



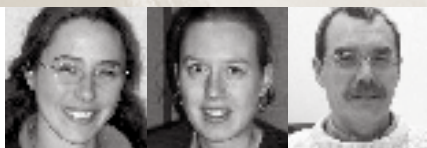
La reconquête des espaces dégradés <sup>(1)</sup> en milieu urbain et leur retour à un usage économique ont acquis une importance particulière dans l'Union européenne ces quinze dernières années. Mais les espaces à usage agricole situés en périphérie des villes continuent d'être soumis au mitage <sup>(2)</sup>, souvent du fait de la complexité de la reconversion des sites urbains dégradés. Afin de modifier ces pratiques, il est nécessaire d'intégrer les exigences du développement durable et les différentes situations socio-économiques, légales et politiques en réunissant les diverses disciplines et les porteurs d'enjeux.

(1) Les espaces dégradés sont des sites ayant hébergé, par le passé, des activités industrielles qui ont potentiellement impacté la qualité environnementale du sol, des eaux, et/ou de l'air.

(2) Le mitage est une extension non maîtrisée de zones construites à la périphérie d'un espace urbain.



# Gestion intégrée des sols et sites urbains dégradés



**Sandra Béranger**

s.beranger@brgm.fr

**Anne-Lise Gautier**

al.gautier@brgm.fr

**François Blanchard**

f.blanchard@brgm.fr

BRGM

UNITÉ SITES ET SOLS POLLUÉS, SERVICE ENVIRONNEMENT ET PROCÉDÉS INNOVANTS

**Friche industrielle en milieu péri-urbain, commune de Calan, Roumanie**

*Industrial wasteland in an outer-urban setting, Calan township in Romania.*

© Commune de Calan, Roumanie, 2009.

Les premières activités industrielles ont été volontairement implantées à proximité des villes et certaines agglomérations ont été créées et se sont développées autour d'un noyau industriel. L'augmentation de la population urbaine et les révolutions industrielles ont depuis modelé l'urbanisme autour de ces zones, aujourd'hui souvent dégradées et « délaissées ».

Face aux difficultés rencontrées dans la requalification <sup>(1)</sup> des friches industrielles dans les années 1990, les préoccupations environnementales, associées à la prise de conscience des effets négatifs de la périurbanisation, ont modifié les concepts de l'urbanisme et conduit à l'apparition de la « ville compacte ». Ce concept prône l'efficacité économique, une réduction du coût global logement/transport, un gain en termes de qualité de vie, une économie des ressources foncières, la préservation des paysages et des écosystèmes ainsi qu'une réduction des besoins en ressources énergétiques et matières premières. Sur le long terme, tout développement urbain devra être durable et justifier d'un caractère économiquement efficace, socialement équitable et écologiquement tolérable.

“ Le concept de « ville compacte » est étroitement lié à la capacité de la ville à se reconstruire sur elle-même. ”

(1) Mise en place des mesures nécessaires pour rendre compatible l'état environnemental du site avec ses usages futurs.



Le concept de « ville compacte » est étroitement lié à la capacité de la ville à se reconstruire sur elle-même, en requalifiant les zones dégradées. La réintégration de telles zones dans le tissu urbain devrait donc conduire au développement de « quartiers durables », définis par l'association des Eco Maires comme « *un territoire qui, pour sa création ou sa réhabilitation, intègre une démarche volontaire, une conception et une gestion intégrant les critères environnementaux, un développement social urbain équilibré favorisant la valorisation des habitants, la mixité sociale et des lieux de vie collective, des objectifs économiques, de création d'activités et d'emplois locaux, les principes de gouvernance que sont la transparence, la solidarité, la participation et le partenariat* ».

Dans ce contexte, les sites dégradés apparaissent comme des ressources potentielles et deviennent, une fois requalifiés, de véritables zones stratégiques pour des projets territoriaux ambitieux (*photo 1*). La définition et la mise en œuvre de ces projets nécessitent cependant des partenariats efficaces, intégrant l'ensemble des parties prenantes et la définition préalable d'une « vision » commune.

