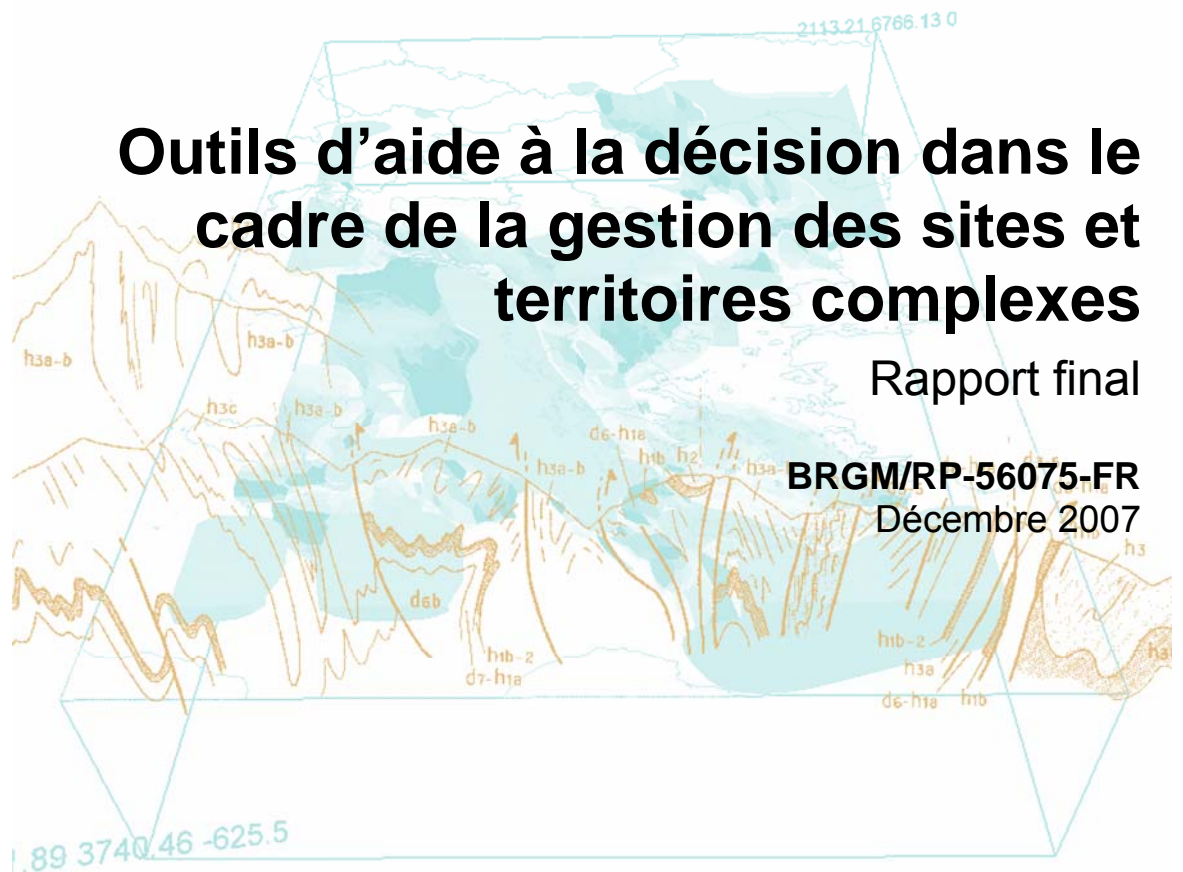




Outils d'aide à la décision dans le cadre de la gestion des sites et territoires complexes

Rapport final

BRGM/RP-56075-FR
Décembre 2007



Outils d'aide à la décision dans le cadre de la gestion des sites et territoires complexes

Rapport final

BRGM/RP-56075-FR
Décembre 2007

S. Béranger, F. Blanchard, M. Bouzit

Vérificateur :
Nom : D. HUBE
Date : 07/09/08
Signature : 

Approbateur :
Nom : H. GABORIAU
Date : 07/09/08
Signature : 

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés :

Analyse multicritère d'aide à la décision, analyse coût-bénéfice, gestion des sites et sols pollués, mégasites, territoires complexes.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

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., 13 fig., 8 tab., 2 ann.

Synthèse

Dans le domaine de l'aménagement du territoire, les politiques publiques s'orientent de plus en plus vers une mise en œuvre implicite ou explicite des concepts de développement durable. L'application de ces concepts implique l'intégration des aspects sociaux, économiques, environnementaux et de gouvernance. Cette tendance oblige les services responsables de l'aménagement du territoire à une modification des méthodes et des outils de décision.

La gestion des sites et territoires complexes, c'est-à-dire des territoires incluant notamment des sites et sols pollués, doit s'insérer dans la même orientation. La complexité découle en partie de l'intégration :

- de sources de pollutions et de modes de transferts potentiellement multiples,
- d'impacts divers selon les usages du territoire concerné,
- de volontés de redéveloppement multiples, potentiellement associées à la pression foncière,
- d'objectifs et de conséquences de redéveloppement multiples et parfois contradictoires.

En 2007, les outils méthodologiques de gestion des sites potentiellement pollués ont été complétés et actualisés. Cette gestion repose sur la prévention, le contrôle et le traitement/ la réhabilitation des sites et sols pollués. Cependant, dans le cas des sites et territoires complexes, les outils d'aide à la décision existants deviennent insuffisants et une approche pluridisciplinaire et participative est nécessaire pour optimiser, dans l'espace et dans le temps, la réhabilitation **et** le redéveloppement du territoire complexe. La recherche de nouveaux outils d'aide à la décision adaptés à ce contexte doit satisfaire les besoins suivants :

- la définition initiale des objectifs du projet de redéveloppement ;
- une caractérisation suffisamment détaillée du contexte du site ou territoire complexe pour prendre en compte tous les aspects socio-économiques, techniques et légaux ;
- une analyse des scénarios de gestion basée sur des critères permettant d'évaluer la durabilité du scénario et l'atteinte d'objectifs environnementaux ;
- une prise en compte des mesures de maîtrise des risques **et** des actions de redéveloppement dans les scénarios de gestion. Ceci implique la prise en compte d'un ensemble de critères incluant notamment les coûts, mais aussi les bénéfices associés au scénario de gestion ;

- une prise en compte des dimensions spatiale et temporelle pour analyser l'impact des scénarios de gestion non seulement dans l'espace, mais aussi dans le temps ;
- un processus décisionnel transparent et suffisamment flexible pour permettre l'intégration de données nouvelles au cours du projet de redéveloppement du territoire ;
- une démarche participative pour prendre en compte les points de vue des acteurs concernés.

La méthodologie développée dans ce rapport permet de répondre à ces attentes. Elle est basée sur la combinaison de l'outil SIG (Système d'Information Géographique), des méthodes d'analyse multicritère (AMC) et de l'Analyse Coût-Bénéfice (ACB). L'outil SIG permet de générer les données et informations pour caractériser et délimiter différentes zones du site ou territoire complexe, et pour communiquer avec l'ensemble des acteurs et le public. L'outil AMC est utilisé pour hiérarchiser les scénarios de gestion et sélectionner ceux qui satisfont au mieux un ensemble de critères présélectionnés par les parties prenantes. L'ACB intervient à l'échelle du territoire pour quantifier les coûts et bénéfices des scénarios sélectionnés et choisir le scénario optimal en prenant en compte l'enchaînement des actions à mener et les contraintes de financement. La combinaison de ces outils s'attache à intégrer la participation des acteurs concernés dans le processus décisionnel.

La méthodologie complète se décline ainsi en six étapes principales :

- Etapes préliminaires (caractérisation de la situation, vision du projet),
- Etape 1 : Bilan de l'existant,
- Etape 2 : Evaluation des risques,
- Etape 3 : Classement des scénarios à l'échelle des zones du territoire,
- Etape 4 : Classement des scénarios à l'échelle du territoire,
- Etape 5 : Choix final de la stratégie de redéveloppement,
- Etape 6 : Mise en place de la stratégie de redéveloppement.

Cette méthodologie demande maintenant à être testée sur un cas d'étude réel afin d'évaluer la flexibilité de mise en œuvre des différents outils et leurs limites.

