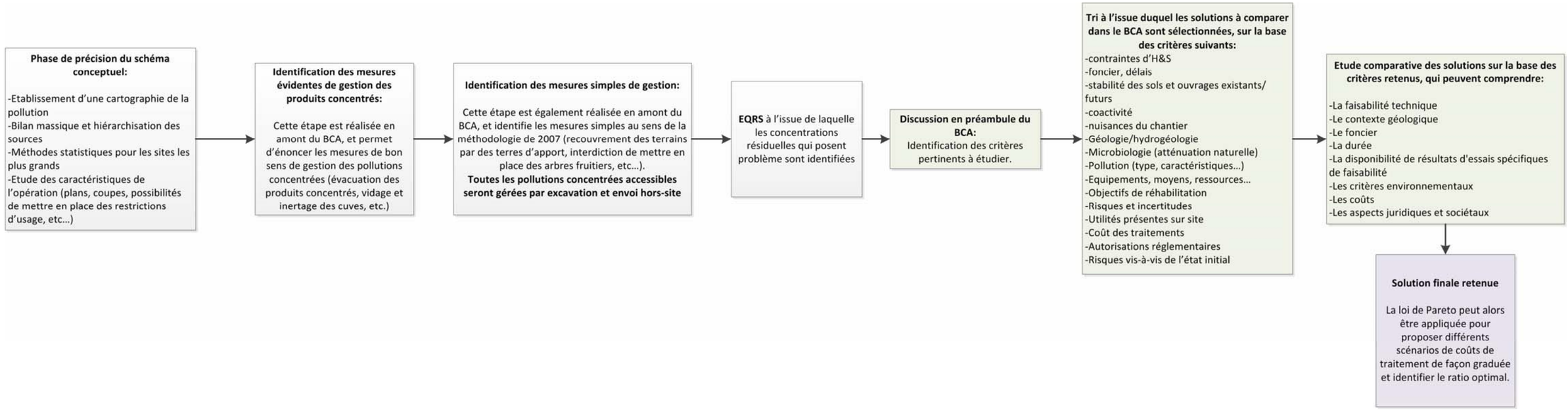
- La présence de différents types de polluants ;
- La typologie des polluants (ex : composés organiques complexes) ;
- Les quantités (masses, surfaces…) ;
- Les milieux impactés (sols eaux air) ;
- Les transferts hors site (et enjeux induits) …

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Le BE a adopté un système de notation de 1 à 10 et un classement relatif des solutions, qu'il complexifie au besoin (et au cas par cas).
Chaque critère a le même poids à la base (il n'est pas appliqué de pondération par défaut), mais le BE peut en développer une à la demande du MO.
L'interlocuteur n'est pas opposé à l'idée de définir critères et pondération en amont du BCA avec le MO, mais il souligne que le critère économique risque d'être systématiquement mis en avant dans la pondération par les donneurs d'ordre.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Généralement, le BE accompagne ses clients dans la conception de leur dépollution suite à la rédaction du PG (assistance technique à la maîtrise d'ouvrage). A ce titre, le BE reste dans la boucle des échanges d'informations, et bénéficie ainsi des éventuels retours d'expérience. Par ailleurs, les solutions proposées par le BE correspondant souvent à des techniques matures, les délais des retours d'expériences des techniques dites « innovantes » sur plusieurs opérations sont plus importants.


Phase de précision du schéma conceptuel:
-Etablissement d'une cartographie de la pollution
-Bilan massique et hiérarchisation des sources
-Méthodes statistiques pour les sites les plus grands
-Etude des caractéristiques de l'opération (plans, coupes, possibilités de mettre en place des restrictions d'usage, etc…)
Identification des mesures évidentes de gestion des produits concentrés:
Cette étape est réalisée en amont du BCA, et permet d'énoncer les mesures de bon sens de gestion des pollutions concentrées (évacuation des produits concentrés, vidage et inertage des cuves, etc.)
Identification des mesures simples de gestion:
Cette étape est également réalisée en amont du BCA, et identifie les mesures simples au sens de la méthodologie de 2007 (recouvrement des terrains par des terres d'apport, interdiction de mettre en place des arbres fruitiers, etc…).
Toutes les pollutions concentrées accessibles seront gérées par excavation et envoi hors-site
EQRS à l'issue de laquelle les concentrations résiduelles qui posent problème sont identifiées
Discussion en préambule du BCA:
Identification des critères pertinents à étudier.
Tri à l'issue duquel les solutions à comparer dans le BCA sont sélectionnées, sur la base des critères suivants:
-contraintes d'H&S
-foncier, délais
-stabilité des sols et ouvrages existants/ futurs
-coactivité
-nuisances du chantier
-Géologie/hydrogéologie
-Microbiologie (atténuation naturelle)
-Pollution (type, caractéristiques…)
-Equipements, moyens, ressources…
-Objectifs de réhabilitation
-Risques et incertitudes
-Utilités présentes sur site
-Coût des traitements
-Autorisations réglementaires
-Risques vis-à-vis de l'état initial
Etude comparative des solutions sur la base des critères retenus, qui peuvent comprendre:
-La faisabilité technique
-Le contexte géologique
-Le foncier
-La durée
-La disponibilité de résultats d'essais spécifiques de faisabilité
-Les critères environnementaux
-Les coûts
-Les aspects juridiques et sociétaux
Solution finale retenue
La loi de Pareto peut alors être appliquée pour proposer différents scénarios de coûts de traitement de façon graduée et identifier le ratio optimal.

Bureau d'études n°5

Points clés :

➔ Les MO souhaitent souvent que le BE donne un avis sur la solution qui sera retenue avant même que le BCA soit réalisé, ce qui peut être problématique si par la suite l'exercice oriente le PG vers une autre solution.

➔ Il serait idéal d'intégrer les tests pilotes en donnée d'entrée du BCA afin d'ouvrir la comparaison à des solutions dites « innovantes », mais pas de façon systématique, au cas par cas quand vraiment pertinent

➔ L'utilisation de l'« analyse multicritères » devrait toujours être assortie de tests de sensibilité portant sur la pondération.

➔ Il n'est pas souhaitable de fournir une méthodologie trop « systématique » : la part d'expertise et de conseil du BE est précisément la plus-value qu'il peut apporter à son client.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est responsable de mission « environnement- sites et sols pollués », et rédacteur de BCA depuis 2010.

Toute l'équipe (soit 25 personnes en France) est à même de rédiger des BCA (y compris des BCA intégrant des solutions in situ). La réalisation de nombreuses missions de diagnostic et de maîtrise d'œuvre assurées par l'ensemble de l'équipe a en effet permis à chacun d'acquérir le recul nécessaire pour évaluer les différentes solutions de gestion. Un nombre plus restreint de personnes (4 ou 5) est en charge de réaliser les EQRS.

A noter que la répartition des études se fait préférentiellement par typologie de clients.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes d'élaboration de PG et de BCA sont très variés. Les polluants les plus récurrents pourraient correspondre aux **organiques** (notamment aux HC au sens large), et aux **métaux**. Les problématiques de PCB sont plus rares.

Les contextes de gestion comprennent des cessions/acquisitions, des changements d'usage, et des traitements de pollutions accidentelles.

Normes et guides utilisés

Le BE interrogé a développé sa propre méthodologie en s'appuyant sur différentes publications techniques :

- Un compte-rendu de la commission technique de l'UPDS de 2008 qui fournit une liste de critères ayant servi de base de travail au BE interrogé ;
- Le guide OUTAIDECI du BRGM de 2007 (Outils d'aide à la décision dans le cadre de la gestion de sites et territoires complexes).
- Le BE est impliqué dans le projet REFRIN avec l'ADEME (Redéveloppement de friches industrielles prenant en considération les principes du développement durable). Sur la base du modèle complexe de ce projet (prévu pour des grands projets d'aménagement): le BE a retenu une liste simplifiée de critères ;
- Les recommandations du guide « Réussir la planification et l'aménagement durables » de l'ADEME (juin 2013) ;
- Le guide du BRGM de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices) ;
- Le site internet SELECDEPOL.

Retour d'expérience général

L'interlocuteur souhaiterait que les **tests pilotes soient intégrés en donnée d'entrée du BCA**, ce qui permettrait d'ouvrir l'exercice à des solutions plus innovantes, et de consolider les performances et l'adaptabilité des solutions qui sont encore en cours de développement.

Toutefois, l'intégration de ces tests au PG ne devrait pas être systématisée (dans certains contextes, il n'y a aucune nécessité de réaliser des tests pilotes).

Difficultés identifiées

La principale difficulté identifiée est de **faire appréhender au MO l'intérêt du BCA en tant qu'outil d'aide à la décision utilisé sans a priori**, plutôt qu'un outil qui permet d'orienter vers une solution déjà identifiée au préalable. Par ailleurs, les MO souhaitent souvent que **le BE donne son sentiment sur la solution qui sera retenue avant même que le BCA soit réalisé**, ce qui peut être problématique si par la suite l'exercice oriente le PG vers une autre solution.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Sur des projets importants, **le BCA joue un double rôle d'aide à la décision et de justification de la solution retenue.** Avant tout, le BCA sert d'outil d'échange avec le MO, mais il sert également d'outil d'aide à la réflexion pour les rédacteurs de BCA.

Auprès de l'administration, le BCA (associé à d'éventuels tests sur site) peut permettre de justifier de ne pas retenir certaines solutions.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

La plupart du temps les rédacteurs de BCA ont déjà une idée des solutions qu'ils vont présenter. Le BCA sert d'outil d'échange avec le MO, notamment dans la phase de choix des différentes solutions à étudier / à retenir à l'issue du PG.

Critères

Les critères étudiés sont les suivants :

- **Critère technique** : adéquation de la technique aux polluants traités, efficacité, pérennité, adaptabilité au site, risques HSE, durée de traitement, contraintes résiduelles, suivi durant opérations de dépollution ;
- **Critère économique** : dimensionnement et mise en place de la solution, suivi et maintenance, risque financier (tenant compte des aléas) et coût total estimatif (dont maîtrise d'œuvre) ;
- **Critère juridique & réglementaire** : responsabilité des déchets ultimes créés, le cas échéant : dossier règlementaire ICPE pour la mise en place de solutions, décisions en accord avec des collectivités locales (prise en compte de notions d'acceptabilité sociétale). A noter que l'acceptabilité sociétale n'est pas toujours évaluée (ex : cas d'une installation fermée, où la réhabilitation est effectuée sans consultation des riverains) ;
- **Critère environnemental** : à ce stade, l'évaluation de ce critère reste qualitative, avec l'identification d'une consommation de ressources (énergie, eau, émissions de carbone). Dans des cas ponctuels, un bilan carbone chiffré peut être établi.

Le critère technique est le critère le plus important : en effet, si une solution n'est pas valide au plan technique, elle n'a pas lieu d'être étudiée. En particulier, l'efficacité, la pérennité et l'adaptabilité de la technique sont cruciales. La durée du traitement et les contraintes résiduelles sont également des critères d'importance.

A noter que les coûts de suivi environnemental post-travaux ne sont pas nécessairement intégrés dans le coût total estimatif.
Dans le cas où la problématique touche à la fois les sols et la (ou les) nappe(s), le BE veille à dissocier clairement les deux estimations de coûts afin que le client identifie les problématiques et enjeux financiers liés à chaque milieu.

Solutions de gestion

Le BE **confronte 3 à 6 solutions dans ses BCA**.
Chacune des solutions du panel disponible (in situ, sur site, hors site, confinement...) est susceptible d'être proposée dans le BCA, pour peu qu'elle soit pertinente.

La solution la plus souvent retenue est le hors site pour les sols. En effet, de nombreuses filières sont disponibles, et le phasage des projets ne permet souvent pas d'envisager d'autres solutions.

En second lieu, les solutions les plus récurrentes correspondent à des solutions **in situ (sparging, venting, et pompage-traitement).**

A contrario, le **traitement chimique** est moins souvent retenu, notamment en raison de son coût plus élevé. Les **traitements thermiques** sont parfois retenus, mais cette solution est également peu fréquente en raison de son coût, ou encore en raison de contextes géologiques parfois peu adaptés (ex : zone saturée peu profonde).
Enfin, certaines solutions telles que **l'atténuation naturelle** ne disposent pas d'une bonne acceptabilité auprès des administrations. Elles sont toutefois proposées si pertinentes dans le contexte étudié.

Pour ce qui est des **restrictions d'usage**, elles sont prises en compte dans l'évaluation du critère juridique, mais aussi du critère technique.
Quant aux **mesures constructives**, elles sont plutôt abordées en tant qu'hypothèses d'entrée pour les calculs de risques et le schéma conceptuel, et ne sont pas systématiquement intégrées dans le BCA.

Place du maître d'ouvrage

Avant de réaliser l'analyse multicritères détaillée, le BE échange avec le MO sur la pré-sélection des solutions. Une autre discussion portera ensuite sur les notes et la pondération choisies (le BE élabore à cet effet une étude de sensibilité portant sur les notes et la pondération). **La démarche se fait donc par étapes qui intègrent le MO**.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur n'est pas favorable au "raisonnement par l'absurde", **un bon argumentaire bien justifié doit suffire pour montrer qu'une solution intermédiaire présente le meilleur bilan coûts-avantages**.
Ce chiffrage à 100% peut certes alimenter le débat, mais les points de vue vont nécessairement diverger sur la solution à retenir, surtout si le financeur de la réhabilitation n'est pas l'utilisateur final du site.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Pour l'interlocuteur interviewé, **la complexité d'un BCA se rattache surtout au degré de précision du diagnostic environnemental effectué en amont du PG**.

Ainsi, un **contexte simple** peut correspondre à un site où la (ou les) zone(s) source(s) est (sont) bien identifiée(s), et où le volume à traiter a pu être estimé avec suffisamment de précision. Le nombre de zones sources à étudier ne constitue pas un facteur de complexité, dès lors que chacune des sources est clairement caractérisée.

Un **contexte complexe** correspond alors à celui d'un site à plus fortes incertitudes sur l'adaptabilité de la technique, et sur le rendement de la solution. Il est alors plus difficile de conclure sur la recommandation d'une solution.

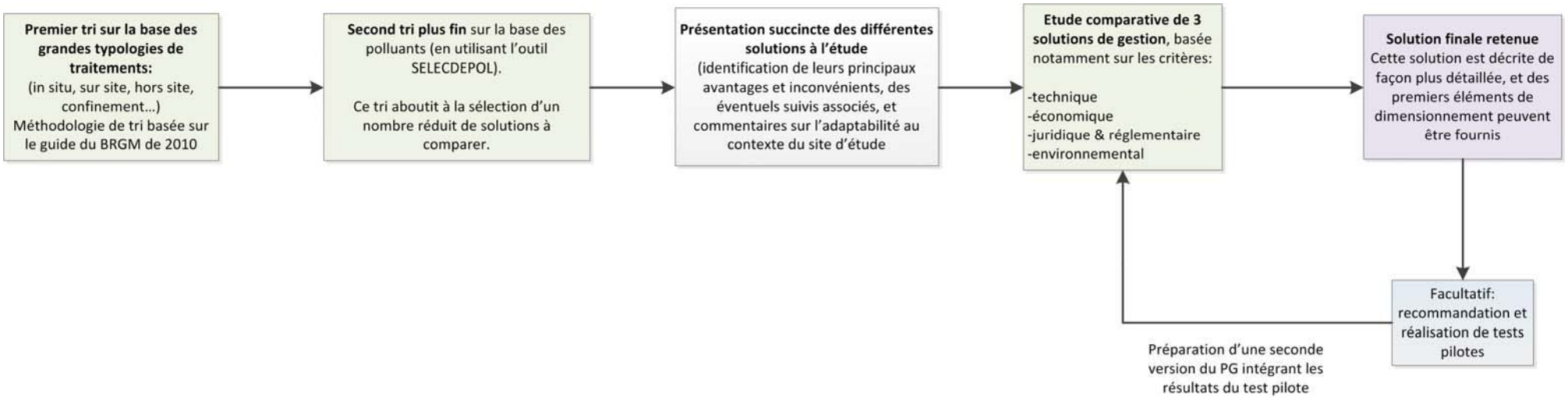
Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Le BE aurait souhaité rester qualitatif dans son analyse, mais les MO sont demandeurs d'une méthode quantitative (notes attribuées). Il est en effet plus facile de lire un chiffre que de lire un argument (les MO sont demandeurs d'études synthétiques).

L'interlocuteur identifie toutefois la possible orientation d'un système de notation : selon la pondération retenue, le BCA peut tendre plus particulièrement vers la solution préférée du donneur d'ordre. L'interlocuteur préconise donc de **toujours accompagner ce type de BCA de tests de sensibilité** pour attirer l'attention du MO sur l'impact des notes et de la pondération retenues.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Les retours d'expérience sont surtout obtenus dans le cadre de missions de maîtrise d'œuvre. Le BE rencontre également des entreprises de travaux à fréquence annuelle afin de prendre connaissance des innovations disponibles.


Premier tri sur la base des grandes typologies de traitements:
(in situ, sur site, hors site, confinement…)
Méthodologie de tri basée sur le guide du BRGM de 2010
Second tri plus fin sur la base des polluants (en utilisant l'outil SELECDEPOL).
Ce tri aboutit à la sélection d'un nombre réduit de solutions à comparer.
Présentation succincte des différentes solutions à l'étude
(identification de leurs principaux avantages et inconvénients, des éventuels suivis associés, et commentaires sur l'adaptabilité au contexte du site d'étude
Etude comparative de 3 solutions de gestion, basée notamment sur les critères:
-technique
-économique
-juridique & réglementaire
-environnemental
Solution finale retenue
Cette solution est décrite de façon plus détaillée, et des premiers éléments de dimensionnement peuvent être fournis
Facultatif: recommandation et réalisation de tests pilotes
Préparation d'une seconde version du PG intégrant les résultats du test pilote

Bureau d'études n°6

Points clés :

➔ Les abaques fournissant des coûts de dépollution par tonne sont déconnectés de la réalité. La méthodologie de chiffrage des coûts devrait être identifiée dans le PG afin que le degré de fiabilité de l'information soit connu ;

➔ Les BCA ne sont pas des études de conception : en particulier, le chiffrage financier précis du coût de mise en œuvre des solutions n'est pas l'objet du PG.

➔ Le BCA ne doit pas uniquement comparer des techniques de dépollution, mais doit confronter différents scénarios de gestion (avec des objectifs de réhabilitation distincts, identifiés par bilan massique).

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est directeur métiers SSP, et est lui-même rédacteur de BCA (surtout depuis 2007). Il anime par ailleurs une veille réglementaire et technologique pour le compte de l'équipe (environ 12 collaborateurs dont la moitié est rédactrice de BCA). La répartition des dossiers est géographique (et non par typologie de sites / clients).

Contextes de gestion les plus fréquents

Les MO pour lesquels travaille le BE sont (en proportions égales) des promoteurs, des industriels, et des collectivités/ aménageurs.

Les principaux polluants identifiés sont des métaux, des hydrocarbures, des HAP et des solvants aromatiques / chlorés.

Enfin, les contextes récurrents correspondent à des cessations d'activité de sites industriels (encore en activité au moment des études, ou non), ou encore à une reconversion au droit de sites avec un passif environnemental. Il arrive également que l'industriel envisage un agrandissement de son exploitation, ou au contraire la libération d'une partie du foncier dans le cadre d'une transaction immobilière.

La plupart des changements d'usage s'orientent vers une création de logements (changement d'usage vers un usage plus sensible).

Normes et guides utilisés

Les références normatives et méthodologiques suivies sont les suivantes :

- Norme NFX 31-620 ;
- Guide méthodologique sur le PG (issu des outils nationaux de 2007) ;
- Circulaire de 2007 et ses annexes ;
- Les travaux du GT « Pollution concentrée » de décembre 2014 ;
- Le guide BRGM de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices) est utilisé par une partie de l'équipe.

Retour d'expérience général

Une proposition d'uniformisation de la méthodologie fait sens : les outils manquent à ce jour pour apprécier le BCA. Sa portée et sa méthodologie ne sont pas encore définies clairement, et l'administration (DREAL) peut avoir des niveaux d'exigence très variables. Une méthodologie non suffisamment cadrée laisse la possibilité aux MO de favoriser le critère économique au détriment des autres.

Par ailleurs, certains BE utilisent des abaques fournissant des coûts de dépollution par tonne selon la technologie retenue. Ces abaques sont déconnectés de la réalité. La méthodologie de chiffrage des coûts pourrait être identifiée dans le PG afin que le degré de fiabilité de l'information soit connu.

Le BE interviewé travaille sur la base de son propre retour d'expérience. Pour les éventuelles techniques moins courantes et non encore maîtrisées, le BE s'entoure d'une société spécialisée en travaux.

Difficultés identifiées

Le BE a identifié plusieurs difficultés récurrentes :

- **En lien avec les MO** :

- celui-ci cherche parfois à orienter le BCA vers une solution qui a sa préférence ;
- La définition d'une pollution concentrée est également fréquemment sujette à discussion ;
- Certains MO considèrent le BCA comme un devis pour des travaux de réhabilitation. Or, ce n'est pas l'objet du PG que ne constitue pas une étude de conception ;

- **En lien avec l'administration** : chaque DREAL possède ses propres exigences, sans harmonisation à l'échelle nationale.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA n'est justement qu'un outil de communication, qui vise à justifier un choix économique.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Pour des contextes à gérer par excavation et envoi des terres hors site, le BCA n'apporte rien au BE qui le réalise.
L'exercice trouve son utilité dans la comparaison de techniques de dépollution in situ, avec des polluants plus complexes. Il structure alors la pensée (du BE, mais aussi de son MO), et il structure le schéma conceptuel.
La principale utilité du BCA est donc d'aider à la réflexion dans ces cas plus complexes, et ce notamment lorsque le BE ne possède pas encore de retour d'expérience sur l'ensemble des techniques existantes.

Critères

Les critères sont définis ou identifiés avec le MO au préalable. Ils sont choisis pour chaque site parmi les suivants :

- Le coût ;
- La durée du traitement ;
- Le contexte « politique » (en lien avec l'administration : ce critère n'est étudié que pour les contextes où l'administration est destinataire du PG) ;
- Le bilan environnemental selon les principes du développement durable : ce critère est développé en fonction de la politique du client en matière de DD. Le BE développe une argumentation qualitative sur ce critère (pas de réalisation d'une étude de bilan carbone des différentes solutions par exemple, sauf cas très ponctuels) ;
- Le rendement épuratoire de la solution ;
- L'acceptabilité sociétale de la solution (ce critère est déployé pour les contextes les plus sensibles) ;
- Le foncier (surface ? disponibilité ?) ;
- Les sous-produits générés pour les solutions in situ (et la gestion des effluents de traitement) ;
- L'adéquation entre la technique et la pollution mise en évidence sur site.

Les critères les plus importants selon l'interlocuteur sont :

1. L'adéquation entre les polluants et la technique de la solution envisagée ;
2. Le coût ;
3. La place et le temps nécessaires.

L'interlocuteur souligne par ailleurs que l**e BCA ne doit pas uniquement comparer des techniques de dépollution, mais doit confronter différents scénarios de gestion** (avec des objectifs de réhabilitation distincts, identifiés par bilan massique).

Concernant le **critère environnemental**, l'interlocuteur identifie des possibilités d'étudier de façon plus quantitative le bilan global de la solution retenue. Des abaques pourraient être utilisés pour estimer le bilan carbone des techniques de dépollution, par exemple.

Certes, ils ne représentent pas un moyen de calcul précis et ne remplacent pas un réel bilan carbone, mais ce chiffrage pourrait suffire en première approche pour comparer des options entre elles.

Solutions de gestion

Dans chaque BCA, le BE compare 4 à 5 solutions. Ce nombre est plus élevé que le minimum requis (2 solutions a minima), mais il permet d'appuyer la comparaison, et le choix retenu.

Les solutions retenues correspondent majoritairement (environ 80%) à une combinaison d'**excavations et envoi hors site des terres** (avec détermination des filières d'acceptation), associées à un **confinement pour les pollutions métalliques**.
Les **traitements biologiques sur site** (sur site) et le **confinement** représentent 10 à 15% des solutions retenues.
Enfin, le reste correspond à des traitements in situ (essentiellement par **venting**, ou **réduction chimique**).

Aucune option de gestion potentielle n'est écartée pour peu qu'elle soit pertinente dans le contexte étudié.
Néanmoins, certaines solutions peuvent être mises de côté de façon récurrente (ex : dans le cadre de PG à l'échelle d'un îlot pour le compte de promoteurs / aménageurs, les **traitements sur site ou in situ** sont peu souvent retenus à l'échelle d'une parcelle du fait des contraintes de temps et d'espace). Les aménagements à l'échelle d'une ZAC offrent plus d'alternatives.
Dans des contextes industriels, l'oxydation in situ peut également être mise de côté en raison de sa dangerosité (mise en contact potentielle de puissants oxydants avec les produits déjà manipulés par le site).
Concernant **l'atténuation naturelle,** l'interlocuteur n'a pas encore rencontré de contexte de gestion qui se prêterait à la recommander comme option de gestion.

Les **restrictions d'usage** et les **mesures constructives** sont presque systématiques dans les PG du BE interrogé (puisque 80% des sites sont gérés par excavation et envoi des terres hors-site + confinement). Ces restrictions et mesures sont retenues en fonction de la solution retenue. L'interlocuteur souligne toutefois que le BCA est un exercice itératif : le MO est donc informé de l'existence de ces contraintes en amont du choix de la solution.

Place du maître d'ouvrage

Il existe un échange entre le BE et son MO. Cet échange est plus important dans des contextes à enjeux (coûts, volumes importants…). Pour les contextes les plus complexes, l'interlocuteur souhaite que l'établissement du BCA fasse suite à de nombreux échanges avec le MO, mais aussi (dans la mesure du possible) à un échange a minima avec l'administration.
Pour des sites à enjeux moindres, les échanges BE/MO permettent simplement d'identifier les contraintes (notamment de temps et de place dans le cas des promoteurs).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Un **BCA standard** pourrait être rapproché d'une **étude des filières de traitement** hors site dans un contexte de gestion des déblais, ou encore de **l'arbitrage entre la gestion hors site et sur site des terres**. Pour un BCA standard : l'interlocuteur estime que l'on devrait y retrouver a minima :

- L'adaptabilité de la technique étudiée aux polluants en présence ;
- Une estimation de coûts ;
- Pour les solutions hors site : l'évaluation du bilan carbone, notamment s'il est fait appel à des centres de stockage éloignés des sites.

Les **BCA plus complexes** pourraient être associés à des études comparant plusieurs technologies in situ (les méthodes in situ au sens large sont jugées plus complexes), en particulier sur un site occupé.

Le BE ne possède pas de modèle prédéfini pour les contextes simples et les contextes complexes à l'heure actuelle. Néanmoins, le contenu est toujours adapté à la complexité du site (niveau de détail technique, nombre de solutions comparées).

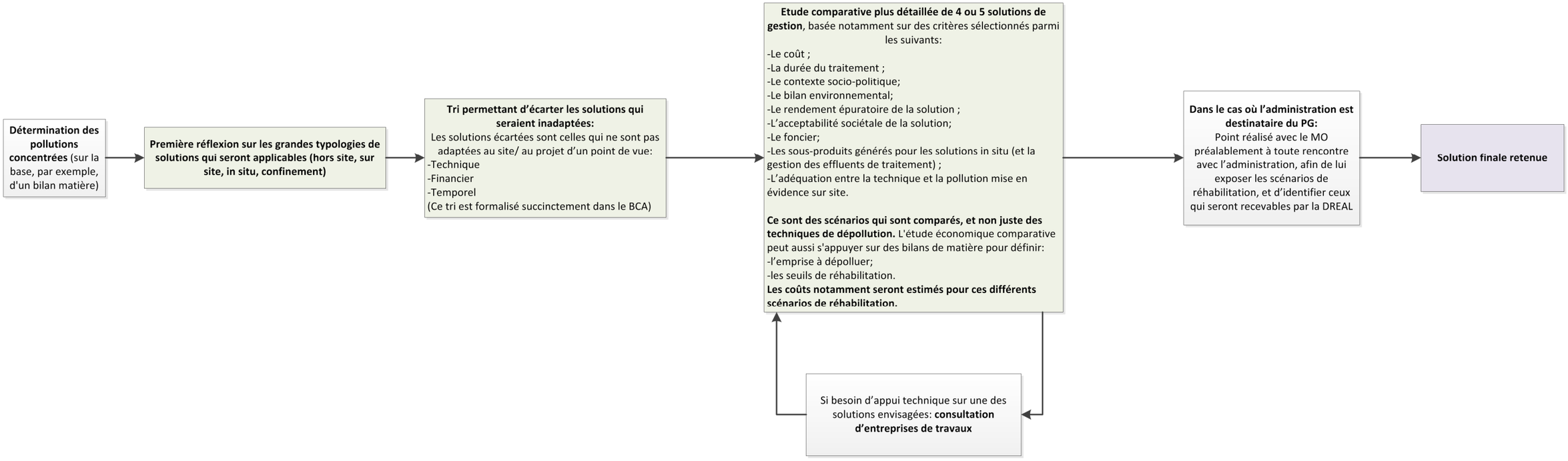
Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Le BE n'utilise ni pondération, ni notes. Le seul élément quantifié est le prix. Le BCA reste donc essentiellement descriptif.
L'interlocuteur trouve délicat d'appliquer des pondérations sans en discuter au préalable avec le MO. Et dans l'hypothèse d'une pondération décidée conjointement avec ce dernier, il souligne que **le critère financier sera alors toujours mis en avant par rapport aux autres critères**.
La méthode d'analyse multicritères n'est par ailleurs pas la plus valorisante pour la profession : l'expertise des BE permet de réaliser des BCA sans passer par ces méthodes quantitatives.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Le retour d'expérience qu'il est possible d'obtenir auprès des MO est intimement lié à la taille du BE. Le BE interviewé est de petite taille, et ne réalise donc pas un grand nombre de chantiers de dépollution.
L'interlocuteur souligne que les rares retours d'expérience qui pourraient être communiqués sont souvent les retours sur les solutions qui n'ont pas fonctionné comme attendu. Néanmoins, les retours d'expérience sur les chantiers qui se déroulent conformément à l'attendu sont tout aussi informatifs, et mériteraient d'être communiqués. En tout état de cause, les informations collectées lors des chantiers ont utilisées par le BE pour mettre à jour sa méthodologie en matière de BCA.

Généralement, les solutions retenues sont efficaces, même s'il faut garder à l'esprit que le milieu naturel est anisotrope, et qu'il est de fait difficile d'estimer avec précision des temps et des taux d'abattement des concentrations pour les solutions in situ.


Détermination des pollutions concentrées (sur la base, par exemple, d'un bilan matière)
Première réflexion sur les grandes typologies de solutions qui seront applicables (hors site, sur site, in situ, confinement)
Tri permettant d'écarter les solutions qui seraient inadaptées:
Les solutions écartées sont celles qui ne sont pas adaptées au site/ au projet d'un point de vue:
-Technique
-Financier
-Temporel
(Ce tri est formalisé succinctement dans le BCA)
Etude comparative plus détaillée de 4 ou 5 solutions de gestion, basée notamment sur des critères sélectionnés parmi les suivants:
-Le coût ;
-La durée du traitement ;
-Le contexte socio-politique;
-Le bilan environnemental;
-Le rendement épuratoire de la solution ;
-L'acceptabilité sociétale de la solution;
-Le foncier;
-Les sous-produits générés pour les solutions in situ (et la gestion des effluents de traitement) ;
-L'adéquation entre la technique et la pollution mise en évidence sur site.
Ce sont des scénarios qui sont comparés, et non juste des techniques de dépollution. L'étude économique comparative peut aussi s'appuyer sur des bilans de matière pour définir:
-l'emprise à dépolluer;
-les seuils de réhabilitation.
Les coûts notamment seront estimés pour ces différents scénarios de réhabilitation.
Si besoin d'appui technique sur une des solutions envisagées: consultation d'entreprises de travaux
Dans le cas où l'administration est destinataire du PG:
Point réalisé avec le MO préalablement à toute rencontre avec l'administration, afin de lui exposer les scénarios de réhabilitation, et d'identifier ceux qui seront recevables par la DREAL
Solution finale retenue

Bureau d'études n°7

Points clés :

➔ L'administration peut demander au BE d'étudier des solutions dont on sait d'emblée qu'elles ne sont pas adaptées (exemple : terrassement complet de la pollution alors même que seules les solutions in situ sont viables car pollution sous bâtiment en activité). De telles études sont très chronophages, et sont réalisées au détriment de l'étude plus précise de la solution qui sera retenue.

➔ Dans certains contextes, il est facile d'aboutir à la conclusion que seule la solution par excavation et envoi hors site des terres est adaptée au site. Dans ce cas, il n'y a pas lieu de rédiger un BCA, mais cette conclusion est argumentée dans le PG.

➔ Souvent, il n'existe pas de phase de conception entre le PG et les travaux de réhabilitation. Certes, le BE ne doit pas être déconnecté de la réalité lorsqu'il estime les coûts de réhabilitation dans le cadre du BCA, mais le PG ne constitue pas un devis pour les travaux de réhabilitation.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

Deux interlocuteurs du BE répondent à l'enquête :

- un directeur de projet au département « environnement industriel », dont les clients principaux sont l'ADEME, des industriels pétroliers et des industriels du secteur énergies. Cet interlocuteur est rédacteur de BCA, et réalise de la maîtrise d'œuvre de dépollution.
- Un chef de projet travaillant pour des industriels, des promoteurs, des SEM, et des aménageurs. L'interlocuteur assure des missions d'AMO dans des contextes d'aménagement de ZAC, et est également rédacteur de BCA.

Le BE compte une cinquantaine de rédacteurs de BCA, répartis sur 15 implantations. Les dossiers pour les sites industriels sont répartis avec une logique client nationale (et non une logique de territoire). Pour les collectivités aménageurs et promoteurs, la répartition des études se fait au contraire plutôt sur une base géographique.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes les plus récurrents correspondent à :

- La gestion de pollutions dans les remblais avec des problématiques de métaux, d'hydrocarbures, et de COHV ;
- La gestion de friches urbaines.

Les interlocuteurs identifient deux enjeux essentiels qui sont les plus générateurs de coûts pour les donneurs d'ordre :

- La **gestion de grands volumes de déblais impactés** ;
- Les **problématiques de nappes**, en particulier quand un panache s'étend hors site et présente des risques sanitaires pour les riverains.

Normes et guides utilisés

Les normes et les principaux guides mis en application par le BE interviewé sont :

- La norme NFX 31-620 ;
- Les textes de 2007 (méthodologie nationale) ;
- Guide de l'ADEME de 2009 (Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances) ;
- Site internet SELECDEPOL (ADEME – BRGM) ;
- Les guides mis en place par la MEL (Métropole Européenne de Lille) et le BRGM ;
- Le « Guide de caractérisation des terres excavées dans le cadre de leur réutilisation hors site en technique routière et dans des projets d'aménagement » du BRGM en date de décembre 2013.

- Guides élaborés par l'INERIS et par l'ex SETRA pour fournir des préconisations dans le cadre de la réutilisation de terres en technique routière ;
- Protocole ATTENA (ATTÉnuation NAturelle des polluants organiques dans le contexte français) de 2012 ;
- Protocole MACAOH (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des composés Organo-Chlorés Aliphatiques dans les Aquifères) de 2006 ;
- Guide issu du projet FLUXOBAT de 2013 (Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur) ;
- Différents guides disponibles sur la thématique des déchets ainsi que les textes en vigueur concernant les décharges.

Retour d'expérience général

La démarche même du BCA (comparaison de plusieurs options par le biais de plusieurs critères) est appropriée. Toutefois, les interlocuteurs identifient une **dérive dans la profession**, en lien notamment avec des outils tels que SELECDEPOL : ces outils ne doivent pas se substituer à la réflexion du rédacteur, qui permet parfois d'aboutir à des solutions plus adaptées, et non à des solutions formatées.

Concernant ce qui est attendu des BE, les interlocuteurs soulignent qu'**il est demandé aux BE de fournir un nombre croissant de données et justifications dans les rapports,** et ce dans un temps d'étude qui reste inchangé. A titre d'exemple, il serait souhaitable de pouvoir éliminer du BCA les solutions aberrantes sans qu'une justification excessivement lourde soit exigée.

Les interlocuteurs sont favorables à la **réalisation d'essais pilotes au stade du PG** (qui doivent toutefois rester optionnels). Il faut néanmoins que les MO acceptent de financer ces essais : actuellement, un BE qui les propose dans son offre peut se trouver pénalisé par rapport à un autre (étude plus longue et coûteuse).

Difficultés identifiées

L'administration peut parfois exiger l'étude de solutions qui semblent aberrantes. Par exemple, au droit d'un site industriel en activité, il a pu être demandé d'étudier la solution d'un arrêt de l'activité pendant plusieurs mois pour permettre le décaissement total de la pollution. Cette solution avait été écartée par le BE, qui avait d'emblée retenu des solutions in situ, seules compatibles avec le maintien de l'activité du site.
L'estimation du coût de cette solution n'a pas été simple, puisqu'il intègre la perte d'exploitation, et la délocalisation d'outils industriels. L'étude de cette solution « aberrante » qui n'était développée que pour être mise en perspective avec les solutions in situ a nécessité plus de temps de travail que l'étude de la solution retenue in fine.

Une autre difficulté est en lien avec les MO : **souvent, il n'existe pas de phase de conception entre le PG et les travaux de réhabilitation**. Certes, le BE ne doit pas être déconnecté de la réalité lorsqu'il estime les coûts de réhabilitation dans le cadre du BCA, mais le PG ne constitue pas un devis pour les travaux de réhabilitation.

Enfin, une interrogation récurrente porte sur la **définition des zones** à traiter : selon les moyens financiers du MO, l'enlèvement des sources facilement accessibles (« mesure simple de gestion ») peut déjà constituer un coût financier mettant en péril l'entreprise. Aussi, comment définir de façon générique quelles zones doivent faire l'objet d'un retrait de la pollution ?

Efficacité du BCA comme outil de communication

La communication est variable en fonction des typologies de MO.
La majeure partie des **promoteurs** ne consulte pas le BCA : seuls les coûts et les détails de la solution retenue sont étudiés. Dans de tels contextes, le BCA ne joue pas de rôle d'outil de communication.
La communication n'est effective que lorsque le MO est impliqué dans la démarche de l'élaboration du BCA (ex : au moment du choix des critères à étudier, ou encore de leur pondération).

Pour ce qui est des **industriels** : le BCA est un bon outil de communication lorsque le BE s'adresse aux décideurs, qui sont rarement des interlocuteurs techniques. Le BCA structure le discours et présente clairement le cheminement qui a permis d'aboutir à la solution retenue.
Dans d'autres cas, le contenu du PG peut être discuté au cours de **réunions publiques**, en présence d'associations. La présentation du BCA, qui déroule la démarche aboutissant au choix d'une solution de gestion, permet souvent de focaliser le débat sur les points les plus sensibles, et non de remettre complètement en cause la solution retenue.

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Dans le cas des PG pour le compte de promoteurs, les délais sont souvent très courts pour effectuer la dépollution avant l'achat du terrain. Dans ces contextes, la seule solution possible est souvent de réaliser une excavation et un envoi des terres hors site, avec pour seule alternative éventuelle un confinement.
Le BCA, dans ce contexte, est alors rédigé (pour se conformer à la méthodologie nationale), alors que le BE sait qu'il n'a pas de réel choix de solution de gestion.
Le BCA est alors une contrainte, plus qu'une aide à la réflexion. Le PG pourrait se passer de BCA.

D'autre part, et de façon plus générale, **la solution est souvent identifiée d'emblée par le rédacteur de BCA** (par retour d'expérience). Formuler ce choix par le biais du BCA est alors aussi une contrainte, plus qu'une aide à la décision.

Néanmoins, le **BCA aide à la réflexion** dans le sens où son rédacteur passe en revue les différentes possibilités, et pourrait alors identifier une solution à laquelle il n'avait pas pensé au premier abord, alors qu'elle serait pertinente.
Afin d'éviter de généraliser les retours d'expérience à outrance, il convient de bien formaliser les hypothèses prises. En ce sens, le BA contribue à la réflexion.
La démarche du BCA est aussi utile pour identifier une méthode permettant d'atteindre un objectif particulier (ex : départager plusieurs méthodes possibles pour récupérer du flottant).

Critères

Les critères généralement étudiés sont listés ci-dessous (les critères en gras sont ceux qui sont jugés les plus importants par les interlocuteurs). La liste des critères étudiés est ajustée en fonction du contexte du site.