“ Les sites dégradés deviennent, une fois requalifiés, de véritables zones stratégiques. ”

▲ **Photo 1 : Résultat de la reconversion d'une friche industrielle (ancien site sidérurgique) en milieu urbain : un bâtiment répondant aux critères du développement durable, Essen Allemagne.**

© Projet européen RESCUE, 2005.  
*Photo 1: Result of a brownfield (former iron and steel industry site) redevelopment in an urban setting (Essen, Germany): a building meeting sustainability criteria.*

© The European RESCUE Project, 2005.



## La problématique de la gestion des sols et sites urbains dégradés et de grande étendue

La méthodologie française de gestion des sites et sols pollués [MEDAD (2007)] recommande une requalification des sites dégradés en fonction de leur usage futur. Il s'agit de démontrer que les actions prévues pour la dépollution du site (les « mesures de gestion ») le rendront apte à accueillir le projet d'aménagement. De plus, ce cadre méthodologique recommande une analyse comparative des mesures de gestion possibles pour justifier d'un choix optimal. Cette étape rend le choix d'une mesure de gestion plus transparent, notamment dans le cadre des enquêtes publiques, mais peut toutefois s'avérer complexe pour les sites dégradés de grande étendue, et/ou présentant de nombreux enjeux.

Ce contexte, associé à une conscience environnementale accrue, pousse les collectivités et les porteurs de projets à inscrire leurs opérations dans une perspective de développement durable. Pour les assister, une méthodologie de gestion intégrée des sols et sites urbains dégradés est développée par le BRGM et vise à garantir le choix optimal d'une stratégie de requalification et de réaménagement de ces sites. Elle est applicable à des pollutions associant une ou plusieurs familles de polluants organiques ou métalliques.

Ces travaux, ainsi que ceux menés dans le cadre du projet européen RESCUE [RESCUE (2005)], ont été pris en compte dans les séances de préparation et d'élaboration du guide de l'aménageur sur sites pollués, initié par le Meeddat et l'Ademe (<http://www.developpementdurable.gouv.fr/amenagement-et-sites-pollues/accueil.html>).

### Les grandes étapes de la méthodologie de gestion intégrée de sites urbains étendus et dégradés

Cette méthodologie prévoit huit étapes pour assurer une gestion intégrée et durable de sites dégradés (figure 1). L'acquisition de nouvelles données et/ou décisions à une quelconque étape de la méthodologie nécessite la mise à jour des outils d'aide à la décision et donc une rétroaction et itération des étapes.

#### Étape 1. Caractérisation initiale du site et de son contexte

Les parties prenantes associées à la dépollution et au réaménagement du site sont d'abord identifiées en vue de définir le contexte économique et social du site : nature des activités économiques, type d'habitat et usages du site par la population, attachement des usagers et des riverains à l'existence et au passé du site (base de données BASIAS, IHU, cf. encadrés), etc.

**Figure 1 : Méthodologie intégrée de gestion des sites urbains dégradés de grande étendue – Béranger et al. (2007).**

Figure 1: An integrated methodology for managing large-scale degraded urban sites. Béranger et al. (2007).



<b>Étape 1</b>	<p><b>Caractérisation de la situation</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Contexte environnemental, économique, social.</li> <li>▶ Étendue/nombre de propriétaires/parties prenantes.</li> <li>▶ Plan d'occupation des sols national/régional/départemental.</li> </ul>
<b>Étape 2</b>	<p><b>Vision du projet</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Idées de réaménagement.</li> </ul>
<b>Étape 3</b>	<p><b>Bilan de l'existant</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Identifier les sources/vecteurs/cibles.</li> <li>▶ Mettre en place un comité de pilotage.</li> </ul>
<b>Étape 4</b>	<p><b>Investigations et caractérisation du site</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Caractériser les risques en fonction des usages futurs.</li> <li>▶ Définir un domaine d'étude et un découpage de ce domaine.</li> <li>▶ Éliminer les risques immédiats, si existants.</li> </ul>
<b>Étape 5</b>	<p><b>Classement des scénarios pour chaque zone du site</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Définir une matrice des scénarios.</li> <li>▶ Définir les critères d'évaluation, leurs poids.</li> <li>▶ Définir les seuils de préférence/indifférence/veto.</li> <li>▶ Hiérarchiser les scénarios.</li> </ul>
<b>Étape 6</b>	<p><b>Classement des combinaisons de scénarios à l'échelle du site</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Définir une matrice des combinaisons de scénarios.</li> <li>▶ Définir les critères d'évaluation et leurs poids.</li> <li>▶ Définir les seuils de préférence/indifférence/veto.</li> <li>▶ Hiérarchiser les combinaisons de scénarios.</li> </ul>
<b>Étape 7</b>	<p><b>Choix final de la stratégie de requalification et réaménagement.</b></p> <p>Pour chaque combinaison retenue :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Planifier la reconversion spatialement et temporellement.</li> <li>▶ Déterminer le choix final en prenant en compte le plan d'occupation des sols/le plan de réaménagement/le budget/la faisabilité technique/l'acceptabilité du public.</li> </ul>
<b>Étape 8</b>	<p><b>Mise en place de la stratégie de requalification et réaménagement</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Définir les risques résiduels.</li> <li>▶ Définir les servitudes éventuellement nécessaires.</li> <li>▶ Mettre en place un plan de surveillance, si besoin.</li> </ul>