Sommaire

1. Introduction	9
1.1. CONTEXTE GENERAL	9
1.2. OBJECTIFS DE LA METHODOLOGIE	10
2. Boite à outils d'aide à la décision	11
2.1. CONCEPT CENTRAL.....	11
2.2. DIMENSIONS SPATIALE ET TEMPORELLE	11
2.3. OUTILS SIG.....	12
2.3.1. Où et Quoi ?	13
2.3.2. Comment ?	13
2.3.3. Et si ?.....	13
2.3.4. Conclusion.....	13
2.4. ANALYSE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION.....	14
2.4.1. Les poids	15
2.4.2. Le seuil d'indifférence, le seuil de préférence et le veto	15
2.4.3. Comparaison de deux scénarios	17
2.5. PARTICIPATION ET COMMUNICATION.....	18
2.5.1. Le décideur.....	19
2.5.2. Le coordinateur.....	20
2.5.3. Les parties prenantes	20
2.5.4. Le comité de pilotage	20
2.5.5. Leurs relations	20
2.5.6. De l'aide à la décision à l'aide à la concertation	21
2.6. ANALYSE COUT-BENEFICE	21
2.6.1. Cadrage de l'Analyse Coût-Bénéfice.....	22
2.6.2. Avantages et limites de l'ACB	25
2.6.3. Valorisation économique de bénéfices non marchands	26
2.7. INCERTITUDES	27
2.7.1. Les incertitudes dans l'évaluation des risques	27
2.7.2. Les incertitudes dans l'analyse multicritère	28

2.7.3. Les incertitudes dans l'ACB	28
2.8. INTERACTIONS ENTRE OUTILS D'AIDE A LA DECISION.....	29
2.8.1. Interaction entre AMC ET ACB	29
2.8.2. Interaction entre outil SIG et outils AMC/ACB.....	30
3. Méthodologie	33
3.1. ETAPES PRELIMINAIRES	35
3.1.1. Caractérisation de la situation.....	35
3.1.2. Vision du projet	35
3.2. ETAPE 1 : BILAN DE L'EXISTANT	36
3.3. ETAPE 2 : EVALUATION DES RISQUES	39
3.4. ETAPE 3 : CLASSEMENT DES SCENARIOS A L'ECHELLE DES ZONES DU TERRITOIRE.....	42
3.4.1. Définition des catégories et des critères	42
3.4.2. Définition des seuils d'indifférence, de préférence et de veto	45
3.4.3. Définition des poids à attribuer à chaque critère.....	46
3.4.4. Classement des scénarios de redéveloppement	47
3.4.5. Etude de sensibilité	48
3.4.6. Avantages et inconvénients de chaque combinaison de scénarios ; Elimination des combinaisons de scénarios irréalisables	49
3.5. ETAPE 4 : CLASSEMENT DES COMBINAISONS DE SCENARIOS A L'ECHELLE DU TERRITOIRE	51
3.6. ETAPE 5 : CHOIX FINAL DE LA STRATEGIE DE REDEVELOPPEMENT	53
3.6.1. L'ACB comme outil de planification temporelle des actions relatives aux combinaisons de scénarios.....	53
3.6.2. Identification et évaluation des coûts	55
3.6.3. Identification et évaluation des bénéfiques	57
3.6.4. Actualisation et critère de décision.....	60
3.7. ETAPE 6 : MISE EN PLACE DES SCENARIOS DE REDEVELOPPEMENT...	63
3.7.1. Mesures de gestion.....	63
3.7.2. Analyse des risques résiduels.....	64
3.8. ILLUSTRATION DE LA METHODOLOGIE	66
3.8.1. Présentation de l'exemple.....	66
3.8.2. Contexte.....	67
3.8.3. Hiérarchisation des scénarios et combinaisons de scénarios.....	70

3.8.4. Choix final de la stratégie de redéveloppement et mise en place de la combinaison de scénarios choisie	70
4. Conclusion et recommandations	71
5. Bibliographie	73

Liste des Figures

Figure 1 – Indice de Concordance et indice de discordance par critère	16
Figure 2 – Perception du risque (source : Duong, 1998)	19
Figure 3 – Méthodologie de gestion des sites et territoires complexes	34
Figure 4 – Etape 1	38
Figure 5 – Etape 2	41
Figure 6 – Etape 3	50
Figure 7 – Etape 4	52
Figure 8 – Enchaînement des actions d'un scénario d'intervention	54
Figure 9 – Bénéfices dans le temps	55
Figure 10 – Evaluation des coûts et bénéfices des scénarios de réhabilitation / redéveloppement	61
Figure 11 – Etape 5	62
Figure 12 – Etape 6	65
Figure 13 – Exemple théorique	66
Figure 14 – Illustration du déroulement de la méthodologie	69

Liste des Tableaux

Tableau 1 – Comparaison entre ACB financière et ACB sociale	23
Tableau 2 – Zonation du territoire	39
Tableau 3 – Liste générique de critères	44
Tableau 4 – Valeurs Seuils	45
Tableau 5 – Poids de chaque critère	47
Tableau 6 – Exemples des coûts de réhabilitation des sites et territoires complexes	57
Tableau 7 – Exemples de dommages potentiels sur des sites et territoires complexes	59

Tableau 8 – Exemples de bénéfices d’usage de redéveloppement des sites et territoires complexes..... 60

Liste des annexes

Annexe 1 Le seuil d’indifférence, le seuil de préférence et le véto dans les méthodes ELECTRE 75

Annexe 2 Règles spécifiques à la méthodologie d’étude participative 79

1. Introduction

Dans le cadre du projet cadre GESSITE, le BRGM s'est engagé à étudier la thématique des « outils d'aide à la décision pour la gestion des sites et territoires complexes » (projet OUTAIDECI).

1.1. CONTEXTE GENERAL

La gestion des sites et sols pollués repose sur les principes visant à prévenir, connaître et traiter/réhabiliter les milieux dégradés et pollués. En France, de nouveaux outils méthodologiques ont été publiés en 2007 (MEDAD, 2007). Ils s'appliquent au cas des sites potentiellement pollués en général. Dans le cadre des sites et territoires complexes, la difficulté réside dans la prise en compte de multiples critères afin de satisfaire au développement durable des zones potentiellement impactées.

Une approche pluridisciplinaire de la situation est donc souvent requise pour répondre durablement aux problèmes environnementaux, économiques et sociaux liés à la complexité de ces territoires. Des objectifs multiples et souvent contradictoires sont à prendre en considération et à hiérarchiser afin de faciliter les prises de décision. Pour faire en sorte que le processus décisionnel soit transparent, documenté et reproductible, des outils d'aide à la décision sont nécessaires (Béranger et al., 2006).

Une première réflexion méthodologique a donc été entreprise en 2006 (Béranger et al., 2006). Cette réflexion avait pour but de proposer une approche compatible avec la nouvelle méthodologie de gestion des sites potentiellement pollués, mais adaptée au contexte des sites ou territoires complexes. Il a ainsi été suggéré de coupler plusieurs outils d'aide à la décision, dont des outils d'analyse multicritère, des outils d'analyse coût-bénéfice et des outils SIG.

Cependant, la méthodologie proposée dans le rapport BRGM/RP-55223-FR n'était qu'une ébauche qui demandait à être précisée et développée.

Le présent rapport a donc pour but de :

- développer la méthodologie de gestion des sites et territoires complexes, et notamment le couplage entre les différents outils d'aide à la décision,
- préciser le lien entre les différentes étapes et les différents outils utilisables à chaque étape,
- présenter un exemple théorique d'application de la méthodologie.

1.2. OBJECTIFS DE LA METHODOLOGIE

L'objectif de cette méthodologie est d'optimiser les relations entre les aspects environnementaux, économiques et sociaux à considérer lors de la prise de décision relative au redéveloppement d'un site ou territoire complexe. A cet effet, la synthèse bibliographique réalisée lors du projet BRGM 2006 (Béranger et al., 2006), l'expérience issue du projet BRGM Aigrette, et les dires d'experts ont été consultés.

Cette méthodologie vise également à optimiser les potentialités offertes par différents outils d'aide à la décision. Elle se veut novatrice, et forme ainsi une première piste de réflexion théorique qui demande à être validée et appliquée sur des cas concrets (action en 2008 prévue).

2. Boîte à outils d'aide à la décision

2.1. CONCEPT CENTRAL

Le concept de développement durable est au cœur du projet, puisque l'objectif affiché est d'évaluer des projets de réhabilitation et redéveloppement de sites ou territoires complexes en fonction d'un ensemble de paramètres environnementaux, sociaux et économiques, qualifiables ou quantifiables.