- **La durée,**
- **L'abattement prévisionnel,**
- **Le coût,**
- **La performance et la fiabilité de la technique,**
- Le critère sociétal,
- Le bilan environnemental,
- Le foncier (durée, espace disponible),
- L'impact sur le voisinage,
- L'impact paysager, hydrologique, etc.
- La sécurité,
- Les restrictions d'usage,

- Les contraintes sur les aménagements futurs (ex : contraintes de construction si la technique de réhabilitation déstructure les sols),

Un nombre croissant de MO est demandeur d'une étude du critère « **bilan environnemental** » (notamment à des fins de communication). Il est la plupart du temps étudié de façon qualitative et succincte. Parfois (études plus détaillées), le bilan carbone des solutions est calculé.
La dangerosité des produits qui peuvent être employés (ex : techniques par injection) entre aussi en ligne de compte dans l'évaluation du bilan environnemental de la solution.

Solutions de gestion

Le BE étudie entre 2 et 5 solutions de gestion dans ses BCA (généralement 3).
Toute solution pertinente pour le contexte étudié pourra être prise en compte dans le cadre du BCA. Les solutions sont des combinaisons de mesures, qui intègrent notamment (les cas échéants) une surveillance ultérieure.

Les mesures les plus fréquemment retenues dans les sols sont :

- L'excavation et l'envoi hors site des terres (parfois avec un tri granulométrique préalable) ;
- Le venting (pour les problématiques solvants et hydrocarbures) ;
- La réduction chimique (même s'il n'y a pas encore d'important retour d'expérience sur cette technique) et l'oxydation chimique ;
- Les biotertres pour la dépollution de sols hydrocarburés ;
- Les alvéoles de confinement ;
- Les mesures de gestion par recouvrement, les limitations usages etc.

Pour le **milieu eaux souterraines, les mesures les plus récurrentes sont** :

- Biodégradation anaérobie pour les solvants ;
- Les systèmes de récupération de flottant ou de coulant (écrémage, Extraction Multi-Phasique seule ou couplée avec un suiveur de nappe) ;
- La bio-stimulation ;
- Le sparging ;
- Le pompage-traitement et infiltration ;
- Les barrières hydrauliques ou les parois de confinement hydrauliques (plus rares).

A contrario, certaines solutions sont **moins retenues, car moins matures techniquement** (manque d'acteurs pour les appliquer sur site, et doute sur l'atteinte des objectifs) : c'est le cas par exemple de la vitrification in situ, ou encore des techniques électriques.
Les **solutions thermiques** sont quant à elles peu souvent choisies, en raison de leur importante consommation énergétique.
L'**atténuation naturelle** est également peu souvent retenue. Cette solution ne dispose pas d'une bonne acceptabilité auprès de l'administration.

Les **restrictions d'usage et les dispositions constructives** sont prises en considération dans le cœur du BCA. Toute contrainte résiduelle doit être identifiée clairement dans le BCA. Le BCA comprend une estimation des **coûts des surveillances ultérieures**. Il est par contre plus difficile d'estimer les coûts des dispositions constructives.

Place du maître d'ouvrage

Pour ce qui est des **promoteurs** dans les cas les plus simples, il y a très peu d'échanges avec le MO, mais ceux-ci suffisent, car le plan de gestion aboutira majoritairement à la solution par excavation des terres.
Pour ce qui est des **EPF ou des SEM,** les échanges sont plus importants, car les MO ne sont pas promoteurs, et disposent donc de délais légèrement moins contraints.

Les MO qui peuvent formuler des attentes sont surtout ceux qui possèdent une bonne connaissance technique des SPP (ADEME, EPF …). Les **industriels** disposent quant à eux bien souvent d'un bon retour d'expérience sur leurs sites, et peuvent fournir des informations pertinentes au BE. Parfois, ce retour d'expérience les pousse à vouloir orienter le BCA vers une solution en particulier. Le BCA du BE permet alors de vérifier le bien-fondé (ou non) de la solution envisagée.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Les interlocuteurs y sont défavorables (voir ci-avant).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les interlocuteurs trouvent pertinent de différencier les BCA simples / complexes.
Pour les contextes particulièrement récurrents, le contenu est souvent très similaire d'un site à l'autre. A l'heure actuelle, dans ces contextes simples, le BE rappelle le contexte, et effectue une revue des techniques applicables. Sur la base de certains constats simples (manque de temps, faibles volumes, etc.), le BE peut aboutir à la conclusion qu'il n'existe qu'une seule option possible : le traitement par excavation et envoi hors site des terres. **Le BE peut donc parfois conclure à la non nécessité de rédiger un BCA.**

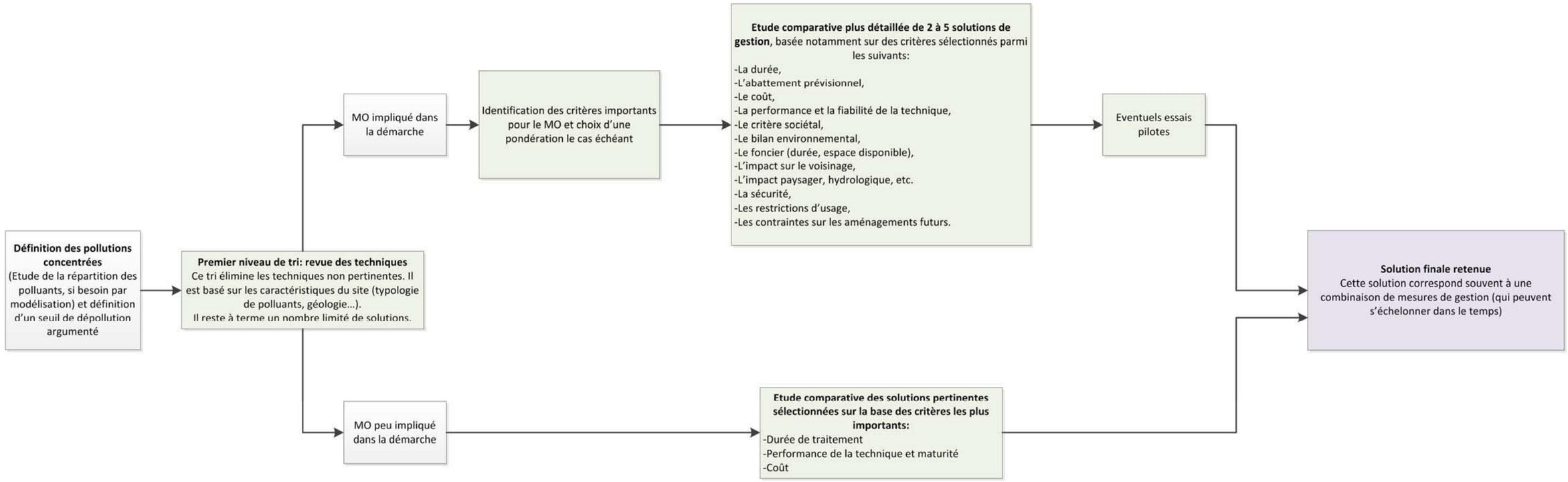
Mais la distinction de contextes simples ne doit pas pousser le rédacteur de BCA à partir d'emblée sur un contenu standardisé, et à négliger d'autres possibilités qui mériteraient pourtant d'être étudiées.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Le BE n'utilise pas ce type de méthode au quotidien, et favorise plutôt la rédaction d'arguments pour chaque critère confronté à chaque solution.
La méthode d'« analyse multicritères » est cependant utilisée **dans des cas complexes** seulement. Son application nécessite plus de temps.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Sauf cas très simples, les travaux de dépollution se déroulent rarement comme prévus. Des compléments et des adaptations sont à fournir au fur et à mesure du chantier, et plusieurs techniques peuvent par ailleurs se succéder dans le cadre du chantier de réhabilitation. Le BE bénéficie de retours d'expérience dans le cadre des chantiers de dépollution dans lesquels il est impliqué (maîtrise d'œuvre).


Définition des pollutions concentrées
(Etude de la répartition des polluants, si besoin par modélisation) et définition d'un seuil de dépollution argumenté
Premier niveau de tri: revue des techniques
Ce tri élimine les techniques non pertinentes. Il est basé sur les caractéristiques du site (typologie de polluants, géologie…).
Il reste à terme un nombre limité de solutions.
MO impliqué dans la démarche
Identification des critères importants pour le MO et choix d'une pondération le cas échéant
Etude comparative plus détaillée de 2 à 5 solutions de gestion, basée notamment sur des critères sélectionnés parmi les suivants:
-La durée,
-L'abattement prévisionnel,
-Le coût,
-La performance et la fiabilité de la technique,
-Le critère sociétal,
-Le bilan environnemental,
-Le foncier (durée, espace disponible),
-L'impact sur le voisinage,
-L'impact paysager, hydrologique, etc.
-La sécurité,
-Les restrictions d'usage,
-Les contraintes sur les aménagements futurs.
Eventuels essais pilotes
Solution finale retenue
Cette solution correspond souvent à une combinaison de mesures de gestion (qui peuvent s'échelonner dans le temps)
MO peu impliqué dans la démarche
Etude comparative des solutions pertinentes sélectionnées sur la base des critères les plus importants:
-Durée de traitement
-Performance de la technique et maturité
-Coût

Bureau d'études n°8

Points clés :

➔ Certains objectifs de réhabilitation préconisés par l'administration ne sont pas en phase avec l'approche de gestion par risques sanitaires (exemple : seuils d'acceptation en ISDI retenus).

➔ Parfois, le plan de gestion devrait étudier la réhabilitation des sites industriels pour un usage à l'identique, alors même que le changement d'usage futur est prévisible (évolution des documents d'urbanisme). Cette situation peut mener à des points d'arrêt dans la gestion des sites.

➔ Il ne serait pas pertinent de systématiser l'étude d'un enlèvement complet des pollutions à des fins pédagogiques : mieux vaut focaliser le BCA sur des solutions applicables au site.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est expert technique national de la direction du développement QHSE de sa société. Il exerce une fonction support auprès des intervenants SSP du groupe (veille technique et réglementaire, élaboration de trames de documents et de procédures internes, suivi des certifications, représentations externes dans différents groupes de travail…). Antérieurement, l'interlocuteur a été chef de projets SSP pendant 10 ans, et a été rédacteur de PG et de BCA.
Au sein du BE interviewé, l'implication dans des travaux de réhabilitation se fait essentiellement en tant qu'AMO, ou encore par le biais de maîtrises d'œuvre simples.
L'équipe rédactrice de BCA s'appuie actuellement sur 12 agences, avec au total 25 à 30 rédacteurs de BCA.

Contextes de gestion les plus fréquents

Le BE interviewé travaille essentiellement pour des promoteurs immobiliers (problématiques de gestion de déblais). En milieu urbain (associé à une forte pression foncière), et dans les contextes d'aménagement immobilier, **la gestion environnementale des sites est majoritairement effectuée par excavation et envoi en filière hors site**. Le BE favorise alors (dans la mesure du possible) les filières de traitement, plutôt que les stockages simples de terres non inertes.

Normes et guides utilisés

Les normes et guides mis en application sont :

- La norme NFX 31 620 et ses documents annexes (dont le guide de l'auditeur) ;
- La méthodologie nationale de 2007 ainsi que ses guides méthodologiques ;
- Le guide du BRGM de 2010 (Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts bénéfices) ;
- Le site internet SELECDEPOL ;
- Les travaux du GT « Pollution concentrée » (UPDS) de décembre 2014.

Ces références bibliographiques sont complétées par des procédures internes pour chaque typologie de mission, ainsi qu'une veille technique et normative interne au BE, et par le retour d'expérience accumulé au fil des missions. Le BE collabore également avec des sociétés de dépollution avec lesquelles il échange afin de bénéficier d'un point de vue appliqué sur les problématiques rencontrées.

Retour d'expérience général

La méthodologie française a été définie avant tout pour des contextes industriels (et encore plus particulièrement pour des ICPE), et est essentiellement pensée pour des sites au droit desquels il y a du foncier disponible. Cette méthodologie est parfois difficile à décliner pour des projets immobiliers, alors même que les contextes d'aménagements urbains sont majoritaires en termes de fréquence sur le marché des SSP.

Les BCA préparés pour le compte de promoteurs consistent souvent en une **optimisation du tri et de l'orientation des terres**, gérées par excavation (absence de BCA au sens strict).

Néanmoins, le BE propose parfois de coupler la gestion des terres excavées à d'autres options de gestion telles que l'in situ ou à du confinement.
Les BCA « au sens strict » sont surtout préparés pour les MO industriels (mais ces clients ne sont pas majoritaires pour le BE interviewé).

Difficultés identifiées

Le BE consulte des sociétés spécialisées en travaux dans le cadre de l'établissement de ses BCA. Néanmoins, l'interlocuteur souligne que parfois ces sociétés peuvent parfois **favoriser une technique mieux maîtrisée**, au détriment d'autres qui pourraient pourtant parfois être plus pertinentes techniquement. Ce constat peut résulter en des préconisations sensiblement différentes pour un même site, en fonction des sociétés consultées.

L'interlocuteur note une difficulté en lien avec l'administration, qui peut parfois se baser sur les **seuils d'acceptation en ISDI pour définir des objectifs de réhabilitation** environnementale. Dans un contexte de gestion des risques sanitaires, les objectifs de dépollution doivent être déterminés au moyen d'une ARR prédictive après purge des pollutions concentrées. Les valeurs d'acceptation en ISDI ne servent qu'à gérer l'aspect non inerte de certains terrains dans le cadre de projets générateurs de déblais.

D'autre part, il peut arriver qu'un industriel soit mis en demeure de réhabiliter un site au droit duquel il n'existe pas encore de projet de réaménagement. **Le site est alors réhabilité pour un usage industriel, quand bien même une évolution des documents d'urbanisme est prévisible** (avec un changement d'usage pour le site étudié). Pour autant, étudier la réhabilitation du site pour un usage plus sensible (ex : logement) sans hypothèses d'aménagement peut nécessiter de prendre des hypothèses particulièrement sécuritaires.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA est un bon outil de communication, qui **sert d'interface entre l'administration et le MO** pour choisir la solution de réhabilitation adaptée à un site donné.
Le BCA n'est par contre pas utilisé par le BE interviewé dans le cadre de communications « publiques ».

Efficacité du BCA comme outil d'aide à la décision

Le BCA est **tantôt un outil d'aide à la réflexion, tantôt une contrainte, selon le contexte**. Par exemple, si la gestion de terres polluées d'un site en centre-ville ne peut s'opérer qu'hors site, le BCA pourra se limiter à la comparaison d'une ISDND, d'un biocentre, et d'une désorption thermique hors site. Le BCA est alors rédigé dans le cadre du PG, mais il constitue une contrainte.

Le BCA permet une vraie réflexion dans d'autres cas, comme par exemple celui de la création d'une ZAC au droit d'anciennes emprises industrielles. Plusieurs options sont alors réellement comparables (sur site, hors site, in situ…), et le BCA permet d'identifier pour chaque source la solution la plus appropriée, et d'aboutir parfois à une combinaison de solutions de gestion.

Critères

Les critères étudiés dans un premier temps correspondent à l'adéquation des options de gestion envisagées avec :

- le projet prévu ;
- le temps et à la place disponibles ;
- la nature des polluants en présence ;
- les contraintes sur site (accessibilité, bâti en place…) ;
- l'importance accordée par le MO quant à la sécurisation de l'atteinte des objectifs de réhabilitation.

Ces critères permettent d'effectuer un **premier tri** à l'issue duquel le rédacteur du BCA retient un nombre réduit d'options de gestion à comparer.

Dans un second temps, d'autres critères permettent de comparer les options de gestion retenues :

- **Rapport « efficacité-coût » de la technique,** c'est-à-dire ratio entre l'abattement prévisionnel des teneurs, et le coût financier de la solution étudiée. Ce critère est généralement considéré comme le plus important ;
- **Conformité règlementaire** de la solution de gestion proposée ;
- Aspects liés au **développement durable** : notions d'acceptabilité sociétale et de nuisances au voisinage, et impact carbone de la circulation de camions en cas d'envoi de terres hors site.

Concernant le critère du développement durable dans sa **composante environnementale** : l'interlocuteur précise qu'à ce stade, l'impact carbone est étudié de façon qualitative, mais que certains MO demandent maintenant la réalisation d'un bilan carbone chiffré. D'autre part, l'impact environnemental global d'une solution de gestion passe également par la quantité de déchets qu'elle génère ou non.
L'étude de l'impact de la solution sur la fonction écologique du site semblerait quant à elle surdimensionnée vis-à-vis des enjeux, la plupart des sites étudiés se trouvant en contexte fortement urbanisé ou industrialisé.

Solutions de gestion

Le BE compare **a minima 2 solutions de gestion, mais recherche systématiquement à en confronter plutôt 3 ou 4** (afin de conforter le choix de la solution retenue sur la base d'un plus grand nombre de solutions moins adaptées en comparaison). Il arrive que l'administration réclame l'ajout d'une ou plusieurs solutions supplémentaires lorsqu'elle est destinatrice du PG. Le BE peut alors être amené à détailler des options de gestion qu'il n'avait pas jugées pertinentes, afin de répondre à la demande de compléments de l'administration.

Les solutions de gestion les plus souvent retenues par le BE interviewé sont les techniques **hors site** (envoi des terres dans un biocentre, un centre de stockage de déchets, ou encore traitement par désorption thermique).
Pour ce qui est des solutions **in situ,** celles qui sont les plus fréquemment retenues sont le venting, l'extraction multi-phasique, et l'oxydation. Le BE interviewé a déjà pu étudier (plus occasionnellement) une gestion par sparging, ou encore par désorption thermique in situ.
Enfin, pour ce qui est des solutions **sur site**, les composés volatils (notamment hydrocarbures) sont régulièrement traités par biopile. Les **confinements** sont aussi souvent étudiés, à la demande du MO (afin d'étudier les possibilités de limiter les coûts).
Les problématiques d'eaux souterraines sont souvent solutionnées par pompage-écrémage (en cas de présence de flottant).

La solution de gestion retenue correspond souvent à un **couplage de 2, voire 3 techniques** (parfois issues de grandes familles d'options de gestion distinctes : hors site, in situ, sur site).

Certaines solutions de gestion sont moins souvent étudiées ou retenues :

- Le **phytomanagement** (en raison de la durée de traitement) ;
- L'**atténuation naturelle** lorsqu'elle n'est pas proposée en complément d'une mesure « active »de gestion (en raison de sa faible acceptabilité auprès de l'administration) ;
- Le **landfarming** (consommateur d'espace, et parfois sans réelle maîtrise du devenir des polluants qui sont transférés vers l'atmosphère).

Concernant **les restrictions d'usage et les mesures constructives** : elles sont intégrées dans l'Analyse des Risques Résiduels, et sont reprises dans le BCA si elles sont spécifiques à une solution en particulier (elles sont alors rappelées en tant qu'inconvénient dans le tableau de comparaison). Enfin, elles sont rappelées en conclusion du PG, dans la description de la solution de gestion retenue.
A noter que les **éventuels suivis** sont intégrés dans le BCA (leur coût financier est compris dans l'estimation du coût des travaux). Ces suivis sont rappelés en conclusion du PG.

Les **suivis, restrictions d'usages et mesures constructives sont fréquents** dans les PG (notamment dans les contextes de gestion de pollutions métalliques diffuses).

Place du maître d'ouvrage

Certains MO ayant expérimenté sans succès une technique de dépollution sur un site, peuvent avoir tendance à **extrapoler leur retour d'expérience** (en refusant de l'envisager à nouveau, même si le contexte de gestion s'y prêterait).
D'autre part, certaines solutions sont parfois pertinentes et « compétitives » (exemple : un venting pour des contaminants volatils dans des terrains sableux), mais le MO va privilégier le critère de sécurisation d'atteinte des objectifs dans un temps donné, et retenir plutôt une solution par excavation par exemple.

Néanmoins, l'implication des MO dans l'élaboration du BCA reste souvent limitée : ils se contentent **d'identifier au préalable avec le BE les principaux enjeux** (temps, foncier disponible, etc…). Après un premier tri des options de gestion possibles les solutions retenues sont présentées par le BE au MO afin que les options comparées soient toutes comprises de ce dernier.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur n'est pas favorable à la systématisation de ce chiffrage, au demeurant complexe puisqu'il intègre des pertes d'exploitation industrielles par exemple.
Il conviendrait mieux de **n'étudier que des solutions dont on sait qu'elles sont pertinentes pour le contexte de gestion**.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocuteur est favorable à l'idée de proposer deux niveaux de BCA :

- Les **BCA simples** pourraient être réservés aux contextes de gestion de déblais (incluant les cas où le projet ne laisse pas d'autre choix que l'excavation pour traiter les pollutions su site) ;
- Les **BCA plus complexes** pourraient a contrario se rapporter à ceux qui étudient les possibilités de traitement in situ. De tels BCA requièrent un plus grand niveau de détail, notamment pour l'estimation des coûts financiers des options (plus difficiles à appréhender que pour un envoi hors site des terres).

Conformément à la méthodologie nationale : dans le cas où des mesures simples de gestion permettent (à des coûts modestes) de s'affranchir des pollutions du site, le BE préconise l'application de ces mesures, et ne réalise pas de BCA.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

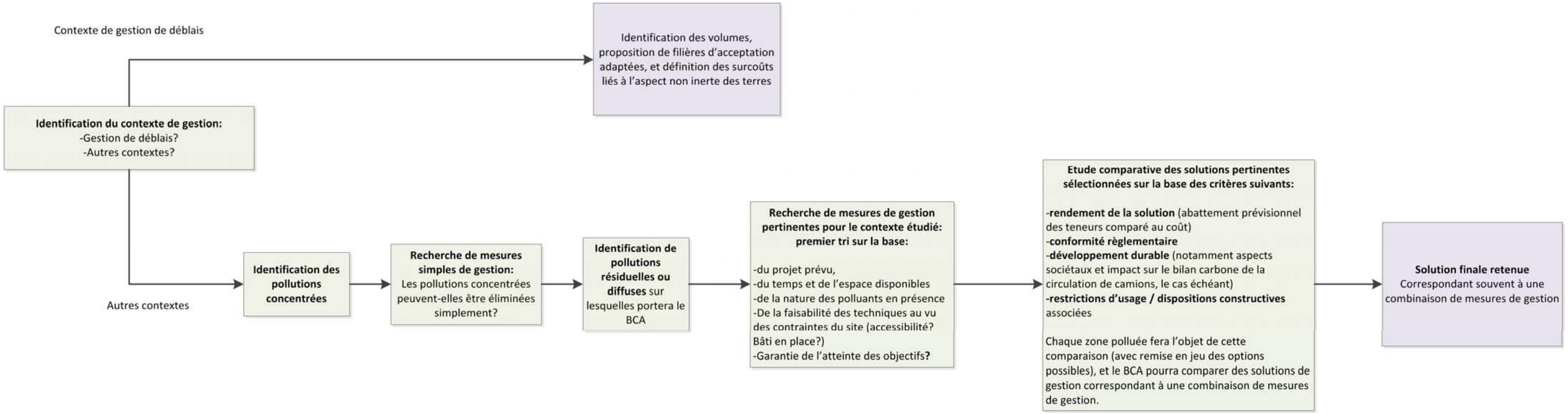
L'interlocuteur n'est pas favorable à ce type de démarche, qui **réduit la part d'ingénierie**, et peut trop aisément **être détournée en jouant sur les notes et la pondération**, afin d'aboutir à la solution voulue. Il favorise plutôt une réflexion globale sur les différentes options.
Cet outil pourrait être proposé pour aider la réflexion si besoin, mais ne devrait pas être utilisé au détriment d'une véritable réflexion globale du rédacteur de BCA.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Il arrive que les solutions retenues ne présentent pas l'efficacité escomptée une fois mises en application. Certaines techniques mettant en jeu de la biodégradation sont par ailleurs tributaires du climat.

D’autre part, il n’est pas rare de découvrir de nouvelles pollutions lors des chantiers de réhabilitation (dans la zone de battement de la nappe, en particulier).

Le BE interviewé est souvent impliqué dans la phase de mise en application du PG qu’il a préparé : aussi**, il bénéficie d’un retour d’expérience direct**, qui lui permet de mettre à jour ses connaissances sur l’applicabilité des solutions de gestion.
L’interlocuteur note qu’un **partage accru de retour d’expérience à l’échelle de la profession serait bénéfique**.


Contexte de gestion de déblais
Identification des volumes, proposition de filières d'acceptation adaptées, et définition des surcoûts liés à l'aspect non inerte des terres
Identification du contexte de gestion:
-Gestion de déblais?
-Autres contextes?
Autres contextes
Identification des pollutions concentrées
Recherche de mesures simples de gestion:
Les pollutions concentrées peuvent-elles être éliminées simplement?
Identification de pollutions résiduelles ou diffuses sur lesquelles portera le BCA
Recherche de mesures de gestion pertinentes pour le contexte étudié: premier tri sur la base:
-du projet prévu,
-du temps et de l'espace disponibles
-de la nature des polluants en présence
-De la faisabilité des techniques au vu des contraintes du site (accessibilité? Bâti en place?)
-Garantie de l'atteinte des objectifs?
Etude comparative des solutions pertinentes sélectionnées sur la base des critères suivants:
-rendement de la solution (abattement prévisionnel des teneurs comparé au coût)
-conformité règlementaire
-développement durable (notamment aspects sociétaux et impact sur le bilan carbone de la circulation de camions, le cas échéant)
-restrictions d'usage / dispositions constructives associées
Chaque zone polluée fera l'objet de cette comparaison (avec remise en jeu des options possibles), et le BCA pourra comparer des solutions de gestion correspondant à une combinaison de mesures de gestion.
Solution finale retenue
Correspondant souvent à une combinaison de mesures de gestion

Juriste n°1

Points clés :

➔ Les points d'attention juridiques concernent le BCA, mais également d'autres étapes amont (Y a-t-il lieu d'agir sur le site ? A savoir : a-t-on identifié des problématiques sanitaires / des sources concentrées de pollution / une problématique de gestion de terres excavées ?) ;
➔ L'aspect juridique à étudier dans le cadre du BCA correspond à la responsabilité à court terme et à long terme du donneur d'ordre ;
➔ La principale faiblesse juridique d'un BCA tient souvent à son argumentation insuffisante ;
➔ Les restrictions d'usage sont souvent exposées en conclusion du BCA, et n'apparaissent pas au cœur de la réflexion sur les différentes options de gestion possibles. Il conviendrait de les replacer au centre de la réflexion.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice intervient en droit de l'environnement depuis 1999. Elle est essentiellement sollicitée, en qualité d'avocat, par des industriels (souvent derniers exploitants d'une installation classée). Ces donneurs d'ordre souhaitent bénéficier d'un regard juridique pour compléter l'approche technique du BE. L'ensemble de la démarche en SSP mérite une « surveillance » des points clés juridiques, mais plus particulièrement, les stades auxquels il est fait appel à l'interlocutrice sont :

- En **amont du PG** : l'identification de la nécessité ou non d'agir sur l'état du site (indentification de risques sanitaires ? gestion de terres excavées à prévoir ? Identification d'une pollution concentrée ?) ;
- La **définition de stratégies de réhabilitation** (comment gérer les discussions avec l'administration/ les riverains lors d'un processus de cessation d'activité ?) ;
- La réhabilitation de sites dans la perspective de **cessions/aménagements de sites** (définition des clauses environnementales de la vente) ;
- Les **phases contentieuses** (les contentieux entre anciens exploitants et propriétaires des terrains ou entre vendeurs et acquéreurs à la suite des cessions deviennent de plus en plus récurrents). Dans ce cadre, des expertises judiciaires ont souvent lieu. L'interlocutrice y intervient conjointement à un conseil technique.

L'interlocutrice apporte donc notamment un regard sur la **responsabilité à court ou long terme** en lien avec les options de gestion environnementale proposées.

Retour d'expérience sur le BCA

Le BCA ne devrait pas être orienté par le BE. Certains d'entre eux réalisent des travaux, et peuvent manquer d'objectivité dans l'analyse des solutions de gestion possibles. Idéalement, l'interlocutrice souhaiterait travailler avec des structures réalisant des études d'une part, et des sociétés réalisant des travaux d'autre part (pas de double compétence, ou alors en s'assurant du respect de principes déontologiques).

D'autre part, le niveau de préconisation du BE en matière de réhabilitation devrait rester mesuré aux enjeux. L'interlocutrice souligne qu'une dérive pourrait se développer avec l'engagement qui sera exigible des BE dans le cadre des SIS (Secteurs d'Information sur les Sols). Les BE pourraient alors chercher à se protéger en formulant des préconisations particulièrement sécuritaires.

Les **surveillances post-travaux des eaux souterraines** durent souvent bien plus que 4 ans (notion de bilan quadriennal).

Parfois, ces surveillances sont poursuivies sans réelle justification technique, mais plutôt dans l'objectif (pour l'administration) de rester en lien avec l'exploitant. Aussi, il pourrait parfois être avantageux de sélectionner des solutions de gestion aboutissant à un résiduel plus faible (limitation des exigences de suivi post-réhabilitation).

Prise en compte actuelle du facteur juridique dans les BCA

La **notion de responsabilité à court terme / long terme** n'est pas suffisamment bien explicitée dans les BCA à ce jour (c'est pourquoi les juristes apportent leur expertise en complément du point de vue du BE).
A titre d'exemple, tous les BE n'explicitent pas les conséquences d'un confinement sur site (par exemple : restrictions d'usage, surveillance associée…).
Les logiques sont souvent basées sur le court-terme et la gestion des déchets est parfois mal appréhendée.

Attentes concernant le BCA

Ce document technique doit exposer de façon complète, transparente et compréhensible les différents avantages et inconvénients des solutions de gestion.
Du point de vue de l'interlocutrice, le BCA doit lui **permettre de percevoir les enjeux en termes de responsabilité pour son client**.
Le BCA doit également être réalisé en tenant compte des attentes du MO en termes de coûts, délais, efficacité et acceptabilité sociale de la solution.

Le cadre méthodologique dans lequel s'insère le BCA n'est que trop rarement rappelé. Il serait idéal de rappeler ce cadre à titre pédagogique (ex : rappeler que la gestion des sources est prioritaire, etc.).

Il conviendrait de **hiérarchiser les enjeux à court terme/ long terme**. Le BCA doit expliciter clairement que la conservation d'un résiduel sur site peut être à l'origine de servitudes / d'une surveillance des eaux souterraines. **Le coût d'une telle surveillance devrait être chiffré financièrement, en annonçant les hypothèses prises.**

Le BCA doit donc étudier les questions suivantes :

- La solution de gestion sera-t-elle à l'origine de restrictions d'usage ? d'une surveillance ? d'une persistance d'un impact hors site ?
- Comment gérer les produits filles de dégradation ? Dans le cas des COHV, ces derniers peuvent parfois être plus nocifs que les pollutions initiales ;
- Existe-t-il un risque de relargage de contaminants à long terme ? Si oui, le BCA doit le signaler.

Risques juridiques identifiés en lien avec le BCA

Dès lors que l'on entreprend une démarche de PG, c'est qu'une nécessité d'agir sur l'état du site a été identifiée. Cette étape constitue un premier point d'arrêt dans le suivi des études, et un premier point de vigilance juridique : quels éléments démontrent qu'il y a nécessité d'agir ? Parfois, les approches des BE à ce sujet diffèrent largement de celles des industriels (voir le point relatif à la définition des pollutions concentrées ci-après).

Il est nécessaire **d'étayer la proposition de solution de réhabilitation,** sans quoi le BCA pourra aisément être remis en cause, notamment dans un cadre contentieux.

Efficacité du BCA comme outil de communication

S'il est bien réalisé, le BCA est un bon outil de communication. Il apporte de la prévisibilité au donneur d'ordre et à l'administration.

Critères

Sur la base du retour d'expérience de l'interlocutrice, les critères actuellement étudiés sont les suivants :

- **Technique** : ce critère est souvent le plus développé et est celui avec lequel le BE se sent le plus à l'aise.

Il présente la faisabilité de la mise en œuvre technique, son efficacité et étudie notamment l'accessibilité du site et les délais de la réhabilitation ;

- **Environnemental** : ce critère est essentiellement étudié de façon qualitative, via l'identification du trafic généré par les solutions hors site par exemple. Il étudie également les nuisances du chantier, la remobilisation possible de certains polluants et l'aggravation potentielle de risques hors site le cas échéant ;
- **Economique** : Ce critère est souvent associé de près aux **délais**. L'estimation des coûts de suivi est parfois incluse dans l'étude de ce critère, mais parfois de façon trop simpliste. Si la réhabilitation nécessite de délocaliser (pour tout ou pour partie) une activité, l'impact économique sera mis en exergue dans cette partie;
- **Acceptabilité sociétale** : ce critère étudie parfois les aspects « politiques » (positionnement des élus locaux ? des associations de riverains ?).

Aux yeux de l'interlocutrice, les **enjeux de responsabilité de l'industriel restent prépondérants**, et mériteraient d'être mieux identifiés. En cas de problématique hors site, le BE se doit de recommander à son client des mesures de gestion et/ou de surveillance qui soient de nature à rassurer l'ensemble des parties impliquées.
En cas de problématiques sanitaires avérées, le critère de la responsabilité environnementale est un véritable enjeu. Dans certains contextes moins sensibles (exemple : vente d'un site sans identification de problématique sanitaire), il conviendra avant tout de bien définir la part de la réhabilitation qui sera supportée par le vendeur et celle qui sera supportée par l'acquéreur (dans des délais réalistes vis-à-vis de l'opération).

Solutions de gestion

En moyenne, **trois solutions sont confrontées**. Parfois, ce nombre peut être plus élevé (jusqu'à 7 solutions étudiées, sur la base de 10 PG pris comme exemple par l'interlocutrice).

Les **solutions récurrentes pour la gestion de pollutions dans les sols** comprennent :

- l'excavation et l'évacuation hors site de terres impactées ;
- des traitements in situ ;
- des confinements sur site (réutilisation sur site de terres).

La réutilisation hors site des terres est assez peu développée. Aux Pays-Bas, certaines filières permettent le traitement puis la réutilisation de terres. La même facilité n'est pas observée en France à l'heure actuelle.

Pour les **eaux souterraines, certaines mesures de gestion récurrentes observées par l'interlocutrice (majoritairement pour des pollutions par des COHV)** peuvent correspondre à :

- des confinements hydrauliques ;
- des dispositions constructives (exemple : ventilation, vide sanitaire..) ;
- des traitements des eaux souterraines.

Place accordée à l'atténuation naturelle

Les différents textes et outils de la DCE ne s'articulent pas clairement avec le cadre réglementaire prévu pour les sites et sols pollués. La méthodologie française des sites et sols pollués prévoit la possibilité d'une atténuation naturelle des pollutions, mais ceci peut s'avérer difficilement compatible avec les objectifs particulièrement ambitieux prévus dans le cadre de la DCE et surtout des SDAGE et SAGE. Régionalement, le degré d'application de la DCE se révèle par ailleurs variable.
Pour l'interlocutrice, l'enjeu est surtout d'éviter qu'un site pollué continue de contribuer à la dégradation de l'environnement, ce qui conduit à envisager la barrière hydraulique, la gestion des sources…

Place occupée par les restrictions d'usage

Les restrictions d'usage sont des **mesures de gestion à part entière, qui se révèlent quasi systématiques.**
Elles permettent de conserver la mémoire des pollutions résiduelles et de la gestion de la pollution. Publiées dans les documents d'urbanisme et à la conservation des hypothèques, les servitudes d'utilité publique apparaissent donc dans tout acte de vente ultérieure.

Se pose surtout la question des modalités de surveillance de la mise en application des servitudes : qui en a la charge ? Qui surveille le respect des dispositions des servitudes ? Dans le contexte de la loi ALUR, le porteur d'un projet de changement d'usage peut également porter la responsabilité de la gestion de la pollution. S'il existe une pollution résiduelle à l'issue de ses travaux, il doit la mentionner au Préfet qui peut décider d'instituer un SIS.

En tout état de cause, **les restrictions d'usage ne sont pas encore suffisamment identifiées dans les BCA. Elles sont souvent exposées en conclusion, et n'apparaissent pas au cœur de la réflexion sur les différentes options de gestion possibles**.

Néanmoins, le **chiffrage financier de l'impact de restrictions d'usage / servitudes** n'est pas aisé et il n'existe pas de référentiel commun pour établir cette estimation qui est effectuée au cas par cas. Aussi, l'interlocutrice **recommande au BE d'évaluer de façon qualitative uniquement l'impact des restrictions d'usage**, et d'avertir sur la possibilité que ces restrictions fassent l'objet d'une demande d'indemnisation financière par d'autres parties.

Difficultés juridiques en lien avec l'identification des « pollutions concentrées »

Ce point est **souvent à l'origine de débats**. Souvent, le donneur d'ordres et le BE n'ont pas la même notion de pollution concentrée que l'administration.
Les mêmes débats peuvent exister dans des contextes de contentieux entre vendeur et acquéreur. Une des deux parties peut vouloir faire entrer dans cette définition de « pollution concentrée » un volume de terres correspondant en réalité à la gestion de terres non inertes (surcoût de la gestion des terres excavées).
L'interlocutrice juge utile l'effort de définition de « pollution concentrée » par le groupe de travail de l'UPDS.

L'existence ou non de risques sanitaires peut également être débattue entre les différentes parties.

La gestion des terres excavées constitue un troisième point d'attention : l'interlocutrice veille généralement à ce que l'acheteur soit bien conscient de cette problématique qu'il se devra d'étudier, et dont il aura à assumer le surcoût financier.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocutrice y est défavorable. Il n'est pas exigible d'un industriel de procéder au démantèlement de ses installations.
Un tel chiffrage de façon systématique créerait un risque de contestation des solutions de réhabilitation retenues par les riverains ou les élus locaux. Il conviendrait plutôt de focaliser les études sur les solutions non extrêmes, qui sont réalistes dans le contexte de gestion.

Opinion sur l'idée d'étudier plusieurs usages futurs possibles dans le cadre du PG (anticipation de l'évolution des documents d'urbanisme)

L'industriel n'est redevable d'un PG que pour un type d'usage (défini à l'issue de la phase de concertation). Il serait contraire à la réglementation d'exiger, dans le cadre ICPE, l'étude d'un plus grand nombre de scénarii.
Les enjeux financiers et de responsabilité en lien avec la réhabilitation de sites industriels sont importants.

Aussi, il est important de bien segmenter la responsabilité de chaque acteur.
Ce type d'approche pourrait néanmoins être retenu par des aménageurs qui engagent des réflexions plus générales en termes d'aménagement.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Cette méthodologie n'est pas encore prépondérante. Le plus important reste l'argumentation du BCA. Un système de notation/ pondération peut certes se révéler plus parlant pour un néophyte, mais en l'absence d'une justification de qualité, l'analyse multicritères n'est en tout cas pas de nature à sécuriser plus particulièrement le BCA juridiquement.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Sur la base du retour d'expérience de l'interlocutrice, les réhabilitations sur le milieu eaux souterraines sont souvent plus sujettes à aléas que les réhabilitations des sols. L'efficacité des traitements des eaux souterraines est plus souvent inférieure au résultat escompté. Les problématiques de pérennité du traitement sont également plus fréquentes pour ce milieu (ex : effets rebonds).

Juriste n°2

Points clés :

➔ A ce jour, les restrictions d'usage ne sont pas suffisamment prises en compte dans les BCA. Elles sont à replacer au cœur de la réflexion, et non juste à évoquer en conclusion de l'exercice.

➔ Il n'est pas recommandé de chercher à estimer financièrement l'impact des restrictions d'usage. Toutefois, il est possible d'évaluer leur niveau de contrainte de façon plus simple (ex : surfaces / nombre de propriétaires concernés ?).

➔ La définition des « pollutions concentrées » est encore sujette à discussions, notamment avec l'administration.

➔ Le critère de la pérennité de la réhabilitation envisagée devrait être mieux développé dans les BCA.

➔ Le traitement des pollutions concentrées devrait toujours être étudié dans le cadre du BCA, et non en amont de celui-ci.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice est une avocate spécialisée en droit environnemental. Elle est sollicitée par des industriels, ainsi que des promoteurs immobiliers.
Dans des contextes de cessation d'activités, ou encore de cession/acquisition de terrains, elle est donc fréquemment amenée à consulter des PG comprenant des BCA. Plus rarement, les PG sont établis suite à des accidents environnementaux.

Retour d'expérience sur le BCA / difficultés identifiées

Le BCA est une partie du PG qui peut entraîner d'importantes discussions.
Il **ne tient pas encore compte de l'ensemble des problématiques** : responsabilité environnementale à long terme, définition des pollutions concentrées, respect de la loi, restrictions d'usage (uniquement mentionnées en fin de BCA, et non prises en compte en tant qu'outil / inconvénient dans l'exercice de comparaison à proprement parler).