**Photo 2 : Une friche industrielle avant requalification, commune de Calan, Roumanie.**

*Photo 2: An industrial brownfield prior to rehabilitation, Calan township in Romania.*

© F. Blanchard, 2009.



### Étape 2. Vision du projet

Point de départ pour la discussion du projet entre le promoteur et les institutions publiques impliquées, la « vision » du projet rassemble les premières idées de réaménagement. Ces idées sont proposées en fonction des contraintes environnementales, économiques et sociales identifiées, ainsi que des stratégies territoriales et plans d'urbanisme existants. La définition de cette « vision » implique la consultation des parties prenantes et peut inclure les premières évaluations de coûts, de financements et de revenus futurs.

### Étape 3. Bilan de l'existant

Un « état zéro » du site est dressé en consultant différentes études et en réalisant des visites de terrain (photo 2). Les sources de pollution sont localisées et caractérisées, les vecteurs de transferts plausibles (eaux de surface et souterraines, air, sols) définis et

## ► BASIAS, LA BASE DES DONNÉES ISSUES DES INVENTAIRES HISTORIQUES RÉGIONAUX (IHR)

L. Callier, J.-P. Gérard – BRGM, service environnement industriel et procédés innovants – l.callier@brgm.fr – jp.gerard@brgm.fr



Il est réalisé sans préjuger d'une éventuelle pollution au droit des sites inventoriés.

La finalité de la base de données BASIAS est de reconstituer le passé industriel d'une région et d'en conserver la mémoire pour fournir des informations utiles à la planification urbanistique et à

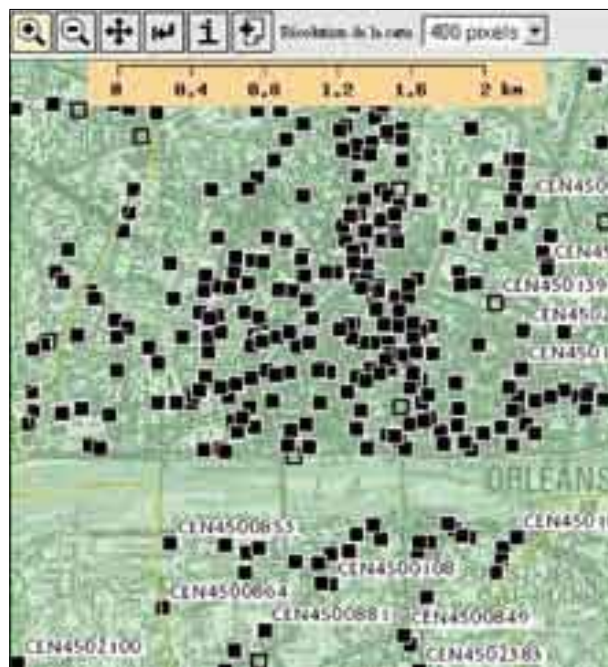
la protection des personnes et de l'environnement. Elle a aussi pour objectif d'aider, dans les limites des informations récoltées, forcément non exhaustives, les notaires et les détenteurs des sites, actuels ou futurs, pour toutes transactions foncières.

Le site internet BASIAS est régulièrement consulté (plus de 40 000 visiteurs par mois). Sa consultation est un atout majeur, avant toute action urbanistique et environnementale. ■

Compte tenu de ses domaines de compétence en ce qui concerne le sol, le sous-sol, les eaux, l'environnement et les bases de données, le BRGM est mandaté par le ministère du Développement durable pour :

- réaliser les Inventaires historiques régionaux (IHR) d'anciens sites industriels et d'activités de service, en activité ou non ;
- créer et gérer la base de données BASIAS, qui en conserve les résultats ;
- afficher gratuitement sur Internet les données acquises (<http://basias.brgm.fr>).