Cité pour la première fois par l'Union Internationale de la Conservation de la Nature (UICN) dans son ouvrage « Stratégie mondiale de la conservation » en 1980, le développement durable est défini en 1987 de la façon suivante : « Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Des concepts inhérents à cette notion : le concept de besoins, et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale imposent sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir » (Brundtland, 1988, cité dans Cherqui, F., 2005).

Le concept de développement durable est ainsi souvent présenté comme un équilibre entre trois pôles que sont le social, l'environnement et l'économique. A cela s'ajoute la gouvernance. On parle donc souvent du tétraèdre du développement durable.

Appliquer le développement durable à la réhabilitation de sites ou territoires complexes signifie la prise en compte globale de ses quatre pôles. La difficulté réside dans la mise en place d'une synthèse entre de nombreux aspects : gestion du territoire, des sites potentiellement pollués, diversité sociale, qualité de l'air, de l'eau, réseau de transports, aspects économiques, etc. Le nombre de notions impliquées illustre la complexité du concept et de son application.

L'objectif est d'atteindre un compromis pour minimiser les impacts environnementaux, optimiser l'aspect social, réduire les coûts, etc. La solution de réhabilitation choisie doit satisfaire au mieux les différents pôles du tétraèdre. Pour ce faire, il est nécessaire d'introduire les notions d'espace et de temps, inhérentes au redéveloppement de sites ou territoires complexes.

Afin de faciliter le choix de la décision optimale, des outils, présentés dans les paragraphes suivants, ont été sélectionnés et combinés.

2.2. DIMENSIONS SPATIALE ET TEMPORELLE

La définition même du développement durable nécessite de prendre en compte les dimensions spatio-temporelles. Il ne s'agit pas de considérer l'état du milieu

uniquement au moment de la mise en place du projet, mais de prédire ses états futurs, ceci afin d'anticiper les changements résultants d'actions passées ou à venir. Les modifications des conditions sociales, environnementales et/ou économiques ont un impact direct sur le territoire, impact qu'il convient d'anticiper, dans la limite des connaissances actuelles.

Dans le cadre de l'utilisation des outils d'aide à la décision, il est apparu nécessaire de scinder les notions spatiales et temporelles en deux entités. En effet, la dimension spatiale permet d'optimiser le développement du territoire dans le long-terme, d'avoir une « vision » du résultat du développement. A contrario, la dimension temporelle permet d'optimiser la succession des actions à mettre en œuvre pour parvenir au développement spatial du territoire dans le long-terme.

L'outil d'aide à la décision le plus approprié à la prise en compte de la dimension spatiale est l'analyse multicritère. L'optimisation du développement du territoire sur le long-terme nécessite en effet de définir un ensemble de critères permettant de qualifier ou quantifier le développement durable du territoire, de mesurer leur importance relative et de définir le scénario de développement répondant au mieux aux différents critères choisis, qu'ils soient quantifiables en terme monétaire ou non. C'est le principe même de l'analyse multicritère, qui est exposé dans le paragraphe 2.4.

Cependant, l'analyse multicritère semble moins appropriée à l'optimisation de la dimension temporelle qui nécessite une multiplication des scénarios de développement. La dimension temporelle nécessite en effet de planifier au mieux l'enchaînement des actions à mener et leur durée afin de maximiser les retombées positives en matière économiques, sociales et environnementales. Il s'agit donc de comparer un nombre limité de successions d'actions aboutissant à un même scénario de redéveloppement sur le long terme. L'analyse coût-bénéfice semble mieux appropriée pour traiter cet aspect temporel. Elle fournit un résultat plus facile d'interprétation aux non-spécialistes puisque l'ensemble des critères considérés dans la prise de décision sont transcrits en terme monétaire.

2.3. OUTILS SIG

Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) sont aujourd'hui 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, mais encore peu exploités comme un outil dynamique d'aide à la décision.

Toutefois, dans les processus décisionnels, le recours aux SIG permet non seulement de diffuser les connaissances, mais également de faciliter le suivi ou la visualisation interactive des impacts du choix des décideurs sur le domaine d'étude.

Les productions cartographiques dans le domaine des sites pollués peuvent avoir plusieurs usages. Elles peuvent ainsi répondre aux questions suivantes :

2.3.1. Où et Quoi ?

Le premier usage de la cartographie est la description du domaine d'étude, l'identification des sources, des cibles, des vecteurs de pollution. Or, la représentation des informations géographiques issues de bases de données ou d'analyses de terrain nécessite des outils permettant l'intégration de données d'origine et de nature diverses, le géo-référencement, le renseignement des métadonnées et l'optimisation de l'espace de stockage (comme les géodatabases¹).

2.3.2. Comment ?

Une fois le domaine d'étude situé, les principaux objets géo-référencés, il est nécessaire de savoir comment les objets sont positionnés les uns par rapport aux autres, quelles sont leur relations. Par exemple, un SIG peut être utilisé pour connaître le processus de transfert d'un polluant, les conditions de transport via les réseaux hydrographiques, les distances entre les sources et les cibles, etc. L'usage analytique de la cartographie est reconnu et largement exploité. L'interprétation des données peut se traduire par la création d'indicateurs environnementaux spatiaux. De nombreux organismes s'appuient sur des indices issus d'analyse spatiale (comme le Ministère de l'Environnement du Canada² pour l'analyse des pluies acides, l'Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique qui utilise notamment comme indicateur le nombre de jours de gel par an ou l'Agence Européenne de l'Environnement (AEE), au travers du programme Corine Land Cover).

L'analyse peut être non seulement spatiale, thématique mais aussi temporelle.

2.3.3. Et si ?

Que se passerait-il s'il se produisait tel événement ? Il est désormais possible de visualiser un modèle d'évolution dans l'espace et dans le temps (propagation d'un incendie, comportement d'une foule, fonte des glaces, progression d'un virus...). Pour observer un phénomène de propagation d'un polluant, par exemple, une animation, créée directement avec les outils SIG, permet de faire défiler des cartes de manière automatique comme si on visualisait une séquence vidéo.

2.3.4. Conclusion

Les outils SIG sont en plein essor. La visualisation performante pour analyser l'évolution d'un phénomène ou l'interface entre les SIG professionnel et grand public sont des atouts qui font des SIG de véritables outils d'aide à la décision. Combinés aux

1 Elles prennent en charge le stockage et la gestion d'informations géographiques (avec leurs liens topologiques) dans des tables du système de gestion de bases de données relationnelles standard. D'après une définition du guide d'utilisation du logiciel Arcgis.

2 Visualisation en ligne des dépôts humides moyens de sulfate au canada : http://www.ec.gc.ca/soer-ree/Francais/Indicador_series/default.cfm

outils classiques du SIG (indicateurs spatiaux, délimitation de zones prioritaires, etc.) et aux outils de simulation et d'analyse multicritère, ils offrent aux utilisateurs une analyse plus aisée de leur territoire.

2.4. ANALYSE MULTICRITERE D'AIDE A LA DECISION

La définition proposée par B. Roy (cité dans Tille, 2001) de l'aide à la décision est la suivante :

« L'aide à la décision est 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 ».

L'objectif de l'analyse multicritère est de faciliter la décision. La décision finale appartient en effet aux décideurs. La finalité du processus d'analyse multicritère est de définir un scénario qui répond au mieux à un ensemble de critères potentiellement contradictoires. Un critère est une expression qualitative ou quantitative permettant de juger la conséquence d'un scénario vis à vis d'un objectif ou d'une contrainte. Un critère se doit d'être utile et fiable. Il est associé à une échelle ordinale (excellent, bon, moyen ou mauvais) ou cardinale (euros, notes,...) et dispose d'un sens de préférence (maximisation ou minimisation).

Tous les critères à prendre en compte dans le choix d'un scénario sont préalablement définis par un groupe d'acteurs. Un poids et des valeurs seuils leur sont attribués respectivement en fonction de leur importance relative et de leur « performance ». La liste des critères, leur pondération et performance sont abordés dans le chapitre 3 du présent rapport.