Prise en compte actuelle du facteur juridique dans les BCA

Les aspects juridiques sont insuffisamment développés dans les BCA à ce jour.
L'interlocutrice pense que le BCA pourrait **mieux valoriser** les outils et « barrières juridiques » que constituent les **restrictions d'usage**.
Les notions juridiques ne constituent certes pas le cœur de métier des BE, mais ces derniers devraient s'attacher autant que possible à les étudier et à soulever les problématiques existantes, quitte à ce que leur approche soit ensuite étayée par un juriste.
Une **démarche itérative est à recommander, lorsqu'elle est possible (échanges entre BE et juristes)**.
Néanmoins, du fait que tous les PG ne seront pas relus par un juriste, l'interlocutrice préconise de définir des bonnes pratiques dans le futur guide méthodologique.

Les contraintes d'urbanisme, de la loi sur l'eau, et des PPRT devraient également être mieux intégrées dans les BCA, qui restent trop focalisés sur les seules problématiques de SSP.

Attentes concernant le BCA

Le BCA devrait **appréhender la gestion environnementale du site de façon complète, par le biais de critères adéquats, et de pondérations adaptées.**

Afin de constituer une aide à la décision efficace, le BCA doit bien analyser l'ensemble des tenants et aboutissants, et prendre en compte tous les coûts et toutes les problématiques induites, y compris celles des restrictions d'usage et de la définition des pollutions concentrées.
Par la suite, le BCA étant parfois formalisé auprès de l'administration, il est nécessaire qu'il soit établi avec suffisamment de rigueur.

Risques juridiques identifiés en lien avec le BCA

Les failles juridiques du BCA se rapportent aux restrictions d'usage qui ne sont pas toujours suffisamment prises en compte, ou encore à la définition des pollutions concentrées en amont.
Par ailleurs, un BCA qui ne serait pas conforme aux règles de l'art pourra plus aisément être remis en cause part des parties adverses, en cas de litige.

Les autres leviers juridiques du BCA se rapportent aux coûts de gestion des terres excavées : propriétaires et locataires des sites peuvent entrer en discussion. En effet, le propriétaire a intérêt à ce que le locataire maximise la dépollution du site, afin de minimiser les surcoûts de gestion de terres excavées dans le cadre de futurs réaménagements éventuels.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Quand il est bien réalisé, le BCA est très utile pour communiquer entre les principales parties prenantes (BE, MO, administration). L'interlocutrice estime qu'il serait pertinent de systématiser des échanges entre BE et MO sur la base d'un pré-rapport, avant d'échanger avec l'administration.

Quant aux communications « publiques » autour du contenu du BCA, l'interlocutrice les juge à risque, notamment vis-à-vis de la dimension financière, qui peut être peu audible pour des riverains par exemple. D'autre part, le contenu du BCA reste technique, et n'est pas toujours accessible aux non-experts.

Critères

Les **critères généralement étudiés** sont les suivants :

- bénéfice environnemental du traitement ;
- coûts ;
- difficultés techniques de mise en œuvre.

Le **bilan environnemental** n'est pas (ou peu) étudié à l'heure actuelle.
L'**acceptation sociétale** n'est pas étudiée à ce stade, sur la base des BCA qu'a pu consulter l'interlocutrice. Il conviendrait toutefois de tenir compte de ces aspects.

L'interlocutrice précise que d'autres critères mériteraient d'être mieux pris en considération, tels que la **pérennité** de la réhabilitation envisagée (à mettre en lien avec la localisation du site, les règles d'urbanisme en vigueur, etc.).

Solutions de gestion

Souvent, environ **5 scénarios de gestion** sont étudiés. Ce nombre n'est pas toujours suffisant, d'après le retour d'expérience de l'interlocutrice.

Les **scénarios de gestion les plus souvent étudiés / retenus** sont les suivants :

- Traitement de tout ou partie de la pollution par excavation, traitement in situ, ou encore confinement ;
- Pas de traitement de la pollution, mais mise en place de restrictions d'usage ;

Les **scénarios de gestion les moins souvent retenus** peuvent correspondre aux traitements in situ dans le cadre de processus de reconversion de sites, excepté si le foncier disponible est important, et s'il est envisageable de travailler par phases.

Place accordée à l'atténuation naturelle

La méthodologie française des sites et sols pollués prévoit la possibilité d'une atténuation naturelle des pollutions, mais ceci peut s'avérer difficilement compatible avec les objectifs prévus dans le cadre de la DCE.
Dans certains cas, des dossiers de dérogation pourraient solutionner ces incompatibilités entre les différents cadre réglementaires (DCE / cadre des SSP).

Place occupée par les restrictions d'usage

Les restrictions d'usage sont **souvent évoquées uniquement en conclusion, et ne sont pas placées au cœur de la comparaison des scénarios de gestion**.

L'interlocutrice préconise de les prendre en considération dès l'analyse des coûts et des avantages des scénarios de gestion.

Estimation financière des coûts que représentent les restrictions d'usage

Du fait de la difficulté de cet exercice, l'interlocutrice recommande de **ne pas chercher à associer une estimation financière aux restrictions d'usage**.

Le **niveau de contrainte** généré par une SUP pourra néanmoins être évalué. Une approche qualitative pourrait être basée sur la superficie, et le nombre de propriétaires concernés, par exemple.

Difficultés juridiques en lien avec l'identification des « pollutions concentrées »

La **définition des pollutions concentrées fait encore l'objet de débats fréquents entre les parties** (et notamment avec l'administration).

L'interlocutrice estime que le coût du traitement de la source concentrée devrait être étudié dans le cadre du BCA, et non uniquement en amont de cette étude.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocutrice estime que cette étude systématique **permet de prouver par l'absurde** que dans bien des cas, il n'est pas possible de traiter toute la pollution de façon proportionnée aux enjeux.

Il faut néanmoins communiquer avec précautions autour de ces scénarios démonstratifs, qui ne doivent pas être considérés à tort comme des options viables lorsqu'ils sont techniquement (ou financièrement) inadaptés aux enjeux.
Le fait de formaliser l'étude de ces solutions pourrait laisser penser qu'il s'agit de scénarios viables.

Opinion sur l'idée d'étudier plusieurs usages futurs possibles dans le cadre du PG (anticipation de l'évolution des documents d'urbanisme)

Un industriel (contexte d'une cessation) n'est pas redevable de l'étude de plusieurs usages, en prévision de l'évolution des documents d'urbanisme. L'interlocutrice estime qu'une telle exigence pourrait occasionner des incertitudes quant au partage de responsabilité entre l'exploitant, et le porteur d'un projet de réhabilitation au droit du site par exemple.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocutrice est favorable à l'emploi de cette méthodologie.

Maître d'ouvrage n°1

Points clés :

➔ Dans un contexte de revente de foncier par l'industriel, le BCA sécurise un aspect réglementaire et juridique (il prouve que la possibilité d'enlèvement des sources a bien été étudiée).

➔ Le BCA se doit d'être détaillé sur les délais et les prix, et doit préciser les aléas (étude des incertitudes).

➔ Il arrive que des mesures de gestion complémentaires mais non nécessaires au sens strict soient rajoutées par l'industriel (ex : une géomembrane). L'objectif est de sécuriser la gestion du site vis-à-vis de sa responsabilité environnementale.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

Les deux interlocuteurs travaillent pour un industriel qui dispose d'une large palette de sites (tailles et problématiques environnementales variées). Les pollutions y sont anciennes.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les sites sont variés, néanmoins pour certains d'entre eux les contaminants récurrents identifiés sont les HAP, cyanures, ammonium et BTEX.
Certains sites présentent des panaches dans les eaux souterraines (sans extension hors site, dans la plupart des cas).
Les interlocuteurs **font réaliser des BCA sur les milieux sols et eaux souterraines, dans un contexte de cession de sites**, et ils accompagnent les changements d'usage (exemple : industriel vers résidentiel).
Très souvent, les pollutions anciennes sur les **eaux souterraines** (sans impact hors-site) font l'objet d'une surveillance. La velléité de revente du site remet en jeu ces modalités de gestion. : le BCA va alors comparer des traitements in situ à un suivi simple.

Retour d'expérience général

Pour les **sols aussi bien que les eaux**, le BCA sert à prouver à l'acquéreur que les possibilités d'enlèvement des sources ont été étudiées (**sécurisation réglementaire et juridique).** La démarche de BCA n'est initiée que pour les sites présentant un bon potentiel de revalorisation, généralement en accompagnement d'un changement d'usage. En effet, les interlocuteurs soulignent que l'enlèvement des zones concentrées « inactives » (définies par les interlocuteurs comme présentes depuis très longtemps et n'entraînant pas de risque sanitaire ou environnemental) et peu accessibles, est souvent présenté comme une obligation réglementaire issue de la méthodologie de 2007 (traiter les sources plutôt que les impacts). Cette approche peut parfois coûter très cher pour un gain environnemental jugé nul par les interlocuteurs.
Pour les autres sites (petits sites < 1000 m² ou sans potentiel de valorisation), le bilan matière est généralement suffisant.

Certains BCA réalisés pour le compte du MO interviewé dans le passé ont pu proposer des solutions non adaptées à la typologie des terrains. Par ailleurs, et sur un même site, plusieurs BE missionnés par des intervenants distincts peuvent aboutir à des conclusions de BCA différentes, ce qui interpelle les interlocuteurs.
Ces derniers estiment également que les BE peuvent favoriser des solutions de gestion pour lesquelles leur structure dispose d'un meilleur retour d'expérience, au détriment de solutions qui leur sont moins connues. Le retour d'expérience « appliqué » d'un BE réalisant lui-même des travaux est appréciable (si le BE ne réalise pas de travaux, le MO souhaite qu'il consulte une société de travaux afin de sécuriser l'estimation des coûts).

Attentes concernant le BCA

Le BCA doit rester un exercice « technique », et être détaillé et réaliste sur les délais et les prix. Les aléas sur ces deux paramètres doivent être fournis (étude des incertitudes).
Ce qui fait défaut à l'heure actuelle dans les BCA de l'industriel interrogé est une proposition intégrant une **mixité des mesures de gestion**.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que MO

Les BCA réalisés pour le compte de l'industriel interviewé sont rarement validés avant une longue phase d'échanges avec le BE. Tous les critères sont discutés à un niveau fin (notamment le coût), et les interlocuteurs peuvent questionner le BE sur les solutions envisagées (notamment si certaines semblent avoir été écartées sans justification suffisante).

Efficacité du BCA comme outil de communication

L'industriel a peu (voire pas) d'échanges avec l'administration car leurs PG sont préparés dans un contexte de revente de sites. Les travaux de réhabilitation sont réalisés sans arrêté.
Les contextes les plus courants intégrant l'administration sont ceux où le PG et le BCA sont réalisés alors que des mesures de gestion ont déjà été actées (généralement une surveillance des eaux souterraines), que la perte de la maîtrise du foncier sont susceptibles de remettre en cause dans un contexte de revente du site.

Critères

Les critères généralement étudiés pour confronter les options de gestion sont :

- Le coût ;
- Les critères sociétaux et l'image de l'industriel, qui possède une forte exposition médiatique ;
- En lien avec le critère précédent : les nuisances au voisinage (odeurs, effets indésirables) ;
- L'adéquation technique de la solution ;
- La durée de la réhabilitation ;
- Le taux d'abattement attendu des teneurs.

Les critères les plus importants pour les interlocuteurs sont **les coûts et les délais**, qui peuvent remettre en cause la vente du site. Viennent ensuite la « crédibilité » de la solution proposée (peut-on s'engager sur l'atteinte de l'objectif ?), et la nuisance prévisible de la solution pour le voisinage.

Les critères en lien avec **la nature de la pollution ou le contexte géologique du site** par exemple, sont étudiés avant la comparaison des options de gestion (lors de la sélection des techniques adéquates pouvant être détaillées et comparées entre elles).

Concernant le critère du **bilan environnemental global de la solution** : les BCA développent peu cet aspect, et les interlocuteurs ne sont pas demandeurs d'une étude plus poussée de ce critère. L'industriel applique des principes globaux pour l'amélioration de son impact sur l'environnement : favoriser les solutions sur site quand cela est possible, veiller à retenir des filières pertinentes pour l'envoi des terres hors site…

Solutions de gestion

En général, 3 à 4 solutions sont étudiées en détail dans les BCA réalisés pour l'industriel (après évacuation préalable des solutions non applicables).

Pour le **milieu sol, la solution récurrente reste l'excavation et l'élimination hors site**. Dans cette démarche, et compte-tenu de l'aspect « multi gisements » de la plupart de leurs sites, les interlocuteurs favorisent une approche par bilans de matière pour définir les zones à traiter, plutôt que de développer un BCA. L'industriel a mis en place ses propres critères d'étude des sources, basés sur une analyse environnementale et non sanitaire (possibilités de relargage vers la nappe, nuisance olfactive des terres excavées ou laissées en place dans le premier mètre, etc…).
Dans ce type de contexte, les ARR ne devraient étudier que la voie par inhalation, puisque des mesures simples de gestion existent pour toutes les autres voies d'exposition.

Le **sparging et le venting** disposent également d'un bon retour d'expérience, et ont souvent pu être mis en œuvre dans le passé. Mais ces méthodes ne garantissent pas toujours l'atteinte de seuils recherchés dans les eaux souterraines.

Les **injections d'oxydants sont souvent étudiées, mais peu souvent retenues** du fait de leur coût, ou de leur mauvaise adaptation à la matrice.
Généralement, les mesures de gestion nécessitant une **excavation profonde des sols** (avec parfois un rabattement de nappe obligatoire) sont moins retenues.
Dans certains contextes (ex : réhabilitation pour un usage résidentiel sans usage des eaux souterraines), l'industriel lui-même peut argumenter contre la solution de **confinement de nappe** (cette solution est souvent suggérée par l'administration, à titre jugé sécuritaire).

Les **restrictions d'usage** occupent une place prépondérante dans les PG de l'industriel interviewé : elles sont souvent imposées d'emblée dans le cadre de la vente des sites (exemple : couverture des sols superficiels, interdiction de mettre en place un jardin potager etc.). Dans certains contextes toutefois (exemple : revente d'une ancienne maison de directeur de site), toutes les restrictions sont levées via des travaux, exceptées celles en lien avec les eaux souterraines.
Pour ce qui est des **dispositions constructives**, les interlocuteurs cherchent à limiter leur place dans les BCA (elles représentent une moins-value financière dans un contexte de vente). Néanmoins, pour renforcer l'acceptabilité des projets, certaines dispositions peuvent être intégrées alors même qu'elles ne sont pas strictement nécessaires (exemple : géomembrane). Elles sont alors intégrées en amont (discussion avec l'architecte du projet). **Le BCA est plutôt focalisé sur des techniques de traitement, les dispositions constructives viennent en complément.**

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les **contextes « simples »** pourraient correspondre à une pollution « basique » des sols, qui peut être directement évacuée hors site après excavation.
Les **contextes plus complexes** pourraient être rattachés à :

- Des pollutions touchant le milieu des eaux souterraines (plus difficile à traiter) ;
- Une multiplicité de gisements dans les sols avec du bâti encore en place.

Dans des contextes à gisements multiples, des bilans de matière peuvent être effectués afin de déterminer quelle part de la pollution sera enlevée du site.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

Les interlocuteurs sont **favorables à l'approche par « analyse multicritère »**, qui donne une vision synthétique et rationnelle de l'analyse. Néanmoins, ils ne souhaiteraient pas que cette méthode soit imposée.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Les traitements in situ présentent rarement une efficacité conforme à l'attendu. La durée de traitement et le pourcentage d'abattement sont souvent moins favorables que ceux pris en considération dans le BCA.
Cette observation est problématique, car elle ajoute des surcoûts (entretien des installations de dépollution).
En tant que MO, les interlocuteurs ont adopté une démarche de partage de l'information, et ils communiquent à leurs prestataires les retours d'expérience utiles en termes de travaux de réhabilitation.

Maître d'ouvrage n°2

Points clés :

➔ Le BCA doit être accessible pour des interlocuteurs qui ne possèdent pas de connaissance technique sur les SSP.
➔ Aucune solution ne doit être exclue du BCA a priori.
➔ Le coût financier ne saurait être l'unique critère étudié. Au-delà de la garantie de la sécurité sanitaire, le critère primordial est celui de l'amélioration de la qualité de l'environnement.
➔ Le BCA devrait présenter en systématique un chiffrage de l'enlèvement complet de la pollution.
➔ Dans le cas où des pollutions résiduelles sont laissées en place, le BCA devrait intégrer explicitement les servitudes et les implications de ces pollutions résiduelles dans le tableau de comparaison des solutions de gestion. De même, les inconvénients de certaines techniques (ex : moindre portance des zones remblayées) devraient être identifiés.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

La structure interrogée est un établissement public de coopération intercommunale. Les principaux sites du maître d'ouvrage sont des **friches industrielles, associées à des problématiques environnementales variées.**
L'interlocuteur interrogé possède une vision globale des études SSP établies localement, dans des contextes où sa structure publique peut avoir un rôle d'accompagnement et/ou de pédagogie auprès des différents acteurs, comme par exemple :

- Auprès de promoteurs portant un projet au droit d'une friche urbaine,
- Auprès d'acteurs économiques qui souhaitent s'implanter au droit d'une ancienne ICPE,
- Auprès d'ICPE en fonctionnement ou en cours de cessation avec en perspective la remise en état du site pour un usage donné (l'interlocuteur émet des avis sur les dossiers de cessation ou d'autorisation d'exploiter d'une ICPE).

Contextes de gestion les plus fréquents

Les sites considérés sont majoritairement des friches, où l'on distingue deux principaux types de pollutions :

- remblais contaminés ;
- zones de pollutions hors remblais (impacts en lien avec une activité exercée sur site).

Retour d'expérience général

La structure publique interrogée a développé une politique de revalorisation des friches urbaines, associée à des outils pratiques, et des documents méthodologiques.

Des disparités en termes de qualité des études réalisées par les BE sont constatées. Certain BE proposent des BCA exhaustifs, d'autres trop limitants. Par ailleurs, des écarts à la méthodologie ont été notés dans le cadre d'un marché de tierce expertise visant à vérifier la conformité des études qui leurs sont soumises. C'est par ailleurs sur la base de ce constat que le MO interrogé a mis en place des fiches méthodologiques, présentant aux acteurs qui souhaitent s'implanter sur le territoire le déroulé des études, et le contenu requis pour ces dernières.

Le MO interrogé note que certains PG ne comportent pas de BCA au sens strict : une solution particulière est parfois sélectionnée d'emblée (exemple : recouvrement des sols). Aucune autre solution n'est alors mise en face.

Attentes concernant le BCA

L'interlocuteur considère que **chaque PG devrait contenir un BCA, et ce même si la solution peut sembler évidente**.

Une fiche méthodologique sur le BCA a été émise par la structure interrogée. Ainsi, les exigences pour cet exercice sont bien définies :

- le premier niveau d'exigence est que le BCA réponde à la demande du client ;
- le BCA est un document technique, **mais il doit être mis à la portée de personnes non expertes** afin que tous puissent se l'approprier. Le contenu technique pourrait être reporté en annexe ;
- le BCA **doit permettre de prendre une décision** (c'est-à-dire sélectionner la meilleure option de gestion selon les cibles à protéger) ;
- **chaque possibilité doit être comparée sans exclure de solution a priori**. Certes, une première analyse permet d'éliminer les solutions non pertinentes, mais ce premier tri ne doit pas orienter le BE vers une ou deux solutions présélectionnées ;
- Bien qu'il soit évidemment important, le **coût financier ne saurait être l'unique critère étudié** ;
- Dans le cas où des pollutions résiduelles sont laissées en place, le BCA devrait **intégrer explicitement les servitudes et les implications de ces pollutions résiduelles dans le tableau de comparaison des solutions de gestion** (et non uniquement en conclusion de l'étude) ;
- Par ailleurs, d'autres **inconvénients en lien avec la solution retenue** (exemple : moindre portance des sols remblayés comparé au sol d'origine) devraient être identifiés clairement dans le BCA ;
- La solution « **maximaliste** » (enlever toute la pollution), voire même la solution « **minimaliste** » (tout laisser en place) devraient être étudiées en systématique afin que chacun prenne connaissance du spectre des possibles. Un interlocuteur non technique pourrait en effet s'interroger à juste titre sur la possibilité d'évacuer toute la pollution. Dans le cas où cela est techniquement et financièrement aberrant, il convient donc de le formaliser dans le BCA.

L'interlocuteur estime par ailleurs que le PG doit intégrer les exigences de la méthodologie en matière d'enlèvement des sources concentrées de pollution dans les contextes industriels/ICPE, mais sans approche trop pénalisante, au risque de rendre impossible la mise en œuvre de la dépollution.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que MO

Les phases d'échanges sur le BCA ont lieu à la remise du rapport global de PG. Sur cette base, des discussions peuvent avoir lieu sur le maintien ou non de certaines techniques de réhabilitation proposées, voire sur la prise en compte de certaines technologies non encore référencées par le BCA.
Certains BE listent correctement toutes les techniques possibles, mais d'autres se limitent à la mise en œuvre de quelques techniques (souvent excavation et envoi en centre de stockage). Il arrive également que le MO ait des remarques sur les critères et sur les paramètres pris en référence pour le traitement (quand ils ne sont pas tous repris).

Efficacité du BCA comme outil de communication

L'interlocuteur identifie le BCA comme un outil d'aide à la décision, avant d'être un outil de communication.
Néanmoins, le BCA assure cette fonction lorsque les études sont discutées entre sachants (exemple : exploitant ICPE se mettant en lien avec l'administration).
Mais l'interlocuteur ne voit pas le BCA comme un outil de communication au sens « public » du terme. Le BCA est intégré dans le PG, qui est lui-même annexé aux dossiers de permis de construire. L'autorisation au titre de l'urbanisme va conditionner la mise en œuvre réelle de la dépollution, sans réelle discussion préalable sur le BCA.

Critères

Le choix des critères est au cœur de l'exercice du BCA. **Les critères les plus fréquemment retenus** sont :

- Le coût ;
- La durée ;
- La facilité de mise en œuvre ;
- Les rotations de camions (notamment en cas de comparaison entre un confinement et une excavation des terres) ;
- L'amélioration de la qualité de l'environnement ;
- La garantie de la sécurité sanitaire.

Les critères les plus importants pour le MO interviewé sont l'amélioration de la qualité de l'environnement, et la garantie de la sécurité sanitaire. Les nuisances du chantier et la temporalité de ce dernier sont également des critères d'importance. A noter que la durée du traitement semble particulièrement importante pour certains promoteurs et certaines ICPE en contexte de cessation.

Concernant les autres critères non cités :

- **L'acceptabilité sociétale** n'est pas encore prise en considération, mais la structure interrogée le souhaiterait. La gêne pour les riverains, notamment, mériterait d'être étudiée ;
- **L'impact environnemental global** de la solution n'est également pas suffisamment étudié. Pour l'interlocuteur, ce critère est toutefois important, bien que son analyse dépende également de la capacité à agir et du projet porté. Certaines données issues des études d'impact pourraient être judicieusement intégrées au BCA, lorsque de telles études sont réalisées en amont du PG.

Solutions de gestion

Le **nombre de solutions** confrontées à l'heure actuelle est très variable (entre 0 et 15). L'interlocuteur estime que le BE reste juge du nombre de solutions à étudier, mais que 3 ou 4 solutions constitueraient une bonne base comparative.

Pour ce qui est de la **gestion des remblais** : la solution retenue presque exclusivement est celle du **recouvrement** à l'échelle de la parcelle (apport de matériaux sains).
Pour la **gestion des sources hors remblais** : En l'absence d'usage du site, la pollution pourra être **maintenue en place** (mais ce contexte est rare). Pour des volumes limités, la solution **d'excaver et envoyer les terres hors site** va souvent être retenue.
Pour les contextes plus atypiques et moins fréquents : les solutions sont plus variables (et incluent les mesures de gestion in situ), et peuvent dépendre du BE qui réalise le BCA. Pour plus de transparence, l'interlocuteur trouverait intéressant que les BE indiquent s'ils réalisent eux-mêmes des travaux de dépollution, ou s'ils effectuent leur BCA sur la base de consultation d'entreprises spécialisées / de données bibliographiques.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur y est favorable (voir ci-avant).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

La distinction entre des contextes simples et des contextes complexes est pertinente. Elle permettrait de ne pas dérouler une démarche excessivement compliquée pour des cas simples, mais tout en garantissant que le BCA sera bien effectué malgré tout.

- Un **contexte simple pourrait correspondre à de la gestion de remblais**.
- Un **contexte complexe** pourrait, quant à lui, être rattaché à des **sources pour lesquelles il existe des voies de transfert et d'exposition**, ou encore à **des sources dans les eaux souterraines** (milieu plus complexe à gérer).

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocuteur est tout à fait favorable à l'application d'une méthode de type « analyse multicritères » avec une pondération variable. Cette méthode apporte une meilleure transparence au lecteur du BCA. Certes, la pondération qu'aurait adoptée le lecteur n'est pas nécessairement la même que celle retenue, mais au moins cette pondération sera affichée et connue.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Généralement, les **solutions préconisées fonctionnement,** parfois certes avec des **taux d'abattement moins important qu'escompté, ou encore des durées de traitement plus longues que prévu**.

Il est cohérent que les BE qui élaborent le BCA assurent le suivi des opérations de réhabilitations préconisées. Néanmoins, s'agissant des opérations de réhabilitation, les MO (notamment publics) lancent des consultations pour les études, et n'incluent pas forcément le suivi des travaux par la structure qui a réalisé l'étude. Dans ce cas de figure, le BE ayant produit les études initiales n'est pas nécessairement informé des travaux qui auraient été suivis par des tierces structures.

Maître d'ouvrage n°3

Points clés :

➔.. Le BCA est un outil de recherche d'alternatives : il n'est développé que lorsque les solutions les plus simples et « logiques » que pourrait proposer le BE ne peuvent s'appliquer au site.

➔ Un BCA dit « complexe » pourrait intégrer les opportunités de développer des solutions alternatives de gestion (ex : réemploi des terres dans le cadre du projet). Il devrait alors intégrer des données sortant du cadre des SSP au sens strict (données géotechniques, agro-pédologiques, etc…)

➔ Un BCA dit « standard » pourrait correspondre à un contexte où l'on compare un nombre limité de solutions parfaitement connues (pas de nécessité d'acquérir de nouvelles données).

Interlocuteur interrogé / société ou structure

La structure de l'interlocuteur achète et revend des terrains dans le cadre d'un changement d'usage (sites convertis vers du logement ou de l'industriel). Le MO interviewé gère l'interaction entre le projet d'aménagement et les sols, avec deux problématiques principales qui sont identifiées:

- La problématique liée aux risques sanitaires ;
- La problématique liée à l'assimilation des terres impactées à des déchets.

Les études sont réalisées préalablement à l'acquisition des terrains, en vue d'évaluer les contraintes techniques et les problématiques liées aux sols (pollution, mais aussi caractéristiques géotechniques, perméabilité, agro-pédologie). Les contraintes financières et juridiques (notamment statut ICPE) sont également étudiées.

Dans ce contexte, l'interlocuteur peut être amené à consulter des PG comprenant des BCA. A noter que l'interlocuteur a travaillé dans une société de travaux de dépollution auparavant.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes de gestion les plus récurrents correspondent à des anciens sites industriels sur lesquels il existe un projet de réaménagement. Les pollutions sont souvent à l'état résiduel dans les sols, et sont de natures variées (métaux, COHV et hydrocarbures surtout, mais aussi HAP, mercure, ferrocyanures etc. Les problématiques PCB sont plus rares).

La majorité des études produites pour le MO interviewé consistent en des évaluations de surcoûts de remise en état du site (ces études ne comportent pas de BCA au sens strict, et fournissent des estimations de délais et de coûts pour une solution donnée). Cette observation peut s'expliquer par le manque de visibilité sur la durée de portage, sur le projet, sur les montants financiers, et sur la place disponible pour pouvoir envisager plusieurs options. La région dans laquelle est implantée la structure de l'interlocuteur est soumise à une forte pression foncière. De façon majoritaire, la gestion des sites s'opère donc par excavation hors site. L'objectif est alors de minimiser les coûts (ex : positionnement optimal des parkings souterrains).
Le BCA n'est donc développé que lorsqu'il n'est pas identifié de solution simple et « logique » pour gérer la pollution du site.

Retour d'expérience général

La structure de l'interlocuteur est impliquée après une première phase d'intervention à la charge des industriels (consistant au minimum en une mise en sécurité du site, mais aussi pour certaines ICPE en une dépollution). Aussi, les contextes nécessitant de gérer des pollutions concentrées, ou encore des pollutions de nappe sont rares. **La majorité des pollutions étudiées sont donc des pollutions résiduelles.**

Attentes concernant le BCA

Les principales attentes de l'interlocuteur concernent **l'identification et l'étude des aléas de délais et d'atteinte des objectifs de dépollution**.

Les aléas de délais des chantiers sont particulièrement problématiques pour les aménageurs (parfois bien plus que les aléas de coûts).

Le niveau de technicité et de détails attendu pour le BCA dépend du contexte opérationnel de la demande, et de la proximité au projet. Un PG (et un BCA) réalisés très en amont du projet ne nécessitent pas un grand niveau de détails, puisque le projet est encore susceptible d'être modifié. **Le plus souvent, le MO interrogé (qui intervient en amont de l'aménageur/ du promoteur) n'a besoin que de définir des grandes tendances et les enjeux**.

Selon l'échelle du projet, il peut être souhaitable que le PG et son BCA intègrent la notion de **projet urbain**. Dans cette démarche, les solutions à comparer intègrent la logique de fonctionnement d'un quartier par exemple. Certes, il faut tenir compte de l'état des sols dans le positionnement des établissements sensibles, mais parfois une école ne doit pas être excentrée loin de tout commerce, au risque d'impacter la fonctionnalité du quartier. Les solutions comparées peuvent alors correspondre à **différentes hypothèses d'aménagement, plutôt qu'à différentes options de gestion de la pollution**.

Le BCA ne constitue en tout cas pas une phase de conception. Il permet de définir une solution de gestion, et est ensuite suivi d'une phase d'acquisition de données complémentaires qui confirmera la validité de la solution retenue. Un maître d'œuvre est chargé de réaliser un cahier des charges (pour la mise en place d'un essai pilote, ou pour la réalisation même de la dépollution).

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que MO

Les attentes du MO interrogé ne sont pas formalisées dans son appel d'offre aux BE : les contraintes et exigences sont plutôt des données d'entrée lors de l'élaboration du PG, ce qui permet d'éviter (par exemple) que le BE propose une solution nécessitant un temps excessif, dans le cadre d'un projet aux délais contraints.
Le MO apprécie quand les urbanistes se mettent en lien direct avec les BE, ce qui permet à chacun d'intégrer les contraintes d'urbanisme et de pollution dans son travail (sans que le MO fasse office d'intermédiaire).

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA n'est pas utilisé en tant qu'outil de communication au sens « public » du terme. Il sert de support technique de discussion, notamment entre le propriétaire et le MO interviewé, lors de l'achat du site (négociations sur le prix).
De même, il peut être utilisé dans le cadre des discussions avec les futurs aménageurs du site.

Critères

Les **critères les plus importants** sont :

- Le coût du traitement ;
- La durée du traitement ;
- Les incertitudes (sur les délais, le coût, et le taux d'abattement des teneurs) ;

L'acceptabilité sociétale n'est pas un critère développé dans le BCA à ce jour.
Quant au **bilan environnemental** de l'option de gestion, ce critère est parfois développé afin de mettre en évidence les avantages d'une solution de confinement (solution souvent mal acceptée) par rapport à d'autres alternatives (exemple : mise en décharge).
L'**aspect juridique** entre en ligne de compte dans la comparaison, avec une identification factuelle des futures contraintes résiduelles.

Solutions de gestion

En général, les BE comparent 2 à 3 solutions. L'interlocuteur estime qu'il n'est pas nécessaire d'en comparer un grand nombre (et suggère de se limiter à 3 solutions).

Du fait que la structure interviewée gère surtout du résiduel de pollution, elle est peu confrontée à des problématiques lourdes de pollution. Les solutions retenues ne concernent donc pas l'ensemble du panel des mesures de gestion possibles, notamment en matière de dépollution. Les **solutions de gestion les plus récurrentes pour le milieu sols** sont :

- L'excavation et l'envoi hors site des terres (en raison des contraintes de temps et d'espace en lien avec la forte pression foncière régionale) ;
- Le confinement (notamment pour les métaux) ;
- Pour les hydrocarbures en particulier: les traitements in situ et/ou la bio remédiation selon la place, le temps, et la géologie.

L'interlocuteur souligne que sa structure traite peu de **pollutions des eaux souterraines** (celles-ci sont gérées en amont, par les industriels ayant exploité les sites). Néanmoins, les traitements retenus sont alors des traitements dits « classiques » : pompage traitement, pompage écrémage, etc. Un seul exemple de traitement de nappe est disponible pour fournir le retour d'expérience de la structure interviewée. Dans le cadre de cet exemple, il n'avait pas été réalisé de BCA au sens strict du terme : les conclusions du diagnostic présentaient déjà la seule option de gestion possible pour la nappe, et fournissaient des éléments pour alimenter le cahier des charges permettant de consulter les entreprises de travaux.

Au vu des problématiques au droit des sites du MO interviewé, les **solutions in situ** sont peu souvent pertinentes : l'interlocuteur note qu'elles seront plutôt retenues dans des contextes où la pression foncière est moindre.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur n'est pas favorable à cette approche : ce qui est défini comme une pollution représente un danger pour un usage donné. La dépollution doit être envisagée en fonction de cet usage.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Cette distinction ne fait pas vraiment sens pour l'interlocuteur.
Il préfère distinguer le BCA qui ne traite que des SSP, de celui qui intègre d'autres sujets : certains **BCA plus étoffés** pourraient ainsi intégrer les **caractéristiques géotechniques, agro-pédologiques, et la perméabilité des terrains**. Pour ce type de BCA, le BE devrait se rapprocher d'autres corps de métier (ex : BE géotechnique) pour l'obtention des données.
Le fait d'intégrer ces informations au PG permettrait d'anticiper des questions qui se posent souvent dans la suite des opérations, notamment concernant les **possibilités de réemploi de terres sur site**. A titre d'exemple, le réemploi de terres sous voirie est conditionné par la qualité géotechnique des déblais, mais cette donnée n'est pas intégrée au PG. De ce fait, une nouvelle phase d'acquisition de données est souvent nécessaire afin de finaliser un BCA étoffé.

A contrario, des **BCA simples** pourraient consister à comparer des solutions parfaitement connues, et sans nécessité d'obtenir des données complémentaires.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

A titre personnel, l'interlocuteur n'est pas favorable à ce type de méthodologie. Il identifie que les paramètres utilisés sont soumis à des effets de seuil (liés au contexte) dans l'analyse des solutions.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

La structure interrogée bénéficie elle-même peu du retour d'expérience des aménageurs qui mettent en place les solutions retenues.

Maître d'ouvrage n°4

Points clés :

➔ L'estimation des coûts des différentes mesures de gestion n'est qu'un ordre de grandeur (et non un chiffrage reflétant le coût du futur chantier). Elle peut être présentée sous forme d'une fourchette.

➔ Le schéma conceptuel constitue une bonne piste pour identifier la complexité d'un contexte de gestion : existe-t-il de nombreuses voies de transfert et d'exposition ?

➔ Une approche par « analyse multicritères » peut être intéressante, si la pondération reste réversible.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocuteur travaille depuis 2010 dans le département HSE d'une filiale d'un grand groupe industriel. Cette filiale est spécialisée dans la réhabilitation environnementale d'anciens sites industriels (contextes de cessation d'activité). L'interlocuteur est conseiller technique auprès des chefs de projet qui portent la réhabilitation de ces sites, en apportant son expertise sur les études de caractérisation, les travaux de réhabilitation, les travaux de démolition du bâti, etc…

Les aspects juridiques et économiques, bien que pris en compte par l'interlocuteur, sont gérés par ces chefs de projet.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes récurrents de gestion pour la filiale de l'interlocuteur sont en lien avec :

- Des anciennes industries chimiques (avec souvent des pollutions métalliques dans les remblais, sans lien avec les anciennes activités) ;
- Des anciens sites de production d'engrais ;
- Des anciens sites d'exploration/production d'hydrocarbures (problématiques de soufre, de pH, de métaux, d'hydrocarbures...).

Par ailleurs, dans le cadre de ses anciennes fonctions au sein du groupe avant 2010, l'interlocuteur a suivi la réalisation d'un grand nombre de PG au droit de stations-services dès 2007 (problématiques d'hydrocarbures, dont les BTEX, avec prépondérance du benzène).

Retour d'expérience général

L'interlocuteur a relevé **plusieurs difficultés** en lien avec l'établissement du BCA :

- A plusieurs reprises, l'interlocuteur a eu affaire à des BCA qui lui ont semblé **inadaptés d'un point de vue sociétal**. Par exemple, un BE a pu proposer la gestion d'une pollution au droit d'une station-service en contexte fortement urbanisé par excavation de l'ensemble des terres contaminées, et envoi de ces dernières hors site. Mais les rotations des camions génèrent de la nuisance pour les riverains qu'il aurait fallu prendre en considération, ainsi que le fort dégazage des substances volatiles qu'il aurait fallu gérer.
- Parfois, les solutions proposées par les BE se heurtent à des futurs problèmes de conception. Par exemple, l'interlocuteur évoque une solution de confinement hydraulique qui nécessitait un pompage dans une nappe, connue pour être extrêmement productive. Le BE avait ici proposé une solution dont la mise en application manquait de réalisme. Ces erreurs pourraient être dues au fait que les BE concernés ne sont pas des sociétés de travaux.
- **L'identification des pollutions concentrées** est également problématique, et fait généralement l'objet de discussions.
- Parfois, les BE et l'administration peuvent se **focaliser sur le taux d'abattement prévisionnel**. L'interlocuteur évoque un exemple où ces acteurs le poussaient à retenir une solution plus coûteuse et présentant un meilleur taux d'abattement. Il existait pourtant une alternative moins coûteuse, avec un taux d'abattement certes moins élevé, mais un même niveau d'acceptabilité en termes de risques sanitaires résiduels.

- Enfin, une problématique en lien avec l'administration est relevée : parfois, sur des dossiers sensiblement similaires, l'administration est susceptible de demander soit la simplification du BCA (BCA jugé trop développé), ou soit a contrario de nouveaux développements (BCA jugé trop peu précis).

Attentes concernant le BCA

Le BCA doit être adapté au contexte, et son degré de précision est donc variable. L'interlocuteur propose une définition du BCA « exhaustif », qui doit être allégé afin d'être adapté aux enjeux du site. Ce BCA complet doit être :

- **Exhaustif** afin de montrer aux lecteurs extérieurs (notamment à l'administration) que l'ensemble des possibilités a été étudié ;
- **Actuel** dans les techniques et les retours d'expérience disponibles ;
- **Descriptif,** et un bon outil de communication qui permet de montrer l'analyse réalisée et le cheminement aboutissant aux conclusions du PG ;
- **Prudent** sur les conclusions, notamment financières. Le BCA est réalisé en amont des opérations de réhabilitation. Une phase de conception aura lieu lors de la consultation des entreprises de travaux pour la réalisation de la réhabilitation ;
- **Technique si le contexte l'exige**, mais avec un résumé non technique permettant aux interlocuteurs non professionnels de comprendre les conclusions de l'étude.

Concernant **l'estimation du coût des différentes mesures de gestion** : l'interlocuteur souligne que des ordres de grandeur suffisent (**à fournir sous la forme d'une fourchette, par exemple**). Parfois, les BE fournissent des estimations qui ressemblent trop à des chiffrages, et qui peuvent induire en erreur le lecteur (notamment les décisionnaires en interne dans la société de l'interlocuteur, qui peuvent alors réagir lorsque les coûts réels de la dépollution ne correspondent pas à ceux du BCA).
Ces chiffrages peuvent également renforcer auprès de l'administration l'impression erronée que le MO recherche systématiquement la solution la moins coûteuse.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que MO

Le MO interviewé est très impliqué dans l'élaboration des PG et de leur BCA. De nombreux échanges ont lieu entre le BE et le MO en phase de rédaction. Ces itérations sont notamment en lien avec :

- des demandes de compléments de la part de l'administration ;
- des demandes de précisions du MO ;
- une discussion sur la pondération des critères étudiés.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA ne joue pas un rôle d'outil de communication, ou alors partiellement seulement. Certes, il permet d'expliquer les choix du MO, et de les faire valider par l'administration. Son format se prête bien à la discussion. Mais le PG peut être mal interprété, notamment si le BE a fourni un chiffrage financier des mesures de gestion, et non un simple ordre de grandeur.