L'inventaire IHR est une démarche nationale appliquée en région et menée par département.



**Exemple de présentation sur Internet des sites géo-référencés de BASIAS sur fond de carte à 1/25 000**

*An example of presentation on the internet of BASIAS geo-referenced sites on a background map at 1:25,000 scale.*

<http://basias.brgm.fr>



les cibles potentielles (populations, écosystèmes, usage des eaux, etc.) identifiées. Des investigations complémentaires peuvent être envisagées.

**Étape 4. Investigations et caractérisation du site**

Après d'éventuelles investigations complémentaires, le domaine d'étude est défini et découpé en zones relativement homogènes, en considérant l'état environnemental du site, les risques sanitaires et environnementaux, les usages. Une carte synthétisant les zones dont l'état est compatible avec l'usage futur et celles nécessitant une requalification pourra aider à ce découpage du site. La dernière phase consiste à définir des scénarios de requalification et réaménagement.

**Étape 5. Classement des scénarios pour chaque zone du site**

Les scénarios précédemment définis pour chaque zone sont classés sur la base de critères permettant d'évaluer le caractère durable du projet. Cette démarche favorise l'acceptabilité, la transparence, la légitimité et la cohérence dans l'évaluation des scénarios.

La reconversion durable est définie comme celle permettant d'optimiser le bien-être des usagers actuels et/ou futurs du site en remplissant un ensemble de conditions : maîtrise du changement global, efficacité économique, répartition équilibrée et équitable des richesses à toutes les échelles. Les critères de hiérarchisation des scénarios sont choisis de manière à évaluer la réponse apportée à ces enjeux et exigences.

**Photo 4 : Excavation au droit d'une zone contaminée par des hydrocarbures flottants dans la zone de battement de la nappe.**

*Photo 4: Excavation directly above an area contaminated by light hydrocarbons at the surface of the aquifer.*

© L. Rouvreau, 2007.



**Photo 3 : Des travaux de requalification de friche – Destruction d'infrastructures bétonnées.**

*Photo 3: Brownfield rehabilitation – The destruction of concrete infrastructures.*

© L. Rouvreau, 2007.



**Étape 6. Classement des scénarios à l'échelle du site**

Les scénarios sont assemblés pour former des combinaisons de scénarios en vue de proposer un réaménagement de l'ensemble du site. Après avoir éliminé les combinaisons redondantes ou incompatibles, les combinaisons restantes sont classées sur la base d'un second jeu de critères optimisant les flux de matières et d'énergie entre le site et l'extérieur et évaluant le caractère durable de la reconversion.

**Étape 7. Choix final de la stratégie de requalification et réaménagement**

Il s'agit de planifier, dans le temps et dans l'espace, la

“ La reconversion durable est définie comme celle permettant d'optimiser le bien-être des usagers du site. ”



43

reconversion du site pour les combinaisons de scénarios répondant au mieux aux enjeux et exigences du développement durable. La combinaison la plus satisfaisante sera choisie en tenant compte des contraintes et enjeux locaux.

### **Étape 8. Mise en place de la stratégie de requalification et réaménagement**

La combinaison de scénarios choisie est mise en place suivant la planification optimisée identifiée à l'étape précédente et les travaux débutent (photos 3, 4 et 5). Ces scénarios entraînent vraisemblablement la présence de pollutions et/ou d'expositions résiduelles. Il s'agit donc de s'assurer que ces expositions résiduelles sont compatibles avec les usages définis, de définir les servitudes éventuelles et de mettre en place un plan de surveillance, si besoin.