Parmi les familles et méthodes d'analyse multicritère existantes (se référer à Béranger et al., 2006), la méthode ELECTRE III (Elimination Et Choix Traduisant la REalité) a été retenue. Cette méthode a la particularité d'utiliser certaines notions de la théorie des ensembles. Les scénarios sont comparés deux à deux. Des paramètres intercritères permettent d'évaluer l'importance relative de chaque critère, on parle alors de **poids**. Les paramètres intracritères formalisent, pour chaque critère, l'appréciation subjective de leurs valeurs. Ils comprennent les **seuils d'indifférence, de préférence et de véto**. Dans la suite de ce paragraphe, nous nous attachons à définir les termes clefs de la méthode ELECTRE. Le lecteur est renvoyé au chapitre 3 pour le détail du déroulement de l'analyse multicritère dans le contexte du redéveloppement de sites et territoires complexes.

2.4.1. Les poids

Les poids dans la méthode ELECTRE peuvent être comparés à des droits de vote. Ils peuvent être perçus comme « *un nombre de voix, dont disposerait chaque critère en fonction de son importance* » (Joerin, 1997). Ils expriment l'importance de chaque critère et ne sont pas influencés par l'échelle des mesures des critères.

Selon Joerin (1997), la détermination du poids peut constituer un sujet de concertation. Dans le cadre de la méthodologie que nous présentons dans le chapitre 3, il est suggéré que les parties prenantes fixent un poids pour chaque critère. Le coordinateur du projet attribuera ensuite comme poids la moyenne des poids attribués et conduira une étude de sensibilité sur l'intervalle de variation. Il n'est en effet pas certain qu'une différence dans la pondération influence le résultat de l'analyse.

2.4.2. Le seuil d'indifférence, le seuil de préférence et le veto

Les seuils d'indifférence et de préférence sont utilisés pour définir une transition (floue) entre l'indifférence et la préférence. Ces seuils sont fixés pour chaque critère.

Le **seuil d'indifférence** (S_i sur la Figure 1) correspond à la plus petite différence jugée significative pour estimer qu'un scénario Sc_i est « meilleur » qu'un autre, noté Sc_j , sur le critère considéré. Le **seuil de préférence** (S_p sur la Figure 1) indique quelle différence minimale constitue un avantage considérable d'un scénario sur l'autre. Ces seuils permettent de définir les indices de discordance et de concordance par critère, fonctions dont les valeurs sont comprises entre 0 et 1. **L'indice de concordance par critère** permet d'évaluer la performance du scénario Sc_i par rapport au scénario Sc_j pour le critère considéré (Figure 1).

Les formulations mathématiques associées aux cinq situations illustrées sur la Figure 1 sont reportées en Annexe 1.

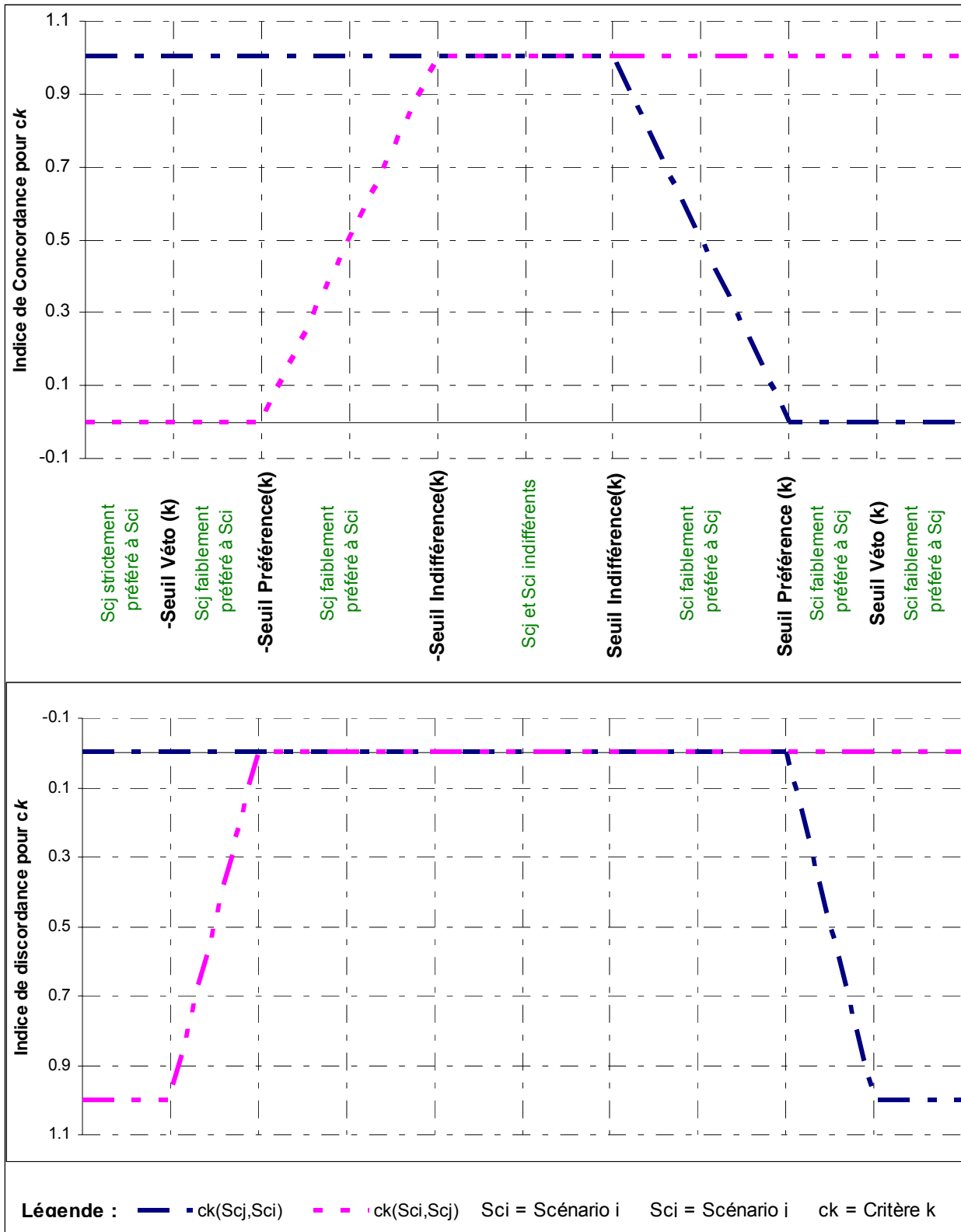


Figure 1 – Indice de Concordance et indice de discordance par critère

2.4.3. Comparaison de deux scénarios

Relation de surclassement

On dit qu'un scénario en surclasse un autre si il est au moins aussi bon que l'autre relativement à une majorité de critères, sans être trop nettement plus mauvais que cet autre relativement aux autres critères (règle de Condorcet)

La comparaison de deux scénarios passe par le **degré de crédibilité**. Le degré de crédibilité est une valeur entre 0 et 1, qui permet de répondre à la question « est ce que, considérant **TOUS** les critères, le scénario Sc_i est au moins aussi bon que le scénario Sc_j ? ».

La réponse à la question inverse, i.e., la réponse à la question « est ce que, considérant TOUS les critères, le scénario Sc_j est au moins aussi bon que le scénario Sc_i ? », ne se déduit pas de la réponse précédente. En conséquence, la comparaison entre deux variables considère les indices de crédibilité, l'un de Sc_i vers Sc_j et l'autre de Sc_j vers Sc_i .

Si deux scénarios ne sont reliés par aucun surclassement, ils sont déclarés **incomparables**. Si deux scénarios sont reliés par deux surclassements, on les déclare **indifférents**.

Cette différence entre les relations d'incomparabilité et d'indifférence constitue, à notre avis, un atout de la méthode ELECTRE.

Indice de concordance globale et Degré de crédibilité

Le degré de crédibilité du surclassement se calcule à partir de l'indice de concordance global et l'indice de discordance par critère. En comparant avec le système électoral, l'indice de concordance pourrait être le nombre de voix pour la proposition « Sc_i est au moins aussi bon que Sc_j », alors que l'indice de discordance mesure le désaccord avec cette proposition. Le scénario est donc accepté si la majorité des votants est d'accord et si la minorité qui s'y oppose n'est pas trop gravement contrariée ! (Joerin, 1997).