Critères

Les critères généralement étudiés sont :

- la durée de mise en œuvre de la mesure de gestion ;
- l'efficacité (applicabilité, retours d'expérience, maturité de la solution) ;
- les seuils techniquement atteignables ;
- les coûts ;
- les aspects sociétaux (ce critère est focalisé sur les nuisances au voisinage) ;
- les aspects environnementaux : ce critère est étudié de façon qualitative, en identifiant les rotations de camions qui seront nécessaires pour l'envoi hors site de terres par exemple. Des bilans-carbone ont parfois pu être réalisés ponctuellement, mais la réalisation de ces études représente un coût, et le bilan-carbone est peu pertinent au stade du BCA.

L'interlocuteur n'est pas opposé à l'idée d'utiliser des abaques qui fourniraient une estimation du bilan carbone des solutions étudiées, à des fins comparatives ;
- la sécurité des opérateurs lors de la mise en œuvre de la solution.

Les **critères les plus importants** sont la **durée** (dans certains cas), le **coût, et l'efficacité** (sécurisation de l'atteinte de l'objectif).

Solutions de gestion

En général, au moins 3 solutions de gestion sont comparées de façon détaillée dans le BCA. Plus occasionnellement, un nombre plus important de solutions a pu être détaillé (5 ou 6 solutions).
Il n'existe pas de nombre idéal de solutions à étudier : il faut néanmoins veiller à ce que ce nombre convienne à l'administration, tout en restant proportionné aux enjeux.

La solution **la plus souvent étudiée et retenue** est celle de **l'excavation avec envoi hors site de terres**.
Elle est souvent comparée à un traitement in situ, mais ces traitements sont régulièrement écartés en raison des délais, ou surtout en vue de sécuriser l'atteinte des objectifs de réhabilitation.
L'atténuation naturelle est souvent étudiée en tant que scénario « de base », mais elle est perçue par l'administration comme une façon de ne rien faire. Les rares cas d'atténuation naturelle qui ont été présentés à l'administration venaient en finition de travaux de dépollution.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur n'est **généralement pas favorable aux démarches systématiques**. Par ailleurs, même si la visée « pédagogique » d'un tel chiffrage s'entend bien, il pourrait être à l'origine d'un mécontentement des riverains et des élus locaux (quelle serait l'acceptabilité de l'idée de laisser du résiduel en place, alors que cette solution d'un enlèvement total de la pollution est présentée ?).
D'autre part, comment définir le seuil correspondant au retrait à 100% d'une pollution ? Correspond-il au fond géochimique ?
L'approche de gestion en fonction du risque sanitaire est plus appropriée, même si elle peut conduire à laisser une pollution résiduelle en place.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Cette distinction fait sens, mais la difficulté sera justement de définir ces contextes « simples » et « complexes ».
Le **schéma conceptuel pourrait constituer un bon outil pour en juger** : existe-t-il de nombreuses voies de transfert et d'exposition ? Cette définition restera à la charge du BE, qui ne devra pas complexifier excessivement le BCA dans l'unique but de sécuriser l'étude.

Dans le cas de l'élaboration d'un **BCA complexe**, le MO interviewé attend :
- une analyse critique des solutions, voire une analyse des solutions de substitution possibles, si la réhabilitation ne se passe pas comme prévue ;
- une estimation des aléas sur la durée du traitement, l'abattement des teneurs et la réalisation du chantier ;
- une argumentation plus poussée sur les raisons qui permettent d'écarter d'autres solutions de gestion.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

L'interlocuteur est favorable à cette méthode, si elle est mise en œuvre, si la **pondération est transparente et reste réversible**. Le MO interviewé souhaite en effet conserver la possibilité d'étudier plusieurs configurations possibles de la pondération, afin de déterminer les points d'inflexion (à partir de quel moment passe-t-on d'une solution à une autre ?).

Le BCA doit par ailleurs conclure in fine à une solution qui semble réaliste au MO en fonction des contraintes et spécificité propres à chaque site.
Une analyse de sensibilité de la pondération et des notes peut permettre de répondre à ce besoin, et de faciliter le cas échéant la communication autour du BCA (il n'y a pas lieu de remettre en question la pondération si l'analyse de sensibilité révèle qu'in fine, la solution retenue varie peu avec cette dernière).
Un BCA comportant des notes et une pondération doit être communiqué avec précaution : les lecteurs doivent pouvoir le comprendre, mais il n'est pas souhaitable (en termes de communication) qu'ils puissent en changer l'issue en faisant varier les paramètres.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Généralement, **les solutions proposées sont efficaces**. Néanmoins, plus le BE cherche à rentrer dans un important niveau de détails dans son BCA, plus il a des chances de commettre des erreurs (sur les volumes, les coûts, etc.).

Il arrive que le BE préconise une solution, mais que par retour d'expérience, les sociétés de travaux consultées par la suite jugent qu'il existe une meilleure option. Le MO interviewé demande alors un chiffrage pour l'option retenue à l'issue du BCA, et pour l'alternative envisagée par la société de travaux.
Si le contexte n'est pas particulièrement complexe, la solution proposée à l'issue du BCA est alors généralement retenue. Pour des cas plus complexes, la solution proposée par la société spécialisée en travaux sera probablement retenue.

Si le BE est retenu pour assurer la maîtrise d'œuvre des travaux, il bénéficiera du retour d'expérience associé au chantier. Dans les autres cas, les retours d'expérience peuvent lui être communiqués de façon plus informelle par la suite.

Maître d'ouvrage n°5

Points clés :

➔ Il ne faudrait pas proposer de modèles de BCA trop figés, qui ne permettraient pas d'adapter les études aux contextes de gestion et ne donnerait plus suffisamment de latitude aux BE.

➔ La notion de ratio entre la quantité de pollution traitée et les coûts est particulièrement importante : la solution recherchée doit optimiser ce ratio.

➔ Par retour d'expérience, la structure interrogée (direction technique spécialisée en SSP) peut écarter certaines solutions lors de la sélection des options à comparer, au cours de ses discussions avec le BE externe chargé de rédiger le PG.

➔ Pour le MO interrogé, la prise en compte des contraintes d'exploitation est particulièrement importante.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice travaille au sein de la direction Technique, dans une unité SSP, d'une entreprise ferroviaire, dans une équipe de 6 personnes qui interviennent en tant que conseil et AMO auprès des différentes entités de l'entreprise ferroviaire, sur les questions de SSP et de gestion de terrassements.

Ainsi, l'interlocutrice possède un double regard : celui de l'entreprise ferroviaire (regard porté sur les études environnementales réalisées par des BE externes pour le compte de son entreprise), et celui de direction technique, possédant une expertise en SSP. A noter l'implication de l'entreprise interviewée dans des groupes de travail nationaux relatifs à la méthodologie en SSP.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les **contextes les plus fréquents de gestion** sont les suivants :

- **Cession de sites** (conseil auprès de la direction de l'immobilier au stade des études) ;
- Assistance lors du **démantèlement et lors de la dépollution de sites comprenant des installations potentiellement polluantes** (parfois ICPE). Dans ce contexte, de nombreux BCA sont produits par les spécialistes internes. Les démarches vont du diagnostic au PG et à la remise en état du site, ainsi qu'à la réalisation d'un bilan quadriennal le cas échéant. Plus ponctuellement, des IEM peuvent être réalisées (peu de cas où la pollution sort du site).
- Intervention dans de **rares contextes d'accidents environnementaux**.
- **Accompagnement des projets nécessitant des terrassements** (dans le cadre de projets d'aménagement…).

Concernant les **contaminants récurrents**, les centres de maintenance peuvent avoir employé des huiles, des COHV, du gasoil, et du fioul (voire du charbon, historiquement). L'entreprise a également exploité (et dépollué) des ateliers de créosotage (polluants : créosote, HAP).
Enfin, l'interlocutrice identifie des problématiques récurrentes de remblais comprenant des mâchefers/ goudrons, ou encore impactés par des métaux (sans lien avec les anciennes activités).
La typologie des polluants étudiés et traités est donc variée.

Retour d'expérience général

La démarche de BCA a rapidement été mise en application par les spécialistes en interne, qui a réalisé des BCA présentant différents scénarios de gestion (avec différentes techniques de dépollution, différents seuils…). A l'origine, les sites étaient majoritairement gérés par excavation, mais les techniques in situ sont maintenant pleinement intégrées à la démarche (depuis plusieurs années).
Puis les BCA ont été confiés à des BE externes, dans le cadre de l'établissement de PG à destination de l'administration (sur les sites ICPE). Mais à ce jour, peu de BCA ont fait l'objet de ce traitement externe.

Parfois des difficultés en lien avec l'administration sont identifiées : selon le contexte (et notamment selon le niveau de médiatisation), le niveau d'exigence de celle-ci se révèle très variable (et ne prend pas nécessairement en compte les limites techniques de dépollution, notamment pour les traitements in situ). Par ailleurs, les délais pour obtenir un retour de l'administration sur certains dossiers sont parfois incompatibles avec l'enchaînement prévu des études et des travaux de dépollution.

Attentes concernant le BCA

L'interlocutrice formule plusieurs attentes concernant le BCA élaboré par un BE externe :

- le BE se montre idéalement **exhaustif** dans sa démarche (afin de montrer que toutes les possibilités ont été envisagées), mais sans pour autant développer excessivement les solutions qui ne sont pas réalistes pour le contexte étudié ;
- Les solutions réalisables doivent, a contrario, être étudiées de façon assez détaillée, pour tenir compte des **contraintes opérationnelles en lien avec l'activité de l'entreprise** (trafic ferroviaire ne pouvant être interrompu, présence d'installations, etc.) ;
  Toutes les informations communicables au BE au stade de l'élaboration du BCA, en plus des diagnostics réalisés (informations géotechniques, contraintes opérationnelles etc.) doivent y être intégrées, afin que celui-ci soit **aussi précis que possible, notamment en termes de coûts ;**
  Néanmoins, **le BCA ne remplace pas une réelle phase de conception**. Il serait intéressant de réaliser un BCA itératif, avec une première comparaison de solutions, puis un affinage du BCA à l'avancement des études complémentaires. En tout état de cause, il serait illusoire de chercher à fournir un même niveau de détail (délais, teneurs de réhabilitation atteintes…) pour des solutions de gestion « maîtrisables » telles que l'excavation et l'envoi hors site de terres, et de solutions moins « maîtrisables » telles que les traitements in situ ;
- Les solutions proposées doivent être des **combinaisons de mesures de gestion**. Le BE doit être imaginatif : un large spectre de solutions est disponible ;
- Pour les solutions in situ, le BE doit proposer un **taux d'abattement possible**, et les aléas pesant sur l'atteinte des objectifs (de façon qualitative et/ou quantitative) ;
- L'interlocutrice est favorable à une **approche focalisée sur la recherche d'un optimum entre la quantité de pollution traitée, et le coût,** sans oublier **la prise en compte des contraintes d'exploitation ;**
- Il convient de **prioriser les zones à traiter** : quelles pollutions sont susceptibles de contaminer la nappe ? de dégazer ?;
- Il est possible de faire appel à des **présentations visuelles** (code couleur, système de « + ») pour jauger rapidement les éléments positifs et négatifs de chaque solution, et conclure. Le BCA doit rester **vulgarisé, et synthétique.**

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que « MO »

En tant que conseil interne à MO, l'interlocutrice échange avec les BE sur les solutions envisageables pour la gestion des sites étudiés. Du fait de son propre retour d'expérience sur ses sites, la direction technique interviewé est à même de fournir des informations aux BE sur les mesures de gestion qui sont efficaces / faisables. De fait, **l'interlocutrice sait souvent d'avance quelle sera l'issue du BCA, et le scénario de gestion retenu**. Le cas échéant, elle demande au BE externe missionné pour la rédaction du PG d'écarter les solutions jugées non pertinentes.

Les critères à étudier sont également décidés en concertation avec le BE.
Les objectifs sont clairement définis, notamment ceux relatifs à la durée de gestion du site, et aux seuils de dépollution à atteindre.

Efficacité du BCA comme outil de communication

A ce jour, l'interlocutrice a rencontré peu de contextes où le BCA a pu être communiqué publiquement.
Pour ce qui est de la communication avec l'administration : le PG dans sa globalité constitue effectivement un support de discussion. Son aspect autoporteur résume l'ensemble des enjeux du site.

Critères

A ce jour, les **critères généralement étudiés** par les BE externes missionnés par l'entreprise interviewée sont :

- Les **contraintes sur exploitation** (contraintes techniques, maintien de l'exploitation, d'occupation de l'espace, obligation d'accompagnement du chantier par leurs équipes pour des raisons de sécurité, gestion HS du chantier, etc.) ;
- Les **coûts**, ou plus précisément ratio entre le volume traité et les coûts ;
- Le **bilan environnemental** (étudié de façon qualitative uniquement. Selon l'interlocutrice, il n'est pas nécessaire de pousser beaucoup plus l'étude de ce critère) ;
- La **durée** de mise en œuvre de la solution de gestion ;
- L'**efficacité attendue** (taux prévisionnel d'abattement) et l'état résiduel prévisionnel du site. Ce critère diffère notamment entre une excavation et un traitement in situ (plus d'incertitudes sur l'in situ, pour lequel une attention particulière est donc portée à la faisabilité de l'atteinte des objectifs) ;
- Le devenir du site après les travaux de réhabilitation (industriel ou réaménagement) ;
- Les **études complémentaires** à mener pour étudier une solution de gestion donnée (ex : étude géotechnique, hydrogéologique).

Les **critères primordiaux pour l'interlocutrice sont les contraintes sur exploitation, et le ratio entre le volume traité et les coûts**.

Le **critère de l'acceptabilité sociétale** des solutions n'est pas étudié à ce jour, bien que les nuisances au voisinage (ex : odeurs) soient bien prises en considération si des riverains habitent en bordure de la zone à dépolluer. La solution doit parfois être acceptable pour le personnel de la société, travaillant à proximité des zones à réhabiliter.

Dans des contextes de cession de foncier, des critères additionnels viennent compléter l'étude : notamment celui de **l'assurance que le résiduel de pollution en place sera compatible avec les différents usages qui pourraient être envisagés au droit du site**.

Solutions de gestion

Le nombre de solutions présentées est variable, et peut généralement être compris entre 2 et 5. Parfois, des variantes sont étudiées pour un scénario de gestion donné.

Les **solutions les plus souvent étudiées / retenues** sont :

- L'**excavation** (puis traitement par biotertre ou alors envoi des terres hors site);
- Les **traitements in situ** (mis en œuvre plus récemment sur un nombre réduit de sites). Plus précisément, les techniques mises en œuvre ont été :
  - le lessivage des sols avec des tensio-actifs,
  - le venting / le bioventing,
  - l'oxydation au moyen d'ozone,
  - l'extraction triple phase,
  - la récupération de flottant (couplée à d'autres mesures).

- Le **confinement** a déjà été retenu comme mesure de gestion, en complément d'une technique « active » de dépollution (exemple : tranchée drainante avec traitement). Le confinement est moins souvent retenu que l'excavation et l'envoi hors site de terres.

L'atténuation naturelle va être proposée dans le cadre d'un prochain dossier, mais à ce stade cette option de gestion est peu souvent retenue.

Les **solutions thermiques in situ sont presque toujours écartées**, car elles affectent les infrastructures en place (rails, canalisations, fibres)…

Concernant les **techniques in situ dans leur ensemble**, l'interlocutrice signale que ces solutions ont pu être systématiquement écartées dans le passé, car elles n'étaient pas considérées comme suffisamment performantes. Dans un premier temps, de nombreux sites ont donc été démantelés et dépollués exclusivement par excavation.
Après la réalisation d'essais pilotes concluants, la position des spécialistes SSP internes du MO interviewé a néanmoins évolué sur les techniques in situ, qui sont maintenant régulièrement étudiées dans les BCA, notamment lorsque les volumes à traiter sont importants et lorsqu'il faut maintenir l'activité ferroviaire. Ces traitements présentent par ailleurs l'avantage de ne pas déstructurer les sols.

Aussi, toutes les solutions in situ (à l'exception des traitements thermiques) ont déjà été proposées à l'issue d'un des BCA de l'entreprise interviewée, qui est **ouverte aux solutions innovantes**, et est à l'origine d'un projet de recherche de solutions novatrices.
Ces solutions sont surtout proposées par les sociétés spécialisées en dépollution, et moins fréquemment par des BE ne réalisant pas eux-mêmes de travaux.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Ce principe est appliqué uniquement dans certains cas de figure, et permet de se positionner en interne sur un niveau de réhabilitation à retenir.
Mais il ne faudrait pas systématiser cette approche, qui n'est pas toujours utile.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les **contextes les plus récurrents se prêtent plus à la standardisation**. Ainsi, lors de l'élaboration de ses premiers PG, les spécialistes internes se focalisaient essentiellement sur des solutions par excavation, et avaient donc généralisé une méthodologie d'élaboration de ses BCA.

Les contextes les plus **complexes** pourraient correspondre aux sites avec une problématique **multi-sources, et/ou avec une géologie hétérogène qui a influencé les propagations des polluants dans le sol** : il convient alors de préparer un tableau de comparaison des mesures de gestion possibles par zone, tout en formalisant à chaque fois en préambule pourquoi les autres possibilités sont écartées.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

Une analyse « multicritères » est recevable, mais une analyse sans notation l'est tout autant. L'interlocutrice préfère laisser au BE rédacteur du PG la liberté de choisir le format de son étude. Ce qui importe réellement est que le tableau de comparaison soit lisible et efficace, et communicable.

Le PG doit répondre aux objectifs fixés par le MO, et **il convient de ne pas figer excessivement les moyens de répondre à cet objectif, en fixant un modèle par exemple**. **Seuls des grands principes devraient être déployés dans la méthodologie nationale**. Chaque PG doit pouvoir être adapté au site étudié.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Les chantiers d'excavation atteignent bien leurs objectifs, si les données d'entrée sont fiables.

Les traitements in situ sont plus sujets à aléas : il y a donc plus de chances de devoir revenir vers l'administration avec un nouveau PG.

Ces aléas sont en lien avec la découverte d'autres sources de pollution en cours de chantier, une géologie plus complexe, ou encore des zones « récalcitrantes » au traitement. Pour les traitements in situ, l'interlocutrice favorise de ce fait une approche par objectifs d'efficacité « moyenne » du traitement, avec une tolérance pour les zones récalcitrantes.

Maître d'ouvrage n°6

Points clés :

➔ Les BE devraient accorder une part plus importante à l'innovation, afin de proposer des solutions sur mesure (il n'est pas toujours pertinent de reproduire des solutions préexistantes sur le marché).
➔ Compte-tenu de la complexité des sites du MO, une démarche de BCA itératif est adoptée (avec la réalisation d'essais en laboratoire, et sur site) ;
➔ La notion de ratio entre le taux d'abattement prévisionnel et les coûts est particulièrement importante : la solution recherchée doit optimiser ce ratio.
➔ Le BCA ne doit pas fournir de chiffrage financier précis, mais une fourchette de coûts (qui se doit d'être cohérente).

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocuteur fait partie de la direction de la réhabilitation environnementale d'un grand groupe industriel chimique. Il apporte son expertise dans le cadre de la gestion environnementale de sites ouverts ou fermés, parfois vendus en France ou à l'étranger.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les **contextes de gestion** auxquels est confronté le MO interviewé sont les suivants :

- Les contaminants récurrents correspondent à des COHV, à des composés organiques persistants (chlorés), voire à des contaminants minéraux persistants ;
- Les contextes géologiques sont souvent complexes ;
- Les eaux souterraines sont impactées au droit de la majorité des sites ;
- Les sites sont pour partie encore en activité, et pour partie arrêtés. D'un point de vue sociétal, la gestion des problématiques de SPP au droit des sites encore en activité est particulièrement complexe ;
- La plupart des sites du MO sont anciens, et ont été rattrapés par l'urbanisation par les villes. Aussi, ils se trouvent au cœur du tissu urbain.
- Souvent, les sites faisant l'objet de PG sont réhabilités pour un usage industriel identique à la dernière période d'exploitation.
- L'administration est souvent impliquée dans le suivi de la gestion environnementale des sites du MO.

Retour d'expérience général

L'interlocuteur regrette un **manque d'innovation**, et de nouvelles idées extérieures pour la réhabilitation des sites dont il a la charge. En effet, les polluants en présence ne sont pas classiques, et le marché pour le traitement de ces composés n'est pas aussi mûr que celui des contaminants dits « classiques ». Souvent, c'est donc le MO lui-même qui dispose de la meilleure approche sur les techniques de réhabilitation.

Parfois, certains BCA sont par ailleurs trop simplistes au regard de la complexité des sites étudiés.

Attentes concernant le BCA

Les attentes de l'interlocuteur sont les suivantes :

- Le BCA doit être un **document technique** : son rédacteur doit donc être expert en travaux de réhabilitation, et bénéficier d'une très bonne technicité. Certains polluants du MO ne sont pas communs, et nécessitent par ailleurs de l'« imagination », afin de proposer une solution qui n'existe pas nécessairement sur le marché européen ;
- **L'estimation des coûts doit être réaliste**. Le BCA peut proposer une fourchette de coûts (et ne doit pas présenter un unique chiffrage se prétendant précis), mais la gamme de coûts proposée doit être cohérente, puisque les PG sont notamment susceptibles d'être tierce-expertisés;
- Les BCA peuvent être **itératifs** : il est souhaitable de réaliser des essais en laboratoire, puis des essais-pilotes sur le terrain avant d'effectuer le BCA.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que « MO »

Il existe des échanges réguliers tout au long du processus entre le BE et le MO interviewé. Souvent, le MO peut suggérer les solutions de gestion les plus appropriées pour ses sites, grâce au fort retour d'expérience dont il dispose sur ses polluants (peu classiques).

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA ne sert pas réellement d'outil d'aide à la décision, il est surtout utilisé comme moyen de communiquer sur le choix. Le retour d'expérience permet en effet de retenir la solution de gestion la plus appropriée, et le BCA permet d'en faire la démonstration. Le MO interviewé s'appuie alors sur le PG et le BCA pour communiquer avec la DREAL, et pour communiquer publiquement le cas échéant (auprès associations environnementales par exemple).

Critères

Les critères pris en considération sont :

- L'**efficacité** (le taux d'abattement prévisionnel) ;
- Les **coûts associés** (le rapport entre le taux d'abattement prévisionnel et le coût doit être optimisé) ;
- L'**atteinte des objectifs sanitaires.**

Les critères qui seront jugés les plus importants dépendent de l'objectif fixé.

L'**empreinte environnementale** globale des solutions devrait être étudiée. Cet argument est intéressant, notamment en réunion publique. Mais ce critère joue parfois uniquement un rôle de communication.

Le critère de **l'acceptabilité sociétale** des solutions n'est pas étudié en systématique à ce stade. L'interlocuteur n'est pas favorable à une étude plus poussée de ce critère.

Solutions de gestion

Généralement, les BCA présentent 5 à 8 solutions de gestion au maximum.
Les solutions les plus fréquemment retenues sont les solutions in situ, du fait du positionnement du MO, qui souhaite éviter de traiter les pollutions par excavation systématique, ou encore par pompage/traitement et/ou confinement de nappe.

L'interlocuteur n'identifie pas de technique in situ qui serait particulièrement récurrente. Néanmoins, à titre d'illustration, des traitements in situ récents ont consisté en:

- De la stabilisation chimique et physico-chimique, ou encore biochimique ;
- du sparging/venting sur un site à l'étranger.

Les solutions les moins retenues sont :

- Les **traitements de panaches seuls, et les confinements de la nappe**, car l'interlocuteur estime que ces méthodes ne permettent pas de traiter les sources ;
- Pour les pollutions des sols, les **solutions par excavation** (ces solutions ne sont pas systématiquement écartées, mais les solutions in situ leur sont préférées).

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocuteur est défavorable à ce principe. Si l'on complexifie excessivement la démarche en systématisant ce type de demandes (ex : chiffrages systématiques, essais pilotes obligatoires…), certaines réhabilitations de site pourraient en être retardées.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocuteur estime qu'il est délicat de définir des contextes « simples » : chaque site est différent, par sa géologie, l'historique de ses pollutions, etc.
En tout état de cause, le MO interviewé ne sera jamais concerné par un contexte « simple » de gestion au vu de la typologie de ses sites. Mais d'un point de vue plus global, **il semble périlleux d'introduire deux niveaux de BCA**.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

Ce type de méthode présente un intérêt, mais est compliqué à mettre en œuvre.
Si cette méthode est retenue, les critères et leur pondération doivent être définis conjointement par le MO et son BE, avant d'être présentés à l'administration.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Dans 5 à 10 % des cas, la solution retenue ne s'est pas révélée efficace pour la réhabilitation du site. L'interlocuteur relie ces cas de figure à l'aspect « atypique » des contaminants étudiés, mais aussi (et avant tout) à un problème de compétence de certains BE.

Les BE bénéficient de retours d'expérience lorsqu'ils assurent la maîtrise d'œuvre du chantier de réhabilitation par la suite. Dans le cas contraire, le MO interviewé est fortement susceptible de transmettre ce retour d'expérience malgré tout. Aussi, les BE bénéficient globalement d'un bon niveau d'information.

Maître d'ouvrage n°7

Points clés :

➔ Le bilan environnemental global de la solution doit être étudié de façon approfondie. Le MO interviewé intègre dès l'établissement du cahier des charges l'étude de l'impact équivalent carbone des solutions de gestion envisagées.

➔ Le BCA ne devrait pas présenter de technique de dépollution dont on sait par retour d'expérience qu'elle n'est pas suffisamment efficace pour la pollution à traiter.

➔ Un soin particulier doit être apporté à l'argumentation du BCA.

➔ La décision d'engager ou non les essais de traitement (pilote et/ou essai de faisabilité) doivent rester à la discrétion du MO qui en assume la responsabilité.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

Les deux interlocuteurs travaillent pour la direction immobilière d'un grand groupe industriel. Cette entité gère depuis la fin des années 1980 des friches historiques et des sites industriels dont l'activité a cessé plus récemment.

L'un des interlocuteurs est le directeur technique de la direction immobilière, et dirige deux équipes :

- Equipe assurant la gestion d'opérations de déconstruction d'usines cessant leur activité (mise en sécurité, démantèlement des installations) ;
- Equipe assurant le suivi des études et travaux environnementaux.

La seconde interlocutrice est en charge du suivi des études environnementales depuis 10 ans au sein du groupe, et intervient notamment dans des contextes d'audits environnementaux avant cession, ou encore de réalisation de diagnostics et de plans de gestion (incluant un BCA).

Les sites gérés par les interlocuteurs sont essentiellement des friches industrielles de tailles importantes, dont la gestion s'effectue sur le long terme.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les sites traités correspondent à des friches et sites industriels avec des problématiques :

- De **HAP** (dans les sols et parfois la nappe). Le MO interviewé cherche prioritairement à traiter les sols impactés dans les couches dites « utiles » de terrain, appelées à être réaménagées ;
- De **métaux lourds** (essentiellement dans les sols), en lien avec les anciennes activités. Les problématiques associées à ces contaminants sont maitrisées en intervenant pour « couper » les voies d'exposition (essentiellement par confinement et par la mise en place de SUP / restrictions d'usage).

L'ensemble des sites du MO a déjà fait l'objet de diagnostics initiaux et de mesures de surveillance. Le traitement des pollutions des sites du MO interviewé est le plus souvent déclenché lors de l'émergence d'un projet de réaménagement au droit du site. Au vu de la taille importante des friches, bien souvent celles-ci sont souvent rachetées par des collectivités ou des EPF pour le compte des collectivités locales.

Suite aux obligations réglementaires de remise en état pour un usage industriel, Il subsiste la plupart du temps une pollution résiduelle (métaux lourds essentiellement) sur site. Il revient alors à l'aménageur du site d'effectuer les études et tout éventuel traitement ou mesure constructive complémentaire pour s'assurer de la bonne compatibilité des nouveaux usages /aménagements vis-à-vis de cette pollution résiduelle.

Ces mesures de gestion complémentaires (précaution d'usage) à dérouler lors de tout nouvel aménagement futur sont consignées dans les actes notariés de cession des terrains et sont édictées sous la forme de SUP.

Attentes concernant le BCA

Le BCA sert de base de discussion avec la DREAL, il se doit donc d'être un **document technique et de communication.**

Néanmoins, un résumé non technique de qualité doit permettre aux lecteurs non spécialisés d'en comprendre les tenants et aboutissants.

Le MO interviewé préfère que le prestataire en charge du BCA se focalise sur les solutions les plus pertinentes et les développe bien. **Un soin particulier doit être apporté à l'argumentation du BCA.**
Certains BE élaborent des PG (et des BCA) particulièrement longs et descriptifs. Parfois, un trop grand nombre de solutions est étudié (ou encore, le BE étudie des solutions non pertinentes d'après le retour d'expérience du MO).

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que « MO »

Dotés d'un fort retour d'expérience sur ses sites, les interlocuteurs interviewés notent qu'ils ont souvent une idée de la solution de gestion jugée la plus performante et la plus pertinente. Ils communiquent donc cette vision au BE établissant le PG, afin qu'il en soit tenu compte lors de la préparation du BCA. Ils fournissent notamment les spécifiés des sites étudiés, et les éléments de contexte utiles. Les critères à étudier dans le BCA sont déterminés conjointement avec le BE.

L'implication du MO consiste également à limiter les solutions à étudier sur la base du retour d'expérience. Par exemple, seules la désorption thermique, voire l'incinération, se révèlent efficaces pour le traitement des HAP ayant sévèrement contaminé les sols. Le MO ne souhaite donc pas que des solutions qui ne se sont pas avérées efficaces dans le passé soient étudiées dans le BCA.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA est un outil de communication efficace, aussi bien auprès de l'administration qu'auprès des autres parties prenantes. Le MO interrogé n'a pas encore eu l'opportunité de communiquer auprès d'associations, mais le format démonstratif du BCA pourrait se prêter à cet exercice.

Critères

Les critères étudiés doivent être sélectionnés conjointement avec le donneur d'ordre, parmi les suivants :

- Economique ;
- Bilan environnemental ;
- Acceptabilité des solutions par les collectivités ou les populations (critère sociétal) ;
- Technique (en prérequis du BCA, le BE doit s'assurer de la validité et de la performance de la technique des solutions étudiées pour le contexte étudié) ;
- Juridique (SUP, obligations de surveillance, etc.) ;
- Contraintes d'ordre organisationnel (délais, nuisances, foncier, projet, contraintes réglementaires…).

Les critères les plus importants pour les interlocuteurs sont l'efficacité de la technique, et sa performance, puis le coût, et le bilan environnemental global de la solution.

Les BCA devraient insister plus sur la prise en compte du développement durable, et sur le bilan environnemental global.
Ce bilan pourrait être établi sur la base de **l'étude de l'impact équivalent carbone des solutions envisagées**, ou encore des impacts sur la faune et la flore. A titre d'exemple, un interlocuteur évoque la recolonisation des anciennes friches industrielles par des plantes ou des espèces animales protégées. Une opération de réhabilitation d'un site ne se fait pas sans impact sur ces derniers.

Un autre exemple est fourni pour illustrer l'impact des solutions de traitement sur les émissions de CO_2 : certains sols sont lourdement impactés par des HAP. Les sources concentrées représentent une importante quantité de carbone, piégée dans les sols.

L'interlocuteur souligne que la seule solution de gestion possible est souvent l'excavation et le traitement thermique. Ces procédés sont consommateurs d'énergies fossiles, et sont également à l'origine d'importantes émissions de CO_2 dans l'atmosphère. La pollution localisée des sols et de la nappe au droit de ces sites (dont l'usage est dédié au développement de la biodiversité) ne présente pas nécessairement le bilan environnemental le plus lourd par rapport à celui du traitement de la source – tout dépend en réalité du compartiment protégé en priorité (Sols ? Nappe ? Atmosphère ?).
Les **Analyses de Cycle de Vie** (ACV) seraient également des outils intéressants pour l'évaluation de l'empreinte environnementale de la solution, mais peu de BE maîtrisent déjà cet outil.

Solutions de gestion

Le nombre de solutions comparées est au minimum de 2, mais plus généralement de l'ordre de **3 à 4 solutions**.

Au vu de la typologie de polluants gérée par le MO interviewé (polluants organiques / goudrons lourds, métaux lourds), les mesures de gestion les plus souvent étudiées correspondent à :

- **l'excavation, le tri et l'incinération** des terres les plus contaminées par des polluants organiques ;
- Pour les terrains moins impactés, la **désorption thermique** ;
- Pour ce qui est des pollutions par des métaux lourds, la solution du **confinement** est la plus souvent retenue (couverture de terres d'apport, mise en place d'un revêtement de surface…) ;
- Pour ce qui est des pollutions de la nappe par des HAP : la gestion est souvent opérée par la mise en place de **restrictions d'usage**, et de **mesures constructives** (pas de local en sous-sol, pas de fondations profondes, création d'un vide sanitaire ou d'une couche drainante, etc.).

Les autres mesures de gestion ne sont généralement pas retenues, car elles ne se révèlent pas efficaces pour les composés les plus lourds (ex : traitements biologiques…). Les solutions de type phytomanagement sont parfois peu appropriées en termes de délais de réhabilitation.

L'atténuation naturelle peut constituer l'option de gestion de panaches profonds en HAP (polluants difficiles d'accès). Pour les interlocuteurs, il s'agit alors de réaliser un suivi tout en assurant une compréhension des mécanismes d'évolution du panache.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Les **interlocuteurs sont favorables à cette démarche, qu'ils effectuent en systématique de leur côté**. L'estimation du coût financier pour un enlèvement complet de la pollution permet de démontrer que seule une partie de la pollution peut être traitée à un coût proportionné aux enjeux.
La comparaison est plus aisée lorsque plusieurs scénarii sont confrontés.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les interlocuteurs sont **défavorables à l'idée de distinguer des niveaux de complexité des contextes de gestion**. Une classification « absolue » des contextes de gestion ne leur semble pas pertinente.
Tout PG (et tout BCA) se doit d'être correctement argumenté, au cas par cas. La démarche ne peut pas être normalisée à l'excès.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

Les interlocuteurs ne sont pas opposés à l'utilisation de ce type d'outils, dès lors que le BCA comporte une argumentation suffisante. Néanmoins, il semble difficile d'imaginer que les notes et la pondération seraient attribuées de façon uniforme d'un PG à l'autre.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

En général, les chantiers de réhabilitation sont menés par le MO interviewé, sans nécessairement l'assistance du BE qui a participé à l'élaboration du BCA/PG. Néanmoins, du fait qu'ils travaillent en partenariat avec ces derniers, ils ne manquent pas de les tenir informés de tout élément notable, qui pourrait leur permettre d'actualiser leur méthodologie d'élaboration de BCA.

La décision d'engager ou non les essais de traitement (pilote et/ou essai de faisabilité) doivent rester à la discrétion du MO qui en assume la responsabilité.

Maître d'ouvrage n°8

Points clés :

➔ Certains BCA sont trop génériques, et peuvent présenter des solutions non adaptées au contexte. Le MO interviewé souhaite que chaque BCA soit spécifique au contexte étudié.

➔ La véritable question à se poser concerne le résiduel possible à l'issue de la réhabilitation du site. Que faudra-t-il faire après la gestion (suivi ?) ? Cet aspect n'est pas toujours suffisamment anticipé, ou suffisamment explicité dans le PG.

➔ Une place parfois insuffisante est accordée à l'innovation en matière de travaux de réhabilitation en France.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice dispose d'une expérience de 20 ans dans le domaine des SSP. Antérieurement, elle a travaillé au sein d'un BE où elle est intervenue sur la plupart des typologies d'études existantes (dont des diagnostics et des PG incluant la définition de travaux de dépollution dans le cadre d'un BCA).
Depuis 5 ans, elle travaille en tant que référente SSP dans la filière expertise d'un grand groupe industriel du secteur automobile. Sa fonction est de gérer les aspects en lien avec les sites et sols pollués sur une large diversité de sites (sites logistiques, usines, garages…) en France et à travers le monde.

Le MO interviewé est particulièrement tourné vers l'innovation, et est impliqué dans un programme de recherche (conjointement avec d'autres grands groupes).
Le groupe du MO étant implanté mondialement, il bénéficie d'un retour d'expérience dans plusieurs pays sur des techniques innovantes.

Contextes de gestion les plus fréquents

Souvent, les sites réhabilités par le MO interviewé présentent du bâti. Deux principaux cas de figure se détachent :

- **Sites en activité** (soumis à autorisation) affectés par des pollutions historiques. Les polluants les plus fréquents sont les HC, BTEX et les COHV. Les métaux sont plus rares. Ces sites présentent tous un impact des eaux souterraines ;
- **Contextes de cessation puis cessions/acquisitions de sites :** ce contexte concerne surtout les sites commerciaux (garages vendus avec bâti en place). Les polluants récurrents sont globalement les mêmes que pour les sites en activité (HC, BTEX, mais COHV plus rares). Environ 90 % de ces sites présentent un impact des eaux souterraines.

L'administration est souvent impliquée dans le suivi de la réhabilitation de ces sites.

Retour d'expérience général

Certains BCA peuvent se révéler **trop génériques**, et sont alors jugés peu exploitables par le MO. Dans ce cas de figure, certaines solutions présentées ne sont pas réellement pertinentes, et ne servent qu'à présenter un plus grand nombre d'options. Certains PG déclinent par ailleurs un nombre trop important de solutions de gestion (effet « catalogue »).

Les sociétés de travaux consultées pour la réhabilitation soulignent parfois que le BCA **manque d'informations** pour leur permettre de se prononcer.
Pour l'interlocutrice, le BCA est une étape obligatoire dans le déroulé des études, mais le test pilote réalisé sur site est également très important. Deux choix semblent possibles :

- Prévoir des investigations plus poussées avant le PG, et confronter plusieurs expertises, de sorte à ce que le BCA qui en ressort constitue un outil « opérationnel » ;
- Rester sur une caractérisation plus basique, en acceptant le fait que le BCA sera moins « appliqué ». La phase pilote / les essais pilotes permettront alors d'acquérir les données manquantes pour le dimensionnement futur.

L'interlocutrice alerte sur la capacité des plus petits industriels à supporter le coût des études. La méthodologie française ne distingue pas les moyens financiers disponibles pour ces dernières. Pour un grand groupe comme celui du MO interviewé, il est possible de réaliser des BCA « opérationnels », basés sur des investigations plus poussées (mesures et tests sur site). Mais pour certains industriels de taille plus modeste et/ou moins avertis en matière de SSP, ces tests supplémentaires représentent un surcoût important qui peut décourager la démarche de gestion des pollutions.

La véritable question à se poser concerne le résiduel possible à l'issue de la réhabilitation du site. **Que faudra-t-il faire après la gestion** ? Cet aspect n'est pas toujours suffisamment anticipé, ou suffisamment explicité dans le PG.
L'interlocutrice apprécie quand le BE présente clairement le résiduel attendu, ainsi que les surveillances ultérieures qui seront nécessaires. Les BCA sont par ailleurs régulièrement relus par le service juridique du MO afin de vérifier que ces aspects ont bien été intégrés.

Enfin, sur la base du partage d'expérience de sa société à l'échelle mondiale, l'interlocutrice observe qu'une place parfois insuffisante est accordée à l'innovation en matière de travaux de réhabilitation en France.

Attentes concernant le BCA

En premier lieu, l'interlocutrice recherche l'**adéquation** et la **spécificité** du BCA (voir le point précédent). Le BCA doit présenter une bonne concordance entre la technique proposée, le type polluant en présence, les caractéristiques et contraintes du site et l'usage prévu sur site.

Il convient également que le rédacteur du BCA s'interroge sur la **façon dont le document sera appréhendé par l'administration**. Sa vision doit être prise en considération, en particulier dans les contextes de cessation où le MO réhabilite le site pour un usage industriel, mais où il est connu que l'aménageur qui en fait l'acquisition va porter un projet de changement d'usage.
Les nouvelles dispositions de la loi ALUR (notamment le tiers substitué) permettent dorénavant à l'administration d'encadrer les travaux de réhabilitation dans le cadre de ce changement d'usage.

Le BCA doit rester un document technique, puisque c'est bien sur la base de ce dernier que les décisions concernant les travaux de réhabilitations seront prises. Un niveau d'argumentation suffisant est donc attendu (et non uniquement une simple liste de techniques décrites avec des + et des -).
Les aléas sur la durée prévisionnelle du traitement et sur les taux d'abattement devraient par ailleurs toujours être identifiés. Mieux vaut argumenter au stade du diagnostic sur la nécessité de réaliser un plus grand nombre de tests, plutôt que de réaliser un BCA en se prononçant sur des taux d'abattement exclusivement théoriques.

La pré-sélection des solutions à étudier plus en détails ne devrait pas être contrainte en termes de durée ou de coûts, au risque de se fermer trop rapidement à des solutions d'intérêt.

A noter que bien qu'un niveau suffisant de détails soit attendu, le BCA ne se substitue pas à une phase de conception, et ne constitue pas un devis pour la réalisation des travaux de réhabilitation.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que « MO »

Le BCA est établi sur la base d'un **échange**. La démarche du MO interviewé est de réaliser un point d'arrêt à l'issue de la réception des résultats analytiques du diagnostic approfondi. L'évolution du schéma conceptuel est alors étudiée.