### **Les outils d'aide à la décision et leurs fonctionnalités**

B. Roy (cité dans Tille, 2001) définit l'aide à la décision comme : « l'activité de celui qui, prenant appui sur des

*modèles clairement explicités mais non nécessairement complètement formalisés, aide à obtenir des éléments de réponses aux questions que se pose un intervenant dans un processus de décision, éléments concourant à éclairer la décision et normalement à prescrire, ou simplement à favoriser, un comportement de nature à accroître la cohérence entre l'évolution d'un processus d'une part, les objectifs et le système de valeurs au service desquels cet intervenant se trouve placé d'autre part ».*

Plusieurs outils d'aide à la décision peuvent être utilisés : Systèmes d'Information Géographique (SIG), analyse multicritère d'aide à la décision, analyse coût-avantage et analyse coût-efficacité [Béranger *et al.* (2006)]. Ces outils aident à rendre la prise de décision robuste, consistante, transparente et reproductible [Bardos *et al.* (2002)]. Les décisions finales restent cependant du ressort du décideur.

Il est important que ces outils soient compris par les personnes parties prenantes au projet mais non impliquées directement dans leur utilisation, afin que ces dernières valident les résultats.

▲  
**Photo 5 :**  
**La réhabilitation d'une friche industrielle en milieu urbain. Mise en place d'une cellule de confinement de sols pollués.**

*Photo 5:*  
*The rehabilitation of an industrial wasteland in an urban setting. The installation of a confinement cell for polluted soils.*

© L. Rouvreau, 2007.

## ► LES INVENTAIRES HISTORIQUES DE SITES URBAINS (IHU)

L. Callier, J.-P. Gérard – BRGM, service environnement industriel et procédés innovants – l.callier@brgm.fr – jp.gerard@brgm.fr

L'**Inventaire Historique Régional des sites industriels (IHR)**, réalisé par le BRGM, peut être décliné à l'échelle urbaine (IHU) en visant une plus grande exhaustivité des sites inventoriés et leur repérage à l'échelle du parcellaire cadastral.

L'**objectif de l'IHU**, véritable outil de gestion prévisionnelle, est notamment de fiabiliser les actions foncières d'une agglomération

en anticipant les risques de pollutions potentielles d'un ancien site industriel, d'aider à la planification des aménagements/réaménagements en milieu urbain, et de prendre en compte la protection des biens et des personnes en amont du montage des projets.

Dès lors que les sites industriels sont repérés par des coordonnées X et Y, les données qui leur

sont associées peuvent être utilisées, par croisement dans un SIG, avec toutes autres données, par exemple pour rechercher :

- les populations potentiellement exposées au risque saturnin autour d'une ancienne activité industrielle utilisant du plomb ;
- les captages d'alimentation en eau potable qui seraient proches d'un ancien site industriel potentiellement polluant ;

– les établissements sensibles (écoles, établissements de soins...).

Les données peuvent aussi être couplées avec celles relatives aux risques naturels, aux cavités souterraines, aux remontées de nappe, à la sensibilité des sols au retrait/gonflement des argiles... ■

**Illustration de la finalité d'un IHU.**  
Illustration of the end result of an IHU process.

Projet initial



Comparaison Projet/Activités passées



Réaménagement final après diagnostic



**Conclusion :** la connaissance et l'anticipation ont permis d'éviter un surcoût, notamment par adaptation du projet.

### Les outils SIG

Les SIG sont des outils communément utilisés pour le croisement des données, la localisation des enjeux, la détermination d'un zonage, les analyses spatiales ou la visualisation d'indicateurs territoriaux. Dans les processus décisionnels, le recours aux SIG permet de diffuser les connaissances, mais aussi de faciliter le suivi ou la visualisation interactive des impacts du choix des décideurs sur la région d'étude.

### L'analyse multicritère d'aide à la décision

L'analyse multicritère est principalement utilisée pour fournir aux décideurs un outil permettant de progresser dans la résolution d'un problème décisionnel faisant intervenir plusieurs points de vue, même contradictoires. Elle implique la participation des acteurs du projet et permet de porter un jugement entre des scénarios hétérogènes, sur la base de plusieurs critères. Son principal intérêt réside dans sa capacité à simplifier des situations complexes grâce à une décomposition et une structuration de l'analyse.

L'analyse multicritère nécessite au préalable de disposer d'un ensemble de scénarios « en compétition » avant de bâtir successivement :

- des critères permettant d'évaluer ces scénarios ;

- un tableau de performance des scénarios par critères ;
- une agrégation des résultats aboutissant à un classement par préférence ;
- une étude de sensibilité.

Quatre familles de méthodes d'analyse multicritère existent : sans compensation, par agrégation complète, par agrégation partielle et par agrégation locale. Ces méthodes sont encore peu utilisées pour la gestion des sites et sols pollués [Linkov *et al.* (2004)].