L'indice de concordance globale (de Sc_i vers Sc_j) est la somme des poids des critères où Sc_i est mieux noté que Sc_j . Le poids d'un critère n'est compté que si la différence de note entre Sc_i et Sc_j est supérieure au seuil d'indifférence. Si ce n'est pas le cas, on ne comptabilisera qu'une partie du poids ou rien du tout. Sous forme mathématique, cela s'écrit de la façon suivante :

$$\text{Indicedeconcordanace} = ICo_{A,B} = \frac{\sum_{i=1}^n Conc_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

Où : P_i = poids du critère i

$Conc_i$ = indice de concordance par critère (Figure 1)

n = nombre total de critères

Le degré de crédibilité est l'indice de concordance globale, affaibli par les indices de discordance par critère. Ces discordances n'interviennent que si elles sont supérieures à l'indice de concordance globale. Sous forme mathématique, cela s'écrit de la façon suivante :

$$\text{Degrédecrédibilité} = ICo_{A,B} \cdot \prod_{j \in \bar{F}} \frac{1 - Disc_{j(A,B)}}{1 - ICo_{A,B}}$$

Où : $ICo_{A,B}$ = Indice de concordance globale du surclassement A vers B

$Disc_{j(A,B)}$ = indice de discordance pour le critère j (Figure 1) et le surclassement de A vers B, par critère

\bar{F} = sous-ensemble de la famille des critères pour lesquels l'indice de discordance est supérieur à l'indice de concordance globale.

Un classement des scénarios est établi sur la base des degrés de crédibilité des relations de surclassement entre chaque paire de scénarios. La procédure, complexe, est introduite dans un algorithme permettant d'arriver au classement. Le lecteur est renvoyé à la littérature pour le détail de cet algorithme.

2.5. PARTICIPATION ET COMMUNICATION

La question de la participation et de la communication est devenue un thème central affectant de nombreux domaines de la vie quotidienne. L'accès à l'information, la participation du public au processus décisionnel et l'accès à la justice en matière d'environnement est régie par la convention d'Aarhus. De nombreuses études de gestion du territoire ayant vu le jour dans les années 1990 et 2000 incluent la dimension participative dans la décision (Joerin, 1997, Wurtz, 2005, Joliveau, 2004). De nombreuses définitions générales de la participation peuvent être trouvées dans la littérature. Cependant, nous retiendrons celle de Fiorino (1996), cité dans Joliveau (2004) qui la définit comme « toute forme d'implication dans le processus de gestion

d'un système donné d'acteurs n'appartenant pas au dispositif formel en charge du pouvoir de décision sur ce système ».

Cette participation permet notamment de réduire le fossé existant entre « risque réel » et « risque perçu ». A ces deux facettes s'ajoute le « risque calculé ». Ces trois dimensions du risque peuvent être définies comme suit :

- le risque réel est le risque effectivement lié à la présence de substances dangereuses ou toxiques,
- le risque calculé est une estimation du risque réel, faussé par de nombreuses incertitudes liées à la quantification de ce risque,
- le risque perçu est une vision subjective de l'opinion publique.

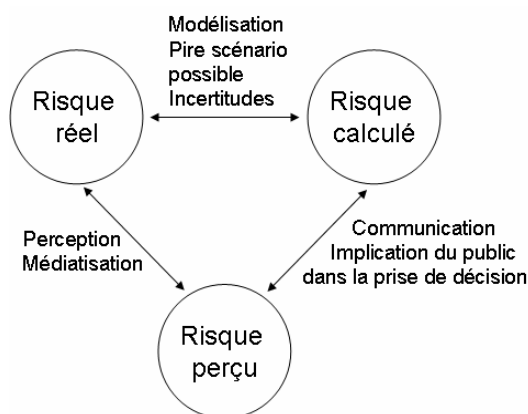


Figure 2 – Perception du risque (source : Duong, 1998)

La « perception du risque » joue un rôle essentiel dans la réussite d'un projet. C'est pourquoi il paraît important d'inclure les parties prenantes dans tout projet de redéveloppement. Elles font partie des acteurs du projet, ces derniers étant définis comme « un individu ou un groupe d'individu qui, par son système de valeurs, que ce soit au premier degré, du fait des intentions de cet individu, ou un groupe d'individus, ou au second degré par la manière dont il fait intervenir ceux d'autres individus, influence directement ou indirectement la décision » par Roy (cité dans Joerin, 1997).

Parmi les acteurs les plus influents figurent le(s) décideur(s) (responsables, gestionnaires, élus, politiques, etc.), l' (les) coordinateur(s) (expert, technicien, spécialiste, scientifique) et les parties prenantes (public, habitants, usagers, citoyens, administrés, entreprises, associations, groupes d'intérêts).

2.5.1. Le décideur

Le décideur est censé faire prévaloir ses préférences dans l'évolution du processus décisionnel et prend la décision finale. Dans le contexte du redéveloppement de sites et territoires complexes, plusieurs groupes sont impliqués, et chaque groupe a pour but

d'influencer la décision. Les accords et négociations fréquemment nécessaires pour arriver au scénario final tendent à répartir, au moins partiellement, la responsabilité de la décision sur l'ensemble des acteurs concernés. Le décideur pourra donc être considéré, dans ce cas, comme un ensemble complexe d'acteurs.

Dans le contexte du redéveloppement de sites ou territoires complexes, les décisions finales reviennent souvent aux autorités politiques.

2.5.2. Le coordinateur

Le coordinateur est l'individu ou le groupe d'individus qui prend en charge l'aide à la concertation en utilisant les modèles (d'aide à la décision). La tâche du coordinateur est d'accompagner les acteurs dans la démarche d'aide à la décision. Il peut être aidé par des experts de différentes disciplines. Ces experts, au contraire du coordinateur, peuvent se contenter d'une vision partielle de la problématique.

L'objectif du coordinateur est de « servir » les décideurs, en veillant à les influencer le moins possible dans leurs choix.

2.5.3. Les parties prenantes

Les parties prenantes sont les personnes, groupes, ou organismes impliqués dans le projet. La diversité d'intérêts, de cultures, de milieux font que leurs points de vue convergent rarement. Les parties prenantes sont souvent nombreuses. Il conviendra alors de sélectionner un groupe d'une vingtaine de personnes, représentatif des l'ensemble des parties prenantes. Ce sous-groupe constitue le comité de pilotage. Il sera responsable de l'information et de la consultation, au besoin, de l'ensemble des parties prenantes tout au long du processus décisionnel.

La méthodologie de gestion des sites et territoires complexes nécessite de distinguer les parties prenantes en fonction de leurs intérêts et rôle dans le processus décisionnel.

2.5.4. Le comité de pilotage

Le comité de pilotage est un sous-groupe des parties prenantes auquel il faut ajouter le(s) décideur(s) et le(s) coordinateur(s). Le coordinateur devra veiller à ce que le comité de pilotage soit représentatif des intérêts et rôles des parties prenantes.

2.5.5. Leurs relations

La compréhension des relations qui lient les différents acteurs est particulièrement importante dans la gestion du processus de concertation. Ces relations, auxquelles il faut ajouter le modèle décisionnel, conditionneront la légitimité de la décision et son acceptation sociale.

Le groupe des parties prenantes doit être complet et chaque acteur du comité de pilotage doit être légitimé par le groupe qu'il est censé représenter. De plus, aucun acteur ne doit être négligé, sous peine d'une décision sans valeur. Le(s) coordinateur(s) interviennent sur la légitimité de la décision par son aptitude à gérer les conflits au sein du groupe.

Les outils SIG s'avèrent ici très utiles. Ils facilitent en effet la communication grâce à leurs fonctionnalités de représentation spatiale et cartographique. Ces outils contribuent à l'acceptation sociale des décisions car ils permettent de vulgariser le travail auprès des décideurs et le fonctionnement du modèle décisionnel (Joerin, 1997).

Les acteurs interviennent à de nombreuses reprises dans le processus décisionnel (cf chapitre 3). Ils doivent notamment exprimer leur perception de la problématique. Le rôle du coordinateur est primordial dans cette phase. Il doit en effet guider les décideurs qui peuvent être dérouté par la formulation de la problématique imposée par le processus décisionnel.

2.5.6. De l'aide à la décision à l'aide à la concertation

Si, comme le définit Roy (1985), cité dans Damart et al. (2001), l'aide à la décision est « *l'activité de celui qui par des voies qui se veulent scientifiques vise à apporter des éléments de réponse à des questions que se posent des intervenants dans un processus de décision* », alors l'aide à la décision vise à traiter une complexité liée à l'objet de la décision. Or, en matière de gestion de sites et territoires complexes, il s'agit aussi de traiter la complexité des relations entre parties prenantes. Il s'agit de faire participer les différents acteurs aux échanges constitutifs du processus décisionnel, comme le suggère les paragraphes précédents. On parlera donc, dans la suite du rapport, *indifféremment d'aide à la concertation ou d'aide à la décision*, ce dernier terme étend entendu sous l'angle de concertation.