Le MO dispose d'un bon retour d'expérience sur ses sites, dont il fait bénéficier le BE (notamment sur les taux prévisionnels d'abattement annoncés pour les différentes techniques et les aléas associés).

L'industriel interviewé étant particulièrement tourné vers l'innovation, il cherche donc à ouvrir le BE à l'étude de solutions innovantes. Le BE ne doit pas se contenter d'une approche uniquement théorique (parfois observée chez les BE ne réalisant pas de travaux), ou encore de proposer seulement les solutions qu'il maîtrise le mieux (parfois observée chez les BE réalisant des travaux).
Le BCA est rédigé par un BE, tandis que la dépollution est réalisée par une société de travaux, ce qui représente une difficulté. En effet, ce sont bien les sociétés de travaux qui doivent s'engager par la suite sur l'atteinte d'un résultat.
Idéalement, l'interlocutrice souhaiterait missionner une ou deux sociétés spécialisées en travaux dès le PG afin de contribuer à l'établissement du BCA.

L'implication du MO interviewé peut consister à demander l'enlèvement de mesures de gestion du BCA si celles-ci sont jugées non pertinentes, ou à l'inverse à demander d'en développer certaines qui n'apparaissent pas dans l'analyse.

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA remplit bien son rôle d'outil de communication entre le MO et l'administration. L'interlocutrice n'a pas encore eu l'occasion de communiquer via le BCA auprès de riverains / du grand public. Elle estime que le BCA ne serait pas le bon support pour une telle communication : les études environnementales contiennent en effet de nombreuses réserves qui seraient de nature à effrayer les non-experts (ex : « dans la limite des connaissances et des techniques actuelles »). Ces réserves pourraient donner l'impression d'une absence de réelle maîtrise des problématiques environnementales. Dans le cadre de ces communications, il faudrait généralement que l'industriel et le BE bénéficient de l'appui officiel de l'administration (entité experte, publique, et reconnue). Le BCA seul n'est donc pas suffisant pour qu'une communication publique soit fructueuse.

Critères

L'interlocutrice identifie les critères suivants (par ordre d'importance relative pour les BE) :

- **Adéquation de la mesure de gestion** avec le(s) polluant(s) présent(s) ;
- **Taux d'abattement** prévisionnel ;
- **Coût** (à fournir préférentiellement sous la forme d'une fourchette) ;
- **Durée**.

Le critère de l'adéquation de la mesure de gestion est primordial. Le coût et la durée de la réhabilitation présentent un ratio qui est intéressant à étudier. En effet, le coût de la réhabilitation rapporté au volume doit toujours être considéré en lien avec la durée.

Pour ce qui est du **bilan environnemental global**, tous les acteurs ne possèdent pas la même définition de ce critère.
A ce stade, ce bilan est évalué essentiellement en termes d'amélioration de l'état des milieux en vue d'une maîtrise des risques sanitaires (enjeux humains). Les BE signalent également de façon qualitative que certaines solutions (notamment hors site) génèrent une augmentation du trafic.

Une analyse plus poussée de ce critère semble complexe, voire illusoire (au vu de la multiplicité des facteurs en jeu). Mieux vaut en premier lieu s'astreindre autant que possible à traiter sur site, et non hors site.

Le **bilan sociétal** de la solution de gestion n'est pas étudié à ce jour. L'interlocutrice souligne que ces aspects font plutôt appel à d'autres métiers, tels que ceux de l'EPF. Les BE ne disposent pas tous des compétences leur permettant de traiter ces aspects, qui se rapprochent plutôt des études d'impact.

Solutions de gestion

En moyenne, **4 options de gestion sont comparées**, avec souvent :

- Une option de gestion hors site ;
- Deux options de gestion sur site ;
- Une surveillance simple.

Les options de gestion les plus récurrentes pour les **eaux souterraines** sont :

- Pour des pollutions de la nappe par des hydrocarbures : du pompage écrémage ;
- Pour d'autres contaminants : des oxydations in situ.

Pour ce qui est des **sols**, la gestion par excavation et envoi hors site des terres a historiquement occupé une place prépondérante. Néanmoins, le MO s'ouvre à un nombre croissant de solutions, parfois innovantes. L'interlocutrice cherche donc à réduire au maximum la part des gestions effectuées par excavation et traitement hors site.

Les solutions par **excavation et envoi hors site** des terres ont représenté une part importante des traitements historiquement, mais la politique actuelle du MO interviewé pousse à réduire autant que faire se peut le choix de cette solution.

Les **confinements** sont moins souvent retenus : il s'agit d'une volonté du MO qui préfère favoriser des solutions qui permettent de traiter la pollution.
Les confinements hydrauliques sont uniquement retenus en tant que protection en cours de traitement. Pour les mêmes raisons que pour les sols, le MO ne souhaite pas favoriser cette solution.

Certaines techniques de dépollution sont également moins souvent retenues : les **traitements thermiques** in situ par exemple, sont particulièrement consommateurs d'énergie. Parfois, certaines contraintes en lien avec le bâti restant en place peuvent également constituer une difficulté pour l'application de cette méthode.

Concernant les **restrictions d'usage/ servitudes** : le MO est souvent prêt à les accepter, mais celles-ci doivent être annoncées clairement, et prises en considération dans l'estimation financière de la solution.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

L'interlocutrice est **défavorable à ce principe**, sauf dans le cas d'une pollution limitée/ récente par exemple. Mais la plupart des pollutions du MO interviewé sont historiques, et ne s'y prêtent donc pas.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les **contextes les plus simples** pour l'interlocutrice correspondent à des pollutions limitées à la zone non saturée, et à un élément d'exploitation de taille restreinte (exemple : cuve). Une pollution circonscrite à un volume et une surface de sol réduits est plus simple à gérer.

Dans le cadre d'un BCA « simple », l'interlocutrice attendrait que le BE tienne malgré tout bien compte du contexte (voir le point sur les attentes de l'interlocutrice). Le BCA devrait présenter a minima une solution hors site et une solution sur site (notamment si le site reste en activité).

La **complexité d'un contexte de gestion** pourrait se rattacher à l'atteinte de la zone saturée, où la dispersion est souvent moins « maîtrisée » que dans les sols. Une pollution du milieu eaux souterraines est également source de difficultés d'ordre sociétal (identification des puits privés proches, communication avec les riverains, etc.). Dans un cas complexe, l'interlocutrice attend une réflexion plus aboutie du BE, voire une consultation par le BE d'une société spécialisée en travaux. Des essais et mesures de terrain pourront être proposés si nécessaire. Il convient alors de ne pas se fixer de limite (notamment de coût/durée) dans les premières étapes d'identification des solutions possibles, au risque d'éliminer par a priori des solutions qui se révèleraient finalement compétitives suite à la réalisation d'essais de terrain.

La définition du niveau de complexité du contexte de gestion pourrait être discutée lors du point d'arrêt déjà réalisé par le MO à la réception des résultats analytiques du diagnostic approfondi.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères»

L'interlocutrice estime que **cette approche reste souvent trop théorique** pour être réellement exploitable ensuite en phase travaux.
L'essentiel pour définir une réhabilitation tient en premier lieu à une bonne caractérisation du/des milieux (y compris par des analyses d'ordre géotechnique, de type résistivité, conductivité, etc.), à des mesures de flux de polluants in-situ, et à une amélioration de la connaissance des écoulements dans le milieu. Dans un second temps, cette démarche peut être complétée par la réalisation de tests et d'essais dans des conditions aussi proches que possible des conditions réelles.

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

Souvent, les réhabilitations sur le milieu sol se déroulent comme attendu. Dans le passé, de nombreux chantiers ont consisté en une excavation et un envoi hors site de terres, solution de gestion peu sujette à aléas.

Dans certains cas, les traitements (eaux/sols) n'ont pas fonctionné. Ou encore, les essais pilotes ont révélé avant leur mise en place qu'ils ne fonctionneraient pas.

Souvent, les traitements fonctionnent dans un premier temps, avant d'atteindre au bout de quelques années une asymptote, avec un résiduel supérieur à l'attendu. Dans ce cas, il est difficile de mettre fin au chantier de réhabilitation, et l'administration (qui suit encore le dossier) peut de surcroît exiger une surveillance étroite des eaux souterraines, ou encore la mise en place de barrières hydrauliques.

Souvent, les coûts de réhabilitation des eaux souterraines sont particulièrement importants. Pour le MO interviewé, l'industriel qui s'engage sur de tels montants doit s'assurer qu'il se tourne bien vers la solution la plus efficace possible.
Certains traitements historiques n'ayant pas présenté le rendement attendu seront aujourd'hui remis en jeu afin d'identifier des alternatives possibles.

Le MO interviewé ne communique pas systématiquement de retour d'expérience au BE concernant ses chantiers de réhabilitation, mais il y serait favorable. Souvent, les échanges réguliers entre l'industriel et le BE permettent d'ores et déjà d'échanger, mais il serait intéressant de systématiser ce transfert d'information.

Maître d'ouvrage n°9

Points clés :

➔ Il serait souhaitable de fournir un classement des scénarios de gestion à la fin du BCA, afin de faciliter la prise de décision du MO ;
➔ L'analyse multicritères se prêterait bien à la classification des différents scénarios de gestion possibles ;
➔ Notamment dans le cas de contextes complexes, il serait souhaitable que le rédacteur du BCA possède une expertise en réalisation de travaux de dépollution ;
➔ Une place insuffisante est accordée aux techniques « innovantes » ;
➔ Néanmoins, le critère de la garantie d'atteinte des résultats reste le plus primordial pour le MO interviewé.

Interlocuteur interrogé / société ou structure

L'interlocutrice travaille au sein d'un établissement public à caractère industriel et commercial basé en Ile-De-France, intervenant dans des contextes d'aménagement urbain.
La structure interviewée fait réaliser des études de SSP dans plusieurs cadres, que ce soit l'acquisition de terrains, ou encore la réalisation de projets d'aménagement au droit de parcelles déjà acquises.
Souvent, le déroulé des études consiste à réaliser une étude historique et documentaire en premier lieu, puis un diagnostic, voire un diagnostic complémentaire si nécessaire, et enfin (si le contexte l'exige) un PG, comprenant un BCA.

La nécessité d'établir un PG est surtout associées aux grands projets de ZAC, dans le cadre de négociations avec les propriétaires des terrains préalablement à leur acquisition (évaluation du passif environnemental et des futurs coûts de réhabilitation).

L'interlocutrice a travaillé 5 ans au sein d'un BE dans le passé, et a donc eu l'opportunité (de 2007 à 2008) de rédiger des BCA au sens de la méthodologie nationale.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes les plus récurrents pour la structure interrogée sur des contextes de gestion de remblais franciliens, contenant des métaux lourds, des métalloïdes, et ponctuellement des HAP. De nombreuses gestions sont opérées par confinement (sous parking, sous voirie…) ou élimination de terres en ISD.

L'administration n'est pas impliquée dans les contextes de gestion de la structure interviewée. Par ailleurs, compte-tenu du rôle régional du MO interviewé, l'interlocutrice intervient dans des contextes essentiellement en lien avec de la création de logement, ou encore en lien avec la création d'aménagements publics (voiries, espaces publics, écoles…).

Retour d'expérience général

A ce stade, les BCA comprennent des tableaux descriptifs, présentant les techniques à l'étude, leurs avantages et inconvénients etc. Toutefois, il manque, au sens de l'interlocutrice, **un classement proposé en fin d'exercice** pour aide le MO à se positionner vers l'un ou l'autre des scénarios de gestion.
L'interlocutrice a déjà pu consulter un format de rendu sous forme de « rosace », qui permettait d'identifier visuellement les principaux avantages et inconvénients des différentes techniques à l'étude.

Certains biais sont identifiés : ainsi, lorsqu'il n'existe pas d'autre scénario possible qu'une réhabilitation par excavation et envoi hors site des terres, l'interlocutrice estime superflu que le BE réalise malgré tout un BCA, en mettant face à cette solution d'autres scénarios, inadaptés.

Il faudrait alors pouvoir se passer de BCA, tout en justifiant pourquoi cet exercice n'est pas utile.

Par ailleurs, le nombre de solutions présentées est parfois trop important. Une pré-sélection efficace (et ne restant pas générique) doit être appliquée, afin d'étudier plus finement un nombre réduit de techniques de dépollution.

D'autre part, il semble **nécessaire que les BE développent des compétences plus poussées dans le domaine des travaux de réhabilitation, ainsi qu'une expérience de terrain de la mise en application des techniques étudiées.**
En effet, des deltas sont parfois observés entre ce qui est attendu au stade du BCA (notamment d'un point de vue financier) et ce qui est réellement observé par la suite, lors de la réalisation des travaux de réhabilitation. Les chiffrages financiers sont actuellement basés sur les données du BRGM (guide « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » de 2010), ou éventuellement sur la base du retour d'expérience du BE.

Certains BE sont parfois conservateurs dans leurs estimations : l'interlocutrice relate un contexte de gestion par excavation de pollutions dans les sols. La quantité de polluants à traiter avait alors été majorée par le BE. Les coûts financiers étaient alors très majorants, ce qui est problématique dans un contexte d'établissement de marché.

Attentes concernant le BCA

L'interlocutrice souhaiterait avant tout que les **BCA soit plus détaillés d'une part, et plus innovants d'autre part.** Le choix préférentiel de méthodes éprouvées ne laisse en effet que trop peu de place à l'innovation.

Les attentes de l'interlocutrices ne sont pas nécessairement formalisées dans le cahier des charges établi pour retenir les prestataires en charge des études. Il est plutôt attendu du BE de proposer une méthodologie pour réaliser cette prestation.

Implication dans l'élaboration du BCA en tant que MO

Avant l'établissement du BCA, les BE prennent contact avec le MO pour identifier les caractéristiques du contexte de gestion (projet, délais, foncier disponible…).

Efficacité du BCA comme outil de communication

Le BCA n'est pas adapté pour une communication publique, car il est trop technique et trop peu illustré. Il est toutefois **bien adapté à la communication entre sachants**.

Critères

Les **critères actuellement utilisés**, d'après le retour d'expérience de l'interlocutrice, sont :

- Les caractéristiques de la pollution (nature des polluants, concentrations…) ;
- La durée attendue du traitement (critère particulièrement mis en avant à ce jour) ;
- L'espace nécessaire ;
- La sécurité des employés qui travailleront sur le site ;
- Les garanties de résultats qu'apporte la technique ;
- Le coût financier.

Le critère du **bilan environnemental** est parfois évoqué, de façon uniquement qualitative lors de la description des techniques envisageables (identification du trafic généré par l'évacuation hors site de terres par exemple).
A ce jour, l'interlocutrice n'a pas vu d'évaluations des émissions de gaz à effet de serre des techniques étudiées. La fourniture d'estimations simples présenterait néanmoins de l'intérêt pour étayer l'étude du bilan environnemental. Quant aux aspects faune/flore, l'interlocutrice estime qu'ils ne sont pas au cœur d'une démarche de réhabilitation environnementale d'un terrain.

Le critère de **l'acceptabilité sociétale** de la technique envisagée n'apparaît pas dans l'argumentaire déployé, de même que les aspects **juridiques et réglementaires**. Ces derniers aspects sont étudiés par le MO en lien direct avec ses juristes.
Le critère sociétal pourrait être évalué par le biais des éventuels impacts sur le voisinage. En tout état de cause, une approche pragmatique et simple devra être retenue pour évaluer ce critère dans le cadre du BCA.

Les **critères primordiaux** pour le MO interviewé sont les garanties apportées par la technique (la méthode est-elle éprouvée ? Quels rendements apporte-t-elle ?).
La durée, et l'espace nécessaires sont également importants (ces critères conditionnent le phasage des projets).
Enfin, les aspects financiers, ainsi que les notions de développement durable, sont également des critères d'intérêt pour l'interlocutrice.

Solutions de gestion

Les solutions proposées sont souvent au **nombre de 3 à 5** (nombre jugé satisfaisant par l'interviewée).

Les **techniques les plus souvent envisagées /retenues** sont :

- Les **excavations**, notamment lorsque le MO acquière de petites emprises foncières afin de créer un lot et de le céder à des promoteurs. Du fait de l'importante pression foncière en région IDF, de nombreux contextes de gestion aboutiront alors à des gestions par excavation, et envoi de terres en ISD, ou encore en biocentre. Cette seconde option est favorisée quand cela est possible, puisqu'elle permet de traiter les terres ;
- Au droit des grandes emprises foncières, les gestions par **biotertres,** ou encore **les ventings** ;
- Les **confinements** (sous parking, voirie…), notamment pour les pollutions par des métaux ;
- Pour les pollutions des eaux souterraines : les **traitements par oxydation**.

Quant aux techniques **les moins étudiées / retenues**, l'interlocutrice identifie :

- De façon générale, les **solutions dites « innovantes »** (celles pour lesquelles peu de retour d'expérience est disponible en France) ;
- Les **désorptions thermiques in situ**, par exemple, du fait de leur coût financier et de leur coût énergétique. Plusieurs BCA ont néanmoins proposé cette technique ;
- L'**atténuation naturelle**, qui est rarement proposée, et qui n'est pas retenue. Souvent, cette mesure de gestion n'est en effet pas compatible avec les délais du projet, et ne permet pas de sécuriser le MO en termes de responsabilité environnementale (risque juridique) ;
- La **phytoremédiation** est souvent proposée, mais n'est jamais mise en application. L'interlocutrice estime qu'il manque souvent des notions techniques d'importance, relatives aux modalités d'entretien du couvert végétal, ce qui ne permet pas de sélectionner cette technique.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocutrice alerte sur la fourniture de modèles simplifiés de BCA, qui pourraient être à l'origine d'analyses excessivement génériques.
Néanmoins, elle n'est pas opposée à la définition de deux niveaux de complexité de BCA, encore qu'elle estime difficile de définir ces deux typologies de contextes.
Les BCA les plus complexes devraient alors être rédigés par des experts possédant une expérience dans le domaine de la réalisation de travaux de réhabilitation.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocutrice est **favorable à l'analyse multicritères**, qui faciliterait la prise de décision pour le MO.

D'autre part, elle estime que cette méthodologie engagerait le BE sur un choix, et le pousserait à plus décider en autonomie du scénario de gestion à retenir (sur la base des enjeux qui auront été identifiés au préalable avec le MO).

Retour d'expérience sur les chantiers de réhabilitation

La plupart des scénarios de gestion retenus se sont avérés efficaces pour la gestion environnementale des sites.
Il existe des exceptions : l'interlocutrice cite un traitement par biotertre n'ayant pas fonctionné sur des terres impactées par des COHV, du fait de leur faible biodégradabilité. Le volume concerné étant minime, aucun test préalable n'avait été réalisé. In fine, les terres ont été évacuées vers une ISD.

Actuellement, la structure interviewée n'est pas accompagnée dans ses chantiers par les BE ayant réalisé le BCA. Cette situation est néanmoins vouée à évoluer prochainement.
Les BE qui n'assurent pas la maitrise d'œuvre suite à la préparation du PG et du BCA n'obtiennent a priori pas de retour d'expérience de la part du MO, sauf si ce retour est demandé expressément.

Société de travaux n°1

Points clés :

➔ Il n'est pas obligatoire que le PG soit conclusif quant à la solution de gestion.

➔ Les BCA, s'ils contiennent des éléments de conception ou une estimation financière, devraient idéalement être réalisés par des sociétés spécialisées en travaux de dépollution, qui possèdent l'expertise et le retour d'expérience suffisants.

➔ Les BCA comportent rarement l'ensemble des informations dont la société souhaiterait disposer pour pouvoir établir un dimensionnement des travaux de réhabilitation.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est responsable technique d'une direction technique opérationnelle au sein d'une société spécialisée en travaux de dépollution. Il est en charge de la partie ingénierie, dimensionnements, appels d'offre, réalisation, et R&D.
La société de l'interlocuteur consulte régulièrement des conclusions de PG dans le cadre de la réponse à des appels d'offre.

Contextes de gestion les plus fréquents

Les contextes de gestion sont variés :

- Des sites de petits industriels impactés par des contaminants organiques (traités in situ) ;
- Des sites industriels associés à des pollutions par des contaminants peu classiques, et pour lesquels des techniques moins courantes seront susceptibles d'être mises en œuvre ;
- D'importants chantiers immobiliers gérés de façon mixte (traitement in situ, traitement limité de la nappe lors des excavations, et traitement hors site en fonction des quantités de terres à évacuer).

Les contextes sont également en lien avec la géologie/lithologie, avec :

- Des remblais d'origine anthropique impactés par des métaux ;
- des contextes géologiques complexes à traiter (milieu fracturé notamment, ou encore milieux argileux) ;
- des géologies plus grossières, pour lesquelles il existe des techniques de réhabilitation particulièrement appropriées.

Parmi ces sites, il n'est pas identifié de situation prépondérante (l'interlocuteur rencontre aussi bien des sites en friche, que des sites en activité, ou encore en cessation).
Les contaminants les plus récurrents sont des polluants pétroliers, puis des polluants issus de l'industrie chimique (solvants, solvants chlorés), et enfin des métaux (fréquemment rencontrés dans les remblais).

Retour d'expérience général

L'interlocuteur note une **forte hétérogénéité des BCA**. Ceux-ci sont parfois trop détaillés (ex : confusion du BCA avec un avant-projet sommaire), et parfois au contraire trop peu développés (manque d'exhaustivité, ou encore manque de données pour que la société de travaux puisse se prononcer).
Du fait que la société de travaux intervient en aval du PG, il lui est difficile de proposer des alternatives ou des variantes de traitement, celui-ci ayant étant souvent déjà acté sur la base du PG (parfois via un arrêté de l'administration).
Pourtant, certains PG ne sont pas exhaustifs car ils n'envisagent pas toutes les possibilités. Les BE peuvent créer un biais en orientant le BCA vers les techniques qu'ils connaissent le mieux.
D'autre part, certains rédacteurs de BCA peuvent trouver intéressant l'exercice de chiffrage financier de différentes techniques, et le réaliser sur un nombre trop important de solutions.

Toutefois, l'interlocuteur souligne que sans réalisation quotidienne de travaux de réhabilitation, le rédacteur ne peut bénéficier d'une expertise suffisante pour se prononcer avec pertinence.

Régulièrement, les **conclusions sur le critère financier sont donc erronées**. Les BE peuvent également omettre certains aspects pragmatiques (présence d'utilités ? Electricité sur site ? etc.) qu'une société de travaux inclurait d'emblée, par retour d'expérience.

L'interlocuteur note également qu'un **mode de pensée « dégradé »** est trop souvent adopté par les BE et les MO. Par exemple, sur un projet de chantier immobilier comprenant la création de niveaux de parkings, la seule solution qui sera considérée sera celle de l'excavation et de l'envoi hors site des terres. Or, si la problématique de la pollution était envisagée plus en amont, des prétraitements sur site pourraient être réalisés afin de ne pas envoyer toutes les terres en ISDD. Les délais constituent la contrainte prépondérante, et aucun acteur ne ressort gagnant de cette situation. Il est du ressort des BE et des sociétés de travaux d'inciter les MO à s'engager dans la réhabilitation des sites le plus en amont possible.

Les BCA devraient idéalement être préparés par des sociétés spécialisées en travaux de réhabilitation (en partenariat avec les BE éventuellement), qui possèdent l'expertise et le retour d'expérience suffisants. La démarche actuelle de la société interviewée la pousse d'ores et déjà à refaire en interne chaque BCA sur la base des données du PG reçu.

Attentes sur le contenu du BCA

Avant même d'aboutir au BCA, il serait souhaitable que les BE réalisent des essais de pompage / perméabilité, ainsi que des analyses de granulométrie par exemple. Ces paramètres sont dimensionnants pour le traitement. De même, le bilan massique est fondamental (le traitement des effluents de traitement est dimensionnant d'un point de vue financier), et n'est que rarement réalisé.

L'interlocuteur souhaiterait que les BCA correspondent à des tableaux comparant des techniques sur la base de critères environnementaux, de coûts, de praticité / complexité du projet, et d'impact sociétal. Le BE pourrait apporter un jugement sur la base d'un système de « + » et de « - ». Il conviendrait de ne pas pousser la démarche plus loin, car le BCA ne doit présenter qu'un dimensionnement sommaire. Il doit in fine mettre en avant une technique, et étudier le niveau de dépollution le plus pertinent (quel serait le gain environnemental et sanitaire à dépolluer un peu plus ? Où placer le curseur ?). Il **n'est par ailleurs pas obligatoire que le PG soit conclusif sur la solution de gestion du site** : le PG pourrait présenter quelques options possibles, sans se positionner, et en présentant les principaux avantages et inconvénients de chacune des solutions.
Eventuellement, le BE pourrait se limiter à l'orientation vers les grandes familles de solutions de gestion (hors site, sur site, in situ, confinement), puis la société de travaux étudierait de façon plus approfondie les options possibles de gestion pour la famille retenue.

Dans un premier temps, le BE devrait présenter les avantages et les inconvénients des différentes options possibles et ce sans préjuger des critères les plus importants pour le MO (au risque de mal les identifier). Pour les contextes les plus simples, il n'y a pas lieu de donner des informations chiffrées (exemple : estimations de coûts). Pour les enjeux plus importants, une véritable phase de conception est nécessaire pour se prononcer.

Difficultés identifiées

Les BCA **comportent rarement l'ensemble des informations dont la société souhaiterait disposer pour pouvoir établir un dimensionnement des travaux de réhabilitation**.

D'autre part, **la position de la société de travaux vis-à-vis des BE est parfois délicate**, notamment si la société de travaux estime que le BE n'a pas conclu à la meilleure solution de gestion, et si un arrêté a pourtant déjà été prescrit sur la base du PG. La société de travaux ne souhaite pas mettre le BE en porte-à-faux, mais il est également peu valorisant pour elle de ne pas être toujours entendue sur les alternatives possibles.

Un partenariat entre BE et sociétés de travaux serait souhaitable, car les sociétés de travaux contribuent en tout état de cause à l'élaboration du BCA lorsqu'elles sont consultées, alors qu'elles n'ont pas été directement missionnées par le MO.

Critères

Les critères mis en avant vont essentiellement se rapporter au **coût financier** pour le MO. Les autres critères qui devraient être développés sont :

- Le **bilan environnemental global** (l'analyse peut rester qualitative, il s'agit essentiellement d'observations de bon sens) ;
- Les **nuisances pour le voisinage** (odeurs, bruit, gêne, impact sociétal pour les riverains) ;
- La **complexité de projet** (faut-il favoriser des délais courts de réhabilitation ? Communiquer auprès du voisinage sur le traitement en cours ? le chantier se réalisera-t-il en co-activité ?) ;
- **Délai et le foncier disponibles** (Avec précaution : en effet, le BE omet parfois d'envisager la possibilité de mettre en place des unités de traitement plus puissantes, ou encore de mettre en place des dispositifs sur deux étages au lieu d'un seul, ce qui réduit les besoins en place sur site, etc.) ;
- **Contraintes réglementaires** existantes ou futures (ex : gestion des rejets aqueux) ;
- **Maîtrise des aléas** (risques associés aux options proposées) ;
- **Gestion à long terme** : Résiduel prévisible, effets rebonds attendus, et nécessité de laisser des installations de dépollution sur place. Nécessité de mettre en place des mesures constructives.

Les critères les plus importants sont variables selon les contextes et les besoins du client.

Solutions de gestion

En général, **2 à 3 solutions de gestion** sont confrontées dans les BCA.

L'approche **hors site** reste la plus récurrente (la problématique environnementale est alors exportée hors site).
L'interlocuteur note l'existence de « modes » dans le choix des solutions les plus souvent retenues, en fonction des périodes. En contexte de crise financière vers 2008, il a ainsi été observé une prépondérance des traitements in situ.

Concernant **l'atténuation naturelle**, l'interlocuteur n'est pas favorable à son application si elle n'est pas associée à une technique active de dépollution (optimisation de l'AN). Il tient par ailleurs à rappeler qu'elle ne constitue pas un traitement de la nappe.

Les **restrictions d'usage et les mesures constructives** constituent des inconvénients d'une solution de gestion, et devraient être replacées au cœur du BCA (et non seulement en conclusion de celui-ci).

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

L'interlocuteur est **défavorable à l'idée de créer plusieurs « niveaux »de BCA**. Une telle standardisation n'inciterait pas les rédacteurs de PG à la réflexion. Chaque site est associé à des contraintes techniques, des polluants, des milieux et des contraintes de projet. C'est donc en tenant compte de tous ces aspects, et au cas par cas, que le PG doit être construit, de façon itérative.

Néanmoins, certains principes de bon sens peuvent être appliqués : si en première estimation le BE réalise que les coûts de traitement resteront très limités, il n'y a pas lieu de complexifier excessivement l'étude. A contrario, il est évident que les chantiers aux enjeux financiers les plus importants méritent une réflexion plus aboutie. De même, les contextes médiatiques et/ou parfois l'implication de l'administration appellent un plus grand niveau de détail du PG et du BCA.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocuteur **n'est pas fondamentalement opposé à cette méthodologie qu'il emploie également**.
L'aspect « chiffré » pourrait toutefois être défavorable à la conservation d'un esprit critique par les rédacteurs de BE. Quelle serait par ailleurs l'objectivité des notes retenues ?

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Certains BE ont effectivement mis à jour leur façon de travailler en fonction des retours d'expérience accumulés.
D'autres, néanmoins, peuvent chercher à tout prix à défendre les solutions de gestion préconisées à l'issue du PG, et ce même si la société de travaux met en évidence que l'étude n'a pas été exhaustive.

Société de travaux n°2

Points clés :

➔ Les BCA sont souvent orientés, car ils sont déployés par des BE qui ne sont pas experts dans le domaine des travaux de dépollution ;
➔ Il est parfois difficile d'avoir recours à des solutions innovantes, car les MO et les BE préfèrent souvent des solutions éprouvées.
➔ Il manque souvent certaines données techniques de base qui permettent de dimensionner les travaux de réhabilitation : essais de perméabilité, essais de pompage / de rabattement de nappe, etc.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est directeur général d'une société spécialisée en travaux de dépollution, qui possède deux pôles de compétences :

- Travaux traditionnels avec réalisation de traitements sur site et in situ sur des sites industriels ;
- Exploitation de plateformes de traitement permanentes (ICPE accueillant divers types de sols pollués en vue de leur revalorisation).

L'interlocuteur a été rédacteur de BCA dans le passé (avant la mise en place de la méthodologie de 2007). Dans le cadre d'appels d'offres, il est par ailleurs amené à consulter de nombreux BCA réalisés par des BE.

Contextes de gestion les plus fréquents

La société intervient dans des contextes variés, incluant des traitements de sols/ nappes au droit de sites industriels en cessation, ou encore des projets hors site (projets d'excavation et d'élimination de sols inertes ou non inertes vers des filières agréées).
Les typologies de pollutions sont variées.
Il n'y a pas systématiquement de nouvel usage prévu, notamment dans les contextes de réhabilitations sur site ou in situ (à plus longue échéance que les solutions hors site).

Retour d'expérience général

Le BCA définit une technologie. Après les études, il subsiste **un travail de dimensionnement** qui est à réaliser, idéalement par une société spécialisée en travaux.

Les BCA sont très souvent **orientés**, car la plupart **des BE doivent déployer un savoir-faire qu'ils ne possèdent souvent pas**, n'étant pas des sociétés spécialisées en travaux de dépollution. La majorité des rédacteurs de BCA ne possède pas une expérience suffisante en travaux (notamment sur les techniques disponibles, les limites de ces dernières, et leurs conditions de mise en application).
Le niveau technique des BCA est variable selon le BE qui le réalise.
Par intérêt « scientifique », certains rédacteurs de BCA peuvent être tentés de proposer des techniques de dépollution peu communes, parfois au détriment de la problématique et des objectifs du MO.

Dans certains cas, les solutions de gestion retenues à l'issue du PG ne correspondent pas à celles que la société de travaux aurait préconisées. Pour la moitié des PG environ, la société souhaiterait proposer des variantes, voire des alternatives, ce qui n'est pas toujours possible (au risque sinon de mettre le BE en porte-à-faux).

Il est parfois difficile pour la société de travaux de proposer des solutions novatrices. Les BE et les MO accordent souvent une **grande importance à la notion de risques**, et préfèrent souvent des solutions éprouvées, pour lesquelles un fort retour d'expérience est disponible. L'administration est souvent moins réfractaire aux approches innovantes que les MO.

Attentes sur le contenu du BCA

Le BCA devrait comprendre une **stricte définition des besoins**, à savoir :

- Définition des concentrations résiduelles acceptables ;

- Définition des délais d'intervention ;
- Définition du planning d'intervention.

Ces éléments stratégiques doivent être identifiés auprès du MO, et ne sont parfois **pas suffisamment retranscrits dans le PG**, ce qui peut constituer une difficulté pour la société de travaux qui intervient par la suite.
Par ailleurs, dans la moitié des cas environ, le BE peut aboutir à une solution de gestion qui ne correspond pas parfaitement aux besoins du client.

Il manque également certaines **données techniques de base** qui permettent de dimensionner les travaux de réhabilitation : essais de perméabilité, essais de pompage / de rabattement de nappe, etc.

Difficultés identifiées

Les difficultés sont essentiellement en lien avec les BE :

- En l'absence de certaines données techniques de base dans le PG (voir ci-avant), la société de travaux est parfois amenée à s'engager sur des résultats, avec un niveau de risques non acceptable. A noter que les BE ont tendance à reporter toute la responsabilité de la réhabilitation sur la société de travaux ;
- Il est par ailleurs regrettable que les BE sollicitent de moins en moins les sociétés de travaux lors de l'élaboration des BCA.

Critères

Les critères les plus souvent étudiés sont :

- La **faisabilité** (incluant les délais, la capacité de traitement, et l'abattement prévisionnel) ;
- les **coûts financiers**.

Le critère le plus important reste le coût financier. Le délai n'est quant à lui pas systématiquement un critère primordial (certains industriels disposent de foncier et de temps pour réaliser les chantiers de réhabilitation).

Le **bilan environnemental global et l'acceptabilité sociétale des solutions** ne sont pas des critères développés dans les BCA dont l'interlocuteur a pu prendre connaissance.
Il est regrettable que le **bilan environnemental** ne soit pas mieux étudié. L'approche par le bilan carbone pourrait être pertinente. Par ailleurs, il serait idéal de mieux mettre en avant les approches de revalorisation des terres par rapport à l'enfouissement de ces dernières.
L'interlocuteur trouverait également intéressant d'inclure l'étude du critère de **l'acceptabilité sociétale** des solutions.

Solutions de gestion

En général, **3 solutions de gestion** sont comparées dans les BCA. L'interlocuteur regrette que souvent, les BE se focalisent sur une technique, et non sur une stratégie à part entière (c'est-à-dire une combinaison de techniques).

L'**excavation puis l'envoi hors site des terres reste une solution prépondérante**. Cette solution s'impose souvent dans des contextes d'aménagements immobiliers, où les contraintes de délais sont importantes.
L'interlocuteur souligne qu'il existe par ailleurs des phénomènes de « modes », et que certaines options de gestion sont parfois récurrentes lors d'une période donnée. Il y a quelques années, de nombreux PG aboutissaient ainsi à une solution par oxydation chimique, ou encore à un traitement biologique anaérobie.

Pour ce qui est des **eaux souterraines**, l'interlocuteur note une récurrence des gestions par filtration sur charbon actif, ou encore de stripping (projets hors site). Pour les traitements sur site, les traitements biologiques anaérobies sont fréquents.

Pour ce qui est des **solutions les moins souvent retenues**, la stabilisation chimique reste une technologie quasi inexistante sur le marché, du fait de craintes sur la réversibilité de l'inertage. Les solutions les moins retenues correspondent souvent à celles qui sont les plus novatrices dans le contexte Français.

Des **restrictions d'usage** sont souvent exposées en conclusion du BCA. Il conviendrait de les replacer au cœur de l'exercice, et de bien identifier les besoins et priorités du MO, et de cerner si ces restrictions représentent une problématique importante pour lui.
De même, des **dispositions constructives** sont souvent exposées en conclusion uniquement, et viennent en conclusion de la solution « active » de gestion retenue.
Les **suivis ultérieurs** sont quant à eux d'ores et déjà bien identifiés dans la plupart des BCA.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

Les **contextes les plus « simples/standards »** correspondraient, pour l'interlocuteur, à ceux des projets immobiliers avec une gestion hors site de terres. En effet, dans ces contextes récurrents, une seule option de gestion est possible. Néanmoins, il conviendrait que le bilan environnemental de ces réhabilitations soit étudié.

Les **contextes les plus complexes** pourraient être rattachés aux sites industriels, avec la réalisation de traitements sur site ou in situ (contextes où du foncier et du temps sont disponibles pour bâtir une stratégie globale de gestion).

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

L'interlocuteur **n'est pas favorable à ce type de méthodologie**, qui présente un effet mécanique très subjectif. Il est aisé de manipuler pondérations et notations pour aboutir au résultat souhaité.
Par ailleurs, ce type de méthode ne pousse pas à une réelle réflexion, et ne va pas dans le sens d'une mise en valeur de l'ingénierie / de l'expertise.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE

Les BE campent parfois sur leur position, ont parfois du mal à questionner leurs méthodes et à mettre à jour leurs pratiques.

Société de travaux n°3

Points clés :

➔ Les BCA devraient être réalisés par des sociétés spécialisées en travaux de dépollution, qui possèdent l'expertise et le retour d'expérience suffisants.

➔ La réalisation d'essais de faisabilité (voire d'essais de conception le cas échéant) est très importante pour étayer le BCA.

➔ Le domaine des travaux de réhabilitation ne bénéficie pas d'une recherche adaptée, et qui permettrait d'obtenir du retour d'expérience valorisable. La plupart des programmes de recherche se basent sur des sites de taille trop importante par rapport à la réalité quotidienne.

Interlocuteur interrogé / bureau d'études

L'interlocuteur est directeur d'une société spécialisée en travaux de réhabilitation. Il travaille dans le domaine depuis 15 ans. A noter que depuis 3 ans, sa société effectue un nombre croissant d'essais de faisabilité sur site.
L'interlocuteur a à sa charge une équipe réalisant des opérations de dépollution de sols/ nappes. La société ne contribue pas aux études environnementales, excepté lorsqu'elle est sollicitée dans le cadre de l'établissement des BCA, ou lorsqu'elle réalise des essais sur site.

Contextes de gestion les plus fréquents

La société interviewée travaille à 90 % pour des industriels, sur des problématiques de pollutions lourdes (sols et nappes). Les contaminants récurrents sont les COHV, BTEX, HC et métaux.
Les sites industriels à traiter sont environ pour moitié en friche, et pour moitié encore en activité. Dans le cas des friches, il existe souvent un projet de réaménagement par la suite (usages variés).

Retour d'expérience général

L'interlocuteur estime qu'il n'est possible de rédiger un BCA que si :

- toutes les techniques disponibles sont connues du rédacteur ;
- les contraintes et caractéristiques du site sont connues ;
- la faisabilité des techniques a été évaluée sur site ;
- le diagnostic réalisé n'est pas un simple diagnostic classique de SSP, mais un diagnostic de « dépollution », qui anticipe les informations nécessaires pour le dimensionnement des travaux (ex : caractérisation de la granulométrie).

La majorité des rédacteurs de BCA ne réalisent que des études, et non des travaux. Aussi, l'interlocuteur s'interroge sur leur légitimité pour réaliser les BCA. A son sens, **seules les sociétés réalisant des travaux sont en mesure d'effectuer cette partie du PG.**

Le BE devrait se positionner du côté du donneur d'ordres, et consulter les sociétés spécialisées en travaux pour la réalisation d'essais (plus ces essais seront réalisés, moins ils seront coûteux). Deux avis d'experts en travaux pourraient être sollicités afin de se prémunir d'éventuels conflits d'intérêts.

A ce jour, il est fait appel à la société de travaux dans trois typologies de contextes :

- Dans un tiers des cas, le site à traiter est un site industriel fortement contaminé, où des essais ont déjà été réalisés (par la société interviewée, ou par des confrères) ;
- Parfois, certains appels d'offre ne comprennent aucune information (où se trouve la pollution ? Quel est le débit de la nappe ?) ;
- Enfin, la société de travaux peut être consultée pour la réalisation d'essais afin de valider la technique sélectionnée dans le PG (et la redimensionner au besoin) en vue de réaliser par la suite le chantier de dépollution. Les essais sont alors intégrés dans l'appel d'offres, dans une étape préliminaire.