### L'analyse coût-avantage ou coût-bénéfice

L'analyse coût-avantage est d'abord un outil d'analyse économique permettant de vérifier si les bénéfices d'un projet dépassent l'ensemble de ses coûts [Pearce *et al.* (2006)]. Un des points clefs réside dans la monétarisation de tous les éléments à considérer. Elle comprend trois étapes :

- identification des coûts et des avantages de la politique ou du projet considéré, au sens large ;
- monétarisation de ces éléments ;
- identification du projet présentant le rapport avantages/coûts le plus élevé.

La principale difficulté réside dans l'évaluation monétaire des différents coûts et avantages, qui nécessite de donner un prix à des biens et services qui n'en ont pas explicitement.

“ Une condition essentielle à la méthodologie intégrée proposée est la mise en place d'une équipe de projet pluridisciplinaire. ”

**Exemple de réhabilitation d'un site minier dans la Ruhr. Aujourd'hui, le site abrite des administrations, des entreprises et un café.**

*An example of rehabilitation of a former mining site in the Ruhr region. Today, the site accommodates administrations, companies and a café.*

© F. Blanchard



### L'analyse coût-efficacité

Plus simple que l'outil précédent sur le plan conceptuel et opérationnel, l'analyse coût-efficacité est mieux adaptée à l'évaluation et à la mesure du rendement de programmes. Elle correspond au concept d'optimisation des ressources et consiste à rechercher les solutions les moins coûteuses pour atteindre un objectif. Elle évite ainsi le problème de l'évaluation monétaire des dommages et avantages.

### Les actions en cours et les futurs développements

Les grandes étapes de la méthodologie de gestion intégrée ont été développées et les outils d'aide à la décision identifiés, mais les détails et conditions de la mise en œuvre de cette méthodologie sont à l'étude, en particulier, les critères associés à l'évaluation de la durabilité de tels projets. Ces critères permettront de mesurer le bien-être des usagers potentiels du site et d'analyser la manière dont ces projets répondent aux enjeux (maîtrise du changement global, efficacité économique et la répartition équilibrée et équitable des richesses).

Obtenir au sein de la profession un consensus sur de tels critères peut être un exercice délicat. Des projets en cours de montage ou d'évaluation sur des sites pilotes et associant un groupe d'acteurs de la dépollution et du réaménagement de sites constitueront un bon préliminaire à la mise en œuvre d'une gestion participative des sites urbains dégradés. Une condition essentielle à la méthodologie intégrée proposée est la mise en place d'une équipe de projet pluridisciplinaire qui gèrera toutes les étapes du projet de réaménagement et assurera une relation pérenne avec ses parties prenantes. ■



### Integrated management of degraded urban soils and sites

*Brownfields located in urban areas once were derelict land, but urban sprawl combined with the sustainability concept development and rising property taxes, among other factors, have motivated the redevelopment such land.*

*The French methodology for managing contaminated sites is based on risk evaluation and acceptability associated with future uses of the site.*

*It requires that a cost-benefit analysis be conducted to choose the most efficient remediation option.*

*These recent developments encouraged the development of a methodology for managing large brownfield sites and the use of decision-support tools such as Geographic Information Systems (GIS) and multicriteria analysis. The first tool is commonly used in visualizing data, impacts, etc., while the second contributes to the decision process by simplifying complex situations, breaking down and structuring the analysis.*

*The methodology developed consists of eight steps:*

- define the context;

- define a “project vision” with the stakeholders;
- gather “baseline” data;
- characterize the site, define the area of study and clusters, define remediation and rehabilitation options for each cluster;
- rank remediation and rehabilitation options for each cluster based on a list of agreed criteria;
- rank the combinations of options at the site scale based on a list of agreed criteria;
- choose the most appropriate combination of options;
- set up the combination of remediation and rehabilitation options, analyse residual risks, define appropriate land-use restrictions and a monitoring plan.

*Criteria used to rank remediation and rehabilitation options are defined to evaluate the impact of these options based on the well-being of current and/or future users, on global change, on a balanced and fair sharing of resources and on economic efficiency. To take into account different stakeholders' opinions, a participatory approach may be chosen in establishing an accepted and validated list of criteria.*