La concertation renvoie au cas où l'intégration des différents acteurs aux échanges constitutifs du processus décisionnel est maximale. Le public devient alors un acteur intervenant directement dans l'étude, dialoguant avec le décideur en prenant part à la décision.

La concertation passe par une communication efficace entre les différents acteurs du projet de redéveloppement. Pour que la concertation soit un exercice bénéfique, il est nécessaire de bien la planifier et de respecter un certain nombre de règles spécifiques. Ces règles, énoncées dans l'annexe 2, ne garantissent pas l'obtention de résultats satisfaisants mais elles augmentent sensiblement les chances de succès de l'exercice.

2.6. ANALYSE COUT-BENEFICE

L'analyse coût-bénéfice est un outil d'évaluation basé sur des principes liés au problème d'allocation de ressources financières. La décision peut être vue comme un problème d'affectation de ressources rares à des (re)développements concurrents. Le

calcul économique conduit à la mise en évidence d'un optimum calculé sur des bases préexistantes à l'analyse.

Alors que cet outil est souvent comparé à l'analyse multicritère, la méthodologie proposée dans ce rapport associe les deux outils : 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.

2.6.1. Cadrage de l'Analyse Coût-Bénéfice

L'analyse coût-bénéfice (ACB), appelée encore analyse coût-avantage, est une méthode d'évaluation qui apprécie une décision en fonction de la somme de tous ses effets (ou impacts) monétarisés. Elle permet la comparaison de différentes décisions ou options alternatives, ici les scénarios de redéveloppement des sites ou territoires complexes. Le critère de décision sous-jacent à l'analyse est fondé sur la maximisation du bien-être social. L'ACB vise à sélectionner la décision dont les bénéfices sont supérieurs aux coûts.

Il est cependant utile de rappeler que l'ACB est un outil complexe, généralement utilisé au profit des politiques publiques, principalement dans certains domaines comme la sécurité, la santé et les transports. Dans le domaine de la gestion des sites pollués, l'ACB est utilisée très largement comme outil d'aide à la décision dans des pays tels que les États-Unis, le Canada et plus récemment dans les pays du nord de l'Europe. En Grande-Bretagne, par exemple, l'Agence de l'Environnement pousse de plus en plus vers une utilisation accrue de cet outil, notamment dans le cadre de choix des options de dépollution des sites contaminés (UK Environment Agency, 1999). En France, l'ACB est encore peu utilisée et il est difficile de trouver des études scientifiques dans le domaine concerné. Cependant, depuis 2007, la nouvelle démarche du MEDAD inclue la prise en compte des coûts et avantages dans la gestion des sites et sols contaminés (Note ministérielle du 8 février 2007).

L'ACB repose sur une base théorique et technique qui n'est pas rappelé ici. Le lecteur est renvoyé à Pearce et al. (2006) pour ces aspects. Dans ce qui suit, sont seulement précisés quelques concepts de la méthode et les distinctions nécessaires dans sa mise en œuvre.

- ***ACB financière versus ACB sociale***

Il est nécessaire de distinguer l'ACB sociale de l'ACB financière et de s'assurer que les investissements publics se justifient sur la base des bénéfices sociaux (Tableau 1). Dans sa forme la plus simple, l'analyse financière s'intéresse seulement aux coûts et bénéfices des entreprises. Par exemple, une entreprise privée gestionnaire d'un site pollué va chercher à évaluer uniquement la rentabilité financière d'une technique de dépollution qu'elle finance.

Dans le cas d'un projet public (collectif), c'est l'analyse économique qui doit-être entreprise en prenant en compte les coûts et bénéfices collectifs (notion de coût d'opportunité). Le Tableau 1 résume la distinction entre les 2 analyses. Dans le cas d'un projet de redéveloppement, deux cas de figures sont particuliers :

- Si le projet est socialement rentable pour la collectivité mais pas pour le secteur privé (rentabilité financière inférieure au taux d'opportunité), les subventions seront nécessaires pour réaliser le redéveloppement.
- Si le projet est financièrement fiable mais socialement non rentable (par ex. les bénéfices sont faibles), le projet de redéveloppement est probablement non réalisable. Selon les cas, l'entreprise propriétaire du site doit adopter des mesures de réduction des risques, même si elles sont globalement non rentables pour la collectivité.

Les deux autres cas de figures ne posent pas de problème : le projet est acceptable économiquement et financièrement, cas idéal. Dans le cas opposé, le projet de redéveloppement n'est pas réalisable.

Type d'analyse	ACB financière	ACB sociale
Point de vue	Unité économique simple (entreprises privées, gestionnaire du site...)	Collective, tous les acteurs concernés par le site pollués avec des limites déterminées par le coordinateur
Objectif	Rentabilité nette	Efficacité économique, augmentation du bien-être collectif
Quantification des coûts et bénéfices	Variation en terme financier	Tous les impacts mesurables affectant un des membres de la société.
Valeur utilisée	Prix de marché, les dépenses sont considérées comme des coûts et les valeurs ajoutées comme des bénéfices	Tous les coûts et bénéfices doivent être pris en compte (privé & social, directs & indirects, tangible & intangibles). Pas nécessairement prix de marché, ces derniers sont ajustés au coût économique.
Actualisation	Le taux d'actualisation est le taux d'intérêt du marché	Le taux d'actualisation est déduit de la préférence temporelle des individus et du coût d'opportunité du capital
Contraintes	Essentiellement, contrainte de budget alloué au projet	Distribution des effets sur l'économie globale ; contrainte de capacité de financement des acteurs.

Tableau 1 – Comparaison entre ACB financière et ACB sociale

- **ACB versus Analyse Coût-Efficacité**

Il est aussi important de distinguer l'ACB et l'analyse coût-efficacité (ACE). La méthode d'ACE peut être considérée comme une forme simplifiée de l'ACB dans le sens où l'ACE permet d'éviter la conversion en unités monétaires des bénéfices. Dans une ACE, il s'agit de se fixer un objectif et de minimiser les coûts pour atteindre cet objectif. Par exemple, l'objectif peut être une réduction de la pollution du sol à un niveau optimal ou à niveau imposé par une norme ou une réglementation spécifique. Dans ce cas, l'objectif peut être exprimé par une unité physique (ex. volume de pollution résiduel dans le sol). Il s'agit alors pour les décideurs de mettre en œuvre des stratégies de gestion pour atteindre cet objectif avec des dépenses minimales.

L'avantage de l'ACE par rapport à l'ACB est aussi son principal inconvénient. En effet, comment définir l'objectif c.à.d. le niveau optimal d'efficacité ? En fait, si un tel objectif est fixé, de manière implicite ou explicite une analyse qui met en rapport les coûts et les bénéfices doit être effectuée à un niveau préalable.

Dans un contexte de redéveloppement d'un site ou territoire complexe l'ACB est, de notre point de vue, préférable à l'ACE car elle permet d'aider à choisir l'objectif. L'ACE est plus adaptée pour évaluer des actions techniques de dépollution à l'échelle des zones du territoire.

- **Prise en compte de l'aspect temps dans l'ACB**

Les investissements dans des actions de redéveloppement d'un territoire complexe sont souvent planifiés de manière échelonnée dans temps et ces actions peuvent avoir une durée de vie à long terme. De ce fait, il est nécessaire de tenir compte de la variation temporelle dans l'évaluation des coûts et bénéfices associés à ces actions. Les valeurs actualisées des coûts (C_a) et des bénéfices (B_a) sont respectivement calculées comme suit :

$$C_a = \sum_{t=1}^T \frac{c_t}{(1+i)^t} \qquad B_a = \sum_{t=1}^T \frac{b_t}{(1+i)^t}$$

Avec : c_t : coûts d'investissement à l'année t

b_t : bénéfice à l'année t

i : taux d'actualisation

T : durée de vie du projet de réhabilitation/ redéveloppement

Si les techniques de calcul de l'actualisation ne posent aucun problème d'ordre particulier, il est loin d'en être de même en ce qui concerne le choix d'un taux d'actualisation. En effet, ce taux est matière à controverse et dépend, en partie, du type et de la durée des investissements. Certains économistes sont d'avis que le taux

d'actualisation doit être faible pour tenir compte des considérations de durabilité et des intérêts des générations futures.