Attentes sur le contenu du BCA

Le BCA est inclus dans une phase de faisabilité technique du traitement (voire dans une phase de conception). Aussi, l'attente principale de l'interlocuteur est la **réalisation d'essais de faisabilité,** sans lesquels il estime qu'il n'est pas possible de se prononcer sur un traitement in situ / sur site. Ce type d'essais de faisabilité est peu coûteux et leurs durées se limitent à quelques jours. Au contraire, les essais de dimensionnement nécessitent des moyens plus importants et sont effectués sur une durée de plusieurs semaines à mois ; cela correspond à des pilotes.

Parfois, les essais réalisés par les BE sont en décalage avec les besoins des sociétés de travaux. A titre d'exemple, les essais de perméabilité en laboratoire sont effectués sur des échantillons remaniés, et ne sont pas suffisamment représentatif pour être utilisés dans le cadre d'une phase de conception. **Il conviendrait en réalité de laisser aux sociétés réalisant des travaux le soin de réaliser ces essais.** La société de l'interlocuteur dispose d'unités mobiles et peu coûteuses qui y sont dédiées.

Les tests réalisés par les sociétés de travaux poursuivent un même objectif, mais adoptent des méthodes différentes de ceux classiquement effectués par les BE. En effet, il n'est pas question pour la société de travaux de théoriser le fonctionnement des milieux (ex : calcul de la transmissivité), mais plutôt de rechercher des rayons d'action / d'influence, l'établissement d'un maillage, ou encore l'identification du comportement des milieux face à certaines techniques.
Ces différences dans les objectifs et la méthode mènent parfois à des incompréhensions entre BE et sociétés de travaux.

Idéalement, le BCA doit aller jusqu'au stade de la **conception** (avec la réalisation **d'essais dédiés**) afin de bénéficier d'une meilleure précision (notamment sur le prix et les incertitudes). Sans cette phase de conception (souvent dimensionnante financièrement), la comparaison entre les différentes solutions ne sera pas assez pertinente (selon les hypothèses prises, il est possible de pencher sans fondement réel vers l'une ou vers l'autre des solutions étudiées).

Le **BCA devrait être non partisan**, et ne devrait pas orienter les conclusions vers une technique particulière. De tels biais sont parfois constatés, aussi bien chez les BE que chez les sociétés de travaux.

Difficultés identifiées

Parfois, la société peut être écartée lors d'une consultation dès lors qu'elle identifie les aléas et les données manquantes, ou encore si une variante est proposée par rapport à la solution de gestion retenue en conclusion du PG.

Le domaine des travaux de réhabilitation **ne bénéficie pas d'une recherche adaptée**, et qui permettrait d'obtenir du retour d'expérience valorisable. La plupart des programmes de recherche se basent sur des sites de taille trop importante par rapport à la réalité quotidienne (foncier moins important, et budget moindre disponible).

Critères

Les critères à étudier selon l'interlocuteur correspondent aux suivants :

- Coûts ;
- Délais ;
- Juridique (forfaitisation de la dépollution) ;

Le critère du bilan environnemental n'est pas étudié. Quant au critère sociétal, il peut être étudié par le biais des nuisances au voisinage que génèreront les opérations de dépollution.

Solutions de gestion

En général, les BCA présentent deux solutions étudiées de façon détaillée, accompagnée d'une ou deux solutions étudiées de façon plus basique, dans l'unique but de constituer des faire-valoir pour les options préférées. Pour bien étudier une solution de gestion, il convient de réaliser des essais sur site.

Les solutions de gestion les plus récurrentes correspondent à celles dont le **degré de fiabilité est le plus élevé**. L'interlocuteur cite à titre d'exemple les opérations de pompage, venting, sparging… Ces techniques bénéficient d'un large retour d'expérience.

La solution du traitement thermique in situ est quant à elle victime d'erreurs passées de « commercialisation ». En effet, elle n'est pas applicable dans tous les contextes. Pourtant, elle a parfois été retenue sans la réalisation d'essais suffisants en amont, et a donc pu se révéler inadaptée. Aussi, elle dispose aujourd'hui d'une image mitigée auprès des donneurs d'ordre.

L'interlocuteur identifie également des effets de « mode » : dans le passé, les traitements par oxydations en ont été l'objet, puis les traitements thermiques.

Concernant **l'atténuation naturelle**, cette dernière prend aujourd'hui une place non négligeable, et devient une option de gestion reconnue. La société interviewée lui préfère les solutions par bio-stimulation.

Opinion sur le principe de présenter en systématique le coût d'un traitement de la totalité des pollutions (100%)

Un tel chiffrage se devrait d'être cadré (sur la base de quels seuils de dépollution serait-il réalisé ?). Néanmoins, même si l'exercice parait techniquement très difficile, il serait intéressant. Il permettrait de connaître la fourchette maximale du coût de la réhabilitation. Il ne faudrait toutefois pas que ce chiffrage soit utilisé pour reprocher au donneur d'ordre de ne traiter que partiellement la pollution.

Opinion sur le développement d'une méthodologie simple/standard et une méthodologie complexe/développée

La définition de niveaux distincts de complexité des contextes de gestion fait sens pour l'interlocuteur.

Les **contextes les plus simples** se rapportent aux pollutions ne présentant pas de contraintes pour un traitement par excavation. Il s'agit alors uniquement d'identifier des exutoires pour les terres contaminées.

Les **contextes plus complexes** sont à rapprocher de la typologie du polluant. Certains (COHV, métaux, Hydrocarbures) sont classiques et relativement simples à traiter. D'autres polluants plus complexes existent, et nécessitent l'emploi de techniques plus coûteuses.
La géologie peut également constituer un facteur de complexité (hétérogénéité du terrain, milieux fissurés…), de même que l'accessibilité aux pollutions.
Dans le cas de ces contextes complexes, il faut bénéficier d'un plus grand nombre de données, ainsi que d'essais sur site.

Opinion sur les méthodes de type « analyse multicritères »

Ce type de méthodologie n'est pas sans intérêt, mais comment seront attribuées les notes ? (notamment sur les prix et les délais).
Si ce type de méthode est retenu, l'analyse devrait idéalement comporter une **étude des incertitudes**, argumentant notamment l'attribution des notes.
L'interlocuteur y voit également pour autre avantage une discussion possible sur ces incertitudes par la suite, et un aspect moins « figé » par rapport aux argumentations uniquement qualitatives. Il pourrait donc y avoir une plus grande facilité pour les sociétés de travaux à discuter des incertitudes, et à proposer des variantes pour le traitement du site lors de la réponse à des appels d'offre.

Retour d'expérience dont bénéficie le BE	Selon l'interlocuteur, le BE ne bénéficie pas d'un retour d'expérience valorisable dans la mesure où il n'est pas sachant dans le domaine des travaux de réhabilitation, et n'a pas vocation à le devenir.

Annexe 3 Liste des critères d'étude (bibliographie)

Annexe 3 – Liste des critères d'étude

Critères techniques et normatifs – notions organisationnelles

Thématique concernée	Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Critères liés à la connaissance des problématiques	Nécessité ou non de réaliser des études complémentaires / gestion des incertitudes	La réalisation d'études complémentaires permet de sélectionner des techniques de dépollution pertinentes pour le site, et d'effectuer d'éventuelles économies sur les opérations de traitement, de réduire les incertitudes et aléas et d'améliorer le niveau de fiabilité ou d'acceptabilité de la solution proposée. Dans le cas des pollutions historiques, des études complémentaires peuvent fréquemment permettre de réduire les incertitudes en ce qui concerne les quantités de polluants présents au sein d'une source concentrée. Néanmoins, toute étude complémentaire représente un coût financier et un délai additionnel. Il est toujours nécessaire de comparer le coût de cette dépense complémentaire (et l'augmentation des délais afférents) aux éventuelles économies pouvant potentiellement être générées. ➔ Des études complémentaires sont-elles nécessaires pour envisager la technique ou le scénario étudié ? Sont-elles utiles mais non indispensables ? ➔ Des mesures simples et de bon sens (enlèvement des sources concentrées) ne sont-elles pas moins coûteuses que la technique / le scénario de gestion envisagés ? (cas d'une pollution bien délimitée et de faible ampleur, selon le principe de proportionnalité des études aux enjeux).	Annexe 2 de la circulaire du 08/02/07 (Ministère)
Critères relatifs aux polluants	Nature des polluants et des cortèges de polluants	Ce critère vise à identifier les contaminants en présence et leur famille (HC, COHV, HAP, métaux…). Leurs caractéristiques sont à définir, car elles conditionnement les traitements possibles. ➔ La technique / le scénario envisagé est-il approprié pour les typologies de contaminants en présence ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Distribution spatiale des polluants et de leurs teneurs/concentrations	Les surfaces et profondeurs impactées par les polluants et les niveaux et gradients des concentrations sont à définir, pour vérifier l'applicabilité des techniques étudiées. ➔ La technique / le scénario envisagé sont-ils applicables sur de telles surfaces / à de telles profondeurs et aux niveaux de concentrations observés ? ➔ Les performances de la technique permettent-elles d'atteindre les objectifs de réhabilitation compte-tenu des caractéristiques du site, du temps disponible et des concentrations de départ ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Masses et cubatures des polluants et du support pollué (bilan massique)	Ce critère vise à déterminer le bilan massique de la pollution (dans les sols et les eaux souterraines). Certaines techniques peuvent être identifiées comme surdimensionnées pour des petits volumes de pollution, tandis que d'autres seront au contraire à réserver à des volumes limités, au risque sinon d'engendrer des coûts importants. Si cela est pertinent, les zones à traiter pourront être hiérarchisées. Les raisons et justifications ayant poussé à hiérarchiser les zones à traiter devront alors être clairement exposées. Par ailleurs, plusieurs guides proposent des outils pour définir une stratégie de dépollution en fonction du bilan massique des polluants (Guide du BRGM de février 2016, Guide relatif à la définition d'une pollution concentrée de l'UPDS d'avril 2016). ➔ La technique / le scénario envisagé est-il pertinent pour ce type de volumes ou de masses ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) « Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » (UPDS) « Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » (BRGM)
	Fractionnement des masses de polluants en phases (libre, adsorbée, aqueuse, gazeuse)	Ce critère vise à identifier les différentes phases concernées par la pollution, ainsi que les transferts et équilibres entre les différents milieux. Il étudie également la mobilité des polluants, et les états stationnaires. ➔ Sous quelle forme se trouve majoritairement la pollution ? Cette forme est-elle susceptible de se trouver en contact avec des cibles ? ➔ La technique / le scénario envisagé est-il efficace sur la ou les phases visées par le traitement ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Toxicité / inflammabilité / explosivité des polluants	Les paramètres tels que la toxicité, l'inflammabilité et l'explosivité des polluants conditionnent les traitements possibles. ➔Certaines techniques / certains scénarios sont-ils incompatibles avec les propriétés des contaminants ? ➔ Certaines techniques nécessitent-elles la mise en œuvre de précautions particulières afin de maîtriser les risques de toxicité / inflammabilité / explosivité des polluants ? Ces précautions sont-elles contraignantes ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Stabilité/persistance des polluants (dégradation, nature et propriétés des produits de dégradation …)	Ce critère vise à étudier l'existence et la rapidité des phénomènes de dégradation, de même que la toxicité des éventuels sous-produits de dégradation et de leur persistance. ➔ Les techniques / scénarios de gestion basés sur des processus de dégradation des polluants sont-ils pertinents pour le site ? ➔ Les sous-produits de dégradation attendus pour chaque technique / scénario sont-ils plus ou moins dangereux que les contaminants initiaux ? ➔ Le cas échéant ces sous-produits de dégradation ont-ils bien été pris en compte dans la gestion des pollutions et des risques ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Critères relatifs aux milieux supports des polluants	Contexte géologique	La nature et la structure des différents terrains et leur agencement conditionnent les possibilités de traitement. ➔ La lithologie en présence présage-t-elle de difficultés pour la réalisation de la technique envisagée ? (sols hétérogènes, fracturés, terrains à faible perméabilité peu favorables à certaines technologies car rendant l'accès aux polluants difficile, …).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)

Thématique concernée	Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
	Contexte hydrogéologique et hydrologique	La nature et la profondeur de l'aquifère jouent sur les traitements possibles, de même que ses caractéristiques hydrodynamiques, son hydrochimie, etc. Par ailleurs, certains traitements peuvent occasionner des impacts sur les eaux superficielles / souterraines. ➔Le contexte hydrogéologique présage-t-il de difficultés pour la technique envisagée ? (ex : milieu anisotrope, écoulements variables ou complexes, aquifère de forte épaisseur en présence de contaminants au comportement plongeant, aquifère confiné, nappe artésienne…). ➔ La technique de dépollution / le scénario de gestion envisagés seront-ils à l'origine d'un impact sur les eaux souterraines et/ou superficielles locales (modification des écoulements, élévation du toit de la nappe,…) ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
Critères relatifs au site	Encombrement sur site	Ce critère étudie le bâti et les structures aériennes ou enterrées en présence, qui pourraient constituer des limites à l'applicabilité de certains traitements. ➔ Certaines techniques de dépollution / certains scénarios de gestion sont-ils incompatibles avec l'encombrement du site ? Certaines techniques nécessitent-elles de conforter les bâtiments (excavation en pied de bâtiment nécessitant un blindage ou une reprise en sous-œuvre, bâtiments en mauvais état nécessitant un diagnostic solidité avant intervention).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Accessibilité du site	Ce critère identifie les éventuelles difficultés d'accès qui pourraient constituer des limites à l'applicabilité de certains traitements. ➔ Certaines techniques de dépollution / certains scénarios de gestion sont-ils incompatibles avec les contraintes d'accessibilité du site ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Distance entre le site et le centre de traitement/stockage (dans le cas d'un traitement/enfouissement hors site)	Dans le cas d'un traitement/stockage hors site, l'éloignement de l'unité de traitement est défavorable en termes organisationnels (délais plus importants de transport) et environnementaux (trafic plus important). ➔ Quel est l'impact économique de l'éloignement de l'unité de traitement ? ➔ Quel est l'impact environnemental de l'éloignement de l'unité de traitement ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Nature et type des activités pratiquées sur le site	Si le site d'étude est encore en activité, certaines de ces activités peuvent constituer des obstacles à l'applicabilité de techniques de dépollution. ➔Existe-t-il une activité sur site ? Le chantier devra-t-il se dérouler en tenant compte de contraintes de co-activité ? Le chantier devra-t-il se dérouler hors des périodes d'activité du site (la nuit ou lors des congés d'été) ? ➔L'activité implique-t-elle des procédés qui ne sont pas compatibles avec certaines techniques de dépollution / certains scénarios de gestion? (ex : risque chimique / d'incendie / d'explosion) ➔ Des structures pourraient-elles être endommagées par certaines techniques ? (ex : déstabilisation de réseaux ou de bâtiments par un traitement thermique in situ ou l'injection de réactifs à potentiel corrosif dans le sous-sol).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Présence de contraintes de sécurité liées à l'activité du site (« zone feu », etc.)	Lorsque les activités du site ont nécessité la délimitation de zones où l'accès / les activités sont contraints, il est nécessaire d'en tenir compte dans l'identification des mesures de gestion appropriées. ➔Existe-t-il des zones à traiter qui seraient incompatibles avec certaines techniques de dépollution / certains scénarios de gestion? (ex : risque chimique / d'incendie / d'explosion, zones ATEX).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Contraintes liées aux procédures qualité internes à un site	Prise en compte du Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé- PPSPS, etc. ➔ Pour les techniques ou les scénarios de gestion envisagés, les contraintes en lien avec les procédures applicables sur site impactent-elles la durée du chantier ? Son emprise ? Son coût ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Présence de structures et/ou de réseaux enterrés	Certaines techniques de dépollution nécessitent des excavations, ou encore mettent en jeu des procédés pouvant fortement impacter les éventuelles structures enterrées proches (méthodes thermiques in situ par exemple). ➔ Des structures enterrées pourraient-elles être endommagées par certaines techniques / certains scénarios de gestion ? ➔ Faut-il prévoir de déplacer certaines structures enterrées pour permettre le traitement ? A quel coût ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Présence d'utilités	Ce critère étudie si le site est (encore) équipé d'un accès à l'eau, l'air comprimé, l'électricité, à des lignes téléphoniques, à la vapeur sous pression, etc. ➔ Le site permet-il de répondre à tous les besoins du chantier pour les techniques envisagées (énergie, eau etc.) ? ➔ Dans le cas contraire, est-il possible de fournir les énergies / fluides manquants ? A quel coût ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Contexte climatique	Certaines typologies de traitements sont particulièrement tributaires des conditions climatiques. ➔ Les conditions climatiques sont-elles limitantes pour la réalisation des techniques envisagées ? (ex : difficultés pour la biodégradation sur site en contexte de basses températures) ➔ Faut-il protéger certaines installations du chantier ? A quel coût ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Contraintes d'un projet d'aménagement du site	La réhabilitation du site devra, dans certains cas, être pensée en fonction des contraintes inhérentes au projet d'aménagement prévu (ex : nécessité de créer des parkings en sous-sol). ➔ Quelles sont les principales contraintes du projet ? Certaines excluent-elles des techniques de dépollution d'intérêt ? ➔ Est-il possible d'aménager le projet (plan, phasage) afin d'offrir plus d'alternatives de réhabilitation ? ➔ La technique / le scénario envisagé sera-t-il à l'origine d'une perte de portance des sols (par exemple en cas d'excavation et remblaiement). Quel sera l'impact sur le futur bâti ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
Critères relatifs au traitement envisagé	Abattement prévisionnel / rendement de la technique	Sur la base des connaissances actuelles, ce critère vise à estimer la part de la pollution du site qui pourra être traitée/extraite du site par une technique / un scénario de gestion envisagé. L'appréciation de ce critère intègre les éventuels aléas. Le rédacteur du BCA pourra judicieusement calculer l'abattement prévisionnel et établir le ration entre celui-ci et le coût financier. ➔ Quel est l'abattement prévisionnel de la technique du scénario étudié ? ➔ Subsistera-t-il une pollution résiduelle après l'application de la technique / du scénario envisagés ? De quelle nature ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)

Thématique concernée	Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Critères relatifs aux objectifs (pourquoi dépolluer ? Jusqu'où dépolluer ?)	Maturité (état de développement) / faisabilité de la technique	L'état de développement des procédés et références permet d'apprécier l'aléa qui pèse sur l'atteinte des objectifs. Ce critère étudie également la faisabilité de la technique vis-à-vis des objectifs à atteindre : le cas échéant, permet-elle de dépolluer jusqu'aux seuils retenus ? Est-elle reconnue comme efficace sur les niveaux de concentrations relevés au droit du site ? ➔ La technique envisagée a-t-elle déjà été éprouvée sur des sites aux caractéristiques similaires ? ➔ Des tests de faisabilité / traitabilité ou des essais pilotes sont-ils disponibles pour le site étudié ? ➔ Quelle est l'incertitude qui pèse sur l'atteinte des objectifs ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Pérennité de la mesure de gestion	Certaines mesures de gestion (ex : confinements, ventilation forcée dans les futurs bâtiments…) ne sont pas pérennes par nature. S'il est possible d'agir pour augmenter la durabilité de ces mesures de gestion, certains maîtres d'ouvrage pourraient favoriser une stratégie mettant en avant les solutions pérennes, afin de réduire, voire supprimer leur responsabilité environnementale à long terme. ➔ Quel est le devenir du site ? ➔ Le MO souhaite-t-il favoriser des scénarios de gestion qui garantissent la pérennité de la gestion environnementale du site ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
	Critères d'acceptation en centre d'élimination/incinération (teneurs en chlore, etc.)	Certains paramètres font l'objet de restrictions du fait de leur incompatibilité (à partir d'un certain seuil) avec les traitements appliqués sur des centres agréés extérieurs. ➔ Quels sont les volumes concernés par un dépassement de ces critères ? ➔ Quel autre exutoire peut-être envisagé pour les matériaux concernés ? ➔ Certaines techniques / certains scénarios doivent-ils être écartés en raison du dépassement de ces critères ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Critères d'acceptation en ISD selon les exploitants	Les ISD sont exploitées dans les conditions définies par leur autorisation d'exploitation, définissant notamment des valeurs seuils à ne pas dépasser pour certains contaminants. ➔ Quels sont les volumes concernés par un dépassement de ces critères ? ➔ Quel autre exutoire peut-être envisagé pour les matériaux concernés ? ➔ Certaines techniques / certains scénarios doivent-ils être écartés en raison de dépassements de ces critères ? ➔ Quel sera l'impact des dépassements sur les rythmes d'acceptation en centre, et donc sur les délais de réalisation du chantier ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Critères de rejet en termes de flux et/ou de concentrations (rejets eaux, rejets gazeux)	Les conditions de rejet (débits, concentrations) seront définies lors des demandes d'autorisations administratives d'effectuer ces rejets (gaz, eaux). Ces rejets ne doivent pas occasionner d'impact sur le milieu récepteur. ➔ Existe-t-il des exutoires pour les rejets aqueux ? Quelles sont les autorisations administratives à obtenir pour les utiliser ? Quels sont les montants des éventuelles redevances ? ➔ Quels sont les débits et concentrations (flux) prévisionnels des rejets ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Nature des polluants rejetés	Ce critère identifie les contaminants rejetés et leur famille (HC, COHV, HAP, métaux…). ➔Quel sera le comportement des contaminants rejetés dans le milieu récepteur, en sortie de la technique de traitement envisagée ? ➔Le rejet qui sera généré par la technique envisagée est-il compatible avec l'état des milieux ? Avec les usages des milieux ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Possibilité de stockages intermédiaires sécurisés	Dans certains cas, la technique / le scénario de gestion envisagés nécessitent de réaliser des stockages temporaires sécurisés (ex : stockage sur site de terres). ➔ Certaines techniques envisagées nécessitent-elles de réaliser des stockages intermédiaires de matériaux ? (ex : terres) ➔Quel serait alors l'impact économique de la réalisation d'un stockage intermédiaire ? ➔ Où pourrait être effectué un tel stockage intermédiaire ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Seuils/objectifs de réhabilitation	Ces valeurs peuvent, selon les contextes, se décliner en objectifs de récupération (en % ou en masse) ou de teneur/concentration résiduelle à ne pas dépasser à l'issue du traitement. Les seuils de réhabilitation peuvent également correspondre aux concentrations à partir desquelles il est jugé nécessaire de traiter (seuil de coupure). En tout état de cause, ces valeurs, au regard des concentrations observées avant traitement, fournissent un ordre de grandeur de l'ampleur de la dépollution à réaliser, ce qui conditionne la sélection des traitements possibles. ➔ Dans le contexte étudié, quels sont les seuils / objectifs de réhabilitation ? ➔ Quelles techniques / scénarios de gestion permettent d'atteindre ces seuils / objectifs ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Réduction du risque pour les différentes voies de transfert ou d'exposition (par substance ou famille de substances) visant à rétablir la compatibilité de l'usage du site avec l'état des sols, de la nappe, etc…	Ce critère pourra être étudié sur la base du schéma conceptuel du site. ➔ Quelles sont les voies de transfert / d'exposition sur lesquelles joueront les techniques / les scénarios envisagés ? Dans quelle mesure ? ➔ Subsistera-t-il des voies de transfert / d'exposition à l'issue des traitements envisagés ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Possibilité de mettre fin à des contraintes de confinement	Certains sites font parfois déjà l'objet de mesures de gestion visant à maîtriser le transfert des pollutions (ex : confinements hydrauliques). Dans certains cas, les techniques de dépollution qui permettent d'éliminer la pollution peuvent permettre de mettre fin aux confinements et à leurs contraintes. ➔ Les techniques / les scénarios envisagés permettent-ils de mettre fin à des contraintes de confinement du site existantes ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Positionnement du maître d'ouvrage vis-à-vis des dispositions constructives / restrictions d'usage	Lorsque la technique de dépollution retenue ne permet pas de traiter toute la pollution à l'origine de risques sanitaires ou environnementaux, il convient d'envisager d'autres mesures de gestion, telles que les dispositions constructives et/ou les restrictions d'usage. Néanmoins, ces mesures de gestion sont souvent à l'origine de suivis ultérieurs et ne permettent pas au maître d'ouvrage de se défaire de sa responsabilité environnementale à moyen et long terme. Aussi, le positionnement du MO vis-à-vis de ces mesures de gestion est à identifier afin de proposer les scénarios de gestion les plus appropriés. ➔ Quel est le positionnement du MO vis-à-vis des mesures constructives / des restrictions d'usage qui pourraient être nécessaires en complément de la technique de dépollution ? ➔ Les scénarios de gestion étudiés sont-ils en phase avec ce positionnement ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)

Thématique concernée	Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Critères organisationnels	Délais / Stratégie de dépollution dans le temps	Ce critère vise à identifier les éventuelles contraintes de délais pour la réhabilitation du site. Dans certains contextes, une stratégie de dépollution dans le temps peut être établie avec, par exemple, l'application successive de plusieurs mesures de gestion complémentaires. Certains contextes exigent par ailleurs une réhabilitation rapide. L'évaluation des délais de la réhabilitation doit intégrer les éventuels aléas. ➔ Quelle est la durée prévisionnelle pour l'atteinte des objectifs par la technique / le scénario de gestion envisagé ? ➔ Ces durées prévisionnelles sont-elles compatibles avec les contraintes de délais ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Stratégie de dépollution dans l'espace (sites multi sources) / foncier disponible	Dans certains contextes (ex : aménagement de certaines ZAC), une stratégie de dépollution dans l'espace peut être établie (réflexion sur la disposition du projet, priorisation de zones à traiter, moyens de traitements mutualisés entre plusieurs zones, etc…). Par ailleurs, la possibilité de mettre en œuvre certaines techniques de traitement est fortement conditionnée par le foncier disponible. ➔ La technique / le scénario envisagés permettent-ils de répondre à cette stratégie de dépollution dans l'espace ? ➔ Quel est le foncier disponible pour la réhabilitation ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
	Stratégie à adopter en fonction de l'occupation actuelle et future du site et de son environnement	S'il existe des usages en cours / à venir sur site, ou encore s'il existe des usages à proximité immédiate du site qui pourraient être impactés par la réhabilitation, il peut être nécessaire de tenir compte des contraintes associées dans l'élaboration des scénarios de gestion (phasage et zonage des interventions par exemple). ➔ La technique / le scénario envisagé sera-t-il générateur de risques pour les usagers actuels / futurs du site ou d'un autre site tout proche ? ➔ Une stratégie de réhabilitation permet-elle de s'affranchir (ou de limiter de façon suffisante) ces risques ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Compatibilité de la mesure avec d'éventuelles autres mesures	La mesure de gestion envisagée peut présenter une incompatibilité avec d'autres mesures (ex : excavation qui serait envisagée au droit d'une zone comprenant des puits utiles à un confinement hydraulique, lesquels ne pourraient pas être stoppés). ➔ La mesure de gestion envisagée est-elle incompatible avec d'autres mesures jugées pertinentes pour le site ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
	Nécessité de laisser des unités de traitement sur place	Certaines techniques de dépollution requièrent de laisser des installations sur site, pendant des durées parfois importantes. Selon le contexte du site, la conservation d'unités de traitement sur place pourra constituer une contrainte plus ou moins importante. ➔ La technique / le scénario de gestion envisagés nécessitent-ils de laisser des installations de traitement sur place ? ➔ Si oui, quel est le degré de contrainte occasionné ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
	Critères et procédures de réception de la dépollution	Selon la méthodologie de réhabilitation du site, la réception pourra être effectuée de différentes façons (vérification des teneurs dans les sols, les gaz du sol, l'air ambiant, les eaux souterraines, avec une possible période d'attente en vue de l'établissement des états d'équilibres, notion d'effets rebonds,…). A noter que certains types de prélèvements (notamment les prélèvements d'air) sont fortement tributaires des conditions météorologiques, et sont donc sujets à aléas. ➔ Quelles sont les modalités attendues de la réception ? ➔ Existe-t-il un fort aléa sur la validation de la réception ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)

Critères économiques

Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Coût de la dépollution	Ce coût correspond à l'investissement (conception, installation, amenée-repli) et au fonctionnement (énergie, consommable, élimination, maintenance, exploitation etc.). Il correspond aux moyens humains et matériels nécessaires et intègre les éventuels aléas. Dans certains cas, le coût pourra être étudié sous la forme de ratios (coût/durée, ou encore coût/abattement des teneurs par exemple). Ce coût intègre aussi les travaux connexes nécessaires à la bonne réalisation du traitement, en fonction des contraintes du site : soutènements provisoires, rabattements de nappe, extraction de structures enterrées, gardiennage, etc… ➔ Ce coût est-il particulièrement compétitif pour la technique / le scénario envisagé ? ➔ Ce coût est-il au contraire rédhibitoire pour la technique / le scénario envisagé ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Coûts des suivis ultérieurs	Le coût post-traitement correspond aux surveillances et aux prestations associées (ex : suivi de nappe, ou encore suivi de l'efficacité des mesures constructives). Pour certaines mesures constructives, il est en effet nécessaire de vérifier régulièrement que l'efficacité reste suffisante (ex : dépressurisation d'un bâtiment avec traitement des rejets sur charbon actif, ventilation forcée…). ➔ Existe-t-il un suivi ultérieur à prévoir pour le scénario envisagé ? A quel coût ? ➔ Ce coût est-il particulièrement compétitif (voire inexistant) pour la technique / le scénario envisagé ? ➔ Ce coût est-il au contraire rédhibitoire, ou fortement sujet à aléas pour la technique / le scénario envisagé ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Coûts des mesures constructives	Des ordres de grandeur peuvent être fournis pour le coût de la mise en place de mesures constructives (ex : vide sanitaire). ➔ Le coût des mesures constructives envisagées dans le scénario de gestion est-il rédhibitoire ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Guide sur les mesures constructives (BRGM)
Coûts des servitudes	Dans le cas où le scénario de gestion envisagé comporte la mise en place de servitudes, le coût financier de ces servitudes correspond à la dépréciation de la valeur du terrain et des terrains environnants et à l'indemnisation éventuelle des propriétaires des parcelles concernées. S'il n'est pas recommandé d'estimer ce coût (en l'absence de méthodologie de chiffrage fiable), une appréciation qualitative peut être fournie. ➔ Le nombre de propriétaires concernés est-il important ? ➔ La surface concernée par la servitude est-elle grande?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Réduction de la décote financière des terrains dans le cadre d'une cession/vente du site	La réalisation d'un traitement de la pollution permet de réduire (voire d'éliminer) la pollution du site et donc de réduire son passif environnemental. De ce fait, la décote financière du site impacté sera réduite, en contexte de cession/vente. ➔ Les techniques / scénarios envisagés permettront-ils de réduire la décote financière du site ? Dans quelle mesure ? (à évaluer de façon qualitative).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Coûts liés à la sécurité (maîtrise des risques chimiques, mécaniques, électriques, thermiques, etc.)	La mise en place de mesures de sécurité permettant de maîtriser les risques en lien avec les caractéristiques du site et les techniques / scénarios de gestion envisagés représente un coût (mise en place de procédures, allongement éventuel du chantier du fait du respect de ces procédures, etc.) ➔ Quel est le coût estimé de la gestion des problématiques de sécurité pour la technique / le scénario étudié ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)

Critères environnementaux et critères d'hygiène et sécurité

Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Rendement énergétique et écobilan (ou analyse de cycle de vie)	Le critère du rendement énergétique étudie la consommation énergétique nécessaire pour l'extraction et le traitement (procédé destructif ou non) réduisant la charge polluante. L'analyse de cycle de vie est un moyen d'évaluer les impacts environnementaux globaux de la technique ou du scénario considérés (besoins en ressources tout au long du procédé). ➔ Quelle est la consommation prévisionnelle d'énergie par unité de pollution traitée (une unité pertinente sera définie au cas par cas : surface, volume, …). ➔ L'écobilan de la technique / du scénario de gestion est-il satisfaisant ? (l'analyse peut, au besoin, rester qualitative).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Projet SOLENV (ministère / ADEME)
Augmentation des gaz à effet de serre (notamment par le biais du trafic)	Les différentes mesures de gestion possibles peuvent émettre des quantités de gaz à effet de serre très variables. A titre d'exemple, la gestion sur site de terres excavées est a priori moins génératrice de gaz effet de serre que le traitement hors site de ces terres (qui nécessite leur transport, souvent par voie routière). ➔ Quelles étapes des techniques / scénarios de gestions envisagés sont génératrices de gaz à effet de serre ? Dans quelle mesure ? (à évaluer a minima de façon qualitative). ➔ Certaines techniques / certains scénarios sont-ils particulièrement générateurs de gaz à effet de serre ? ➔ A l'inverse, d'autres permettent-ils de limiter fortement ces émissions ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Projet SOLENV (ministère / ADEME)
Risques de mobilisation de polluants vers les eaux souterraines, les eaux de surface et/ou l'atmosphère	Selon la technique / le scénario retenu, les risques de mobilisation des polluants vers les différents compartiments des milieux à l'issue de la réhabilitation seront plus ou moins importants. ➔ Dans le cadre de la technique / du scénario envisagé, quels seront les risques de mobilisation des polluants vers les différents compartiments du milieu ? (pendant, et après le chantier de réhabilitation).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Impact géotechnique (tassements, dessiccation, etc.)	Certaines techniques de dépollution peuvent impacter durablement les caractéristiques géotechniques du site. Par exemple, l'excavation de terres polluées et le remblaiement d'une fouille permettent de réhabiliter une zone, mais celle-ci pourrait présenter une portance moindre suite aux travaux. Certaines techniques in situ (thermique, vitrification…) peuvent également impacter la structure du sol et ses caractéristiques géotechniques. ➔ La technique / le scénario envisagé sont-ils susceptibles de générer un impact géotechnique ? ➔ Si oui, de quelle nature ? Et de quelle ampleur ? (surface concernée, conséquences…).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Guide sur les mesures constructives (BRGM)
Impact pédologique (fonctionnalités du sol)	Certaines techniques de dépollution détruisent la structure pédologique des sols, qui perdent une partie de leurs fonctionnalités. Par exemple, l'excavation de terres polluées et le remblaiement d'une fouille, ou encore les méthodes thermiques permettent de réhabiliter une zone, mais la zone remblayée/ traitée ne constitue plus un sol au sens pédologique du terme (c'est-à-dire des horizons structurés, assurant des fonctions variées, telles que la filtration des eaux météoriques, la dégradation de matières organiques, etc.). ➔ La technique / le scénario envisagé sont-ils susceptibles d'impacter les fonctionnalités du sol ? ➔ Si oui, lesquelles ? ➔ Quelle est alors l'ampleur de l'impact ? (nature de l'impact, surface concernée, conséquences…).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Projet SOLENV (ministère / ADEME)
Impact sur la faune et la flore (impact de la réhabilitation et impact de la pollution résiduelle laissée en place)	De nombreuses techniques de dépollution occasionnent des impacts sur la faune et/ou sur la flore locale : destruction d'individus ou de leurs habitats, émission de bruit, poussière, odeurs et nuisances, notamment lors d'étapes clés (nichage), etc. La pollution résiduelle laissée en place sur site peut également être à l'origine d'un impact sur l'environnement du site. ➔ Le site se trouve-t-il au droit d'un espace naturel protégé ? Des espèces sont-elles à préserver ? ➔ La technique / le scénario envisagé sont-ils susceptibles d'impacter la faune et la flore locales ? Dans quelle mesure ? Cet impact est-il réversible ? ➔ Quelle sera la part de pollution résiduelle laissée sur site après la mise en œuvre de la technique / du scénario envisagé ? Quel sera l'impact de cette pollution résiduelle sur l'environnement du site ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide) Projet SOLENV (ministère / ADEME)
Risques HSE liés au chantier de réhabilitation	Les risques HSE en lien avec les chantiers de réhabilitation peuvent être de différentes natures : risques en lien avec les technologies mobilisées sur site, risques lors des transports hors site de matériaux contaminés, etc. ➔ Quels sont les principaux risques identifiés ? ➔ Des mesures de prévention permettent-elles de maîtriser ces risques ? ➔ Quelles sont les répercussions de ces mesures de prévention ? (durée du chantier, coûts…)	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)

Critères socio-politiques

Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Impact psychologique de la présence des teneurs/concentrations résiduelles sur les populations potentiellement exposées	Ce critère consiste à étudier le risque résiduel perçu par les populations potentiellement exposées, par rapport au risque résiduel réel. ➔ Existe-t-il des populations potentiellement exposées ? ➔ Quel est le niveau d'information de ces populations ? ➔ Quelle est la stratégie de communication retenue pour les informer ? ➔ Ces populations cherchent-elles à s'impliquer dans les discussions relatives à la gestion environnementale du site ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Acceptabilité du projet de réaménagement / d'éventuelles restrictions d'usage	Ce critère étudie l'acceptabilité de l'usage futur envisagé et notamment des restrictions d'usage qui pourraient être prévues dans le cadre de la réhabilitation du site. ➔ Le scénario de gestion étudié sera-t-il associé à des restrictions d'usage ? ➔ Si oui, de quelle façon ces restrictions sont-elles susceptibles d'être acceptées localement ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Acceptabilité administrative des mesures adoptées (injections, rejets, atténuation, etc.).	Certaines mesures de gestion jouissent parfois d'une moins bonne acceptabilité auprès de l'administration (techniques pour lesquelles il existe peu de retour d'expérience en France notamment). ➔ La technique / le scénario étudié dispose-il d'une bonne acceptabilité auprès de l'administration ? (sur la base du retour d'expérience du rédacteur du BCA).	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Climat socio-économique sur site, impacts socio-économiques de la réhabilitation et de l'aménagement d'un site	Certains projets de réhabilitation peuvent avoir un impact (aussi bien positif que négatif) sur le climat socio-économique local : déplacement de populations / d'emplois, création d'emplois etc. ➔ La technique de dépollution / le scénario envisagé sont-ils susceptibles d'avoir une influence sur le climat socioéconomique local ? ➔ Si oui, laquelle ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Réponse à une pression médiatique, politique, associative (ONG)	Certains projets de réhabilitation environnementale sont entrepris en réponse à une forte demande de la part d'acteurs engagés, et/ou exerçant une communication publique. Ces acteurs peuvent influencer fortement l'opinion publique et peuvent suivre de près la réhabilitation (et s'opposer à la stratégie de gestion environnementale). ➔ Le site est-il médiatisé pour ses problématiques environnementales ? ➔ Les élus locaux sont-ils impliqués dans le suivi environnemental du site ? ➔ Des associations /ONG sont-elles impliquées dans le suivi environnemental du site ? ➔ Quel accueil sera a priori réservé par ces acteurs aux techniques / scénarios de gestion envisagés ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Image publique du MO	Selon le scénario de gestion retenu (et souvent en fonction de la pollution résiduelle laissée en place), l'image du MO peut être affectée auprès du public. ➔ Le MO dispose-t-il d'une forte visibilité locale ? Nationale ? Quels sont les enjeux de communication pour lui ? ➔ Des riverains (éventuellement regroupés au sien d'une association) ou des ONG sont-ils impliqués dans le suivi du site ? ➔ Le site est-il fortement exposé aux médias ? (voir ligne précédente) ➔ Quel accueil sera a priori réservé par ces acteurs aux techniques / scénarios de gestion envisagés ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
Risques de nuisances induites par le transport	Certaines techniques de dépollution induisent du transport hors site de matériaux pollués (exemple : gestion par excavation et envoi en centres de stockage / de traitement). L'augmentation du trafic ainsi que les conditions de transport peuvent occasionner des nuisances pour les riverains (encombrement des routes, envol de poussières, bruit, présence de sites sensibles tels qu'une école,…). ➔ La technique / le scénario envisagés sont-ils susceptibles de générer des nuisances induites par le transport ? ➔ Si oui, de quelle nature ? De quelle ampleur ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)
Risques de nuisances induites sur site et aux alentours immédiat du site	La réhabilitation du site peut occasionner plusieurs types de nuisance au droit (ou à proximité immédiate) du site : envols de poussières, nuisances olfactives (composés volatils et odorants), nuisances sanitaires (poussières, volatilisation de contaminants volatils), nuisances sonores (bruit généré par le chantier), nuisances visuelles (intégration paysagère du projet de réhabilitation ?). ➔ La technique / le scénario étudiés seront-ils à l'origine de nuisances ? ➔ Si oui, de quelle nature ? Quelle est la durée prévisionnelle de l'exposition des riverains à ces nuisances ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM)

Critères juridiques et réglementaires

Critère	Définition et questions clés	Origine de l'identification du critère
Déchets générés par le chantier	Tout chantier de réhabilitation est susceptible de générer des déchets, parfois non inertes, dont le maître d'ouvrage est responsable jusqu'à leur élimination ou leur valorisation finale (terres excavées, équipements de protection souillés, sous-produits de traitement, etc.) ➔ Quels seront les déchets générés par le chantier ? (nature, quantités…) ➔ Quel est le délai pour l'élimination ou la valorisation finale de ces déchets ? ➔ Quelle est alors la responsabilité environnementale à moyen / long terme pour le maître d'ouvrage ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillance, permanence de traitements...)	Les contraintes résiduelles permettent de diminuer l'ampleur des traitements de la pollution, ou de privilégier des solutions basées sur la dégradation naturelle des polluants (option de régénération naturelle). Néanmoins, ces contraintes résiduelles présentent des impacts socio-économiques (limitation de l'usage des terrains ou des aquifères) et nécessitent une surveillance. Les surveillances à long terme peuvent être à l'origine de problématiques lorsque le site change de propriétaire (nécessité d'obtenir des autorisations d'accès). Par ailleurs, lorsqu'il subsiste une pollution résiduelle au droit du site, le pollueur conserve une responsabilité environnementale à moyen / long terme. ➔ Le scénario de gestion étudié est-il associé à des contraintes résiduelles ? De quelle nature ? ➔ Quelle est alors la responsabilité environnementale à moyen / long terme pour le maître d'ouvrage ? ➔ Le site est-il susceptible de changer de propriétaire ? Des autorisations d'accès au site seront-elles nécessaires pour réaliser les suivis ultérieurs ? ➔ Quelle est l'importance pour le maître d'ouvrage de ne pas conserver de responsabilité environnementale à long terme au droit du site d'étude ?	Annexe 2 de la circulaire du 08/02/07 (Ministère)
Conformité réglementaire	Il est obligatoire de veiller à ce que la technique de dépollution étudiée / le scénario de gestion envisagé soit conforme avec la législation en vigueur au droit du site. ➔ La technique / le scénario étudié sont-ils conformes aux législations applicables au droit du site ?	Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)
Contraintes réglementaires / autorisations administratives	La mise en œuvre de certaines techniques / de certains scénarios de gestion doit respecter des contraintes réglementaires (ex : obtention d'autorisations de rejet). ➔ Existe-t-il des exutoires pour les rejets aqueux ? ➔ Quels sont les débits et concentrations prévisionnels des différents rejets ? ➔ Au vu des questions précédentes, des difficultés à obtenir les autorisations de rejet sont-elles à anticiper ? ➔ des autorisations administratives d'autres natures (permis de voirie, dossier d'autorisation d'exploiter pour certaines installations, etc. …) doivent-elles être obtenues ? Des difficultés sont-elles anticipées ?	« Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (BRGM) Enquêtes sur le bilan coûts-avantages (dans le cadre du présent guide)

Annexe 4 Exemple d’application n°1

Annexe 4 - Exemple d'application n°1

Ancien site industriel en friche / pollution sur site et hors site / site orphelin

Afin d'illustrer le guide méthodologique, deux exemples d'application basés sur des données réelles sont proposés en annexe.

Contenu des exemples :

Chaque exemple est exploité de la façon suivante :

- **Fiche de résumé contexte de gestion** : présentant pour chaque exemple les principales données d'entrée nécessaires à la compréhension du BCA, telles que la lithologie du site, la description des pollutions identifiées, etc… Cette fiche de résumé est en lien direct avec le schéma conceptuel ;
- **Fiche d'application du guide méthodologique** : présentant succinctement le cheminement et le contenu attendu pour chaque étape du guide méthodologique. En parallèle, la méthodologie employée par le prestataire ayant réalisé le BCA servant d'exemple est décrite à chaque étape. Cette approche comparative permet de rappeler certaines préconisations du guide sur la base d'un cas concret.

Méthodologie d'exploitation des exemples :

L'exploitation des exemples développés dans le cadre du guide méthodologique n'a pas vocation à se prononcer sur l'expertise technique du prestataire dans le domaine des travaux, et porte uniquement sur la méthodologie proposée dans le présent guide pour l'établissement du bilan coûts-avantages.

Aussi, et pour simplifier l'exploitation des exemples et la comparaison entre la méthodologie préconisée dans le guide et celle appliquée par le prestataire, les techniques de dépollution retenues ou non retenues dans l'application du guide ont été les mêmes que celles préconisées par le prestataire.

Pour les mêmes raisons, l'exemple d'application du guide a été développé sur la base de la même approche comparative (analyse qualitative, semi-quantitative, quantitative) que celle du BCA servant d'exemple.

Comparaison entre la méthodologie utilisée par le prestataire, et la méthodologie préconisée dans le guide :

Un travail de comparaison a été effectué pour chacun des deux exemples afin de confronter le BCA établi par le prestataire, et le BCA établi selon les préconisations du présent guide méthodologique.

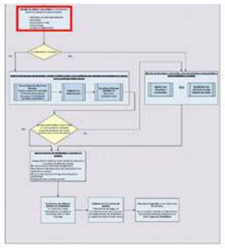
Les principales observations pouvant être formulées à l'issue de cette comparaison sont les suivantes :

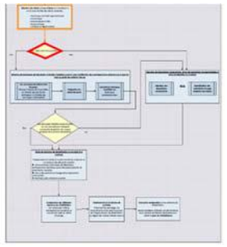
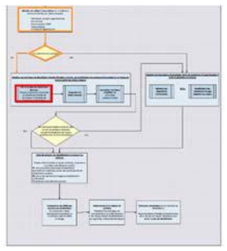
- Le BCA exclut parfois le milieu des eaux souterraines sans apporter de justification. Il peut être pertinent de ne pas traiter les eaux souterraines, mais il est recommandé de formaliser les raisons de ce choix ;
- Les critères utilisés ne sont pas toujours identifiés de façon claire, et il peut exister une variabilité quant aux critères mentionnés au fil du raisonnement. Pour une meilleure clarté du BCA, il est recommandé d'identifier au début de l'exercice les critères pertinents pour l'étude, et de se tenir à la liste retenue. Le fait de regrouper les critères d'étude dans les 5 familles identifiées au chapitre 10 permettra d'organiser cette partie, et de ne pas omettre de thématique ;
- Les étapes de tri permettant d'éliminer les techniques de dépollution les moins pertinentes ne sont pas toujours argumentées ou explicitées. De ce fait, il n'est pas toujours aisé (notamment pour un non expert) de comprendre pour quelle raison une technique a été sélectionnée lors d'un tri au détriment d'une autre ;
- Les dispositions constructives et les restrictions d'usage sont étudiées à la fin du BCA, et non en tant que mesures de gestion pleinement intégrées au scénario de gestion au cœur de l'exercice.
- Dans le cadre de l'étude du critère financier, il est recommandé d'intégrer le coût des dispositions constructives lorsqu'elles existent (ou de mentionner leur aspect négligeable le cas échéant) ;
- Les exemples consultés sont conclusifs. Le présent guide méthodologique préconise de favoriser un document non conclusif, afin que le MO reste décisionnaire et afin de tenir compte de l'aspect évolutif du BCA.

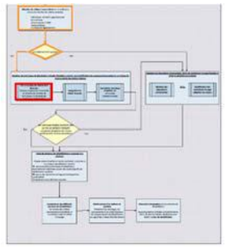
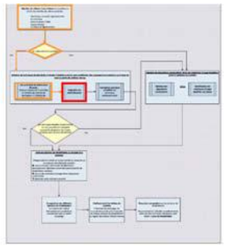
Fiche de résumé du contexte

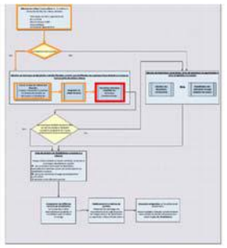
Elément de contexte		Description du site
Données environnementales acquises	**Contexte géologique**	Géologie complexe dite "en mille feuilles". Marnes, calcaires et limons constituent un ensemble hétérogène en surface. Présence d'argiles vertes entre 4 et 6 m de profondeur, dont le toit forme une "cuvette" au droit du site. Cette cuvette se prolonge au nord-est, où elle "évacue" des eaux d'infiltration qui se sont souillées au contact des sols pollués du site. Les argiles affleurent à l'ouest (il n'y a donc pas de transfert d'eaux souillées dans cette direction).
	Contexte hydrogéologique	Aucune nappe pérenne n'est identifiée au droit du site. En cas de pluie, les eaux se répandent et s'accumulent dans la cuvette formée par le toit des argiles vertes, notamment sous les habitations. La nappe profonde du calcaire Lutétien est protégée par les argiles vertes.
	Contexte hydrologique	Pas de cours d'eau ou étendue d'eau en lien hydraulique avec le site aux alentours.
	Cibles	Riverains habitant en bordure du site, à proximité immédiate de ce dernier (à l'ouest, au nord et au sud).
	Typologie des activités/ anciennes activités	Ancien pressing industriel. Les installations ont été démantelées et le bâtiment démoli.
	Niveau des investigations	Très bon niveau de caractérisation, avec pour un site de 1 200 m² et ses environs immédiats: -74 sondages entre 3 et 7 m de profondeur; -310 échantillons de sols analysés; -11 piézomètres posés sur et hors site, dont 9 prélevés. Ces ouvrages caractérisent les eaux d'infiltration qui s'accumulent sur le toit des argiles vertes. Il ne s'agit pas d'une nappe pérenne; -26 piézairs posés sur et hors site, tous prélevés. Plusieurs campagnes d'investigations ont été réalisées (sur et hors site). Un suivi de l'air intérieur des riverains proches a débuté il y a plus de 7 ans. Le plan de gestion dont le BCA a été réalisé en deux phases, entre lesquelles a été effectué un test pilote de dimensionnement d'un réseau d'extraction des gaz dans les sols.
Identification des pollutions concentrées / diffuses / résiduelles ainsi que des risques	**Pollution mise en évidence dans les sols sur site**	Deux foyers concentrés de pollution par du PCE entre 1,5 et 2,5 m de profondeur environ, avec localement des teneurs supérieures à 100 000 mg/kg. (Jusqu'à 434 000 mg/kg). Volumes concernés relativement faibles (< 1 000 m^3).
	Pollution mise en évidence dans les sols hors site	Pollution par du PCE avec des teneurs de l'ordre du mg/kg. Mais l'extension latérale des zones sources reste circonscrite aux limites du site.
	Pollution mise en évidence dans les gaz du sol sur site	Pollution par du PCE, avec des concentrations jusqu'à plus de 1 000 mg/m^3.
	Pollution mise en évidence dans les gaz du sol hors site	Pollution par du PCE, avec des concentrations de plusieurs centraines de mg/m^3 à proximité du site.
	Mesures de la qualité de l'air intérieur hors site (riverains proches)	Mesures dans les caves / sous-sols, et dans les pièces de vie: montrent la présence de PCE, avec parfois des teneurs supérieures aux valeurs de l'OQAI 2003-2005 (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur). La teneur maximale mesurée historiquement dans les pièces de vie est de l'ordre de 97 mg/m^3. Les campagnes plus récentes montrent des valeurs maximales de l'ordre de 16 mg/m^3 au droit des logements les plus impactés.
	Pollution mise en évidence dans les eaux souterraines de sub-surface (eaux d'infiltration) - sur site et hors site	Pollution par des solvants chlorés. Teneur ponctuelle de l'ordre de 20 mg/l en PCE mesurée au droit du site.
	Existence ou non de risques sanitaires	Absence de risque sur site car celui-ci est désaffecté. Risque sanitaire non acceptable détecté hors site chez les riverains en bordure de site (sur la base des mesures de la qualité de l'air ambiant).
	Schéma conceptuel	Les foyers concentrés dans les sols restent localisés au droit du site. Les riverains hors site sont impactés par dégazage, et par infiltration puis dégazage des eaux lors des épisodes pluvieux. Les passées de calcaires fissurés constituent des chemins privilégiés pour la migration de vapeurs de solvants vers les habitations des riverains proches du site.
Constats simples	**Contexte du plan de gestion**	Cessation d'activité.
	Maître d'ouvrage	Ancien exploitant défaillant, maîtrise d'ouvrage assurée par l'ADEME
	Localisation du site	Milieu urbain (présence de riverains à proximité immédiate)
	Existence d'un projet au droit du site?	Non
	Principales contraintes	Présence de riverains, donc décision de réaliser les travaux de réhabilitation sous deux chapiteaux emboîtés et de surveiller la qualité de l'air ambiant. Les teneurs élevées dans les sols ne permettent pas l'élimination directe des terres les plus contaminées.
	Mesures de gestion déjà appliquées	Mesures d'urgence visant à protéger les riverains: recommandations du CSTB (Comité Scientifique et Technique du Bâtiment): -Remplacement des chaudières par des chaudières ne mettant pas en dépression les locaux -Rétablissement de bouches d'aération / de ventilations conformes aux normes -Etanchéification des parois de fondations en contact avec les sols pour limiter les transferts.
Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation	**Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation**	Le PG définit des seuils de coupure, correspondant aux concentrations en deçà desquelles les polluants sont considérés comme liés aux phases adsorbées, dissoutes ou gazeuses, et ne sont pas associés à de la phase organique de PCE. La majorité de la masse des polluants correspond à la phase organique. Les seuils de coupure retenus pour le site sont compris entre 8 mg/kg dans les calcaires et 100 mg/kg dans les argiles vertes. Le seuil de remblayage est de 25 mg/kg en PCE au droit des zones de pollution concentrées.
Particularités du plan de gestion / du BCA	**Plan de gestion itératif**	Plan de gestion itératif (en deux phases): -Premier BCA sommaire, puis réalisation d'un test pilote pour dimensionner un réseau d'extraction des gaz du sol; Suite à l'émission de ce premier BCA, le scénario de gestion a été en grande partie arrêté. -Second BCA portant uniquement sur le pré-traitement des terres (sur site ou hors site).
	Mission de maîtrise d'œuvre complète du BE	Le BE réalise une mission de maîtrise d'œuvre complète (incluant la conception et la réalisation des travaux).

Fiche d'application du guide

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Etapes préliminaires	Chapitres 5 et 9	Les éléments attendus sont les suivants : • Rappel de la méthodologie en vigueur (non présenté dans le cadre de cet exemple – se référer au chapitre 4 du guide) ; • Données environnementales acquises ; • Identification des pollutions concentrées / diffuses / résiduelles et des risques associés (sanitaires / environnementaux) • Constats simples ; • Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation. Ces éléments sont disponibles dans la fiche de résumé du contexte. **Les données environnementales montrent l'existence d'une pollution concentrée au droit du site.** Les pollutions concentrées à traiter se trouvent dans le milieu sol. Il est considéré que les concentrations mesurées dans les eaux souterraines issues des précipitations (absence de nappe pérenne) sont en lien avec leur infiltration à travers ces sols contaminés. L'amélioration de l'état des sols aura pour effet de diminuer la solubilisation des polluants lors de l'infiltration des eaux météoriques. Pour cette raison, il n'est pas envisagé de traiter les eaux souterraines. Quant aux gaz du sol, ils sont issus du dégazage des sols et des eaux d'infiltration. Une action de purge sur ces gaz du sol à l'issue de la dépollution des sols sera recherchée dans le BCA.
Sélection de critères / sous-critères	Chapitre 10 	Compte-tenu des données d'entrée, les critères retenus et les enjeux identifiés sont les suivants (par famille de critères, et sans hiérarchisation) : **<u>Critères techniques, normatifs, et organisationnels:</u>** ▪ **Nature des polluants** : la technique doit être efficace pour les solvants chlorés ; ▪ **Bilan massique** : la technique doit être efficace pour les niveaux de concentrations rencontrés au droit du site ; ▪ **Profondeur de la pollution** : la technique doit être réalisable dans les premiers mètres (terres les plus impactées situées à 2,5 m de profondeur) ; ▪ **Fractionnement des masses de polluants en phases** : le site comporte des zones de pollution concentrée, mais aussi des sources secondaires, au droit desquelles les contaminants se trouvent essentiellement à l'état gazeux. Du PCE est également retrouvé dans les eaux d'infiltration ; ▪ **Propriété des produits de dégradation** : les solvants chlorés peuvent être à l'origine de produits de dégradation particulièrement toxiques, comme le chlorure de vinyle ; ▪ **Contexte géologique/ hydrogéologique** : la multiplicité des formations de surface peut constituer une difficulté pour la mise en place de certains traitements. L'absence de nappe continue interdit l'utilisation de certaines techniques ; ▪ **Abattement prévisionnel / rendement de la technique :** la technique doit permettre l'atteinte des objectifs de dépollution ; ▪ **Durée du traitement :** compte-tenu du contexte local résidentiel, il convient de limiter la durée de la dépollution ; ▪ **Nécessité de mettre en place et d'assurer la maintenance d'unités de traitement :** un tel suivi représente un coût (temps, matériel). **<u>Critères économiques:</u>** les coûts de la dépollution, financée par l'ADEME (financement public) doivent rester à la mesure des enjeux. ▪ **Coût de la dépollution** ▪ **Coût des suivis ultérieurs** ▪ **Coûts des servitudes** **<u>Critères environnementaux / d'H&S:</u>** ▪ **Rendement énergétique :** la consommation d'énergie doit rester proportionnée aux enjeux ; ▪ **Emissions de gaz à effet de serre** : les émissions de gaz à effet de serre doivent rester proportionnées aux enjeux ; ▪ **Risques HSE liés au chantier de réhabilitation** : les fortes concentrations en présence et la proximité des riverains nécessitent de prendre des précautions pour limiter l'exposition. **<u>Critères socio-politiques:</u>** ▪ **Impact psychologique de la présence de teneurs résiduelles pour les populations riveraines voisines :** la technique retenue devra minimiser la pollution résiduelle à l'issue de la réhabilitation, afin d'établir une communication rassurante avec les riverains ; ▪ **Risques de nuisances induites par le chantier :** compte tenu de la proximité des riverains, des mesures devront être prises pour éviter que le chantier ne soit à l'origine de nuisances trop importantes (bruit, odeurs, poussières, problématiques d'accès aux habitations…).

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
		Critères juridiques et réglementaires: ▪ **Déchets générés par le chantier** : en cas d'évacuation de terres hors site, celles-ci prennent le statut de déchets, et restent de la responsabilité du MO jusqu'à leur élimination ou revalorisation finale ▪ **Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillances...) :** selon le scénario de gestion retenu, des restrictions d'usage pourraient affecter le site, et/ou les riverains. Toute indemnisation entraîne un coût qui ne doit pas être négligé, de même que le coût des surveillances ultérieures. Ces surveillances peuvent également être contraignantes lorsqu'elles sont effectuées chez les riverains (dérangement régulier, autorisation nécessaire…).
Un traitement est-il possible?	Chapitre 11 	Il n'est pas identifié de facteur bloquant pour la réalisation d'un traitement au droit du site, où se trouvent les pollutions concentrées. Le site est entièrement accessible (friche).
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Tri sur la base de critères hors financier **pour la gestion des pollutions concentrées sur site**	Chapitre 12.1 	Afin d'identifier les techniques les plus appropriées pour traiter les **zones de pollution concentrée,** des tris seront opérés sur la base des critères jugés les plus importants, à savoir : • **nature des polluants / bilan massique** : les techniques les moins appropriées pour les solvants chlorés ou pour les concentrations en présence sont écartées (biodégradation aérobie, bioventing, réduction in situ, bio-précipitation in situ) ; • **contexte géologique/hydrogéologique :** La pollution concentrée telle que défini dans le cas présent est localisée dans les sols. Les techniques qui visent essentiellement à traiter le milieu « eaux souterraines » sont donc également écartées (pompage, sparging/biosparging, biostimulation en zone saturée, extraction multiphasique). Le soil mixing par injection d'oxydants/réducteurs et l'oxydation chimique sur site ne sont pas retenu en raison de l'aspect hétérogène de la lithologie (difficulté à homogénéiser les sols constitués de marnes, calcaires, limons… pour que le traitement puisse être efficace) ; • **Profondeur de la pollution :** la mise en place de certains traitements serait aberrante compte tenu de la profondeur limitée de l'impact (plus fortes teneurs vers 2,5 m de profondeur) : c'est le cas de l'oxydation in situ (difficulté à mettre en contact le réactif avec l'ensemble des terres impactées, compte-tenu également de la lithologie très variable) ; • **abattement prévisionnel / rendement de la technique** : le confinement ou la solidification/stabilisation ne permettent pas de répondre aux objectifs qui sont avant tout de réduire la masse de polluants au droit du site. Par ailleurs, certains traitements apparaissent surdimensionnés par rapport aux faibles volumes à traiter (peu rentables pour un tel volume, fortes pertes d'énergie à prévoir) : vitrification et pyrolyse situ, traitement thermique in situ, soil washing, extraction chimique sur site ; • **durée du traitement** : l'atténuation naturelle contrôlée, et la phytoremédiation ne permettent pas de réaliser la dépollution du site dans des délais acceptables vis-à-vis des riverains. Le venting est associé à de fortes incertitudes sur la durée de traitement en lien avec les très fortes concentrations de départ et la complexité de la géologie, et est donc également écarté ; • **risques HSE du chantier** : les procédés à l'origine d'un important dégazage/ d'émissions d'odeurs ne seront pas retenus compte-tenu des fortes concentrations et de la présence de riverains en bordure du site (excavation sans système de récupération des gaz émis). Compte-tenu de la présence de riverains en bordure de site, il n'est pas possible de réaliser de travaux d'excavation sans mesure permettant de collecter et traiter les composés volatilisés avant rejet à l'atmosphère. Afin de conserver la possibilité d'excaver les terres du site, il reste néanmoins possible de mettre en place un système de deux tentes emboîtées, qui permettront d'assurer un bon niveau de protection des riverains. Aussi, la technique d'excavation sous tente est maintenue dans la sélection. Suite à ces étapes de tri, les techniques qui semblent le mieux convenir pour traiter les **pollutions concentrées** du site sont les suivantes : • Excavation sous tente et élimination hors site des terres ; • Excavation sous tente et dégazage sur site.

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Tri sur la base de critères hors financier **pour déterminer le traitement des zones hors pollutions concentrées**	Chapitre 12.1 	Pour ce qui est du **traitement hors pollutions concentrées**, les contaminants se trouvent dans le milieu « gaz du sol ». Le traitement est à prévoir après l'action sur les pollutions concentrées (*traitement dit de « finition » dans le BCA original ayant servi d'exemple*). Aussi, seules les techniques agissant sur les gaz du sol seront appropriées. Sur cette base, les techniques sélectionnées pour cette partie du BCA sont : • le venting ; • l'extraction double phase dans les sols.
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Intégration du critère financier	Chapitre 12.2 	A ce stade, les techniques ont été sélectionnées sur la base de critères primordiaux, en excluant le financier. Il est donc utile d'estimer l'ordre de grandeur des coûts de dépollution afin de vérifier que ceux-ci restent acceptables. Les estimations de coûts (hors taxes) sont les suivantes pour les techniques envisagées au droit des zones de **pollution concentrée** : • **Excavation et élimination hors site des terres** : 1 000 k€ ; • **Excavation et brassage des terres avant oxydation catalytique sur site** : 700 k€. Pour ce qui est des techniques envisagées **sur site hors des zones de pollution concentrée** : • **venting** : en considérant un an de traitement, le coût serait de l'ordre de 150 k€ sans oxydeur catalytique, et de 200 k€ avec un oxydeur et laveur ; • **extraction double phase des sols** : en considérant un an de traitement, le coût serait de l'ordre de 150 k€ sans oxydeur catalytique, et de 200 k€ avec un oxydeur et laveur. Pour ce qui est des techniques envisagées **pour le traitement des gaz du sol hors site** : • **venting** : en considérant 10 mois de traitement et 12 à 15 puits de traitement, le coût serait de l'ordre de 70 à 90 k€ ; • **extraction double phase des sols** : en considérant 10 mois de traitement et 7 à 10 puits de traitement, le coût serait de l'ordre de 100 à 120 k€. *<u>Remarque</u> : les chiffrages ci-avant sont directement repris du BCA du prestataire ayant réalisé le plan de gestion de l'exemple n°1.* Il est précisé que certains coûts sont difficiles à appréhender au stade du BCA, et devront être précisés après la réalisation d'un test pilote. Concernant les modalités d'estimation des coûts, le chiffrage est basé sur certaines hypothèses (portant sur la durée du traitement, ou du nombre de puits de venting par exemple). En tout état de cause, les estimations sont basées sur le retour d'expérience du prestataire, et non sur des ordres de grandeur fournis par des abaques. Cette méthode se veut plus proche de la réalité. Le chiffrage se rapporte à la phase travaux (il inclut notamment les missions d'AMO / les réunions, les mesures de suivi de la qualité des eaux, de l'air sur et hors site réalisées par ailleurs dans le cadre du dossier). D'autres aspects, tels que la coordination SPS, sont exclus.

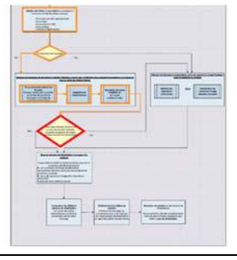
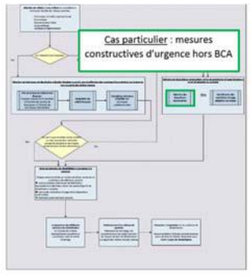
Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Description simplifiée des techniques présélectionnées	Chapitre 12.3 	*Afin que l'exemple reste synthétique, la description simplifiée des techniques étudiées n'est pas reportée ici. Le lecteur peut se référer au guide du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (juin 2010) ou encore au guide de l'ADEME « Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » (octobre 2009).*

<u>Note concernant l'aspect itératif du plan de gestion de l'exemple 1 :</u>

L'exemple n°1 correspond à un BCA établi de façon itérative par le prestataire, avec la réalisation successive :

- d'un **premier BCA sommaire** qui compare les techniques de dépollution possibles (voir les étapes précédentes). Suite à ce BCA sommaire, le scénario de gestion a été fixé en grande partie, en prévoyant :
  - le pré traitement in situ des pollutions concentrées ;
  - l'excavation des deux zones de pollution concentrée après les opérations de pré traitement in situ ;
  - le traitement sur site des terres excavées, ou leur élimination hors site ;
  - une purge finale de l'ensemble des gaz du sol au droit du site ;
  - l'extension de la purge des gaz du sol aux parcelles contiguës au nord et au sud du site.
- d'un **test pilote** portant sur le dimensionnement d'une purge active des gaz du sol ;
- d'un **second BCA** focalisé sur le choix entre le traitement des terres excavées sur site puis leur remblaiement, ou l'élimination hors site des terres excavées.

Les étapes décrites ci-avant sont basées sur le premier BCA, tandis que les étapes ci-après sont décrites sur la base du second BCA.

Les techniques étudiées laisseront-elles sur site une pollution résiduelle susceptible de générer des risques sanitaires et/ou environnementaux?	Chapitre 13 	Les mesures de gestion envisagées dans les étapes précédentes permettent de couvrir : • le traitement de la pollution concentrée ; • la purge des gaz du sol au droit de l'ensemble du site après le traitement des pollutions concentrées ; • l'extension de cette purge hors site, au droit des zones qui révèlent des problématiques dans les gaz du sol et l'air ambiant chez les riverains ; • sans oublier les mesures d'urgence déjà appliquées chez les riverains (dispositions constructives). Dans ces conditions, **il ne subsistera pas de pollution résiduelle susceptible de générer des risques sanitaires (en l'absence de projet au droit du site).** **Néanmoins des restrictions d'usage ont dû être prises pour garder la mémoire des usages possibles** *(les informations sur les restrictions d'usage / les dispositions constructives considérées dans le plan de gestion n'ont pas pu être consultées en vue d'illustrer le présent exemple d'application).*
Sélection de dispositions constructives et/ou identification de restrictions d'usage faisables a priori et adaptées au contexte ➔ Sélection des dispositions constructives	Chapitre 14.1 	Des actions à mener d'urgence ont déjà été réalisées sur recommandation des autorités sanitaires, dans les habitations voisines du site : • remplacement des chaudières de sorte que celles-ci ne mettent pas en dépression les sous-sols des riverains ; • mise aux normes des ventilations et aérations ; • étanchéification des parois des fondations pour limiter les transferts. En l'absence de projet au droit du site à l'heure actuelle, aucune disposition constructive n'est proposée sur site. Néanmoins, il est à noter que tout futur projet d'aménagement au droit du site qui impliquerait la construction de bâtiments nécessiterait l'application de dispositions constructives (exemple : bâtiment construit sur vide sanitaire).

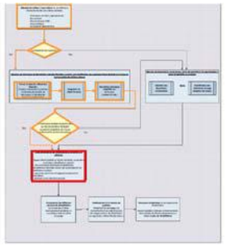
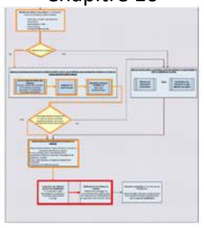
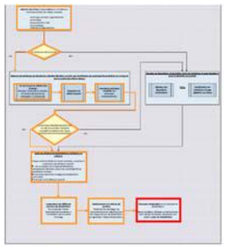
Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Sélection de dispositions constructives et/ou identification de restrictions d'usage faisables a priori et adaptées au contexte ➔ Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux	Chapitre 12.2 et 12.3	*(Les informations sur les restrictions d'usage / les dispositions constructives considérées dans le plan de gestion n'ont pas pu être consultées en vue d'illustrer le présent exemple d'application).*
Choix des scénarios de gestion à comparer	Chapitre 15 	A l'issue des étapes précédentes, le scénario retenu a été le suivant: • pré traitement in situ des pollutions concentrées ; • excavation des deux zones de pollution concentrée après les opérations de pré traitement in situ ; • traitement des terres excavées (**sur site ou hors site**); • dégazage final de l'ensemble des sols du site ; • extension du dégazage final aux parcelles contiguës au nord et au sud du site. Le BCA porte alors sur **le choix d'une technique de traitement sur site ou hors site pour les terres excavées.** Les scénarios de gestion qui sont comparés varient donc uniquement sur ce point. A noter qu'il est préconisé d'étudier **l'enlèvement de la totalité des pollutions** (parfois dans un but uniquement comparatif, lorsque l'application d'un tel scénario n'est pas envisageable). Dans le cadre du présent BCA, les scénarios étudiés traiteront de fait la totalité des deux foyers concentrés de pollution. Aussi, ce scénario est déjà bien pris en compte.
Comparaison des différents scénarios de gestion **Etablissement d'un tableau de synthèse**	Chapitre 16 	*La comparaison des scénarios de gestion est consultable dans le tableau disponible à la fin de la fiche d'application du guide à l'exemple n°1. Un code couleur rouge (inconvénient), vert (avantage) et noir (neutre) y a été adopté.*
Discussion comparative sur les scénarios de gestion **Recommandations d'études complémentaires et/ou de tests et essais nécessaires pour établir le plan de conception des travaux**	Chapitre 17 	Au vu du tableau de synthèse établi précédemment, le scénario A (traitement sur site des terres puis remblaiement) présente les principaux avantages suivants : • meilleur bilan environnemental (moins de transport que pour la solution hors site notamment) ; • plus favorable en termes d'H&S, et de risques/ nuisances pour le voisinage ; • permet de remblayer à l'avancement sans gérer les importantes contraintes identifiées pour un scénario hors site ; • coût moins élevé ; • moins de déchets générés (pas d'aléa juridique en lien avec la responsabilité des terres évacuées hors site). Toutefois, il est à noter que ce scénario nécessite un suivi et une maintenance de l'unité de traitement présente sur site (le coût global estimé pour le scénario A restant inférieur à celui de l'envoi des terres hors site). A noter également que la communication avec les riverains autour de ce scénario A sera moins aidée qu'avec le scénario B, qui présente le caractère rassurant d'une évacuation hors site. Enfin, cette technique ne permet pas de garantir de façon certaine l'atteinte des seuils de remblaiement (25 mg/kg pour le PCE). Il n'est pas recommandé de réaliser un test pilote de traitement des terres excavées par brassage et traitement des contaminants volatilisés par oxydation catalytique. En effet, la mise en place d'un tel pilote nécessiterait les mêmes ressources que la réalisation du traitement (réalisation du test non proportionnée aux enjeux).
Retour d'expérience sur le scénario de gestion appliqué sur site en conditions réelles	-	*D'après le rapport de récolement post-travaux, la réhabilitation du site a été opérée avec succès, selon le scénario de gestion prévu. Seuls deux points en fond de fouille sont restés inaccessibles aux engins de chantier du fait de la configuration de celui-ci, et de la présence de blocs calcaires.* *Ces zones ont été traitées par venting lors de la phase suivante. Ce traitement a atteint une asymptote, et n'a donc pas été poursuivi.* *Compte-tenu des faibles volumes restants, il est envisagé de réaliser une excavation sans chapiteau, au moyen d'engins de chantier plus puissants que ceux mobilisés lors du traitement initial.*

Tableau de synthèse du BCA – application du guide méthodologique

Tableau 1 : Tableau de synthèse du BCA de l'exemple 1, comparant deux scénarios de gestion

Rappel préalable : les deux scénarios de gestion (A et B) varient uniquement au niveau du devenir des terres excavées au droit des zones sources. Le reste du scénario de gestion est commun entre les deux approches :

- pré traitement in situ des pollutions concentrées ;
- excavation des deux zones de pollution concentrée après les opérations de pré traitement in situ ;
- **traitement des terres excavées (dégazage sur site : scénario A / envoi hors site : Scénario B**);
- dégazage final de l'ensemble des sols du site ;
- extension du dégazage final aux parcelles contiguës au nord et au sud du site.

Code couleur : évaluation favorable du scénario de gestion pour le critère étudié / évaluation neutre / évaluation défavorable.

Famille de critères	Critères	**Scénario A :** traitement par dégazage sur site des terres excavées et remblaiement avec les terres traitées		**Scénario B :** envoi hors site des terres excavées et remblaiement avec des terres d'apport	
		Evaluation	Justification	Evaluation	Justification
Critères techniques, normatifs et organisationnels	**Nature des polluants**	Scénario favorable	Le PCE est un contaminant volatil qui peut être traité par dégazage.	Scénario favorable	Il existe des filières pour les terres contaminées par des solvants chlorés.
	Bilan massique	Scénario favorable	Pour les teneurs les plus importantes, plusieurs passages dans l'unité de traitement et un éventuel chaulage permettront in fine d'atteindre les objectifs. Pour des volumes très limités qui seraient trop concentrés pour atteindre l'objectif, le scénario de gestion prévoit un envoi ponctuel des terres en centre de stockage de déchets.	Scénario défavorable	Du fait des teneurs élevées au droit des zones de pollution concentrée, peu de filières peuvent accepter les terres du site. Par ailleurs, les filières qui sont en mesure d'accepter ces terres évoquent des précautions particulières qui seront à pendre, ainsi que des volumes limités qui seraient acceptés par phase de terrassement. Ces contraintes allongeront la durée du chantier.
	Fractionnement des masses de polluants en phases	Scénario favorable	Le dégazage permet de traiter le PCE sous forme gazeuse, mais aussi de volatiliser puis traiter le PCE sous forme adsorbée.	Scénario favorable	Les traitements envisagés par les filières d'acceptation (incinération, biocentre, dégazage...) permettent de traiter le PCE sous sa forme gazeuse et sous sa forme adsorbée.
	Propriété des produits de dégradation	Scénario favorable	Les produits finaux de dégradation sont du dioxyde de carbone, de l'eau, ainsi que d'éventuels produits d'oxydation en fonction des molécules de départ (oxydes d'azote, acide chlorhydrique, monoxyde de carbone, dioxyde de soufre). Les unités de traitement permettront d'éviter tout rejet dangereux pour l'environnement / le voisinage.	Scénario favorable	Les centres de traitement hors site ont été construits et dimensionnés de sorte à éviter tout rejet dangereux pour l'environnement / le voisinage.
	Contexte géologique/ hydrogéologique	Scénario favorable	La gestion s'opère sur des terres préalablement excavées (absence des contraintes qui peuvent être rencontrées in situ notamment). Absence de nappe continue.	Scénario favorable	La gestion s'opère sur des terres préalablement excavées (absence des contraintes qui peuvent être rencontrées in situ notamment). Absence de nappe continue.
	Abattement prévisionnel / rendement de la technique	Scénario favorable	Les rendements prévisionnels d'abattement sont estimés à 95 à 98%.	Scénario favorable	La gestion hors site des terres permet d'éliminer du site toute la pollution associée aux terres excavées.
	Durée du traitement	Scénario favorable	La phase de traitement sur site sera de l'ordre de 3 mois.	Scénario favorable	La phase d'excavation / transport / élimination hors site sera de l'ordre de 2 à 4 mois.
	Nécessité de mettre en place et d'assurer la maintenance d'unités de traitement	Scénario défavorable	Unité de traitement sur site nécessitant des contrôles réguliers lors de la phase de traitement.	Scénario favorable	Pas d'unité de traitement des terres à gérer.
Critères économiques	**Coût de la dépollution**	Scénario neutre	L'étude de coût du traitement sur site permet d'estimer un montant de l'ordre de 1 500 k€ HT pour l'ensemble du scénario, en incluant : -la préparation des 2 chapiteaux et l'isolement des riverains ; -la pré-purge des gaz du sol au droit des pollutions concentrées ; -l'excavation et traitement sur site des terres et le remblaiement avec les matériaux traités ; -la purge complémentaire des gaz du sol sur et hors site. *Rq : il est plutôt recommandé de fournir les estimations de coûts sous la forme de fourchettes.*	Scénario neutre	L'étude de coût du traitement hors site permet d'estimer un montant de l'ordre de 1 800 k€ HT pour l'ensemble du scénario, en incluant : -la préparation des 2 chapiteaux et l'isolement des riverains ; -la pré-purge des gaz du sol au droit des pollutions concentrées ; -l'excavation et l'élimination hors site des terres, avec remblaiement par des terres saines d'apport ; -la purge complémentaire des gaz du sol sur et hors site. *Rq : il est plutôt recommandé de fournir les estimations de coûts sous la forme de fourchettes.*

Famille de critères	Critères	**Scénario A :** traitement par dégazage sur site des terres excavées et remblaiement avec les terres traitées		**Scénario B :** envoi hors site des terres excavées et remblaiement avec des terres d'apport	
		Evaluation	Justification	Evaluation	Justification
	Coût des suivis ultérieurs	-	*Il n'a pas été formalisé d'hypothèse sur le coût des suivis ultérieurs dans l'exemple n°1.*	-	*Il n'a pas été formalisé d'hypothèse sur le coût des suivis ultérieurs dans l'exemple n°1.*
	Coûts des servitudes	-	*Données non disponibles pour traiter le présent exemple.*	-	*Données non disponibles pour traiter le présent exemple.*
Critères environnementaux / d'H&S	**Rendement énergétique**	Scénario neutre	L'amorçage du traitement requiert beaucoup d'énergie, car l'échangeur thermique doit être porté à haute température. Mais par la suite, la réaction d'oxydation dégage suffisamment de chaleur pour auto-entretenir les conditions adéquates de température (installation en auto-thermie). Lorsque les concentrations en polluant ne sont plus suffisantes pour assurer cet état, des charbons actifs prennent le relais pour le traitement des gaz rejetés.	Scénario défavorable	Selon la filière choisie, le rendement sera : • équivalent à celui du traitement sur site, mais sans tenir compte de l'énergie liée au transport des terres ; • ou plus défavorable (incinération).
	Emissions de gaz à effet de serre	Scénario neutre	Le traitement dégage in fine du dioxyde de carbone (dans les mêmes proportions que la pollution à traiter). Néanmoins, le traitement sur site limite fortement les transports routiers nécessaires pour la réhabilitation.	Scénario défavorable	Outre le dioxyde de carbone qui sera émis lors du traitement hors site, le transport de terres sera lui-même générateur de dioxyde de carbone.
	Risques HSE liés au chantier de réhabilitation	Scénario neutre	Le traitement sur site permet de conserver les teneurs les plus importantes dans le premier des deux chapiteaux emboîtés, et de sécuriser chaque ligne de traitement par un charbon actif de secours (ce qu'il n'est pas possible de faire en cas d'évacuation hors site en raison de l'exiguïté du site). Le remblaiement à l'avancement permet de ne pas maintenir de grande fouille ouverte sur une longue durée.	Scénario défavorable	Ce scénario entraîne la levée d'une des barrières de sécurité, puisque les terres les plus concentrées seront chargées dans le grand chapiteau. L'envoi des terres hors site demande un plus grand nombre de postes de travail à bâcher. Il sera par ailleurs difficile de mettre en place un sas de ventilation des camions en vue de leur chargement par l'arrière. Les opérateurs d'enfûtage seront directement exposés aux teneurs les plus élevées car ils seront au contact des terres. Les contraintes de transport ADR devront être respectées. La modélisation de la surexposition des riverains montre que celle-ci est moindre dans le cas d'un traitement sur site. La fouille resterait ouverte plus longtemps si l'envoi hors site des terres était retenu.
Critères socio-politiques	**Impact psychologique de la présence de teneurs résiduelles pour les populations riveraines voisines**	Scénario défavorable	Il est prévu un traitement des terres (et donc une action sur le niveau de pollution du site), mais les terres remblayées présenteront des teneurs résiduelles. Si celles-ci ne doivent plus générer de risques pour les riverains hors site, elles peuvent toutefois susciter plus de craintes que dans le cas où les pollutions concentrées seraient éliminées hors site.	Scénario favorable	L'évacuation hors site des terres les plus contaminées présente un caractère rassurant pour les riverains.
	Risques de nuisances induites par le chantier	Scénario favorable	Les deux chapiteaux emboîtés et le traitement des gaz émis permettront de limiter fortement les émissions de poussières et d'odeurs. Les phases du chantier qui seront les plus génératrices de bruit sont communes aux deux scénarios.	Scénario défavorable	Les terres les plus contaminées seront présentes dans le plus grand chapiteau (un niveau de protection en moins par rapport au traitement sur site). Des émissions de poussières et odeurs plus importantes sont à attendre. Le chargement et les allers et retours des camions seront générateurs de bruit.
Critères juridiques et réglementaires	**Déchets générés par le chantier**	Scénario favorable	Les terres traitées seront remblayées, limitant la production de déchets.	Scénario défavorable	Les terres à évacuer du site (1 000 m^3) prennent le statut de déchet. Le MO en assume la responsabilité jusqu'à leur élimination finale par les filières envisagées.
	Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillances...)	Scénario neutre	*Données non disponibles pour traiter le présent exemple.*	Scénario neutre	*Données non disponibles pour traiter le présent exemple.*

Annexe 5 Exemple d’application n°2

Annexe 5 - Exemple d'application n°2
Ancien site industriel (secteur automobile) dont l'activité a cessé. Pollution des sols, des gaz du sol et des eaux souterraines au droit du site

Afin d'illustrer le guide méthodologique, deux exemples d'application basés sur des données réelles sont proposés en annexe.