Si l'on se place dans le cadre d'un projet collectif, ce choix peut-être éminemment stratégique du fait que les différents groupes d'acteurs n'auront pas le même choix du taux d'actualisation. Or, il est généralement préférable d'utiliser un taux unique afin de garantir la cohérence et de permettre la comparaison entre différents stratégies de redéveloppement. Le choix d'un taux particulier doit exprimer un certain compromis s'opérant entre les différents groupes qui sont parties prenantes dans la décision, compromis qui concerne leurs préférences inter temporelles.

- **Critères de décision dans l'ACB**

Il y a plusieurs critères de décision pour classer des stratégies alternatives. Les trois critères de décision les plus utilisées en évaluation dans une ACB sont :

- la Valeur Actuelle Nette (VAN) ou bénéfice net ;

$$VAN = B_a - C_a$$

- Taux de Rendement Interne (TRI)

$$TRI = i^* / B_a = C_a$$

- Ratio Bénéfices - Coûts (RCB)

$$RCB = C_a/B_a$$

Si on utilise la valeur actuelle nette, le projet sera accepté si la somme des bénéfices actualisés est supérieure à la somme des coûts actualisés. Le taux de rendement interne (i^*) est le taux d'actualisation pour lequel la VAN est nulle. Un projet sera économiquement viable si $TRI > i$. Si c'est le ratio qui est utilisé, une stratégie sera acceptée si $RCB > 1$. Chacun des critères présente des avantages et des inconvénients. Les critères TRI et RCB sont neutres par rapport à l'échelle de valeur. Autrement dit, l'ordonnancement des alternatives dépend du rendement par unité de monnaie et ne prend pas en compte les coûts et bénéfices totaux.

2.6.2. Avantages et limites de l'ACB

- **Les avantages**

Transparence : Les résultats d'une ACB reposent sur des hypothèses claires. La théorie, la méthode et la procédure sont maintenant bien établies. Cette transparence peut être un point positif pour responsabiliser et convaincre les parties prenantes et pour les amener à indiquer les questions sur lesquelles elles sont en désaccord avec le coordinateur.

Révélation de l'ignorance : l'ACB exige beaucoup d'informations concernant les impacts induits par une action ou un scénario de redéveloppement. Cela amène le coordinateur à rassembler et organiser cette information et permet de déterminer l'adéquation de l'information existante et celle manquante.

Comparabilité : l'analyse entreprend de réduire tous les effets d'une décision en un seul indicateur. L'unicité de la mesure permet une comparaison plus facile.

- **Les limites**

Les limites de l'ACB concernent en particulier son application dans le domaine de l'environnement et peuvent être rassemblées en plusieurs points :

(i) La valorisation des bénéfices non marchands : certains effets évalués ne sont pas échangés sur le marché. Comment leur attribuer une valeur monétaire ? Cette question est traitée dans la section suivante.

(ii) Les actions liées à l'environnement sont souvent désirables pour des raisons qui ne peuvent pas être mesurées : valeurs sociales, culturelles, et psychologiques qui défient la monétisation. Il convient de donner aux parties prenantes la possibilité de contester les hypothèses de l'analyse monétaire.

(iii) Choix du taux d'actualisation : le choix du taux d'actualisation est une variable clé dans l'ACB et peut changer fortement le résultat. Un taux d'actualisation élevé avantagera plus les bénéfices à courts termes alors qu'un taux faible fera d'avantage intervenir les bénéfices à long terme et le droit des générations futures.

(v) Incertitude et irréversibilité : comment prendre en compte ces aspects dans une ACB ? Lorsque il y a incertitude sur certains paramètres, il est nécessaire d'effectuer des tests de sensibilité.

2.6.3. Valorisation économique de bénéfices non marchands

Il existe plusieurs méthodes pour donner une valeur économique aux bénéfices non-marchands. Ces méthodes ont été essentiellement développées en économie de l'environnement et sont de plus en plus utilisées pour valoriser divers types d'actifs environnementaux (rivière, aquifère, parc naturel, etc.). Dans ce qui suit sont présentées, très brièvement, les principales méthodes de valorisation économique. Pour un approfondissement de ces méthodes voir notamment (Pearce et al, 2006).

La méthode d'évaluation contingente

Cette méthode consiste à faire révéler le consentement à payer (CP) des individus en leur soumettant un questionnaire. La valeur intangible peut être ainsi évaluée à partir des consentements à payer pour éviter la dégradation d'un bien non marchand. Elle se base sur la construction d'un marché hypothétique. La méthode s'apparente à un système d'enchères et son champ d'application est très large, mais surtout adapté à l'évaluation des biens environnementaux pour lesquels les données ne sont pas disponibles.

La méthode des prix hédonistes

Elle consiste à comparer le différentiel de prix entre des biens de même type mais à caractéristiques différentes. Cette différence constitue la valeur implicite (ou hédonistique) attribuée aux caractéristiques influant la valeur du bien. Cette valeur correspond au prix marginal et est calculée à partir des régressions multiples de la

fonction de demande. La méthode est notamment utilisée pour évaluer les coûts des dommages liés au risque de pollution par l'évaluation des biens immobiliers. En pratique, cette méthode nécessite un large éventail de données sur les nombreuses caractéristiques ayant une influence sur la valeur du bien. D'autre part, elle suppose que le marché du bien considéré pour la comparaison, est rentable et qu'il n'y a pas d'intervention de l'état. Enfin, la spécification de la relation entre les prix et les variables explicatives peut avoir une incidence sur les résultats des évaluations.

Méthode du coût de déplacement

La méthode des coûts de déplacement (ou coût du trajet) est utilisée pour valoriser des sites récréatifs (ex. parcs publics, forêts) ou culturels (ex. monument historique). L'objectif de cette méthode est d'évaluer la valeur attachée à ce bien, à partir de la disposition réelle à payer par les individus qui le fréquentent. La disposition à payer est mesurée à partir des coûts de transport et du temps qu'ils consacrent pour accéder à ce site. Cette estimation représente une partie seulement des avantages mesurés (valeur d'usage directe). Cette méthode implique souvent une surestimation des valeurs. En effet, l'augmentation de la demande pour un site peut entraîner la diminution de la demande pour un site substitut.

Méthode du coût d'évitement

Il s'agit d'évaluer les dépenses de précaution consenties par les acteurs pour empêcher ou limiter les dommages à un bien non marchand. La mesure des valeurs symboliques, culturelles et paysagères, peut résulter du coût d'évitement c'est à dire de la différence de coût global (coût d'investissement, coût de fonctionnement et coût social) entre une variante dégradante et une variante respectant l'actif d'un point de vue particulier.

2.7. INCERTITUDES

Les incertitudes sont inhérentes à la gestion des sites et sols pollués. Elles interviennent à différents niveaux, depuis la collecte d'échantillon sur le terrain, jusqu'à l'analyse des résultats, l'évaluation des risques, et l'aide à la décision.

Dans ce paragraphe, l'impact des incertitudes sur la prise de décision est traité.

2.7.1. Les incertitudes dans l'évaluation des risques

L'évaluation des risques est un outil d'aide à la gestion des sites et sols pollués. Les risques sont évalués d'une part à partir d'étude de terrain permettant de caractériser les sources de pollution, les voies de transfert et les cibles potentielles, et d'autre part à partir de modèles permettant de faire de prédictions.

Or, toute prédiction est affectée par une incertitude. Cette incertitude est associée notamment au modèle conceptuel, aux valeurs des variables entrées dans le modèle et au modèle lui-même.

De nombreuses méthodes ont été développées pour traiter le problème des incertitudes. Ces méthodes vont du simple calcul d'intervalle aux simulations Monte Carlo (1D, 2D,...) ou aux méthodes faisant appel aux probabilités imprécises. Une synthèse sur la prise en compte de l'incertitude en évaluation des risques est disponible dans le rapport BRGM/RP-54030-FR (Guyonnet et al., 2005b).

Certaines méthodes proposent de coupler des informations de type probabiliste et de type possibiliste dans l'estimation de l'incertitude sur le risque calculé. C'est le cas du didacticiel appelé HyRisk (téléchargeable sur <http://www.brgm.fr/hyrisk>) développé par le BRGM (Guyonnet et al., 2005a)

2.7.2. Les incertitudes dans l'analyse multicritère

L'analyse multicritère d'aide à la décision nécessite la définition de critères, de poids et de seuils (paragraphe 2.4). S'il paraît difficile d'assurer l'exhaustivité des critères à considérer dans l'analyse, les incertitudes relatives à la définition des poids et des seuils peuvent être prises en compte en réalisant une étude de sensibilité sur ces paramètres.