Contenu des exemples :

Chaque exemple est exploité de la façon suivante :

- **Fiche de résumé contexte de gestion** : présentant pour chaque exemple les principales données d'entrée nécessaires à la compréhension du BCA, telles que la lithologie du site, la description des pollutions identifiées, etc… Cette fiche de résumé est en lien direct avec le schéma conceptuel ;
- **Fiche d'application du guide méthodologique** : présentant succinctement le cheminement et le contenu attendu pour chaque étape du guide méthodologique. En parallèle, la méthodologie employée par le prestataire ayant réalisé le BCA servant d'exemple est décrite à chaque étape. Cette approche comparative permet de rappeler certaines préconisations du guide sur la base d'un cas concret.

Méthodologie d'exploitation des exemples :

L'exploitation des exemples développés dans le cadre du guide méthodologique n'a pas vocation à se prononcer sur l'expertise technique du prestataire dans le domaine des travaux, et porte uniquement sur la méthodologie proposée dans le présent guide pour l'établissement du bilan coûts-avantages.

Aussi, et pour simplifier l'exploitation des exemples et la comparaison entre la méthodologie préconisée dans le guide et celle appliquée par le prestataire, les techniques de dépollution retenues ou non retenues dans l'application du guide ont été les mêmes que celles préconisées par le prestataire.

Pour les mêmes raisons, l'exemple d'application du guide a été développé sur la base de la même approche comparative (analyse qualitative, semi-quantitative, quantitative) que celle du BCA servant d'exemple.

Comparaison entre la méthodologie utilisée par le prestataire, et la méthodologie préconisée dans le guide :

Un travail de comparaison a été effectué pour chacun des deux exemples afin de confronter le BCA établi par le prestataire, et le BCA établi selon les préconisations du présent guide méthodologique.

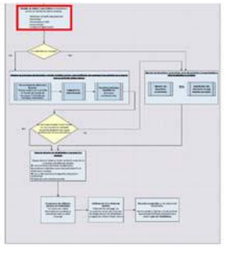
Les principales observations pouvant être formulées à l'issue de cette comparaison sont les suivantes :

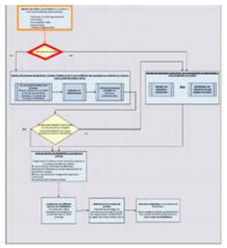
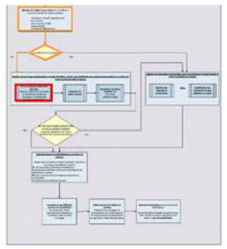
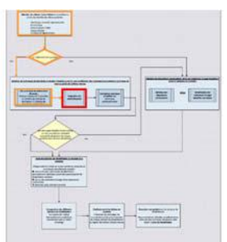
- Le BCA exclut parfois le milieu des eaux souterraines sans apporter de justification. Il peut être pertinent de ne pas traiter les eaux souterraines, mais il est recommandé de formaliser les raisons de ce choix ;
- Les critères utilisés ne sont pas toujours identifiés de façon claire, et il peut exister une variabilité quant aux critères mentionnés au fil du raisonnement. Pour une meilleure clarté du BCA, il est recommandé d'identifier au début de l'exercice les critères pertinents pour l'étude, et de se tenir à la liste retenue. Le fait de regrouper les critères d'étude dans les 5 familles identifiées au chapitre 10 permettra d'organiser cette partie, et de ne pas omettre de thématique ;
- Les étapes de tri permettant d'éliminer les techniques de dépollution les moins pertinentes ne sont pas toujours argumentées ou explicitées. De ce fait, il n'est pas toujours aisé (notamment pour un non expert) de comprendre pour quelle raison une technique a été sélectionnée lors d'un tri au détriment d'une autre ;
- Les dispositions constructives et les restrictions d'usage sont étudiées à la fin du BCA, et non en tant que mesures de gestion pleinement intégrées au scénario de gestion au cœur de l'exercice.
- Dans le cadre de l'étude du critère financier, il est recommandé d'intégrer le coût des dispositions constructives lorsqu'elles existent (ou de mentionner leur aspect négligeable le cas échéant) ;
- Les exemples consultés sont conclusifs. Le présent guide méthodologique préconise de favoriser un document non conclusif, afin que le MO reste décisionnaire et afin de tenir compte de l'aspect évolutif du BCA.

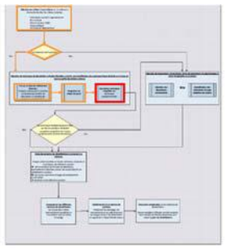
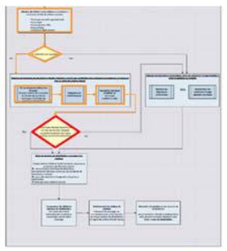
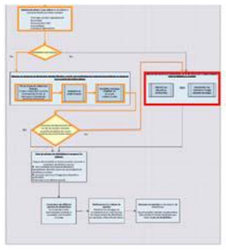
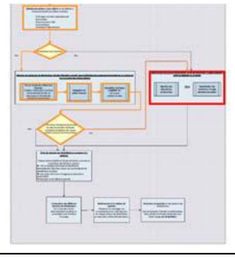
Fiche de résumé du contexte

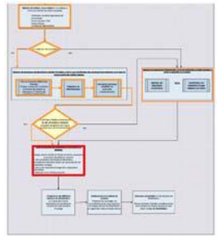
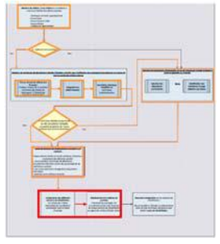
	Elément de contexte	Description du site
Données environnementales acquises	**Contexte géologique**	Remblais sur 1 à 2 m de profondeur au droit du site. Alluvions anciennes jusqu'à 4,5 m de profondeur au maximum au droit du site. Calcaire grossier jusqu'à 5 m de profondeur au maximum au droit du site. Sables, puis sables et argiles en alternance, puis couche argileuse à la base. L'ensemble de cette formation représente 30 à 40 m d'épaisseur. Calcaire blanc tendre à silex noirs, sur une épaisseur de plus de 300 m.
	Contexte hydrogéologique	Première nappe rencontrée: nappe du calcaire grossier - vers 3,3 à 4,8 m de profondeur au droit du site. Seconde nappe notable: nappe circulant dans les sables sous-jacents au calcaire grossier. Troisième nappe notable: nappe de la Craie, non vulnérable au vu de sa profondeur (60 m) et des argiles sus-jacentes. Aucun captage n'a été recensé dans les environs du site, en aval hydraulique.
	Contexte hydrologique	Un fleuve s'écoule à 200 m du site (faible vulnérabilité).
	Cibles	Futurs usagers du site, que les bâtiments existants soient conservés ou remplacés.
	Typologie des activités/ anciennes activités	Réparation et vente de véhicules neufs et d'occasion. Antérieurement, le site a été occupé par une activité de construction d'avions.
	Niveau des investigations	Pour un site de 23 000 m², les investigations effectuées sur les sols, les eaux souterraines, et les gaz du sol ont compris au total: -32 sondages de sols -5 piézomètres (dont 4 à 7,3 m de profondeur), en amont du site et en aval des sources identifiées -deux piézairs au droit de deux zones impactées par des solvants chlorés.
Identification des pollutions concentrées / diffuses / résiduelles ainsi que des risques	**Pollution mise en évidence dans les sols sur site**	Impacts en hydrocarbures lourds et ponctuellement HAP au droit de 3 zones (maximum: 2 630 mg/kg pour les HC C10-C40 et 70 mg/kg pour la somme des HAP dans les premiers mètres de profondeur d'une ancienne aire distribution). Impacts en COHV (en particulier PCE et TCE) au droit de deux zones - avec jusqu'à 7,7 mg/kg de PCE, et 7,7 mg/kg de TCE. Métaux dans les remblais. Traces de BTEX. Les zones à traiter d'après le plan de gestion correspondent à deux des zones d'impact en HCT (avec HAP ponctuels), ainsi que les deux zones présentant des COHV (soit 4 zones à traiter).
	Pollution mise en évidence dans les sols hors site	Non investigués.
	Pollution mise en évidence dans les gaz du sol sur site	Impacts en COHV dans les gaz du sol, en lien avec les zones impactées dans les sols. Teneurs maximales: 3,76 mg/m ^{3} pour le PCE, et 5,68 mg/m^3 pour le TCE). Traces de BTEX
	Pollution mise en évidence dans les gaz du sol hors site	Non investigués.
	Pollution mise en évidence dans les eaux souterraines sur site	Impact en hydrocarbures lourds Impact en COHV (en particulier PCE et TCE), détectés dans les 5 ouvrages. La concentration maximale (environ 175 µg/l pour la somme des COHV) a été détectée en amont hydraulique du site.
	Pollution mise en évidence dans les eaux souterraines hors site	D'après la banque de données ADES, des solvants chlorés (notamment PCE) sont mis en évidence dans les eaux souterraines de la première nappe. En amont proche du site, les concentrations sont de l'ordre de 100 µg/l pour le PCE.
	Existence ou non de risques sanitaires	Existence de risques sanitaires par inhalation (voir le schéma conceptuel ci-après).
	Schéma conceptuel	Les futurs employés du site sont exposés à des risques sanitaires de par l'inhalation de composés volatils (impacts en HC, HAP et impacts en COHV dans les sols et les gaz du sol).
Constats simples	**Contexte du plan de gestion**	Cessation d'activité ICPE.
	Maître d'ouvrage	Maître d'ouvrage industriel privé.
	Localisation du site	Zone industrielle et habitations. Activités proches: construction aéronautique, stations-service, casse automobile.
	Existence d'un projet au droit du site?	Le devenir du site n'est pas encore arrêté au stade du plan de gestion. Deux plans de gestion ont été réalisés (avec un projet de revente du site à l'étude): **Le premier PG concerne un usage industriel, selon deux cas de figure:** Cas 1: conservation des bâtiments industriels existants Cas 2 : Démolition des bâtiments existants et reconstruction de nouveaux bâtiments sans sous-sol, ou encore mise en place après démolition d'une dalle permettant d'éviter tout contact direct avec les sols. **Le second PG concerne un usage résidentiel:** Usage résidentiel avec démolition du bâti et mise en place de bâtiments avec un niveau de sous-sol, à usage résidentiel et/ou tertiaire.
	Principales contraintes	*Nécessité d'assurer une libération rapide du site, à la demande du MO. *Succession lithologique moyenne: remblais en surface, puis sables graveleux avec des passages limoneux jusqu'à 4 m de profondeur en moyenne, puis niveaux plus marneux compacts à partir de 4 m de profondeur. *Dans le cas d'un usage industriel avec conservation du bâti, les contraintes d'accès à la zone à traiter sont difficiles. *Voisinage industriel, tertiaire, et ponctuellement résidentiel: les nuisances seront à limiter au maximum. *Nécessité de conserver la qualité géotechnique des terrains.
Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation	**Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation**	Les seuils / objectifs de réhabilitation ne sont pas définis dans le BCA.
Particularités du plan de gestion / du BCA	**Double plan de gestion**	Le BE a formulé deux plans de gestion disctincts, à la demande du MO, afin de tenir compte de deux usages différents (voir précédemment le rubrique "Existence d'un projet au droit du site?").

Fiche d’application du guide

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l’exemple étudié
Etapes préliminaires	Chapitres 5 et 9	Les éléments attendus sont les suivants : • Rappel de la méthodologie en vigueur (non présenté dans le cadre de cet exemple – se référer au chapitre 4 du guide) ; • Données environnementales acquises ; • Identification des pollutions concentrées / diffuses / résiduelles et des risques associés (sanitaires / environnementaux) • Constats simples ; • Formalisation des seuils / objectifs de réhabilitation. Ces éléments sont disponibles dans la fiche de résumé du contexte. **Les données environnementales montrent l’existence de pollutions concentrées au droit du site.** **Quatre zones de pollution concentrée sont à traiter** (voir liste ci-contre). A noter que le traitement des eaux souterraines ne sera pas envisagé dans le BCA, du fait que celles-ci présentent un bruit de fond local, avec notamment des teneurs en HC et COHV plus importantes en amont du site d’étude qu’en aval de celui-ci. Par ailleurs, le traitement des pollutions concentrées du site dans les sols constitue déjà une mesure en faveur d’une amélioration de la qualité des eaux souterraines au droit du site d’étude.
Sélection de critères / sous-critères	Chapitre 10 	Compte-tenu des données d'entrée, les critères retenus et les enjeux identifiés sont les suivants (par famille de critères, et sans hiérarchisation) : **<u>Critères techniques, normatifs, et organisationnels:</u>** ▪ **Nature des polluants** : la technique doit être efficace pour les contaminants ou les combinaisons de contaminants en présence ; ▪ **Bilan massique** : la technique doit être efficace pour les niveaux de concentrations rencontrés au droit du site ; ▪ **Contexte géologique/ hydrogéologique** : les impacts sont localisés dans les premiers mètres de profondeur qui présentent une perméabilité relativement élevée (remblais, alluvions) ; ▪ **Abattement prévisionnel / rendement de la technique :** la technique doit permettre d’atteindre un niveau de risques résiduels acceptable pour le projet d’aménagement considéré ; ▪ **Durée du traitement :** à la demande du MO, le scénario de gestion doit permettre une réhabilitation rapide du site ; ▪ **Présence de bâtiments potentiellement conservés au droit du site :** dans l’hypothèse où le bâti serait conservé, la réhabilitation ne doit pas impacter la stabilité des bâtiments ; **<u>Critères économiques:</u>** les coûts de la dépollution du site doivent rester proportionnés aux enjeux : ▪ **Coût de la dépollution ;** ▪ **Coût des suivis ultérieurs ;** ▪ **Coûts des servitudes.** **<u>Critères environnementaux / d'H&S:</u>** ▪ **Impact environnemental (jugé essentiellement sur la base de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre)** : l’impact environnemental doit rester adapté aux enjeux de la dépollution du site. **<u>Critères socio-politiques:</u>** ▪ **Risques de nuisances induites par le chantier :** les nuisances pour les riverains / industries proches doivent être limitées (bruit, émissions de poussières, odeurs…). **<u>Critères juridiques et réglementaires:</u>** ▪ **Déchets générés par le chantier** : en cas d’évacuation de terres hors site, celles-ci prennent le statut de déchets, et restent de la responsabilité du MO jusqu’à leur élimination ou revalorisation finale ; ▪ **Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillances...) :** selon le scénario de gestion retenu, des restrictions d’usage ou des dispositions constructives pourraient être nécessaires et affecter la valeur du foncier. Le coût et la contrainte que représentent les éventuelles surveillances ultérieures ne devraient pas non plus être négligés.

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Un traitement est-il possible?	Chapitre 11 	Sur 4 zones de pollution concentrée à traiter, 3 zones ne se trouvent pas au droit des bâtiments actuels. Elles sont jugées accessibles pour la réalisation d'un traitement. La quatrième zone peut également être traitée en respectant certaines contraintes (notamment en vue de garantir la stabilité du bâti en place).
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Tri sur la base de critères hors financier	Chapitre 12.1 	*<u>Remarque préalable</u> : en toute rigueur, la sélection des techniques de dépollution devrait être réalisée par typologie de polluants (HC / COHV), voire par zone source. Néanmoins, et au vu des faibles volumes du site, il a ici été décidé par le prestataire ayant réalisé l'exemple de rechercher des techniques applicables sur l'ensemble du volume à traiter.* Parmi l'ensemble des techniques possibles pour réaliser la réhabilitation du site, il convient de sélectionner les meilleures options par élimination. D'emblée, il est possible d'éliminer les techniques de dépollution qui visent essentiellement à traiter le milieu « eaux souterraines », compte-tenu des objectifs du traitement dans le cas d'étude (pollutions concentrées dans les sols). Les niveaux de tri suivants sont réalisés sur la base des critères jugés les plus importants pour assurer l'adéquation des techniques retenues : • **Nature des polluants / bilan massique** : au vu des faibles volumes impliqués, les traitements in situ ou sur site nécessitant des installations conséquentes ne sont pas jugés pertinents, et ne sont pas retenus : oxydation/réduction in situ, désorption thermique in situ ou sur site, bio-précipitation in situ, lavage in situ / sur site, extraction chimique sur site, oxydation/réduction chimique sur site, pyrolyse sur site/ in situ. Le venting/ le bioventing ne sont pas adaptés pour le traitement des HC les plus lourds, ils sont donc éliminés. • **Durée du traitement :** compte-tenu des délais courts souhaités pour la réhabilitation, les techniques à plus long terme ne sont pas retenues (biodégradation in situ dynamisée, atténuation naturelle, phytoremédiation, compostage, • **Abattement prévisionnel / rendement de la technique :** les techniques visant à conserver en place la pollution et à empêcher sa migration ne sont pas retenues car l'objectif est d'aboutir à un abattement des teneurs (confinements, stabilisations in situ…). Suite à ces étapes de tri, les techniques qui semblent les plus appropriées sont les suivantes : • **Excavation et évacuation hors site** des sols impactés (avec traitement ou enfouissement en installation de stockage de déchets plutôt que par incinération, afin d'améliorer le bilan environnemental de la réhabilitation) ; • **Excavation et traitement sur site** des sols impactés (venting sur site en tertres, permettant de volatiliser les chlorés et de biodégrader les HC).
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Intégration du critère financier	Chapitre 12.2 	A ce stade, les techniques ont été sélectionnées sur la base de critères primordiaux, en excluant le financier. Il est donc utile d'estimer l'ordre de grandeur des coûts de dépollution afin de vérifier que ceux-ci restent acceptables. A noter que 380 m^3 de terres sont à traiter au total, soit environ 680 tonnes en faisant l'hypothèse d'une densité de 1,8 pour les terres. Les estimations de coûts (hors taxes) sont les suivantes pour les techniques envisagées au droit des quatre zones de **pollution concentrée** (sans conservation du bâti, et pour un usage industriel) : • **Excavation et traitement ou élimination hors site des terres**: coût estimé de 70 € HT/tonne pour l'évacuation des terres en biocentre, soit environ 47,6 k€ HT pour 680 tonnes. Ce coût inclut le terrassement et l'évacuation des terres, ainsi que les coûts de remblaiement; • **Excavation et traitement sur site des terres impactées (venting sur site en tertres)** : coût estimé de 35 à 40 € HT/tonne pour le traitement des terres sur site, soit environ 24 à 27 k€ HT pour 680 tonnes. Ce coût inclut le terrassement et la reprise des terres, ainsi que le traitement sur site. *<u>Remarque</u> : les chiffrages ci-avant sont directement repris du BCA du prestataire ayant réalisé le plan de gestion de l'exemple n°2.* *Afin que l'exemple d'application reste synthétique, les autres cas d'étude étudiés par le prestataire ayant réalisé l'exemple (usage résidentiel ou conservation du bâti) ne sont pas présentés ici.* Il est précisé que les coûts de traitement in situ sont difficiles à appréhender sur la base des seules données disponibles à ce stade, et devraient, le cas échéant, être précisés après la réalisation d'un test pilote.

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
		Les estimations fournies sont basées sur le retour d'expérience du prestataire pour les solutions hors site, et sur la consultation de sociétés spécialisées dans les travaux de dépollution pour le traitement sur site. Ce chiffrage n'intègre notamment pas : • La démolition préalable des bâtiments ; • La gestion d'éventuelles problématiques amiante.
Sélection de techniques de dépollution à étudier (faisables a priori) avec justification des avantages / inconvénients sur la base de tout ou partie des critères retenus ➔ Description simplifiée des techniques présélectionnées	Chapitre 12.3 	*Afin que l'exemple reste synthétique, la description simplifiée des techniques étudiées n'est pas reportée ici. Le lecteur peut se référer au guide du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices » (juin 2010) ou encore au guide de l'ADEME « Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances » (octobre 2009).*
Les techniques étudiées laisseront-elles sur site une pollution résiduelle susceptible de générer des risques sanitaires et/ou environnementaux?	Chapitre 13 	**Quelle que soit la technique de dépollution retenue, il subsistera une pollution résiduelle dans les sols.** De plus, les eaux souterraines (du fait d'un bruit de fond local) présentent des hydrocarbures et des COHV, avec des teneurs plus importantes en amont du site d'étude.
Sélection de dispositions constructives et/ou identification de restrictions d'usage faisables a priori et adaptées au contexte ➔ Sélection des dispositions constructives	Chapitre 14.1 	En l'absence de projet défini au droit du site, il est difficile de sélectionner des dispositions constructives pertinentes à ce stade. Néanmoins, il est d'ores et déjà possible d'intégrer au futur projet la disposition suivante : le contact cutané ou par ingestion avec les pollutions résiduelles devra être évité via la mise en place de 30 cm de terres végétales d'apport saines, ou encore d'une couverture (ex : enrobé) au droit des zones concernées. Le coût de cette disposition peut être estimé en première approche de 5 à 10 €/m². Ce coût correspond à la mise en place de la couverture des terrains. A priori, il n'est pas prévu d'effectuer un suivi dans le temps de cette disposition. La maintenance générale du site devrait permettre d'en assurer la pérennité (entretien des enrobés par exemple). Il n'est donc pas identifié de coûts en lien avec cette disposition, hormis celui de la mise en place de la couverture des terrains.
Sélection de dispositions constructives et/ou identification de restrictions d'usage faisables a priori et adaptées au contexte ➔ Identification des restrictions d'usage adaptées aux enjeux	Chapitre 14.2 et 14.3 	Quelle que soit la technique de dépollution considérée, il subsistera sur site une pollution résiduelle dans les sols. D'autre part, un bruit de fond local est identifié dans les eaux souterraines (HC COHV). Afin de tenir compte de ces facteurs, des restrictions d'usage pourront être prises sous la forme de SUP : • **usage des eaux souterraines** : usage interdit et interdiction de forer des puits à l'exception des ouvrages de surveillance de la qualité de la nappe ; • **Contact direct avec les sols résiduels contaminés** : maintien d'une couverture de 30 cm de terres végétales saines ou encore de type enrobé au droit des zones de pollution résiduelle afin d'empêcher les possibilités de contact cutané/ ingestion; • **Possibilité de mettre en place des espaces verts d'agrément, mais** interdiction de mettre en place des jardins potagers sans étude spécifique préalable.

Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
		A noter que la mise en place de restrictions d'usage au droit du site peut entraîner une dépréciation de la valeur du foncier. S'il est difficile d'estimer financièrement cette dépréciation, il reste possible d'évaluer la portée des restrictions, qui semble limitée compte-tenu des usages envisagés (usage industriel ou résidentiel). En effet : • L'accès à l'eau sera garanti par des réseaux AEP l'utilisation des eaux souterraines n'est pas indispensable pour le fonctionnement du site) ; • Le maintien d'une couverture des sols résiduels contaminés est aisé et relativement peu coûteux ; • Les projets résidentiels / industriels comportent rarement des jardins potagers. De plus, ces cultures restent possibles hors des sols du site (terres d'apport isolées des pollutions résiduelles). En conclusion, la responsabilité juridique du maître d'ouvrage (actuel propriétaire et exploitant du site) portera sur : • Les **déchets créés** : dans le cas où les terres excavées sont traitées hors site : en quittant le site, les terres prennent le statut de déchet, et restent sous la responsabilité du MO jusqu'à leur revalorisation ou élimination finale après le traitement ou enfouissement. Une attention particulière doit donc être portée sur le choix des filières d'acceptation hors site ; • Les **pollutions résiduelles prévisionnelles** : quel que soit le scénario, il subsistera des pollutions résiduelles. Sauf convention signée avec les futurs acquéreurs du site, cette pollution résiduelle reste du ressort du propriétaire actuel des terrains (le MO) ; • Les **possibles restrictions d'usage** : Selon les conventions établies entre le propriétaire actuel des terrains et le futur acquéreur du site, les restrictions d'usage (SUP) pourraient engendrer une dépréciation de la valeur du foncier. A noter que les surveillances environnementales post-dépollution peuvent être contraignantes (nécessité de garantir l'accès au réseau de suivi et d'entretenir ce dernier). Toutefois, dans le cas du site d'étude, aucune surveillance des milieux ne sera préconisée suite à la dépollution (voir l'étape suivante).
Choix des scénarios de gestion à comparer	Chapitre 15 	*A titre d'allègement de l'exemple n°2, seul le cas d'un futur usage industriel avec démolition du bâti existant et mise en place ultérieure de nouveaux bâtiments sera étudié ci-dessous.* A ce stade, il est possible de définir deux scénarios de gestion, comme suit : **<u>Scénario A :</u>** • Excavation des pollutions concentrées suite à la démolition des bâtiments et remblaiement pas des terres d'apport extérieures ; • Evacuation des terres hors site vers un biocentre et traitement de ces dernières ; • Restrictions d'usage sur les eaux souterraines, sur les contacts avec les sols résiduels contaminés, et sur la possibilité de mettre en place un jardin potager ; • Dispositions en lien avec le projet : mise en place d'une couverture en surface au droit des zones où il subsiste une pollution résiduelle. **<u>Scénario B :</u>** • Excavation des pollutions concentrées suite à la démolition des bâtiments; • Traitement sur site des terres (venting sur site en tertre), puis remblaiement des terres traitées ; • Restrictions d'usage sur les eaux souterraines, sur les contacts avec les sols résiduels contaminés, et sur la possibilité de mettre en place un jardin potager ; • Dispositions en lien avec le projet : mise en place d'une couverture en surface au droit des zones où il subsiste une pollution résiduelle. A noter qu'il est préconisé d'étudier **l'enlèvement de la totalité des pollutions** (parfois dans un but uniquement comparatif, lorsque l'application d'un tel scénario n'est pas envisageable). Dans le cadre du présent BCA, les scénarios étudiés traiteront de fait la totalité des deux foyers concentrés de pollution. Aussi, ce scénario est déjà bien pris en compte.
Comparaison des différents scénarios de gestion **Etablissement d'un tableau de synthèse**	Chapitre 16 	*La comparaison des scénarios de gestion est consultable dans le tableau disponible à la fin de la fiche d'application du guide à l'exemple n°2. La méthodologie d'évaluation retenue est la même que celle initialement retenue par le prestataire (caractérisation de type « Bon / moyen / Mauvais etc... avec une justification). Un code couleur a néanmoins été ajouté afin de rendre le tableau plus visuel.*

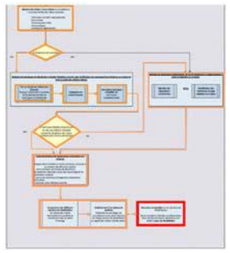
Etape	Chapitre du guide et étapes du logigramme	Application du guide à l'exemple étudié
Discussion comparative sur les scénarios de gestion Recommandations d'études complémentaires et/ou de tests et essais nécessaires pour établir le plan de conception des travaux	Chapitre 15 	Au vu du tableau de synthèse établi précédemment, le **scénario A** (excavation et envoi des terres hors site) ne présente pas le plus grand nombre de critères favorables, mais il est néanmoins le meilleur scénario en termes de délais de réhabilitation (critère identifié comme particulièrement important pour le MO). A noter toutefois que le scénario A est moins favorable que le scénario B pour plusieurs critères : • Impact environnemental (du fait du transport routier des terres) ; • Nuisances du chantier (plus importantes du fait du transport des terres) ; • Déchets générés (les terres qui quittent le site prennent le statut de déchet et restent de la responsabilité de leur producteur jusqu'à revalorisation / élimination finale).
Retour d'expérience sur le scénario de gestion appliqué sur site	-	*Les travaux de réhabilitation sont en cours au moment de la rédaction du guide. Les mesures de gestion préconisées dans le cadre du plan de gestion ont été suivies. Il a par ailleurs été envisagé, à titre sécuritaire, de traiter un plus grand nombre de zones que strictement nécessaire.*

Tableau de synthèse du BCA – application du guide méthodologique

Tableau 1 : Tableau de synthèse du BCA de l'exemple 2, comparant trois scénarios de gestion – cas d'un futur usage industriel sans conservation du bâti existant

Note : les intitulés des scénarios dans le tableau ci-dessous sont simplifiés, afin de ne faire apparaitre que les mesures de gestion différentes d'un scénario à l'autre. Les dispositions constructives / restrictions d'usage sont en effet communes à tous les scénarios.

Les évaluations positives sont mises en évidence en vert. Les évaluations négatives sont identifiées en rouge. Les évaluations neutres sont indiquées en noir.

Famille de critères	Critères	**Scénario A :** Excavation et traitement hors site des terres excavées. Remblaiement par des terres d'apport.		**Scénario B :** Excavation et traitement sur site des terres excavées (venting sur site en tertres). Remblaiement avec les terres traitées.	
		Evaluation du scénario	Justification	Evaluation du scénario	Justification
Critères techniques, normatifs et organisationnels	**Nature des polluants**	Scénario adapté	Technique applicable pour les contaminants en présence.	Scénario adapté	Technique applicable pour les contaminants en présence.
	Bilan massique	Scénario adapté	Technique applicable pour toutes gammes de concentrations.	Scénario adapté	Technique applicable pour les concentrations du site.
	Contexte géologique/ hydrogéologique	Scénario adapté	Au vu des la profondeur des impacts (majoritairement dans les 2 premiers mètres) et de la lithologie de surface (remblais et alluvions essentiellement), il n'est pas identifié de contrainte en lien avec la géologie. La nappe (présente vers 3,3 à 4,8 m de profondeur) ne devrait pas être atteinte lors des travaux.	Scénario adapté	Au vu des la profondeur des impacts (2 m) et de la lithologie de surface (remblais et alluvions essentiellement), il n'est pas identifié de contrainte en lien avec la géologie. La nappe (présente vers 3,3 à 4,8 m de profondeur) ne devrait pas être atteinte lors des travaux.
	Abattement prévisionnel / rendement de la technique	Bon	Le scénario permettra d'extraire puis évacuer hors site une grande partie de la pollution.	Moyen à bon	Le traitement sur site permet une diminution importante des concentrations, mais il existe plus d'incertitudes sur les futures teneurs résiduelles.
	Durée du traitement	Courte	Solution rapide, volumes faibles.	Longue	Solution longue (entre 12 et 18 mois) et dépendant des objectifs de dépollution à atteindre.
	Présence de bâtiments potentiellement conservés au droit du site	*Sans objet*	*Dans le cadre du cas étudié (usage industriel sans conservation du bâti), les bâtiments seront démolis.*	*Sans objet*	*Dans le cadre du cas étudié (usage industriel sans conservation du bâti), les bâtiments seront démolis.*
Critères économiques	**Coût de la dépollution**	Faible	Environ 47,6 k€ HT pour 680 tonnes*. Ce coût inclut le terrassement et l'évacuation des terres, ainsi que les coûts de remblaiement. **Coûts directement repris du BCA réalisé par le prestataire.*	Faible	Environ 24 à 27 k€ HT pour 680 tonnes. Ce coût inclut le terrassement et la reprise des terres, ainsi que le traitement sur site. **Coûts directement repris du BCA réalisé par le prestataire.*
	Coût des suivis ultérieurs	Nul	Il n'est pas prévu de surveillance ultérieure des milieux.	Nul	Il n'est pas prévu de surveillance ultérieure des milieux.
	Coût des servitudes	Limité	Les restrictions d'usage porteront sur l'utilisation des eaux souterraines, le maintien d'une couverture coupant le contact avec les pollutions résiduelles, et les possibilités de produire et consommer des aliments sur site (ex : impossibilité de mettre en place un jardin potager). S'il est difficile d'estimer le coût financier de ces restrictions, leur portée semble limitée compte-tenu du futur usage envisagé (industriel).	Limité	Les restrictions d'usage porteront sur l'utilisation des eaux souterraines, le maintien d'une couverture coupant le contact avec les pollutions résiduelles, et les possibilités de produire et consommer des aliments sur site (ex : impossibilité de mettre en place un jardin potager). S'il est difficile d'estimer le coût financier de ces restrictions, leur portée semble limitée compte-tenu du futur usage envisagé (industriel).
Critères environnementaux / d'H&S	**Impact environnemental (jugé essentiellement sur la base de la consommation énergétique et des émissions de gaz à effet de serre)**	Important	Empreinte carbone importante.	Modéré	Empreinte carbone moins importante qu'en cas d'acheminement hors site des terres (pas de transport nécessaire en cas de traitement sur site).
Critères socio-politiques	**Risques de nuisances induites par le chantier**	Important	Emission de poussières, trafic hors site, bruit, nuisances pour le voisinage.	Modéré	Nuisances pour le voisinage lors du traitement.
Critères juridiques et réglementaires	**Déchets générés par le chantier**	Scénario défavorable	En quittant le site, les terres excavées prennent le statut de déchets. Le MO devra en assumer la responsabilité juridique jusqu'à leur revalorisation ou élimination finale.	Scénario favorable	Les terres traitées ne quittent pas le site, et sont utilisées en remblaiement. Elles ne prennent pas le statut de déchets.
	Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillances...)	Limitées	Les restrictions d'usage porteront sur l'utilisation des eaux souterraines, le maintien d'une couverture coupant le contact avec les pollutions résiduelles, et les possibilités de produire et consommer des aliments sur site (ex : impossibilité de mettre en place un jardin potager). Aucune surveillance des milieux ne sera préconisée, compte-tenu notamment du bruit de fond local en HC et COHV dans les eaux souterraines (teneurs plus importantes en amont du site).	Limitées	Les restrictions d'usage porteront sur l'utilisation des eaux souterraines, le maintien d'une couverture coupant le contact avec les pollutions résiduelles, et les possibilités de produire et consommer des aliments sur site (ex : impossibilité de mettre en place un jardin potager). Aucune surveillance des milieux ne sera préconisée, compte-tenu notamment du bruit de fond local en HC et COHV dans les eaux souterraines (teneurs plus importantes en amont du site).

Annexe 6 Bibliographie

Annexe 6 – Références bibliographiques

Les références bibliographiques ci-après sont classées par ordre chronologique de parution.

N° référence	Titre du document	Société / organisme à l'origine de la publication	Date de publication
[1]	Cost-Benefit Analysis for Remediation of Land Contamination R&D technical report p316 M. Postle, T. Fenn, A. Grosso and J. Steeds.	WS Atkins in association with Rick and Policy Analysts Ltd	1999
[2]	Circulaire du 08/02/07 relative aux sites et sols pollués - Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (Accompagnée de ses annexes)	Ministère en charge de l'environnement	Février 2007
[3]	Béranger S., Blanchard F., Bouzit M., 2007. Outils d'aide à la décision dans le cadre de la gestion des sites et territoires complexes. BRGM/RP-56075-FR. 86 p.	BRGM	Décembre 2007
[4]	Traitabilité des sols pollués : guide pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances	ADEME	Octobre 2009
[5]	Quelles techniques pour quels traitements - Analyse coûts-bénéfices (2010) S. Colombano, A. Saada, V. Guerin, P. Bataillard, G. Bellenfant, S. Beranger, D. Hube, C. Blanc, C. Zornig et I. Girardeau, Rapport final BRGM-RP-58609-FR	BRGM	Juin 2010
[6]	Guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués	Ministère en charge de l'environnement Direction Générale de la Prévention des Risques. Bureau du Sol et Sous-Sol	Janvier 2011
[7]	Norme NF X31-620-2 - Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués - Partie 2 : exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle	AFNOR	Juin 2011 (partie 2 révisée en août 2016)
[8]	SOLENV – Evaluation environnementale des technologies de traitement des sols et des eaux souterraines pollués	Ministère en charge de l'environnement ADEME	Octobre 2011
[9]	Blanc C. avec la participation de F.Lefevre (MEDDTL), G.Boissard, M.Scamps (BRGM) et B.Hazebrouck (INERIS) – (2012) - Guide de réutilisation hors site des terres excavées en technique routière et dans des projets d'aménagement. BRGM/RP-60013-FR, 53p.	BRGM	Février 2012
[10]	Blanc C., Leprond H. (BRGM), Gay G., Hulot C. (INERIS) avec la participation de Bajeat P. et Marot F. (ADEME), Guerin V., Rouvreau L., Coussy S., Descans A. (BRGM), Quiot F. (INERIS) Ŕ (2014) Ŕ Guide de l'auditeur pour la certification des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués, Version n° 4, Rapport Brgm RP-59968-FR, 118 p., 53 tab.	BRGM / ADEME / INERIS	Avril 2014
[11]	Leprond H., Lion F., Colombano S. avec la collaboration de Windholtz J. (2014) Ŕ Guide sur les mesures constructives. Rapport final BRGM/RP-63675-FR, 172 p., 26 fig., 19 tabl., 5 ann.	BRGM	Août 2014
[12]	Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués	UPDS	Avril 2016

N° référence	Titre du document	Société / organisme à l'origine de la publication	Date de publication
[13]	Réhabilitation durable du grand terril de chrome de Wattrelos par la technique de la bio-précipitation in situ T. Gisbert, T. Wohlhuter, D. Tognet, S. Poprawka, L. Ferrière, C. Malandain et O. Sibourg.	ARCADIS - ENOVEO	2015
[14]	Info fiches sol – Analyse BATNEEC	Bruxelles environnement	Mai 2015
[15]	Lion F., Colombano S., Aubert N., Boissard G. (2015) – Définir une stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution. Rapport final. BRGM/RP-64350-FR, 215 p., 91 fig., 13 tabl., 11 ann.	BRGM	Février 2016

Les sites internet consultés sont listés ci-dessous :

N° référence	Adresse internet consultée	Société / organisme à l'origine de la page internet	Date de publication / mise à jour
[16]	http://www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html	Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer	Mise à jour de juin 2013
[17]	http://www.selecdepol.fr/	BRGM / ADEME	Mise en ligne en novembre 2013

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale.

L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer et du ministère de l'Education nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

LES COLLECTIONS
DE L'ADEME

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

EXPERTISES

ELABORATION DES BILANS COUTS-AVANTAGES ADAPTES AUX CONTEXTES DE GESTION DES SITES ET SOLS POLLUES

Le présent guide méthodologique a pour objectif d'harmoniser les pratiques françaises sur l'élaboration des bilans coûts-avantages et à fournir un contenu minimal attendu, afin que les plans de gestion apportent un niveau d'analyse et d'argumentation suffisants.

La méthodologie préconisée d'appuie sur l'état de l'art actuel, ainsi que sur les résultats de 31 enquêtes réalisées auprès d'interlocuteurs français et étrangers d'horizons variés (prestataires, maîtres d'ouvrage, interlocuteurs de l'administration, etc.).

Les étapes suivantes y sont notamment recommandées :

- Identification des critères pertinents pour l'étude et leur pondération éventuelle ;
- Formalisation des étapes de tri permettant d'aboutir à une sélection de techniques de dépollution adaptées ;
- Précision des données ayant permis l'estimation financière ;
- Formalisation des étapes de sélection d'éventuelles dispositions constructives, et/ou d'identification des restrictions d'usages ;
- Elaboration d'un tableau de synthèse présentant l'évaluation des différents scénarios de gestion pour chacun des critères étudiés (avantages, inconvénients et coûts) ;
- Présentation d'une discussion comparative des scénarios de gestion confrontés et si besoin identification de recommandations (tests et études complémentaires si besoin).

Le guide méthodologique s'appuie sur deux exemples concrets, issus de données réelles.

Il tient compte de l'aspect évolutif du bilan coûts-avantages, en préconisant un exercice non conclusif.

La méthodologie dite de l'« analyse multicritères » (parfois également appelée méthode de « scoring ») y est présentée et préconisée.

ADEME
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

www.ademe.fr

Réalisé par
ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

upds Union des professionnels de la dépollution des sites