Cette méthode permet de tester la robustesse des résultats de l'analyse : le poids et/ou les valeurs seuils attribués à un critère donné peuvent n'influencer que très faiblement le résultat, alors qu'ils peuvent avoir une influence notable pour un autre critère.

L'étude de sensibilité permet ainsi d'identifier les critères « clefs » influençant les résultats. C'est notamment sur ces critères qu'il convient de se focaliser pour la définition des poids et seuils.

2.7.3. Les incertitudes dans l'ACB

Comme dans toute décision, l'information sur les coûts et bénéfices d'une stratégie de redéveloppement est souvent incertaine.

La méthode usuelle pour tenir compte de l'incertitude dans l'ACB est l'analyse de sensibilité. Elle permet de tester la robustesse des résultats du critère de décision en faisant varier les paramètres et les hypothèses du calcul économique. Les hypothèses testées peuvent porter aussi bien sur les valeurs estimées de chaque composante des coûts et des bénéfices que sur les paramètres d'actualisation et de l'horizon temporel. Par exemple la valeur actuelle nette (VAN) peut être calculée pour différents taux d'actualisation. L'analyste peut alors vérifier si le taux d'actualisation a une influence sur le classement du scénario testé.

L'analyse de la sensibilité est une technique simple et rapide pour analyser l'incertitude. Par contre, elle ne permet pas de tester directement les hypothèses relatives à toutes les incertitudes sous-jacents à l'estimation des coûts et bénéfices. Une technique alternative consiste à faire appel aux analyses probabilistes, par exemple pour prendre en compte la probabilité de défaillance des actions de remédiation.

2.8. INTERACTIONS ENTRE OUTILS D'AIDE A LA DECISION

L'utilisation conjointe d'outils d'aide à la décision et SIG et de plus en plus courante (Joliveau et al., 2000). Dans le contexte de la gestion des sites et territoires complexes, ces outils facilitent l'intégration de points de vue multiples, permettent de synthétiser les résultats obtenus, mettent en avant des scénarios de gestion, et permettent d'illustrer les conséquences potentielles de ces derniers.

Les systèmes d'information à référence spatiale permettent de gérer et de traiter de nombreuses données spatialisées. Les outils SIG permettent de décrire, analyser et simuler au mieux le contexte de l'étude et les phénomènes liés au territoire. Par contre, ces outils ne permettent pas de hiérarchiser les solutions étudiées.

Les méthodes d'aide multicritère à la décision, en revanche, permettent de hiérarchiser les scénarios développés afin d'aider le(s) décideur(s) dans son choix. De plus, elles tiennent compte des dimensions objectives et subjectives liées au phénomène de la décision grâce à l'évaluation des performances et de la pondération des critères. Les phénomènes spatiaux ainsi que l'évolution dans le temps du contexte environnant le projet sont par contre difficiles à analyser à l'aide de ces méthodes.

L'analyse coût-bénéfice permet de quantifier monétairement les impacts des stratégies de redéveloppement sélectionnés dans l'AMC.

En procédant à l'association des ces trois outils, on peut intégrer les avantages associés à chacun. Ceci permet de faire évoluer les systèmes d'information à référence spatiale vers de véritables outils d'aide à la décision pour le redéveloppement du territoire, élargissant ainsi les capacités d'analyse des méthodes d'aide multicritère et coût-bénéfice.

2.8.1. Interaction entre AMC ET ACB

Dans l'aide à décision, les méthodes AMC et ACB sont en général des outils alternatifs, voir concurrents (Linkov et al., 2004). D'ailleurs le choix de l'outil de décision est souvent sujet à des controverses chez les économistes. Les méthodes d'AMC sont plus adaptées pour évaluer des scénarios de gestion qui font appel à des critères de choix peu compatibles (économiques et sanitaires, par exemple) et où le nombre d'alternatives envisageables est élevé. C'est particulièrement le cas dans la gestion des sites et territoires complexes. A l'opposé, l'ACB est un outil de décision monocritère et économique, plus adapté pour évaluer un nombre limité de scénarios de gestion.

Dans la méthode développée dans ce rapport, les deux outils sont combinés. L'AMC est mobilisée dans une première phase d'évaluation pour hiérarchiser les scénarios envisageables selon un ensemble de critères retranscrivant le développement durable. Dans une seconde phase, l'ACB intervient pour procéder à une évaluation économique détaillée des scénarios ayant reçu les plus fortes performances dans l'analyse multicritère. La combinaison de ces deux outils d'aide à la décision présente les avantages suivants :

- L'AMC permet d'intégrer les différents points de vue des parties prenantes à travers le choix des critères et leur pondération. Il en résulte une hiérarchisation participative des scénarios.
- L'AMC prend en compte à la fois des critères quantitatifs et qualitatifs pour la hiérarchisation des scénarios sur la base d'objectifs potentiellement contradictoires. L'outil ACB se base sur un seul critère objectif et monétaire. Ce critère peut être apprécié comme un critère de synthèse pour les choix finaux. Le choix final du scénario à l'aide de l'ACB peut ainsi être un choix de compromis entre les différents points de vue initiaux ;
- L'implémentation d'une ACB détaillée nécessite beaucoup de données (notamment pour la monétarisation des bénéfices). L'appliquer à un nombre réduit de scénarios préalablement sélectionnés par l'AMC permet de réduire le volume de données à mobiliser et de limiter les incertitudes inhérentes à l'estimation des coûts et bénéfices ;

2.8.2. Interaction entre outil SIG et outils AMC/ACB

Les outils AMC et ACB sont utilisés pour hiérarchiser des scénarios de gestion sur la base de critères environnementaux, économiques et sociaux. Les outils SIG sont largement utilisés pour la représentation cartographique des données et information spatialisées. Ils sont aussi traditionnellement intégrés aux outils de modélisation ou de simulation des processus physique tels que les modèles de transfert des pollutions dans les différentes composantes du système environnementale (air, sols, eaux de surface, eaux souterraines).

L'intégration des outils SIG avec les outils d'aide à la décision est relativement récente :

Couplage de SIG avec AMC

Des exemples de couplage des outils SIG avec l'AMC sont présentés dans le rapport BRGM/RP 55223-FR. La méthodologie développée dans ce rapport utilise le SIG comme un outil visuel de synthèse et de communication principalement. L'outil SIG facilite en effet la définition des critères à considérer pour l'AMC en fournissant un support identifiant les enjeux, pressions et impacts présents sur le territoire. Il permet aussi de mieux définir les poids et les seuils de l'AMC en permettant une visualisation spatiale et possiblement temporelle de la situation actuelle et des changements prévus ou prédits (résultats de modélisation par exemple).

Couplage de SIG avec ACB

L'intégration de l'ACB avec les outils SIG est relativement récente et les exemples de couplage des deux outils sont encore peu développés (Bateman et al., 2003). Dans le domaine de l'économie de l'environnement, les méthodes de valorisation des bénéfices non marchands (voir section 2.6.3) se basent souvent sur des hypothèses simplificatrices qui peuvent être rendues plus réalistes par les outils SIG. Par exemple,

l'utilisation de la méthode des coûts de déplacement pour valoriser un site environnemental suppose que les déplacements touristiques vers ce site sont des trajets directs et linéaires. En intégrant les données sur les réseaux de route par l'outil SIG, les distances et donc les coûts de déplacement sont estimés de manière plus précise. D'autres exemples de couplage SIG avec les méthodes de valorisation environnementales, montrent que les évaluations sont plus pertinentes en réduisant les incertitudes sous-jacentes aux méthodes utilisés (Bateman et al., 2003).

Dans le contexte de ce projet, l'outil SIG peut-être couplé à l'ACB de différentes manières :

- Interconnexion des zones du territoire selon les usages : le SIG facilite la représentation spatiale des usages présents et futurs pour la simulation des impacts des scénarios de réhabilitation/ redéveloppement. Ainsi au même titre que les données physiques, les données économiques sur les usages et les conséquences des scénarios peuvent être traités et visualisés par l'outil SIG.
- Simulation des bénéfices des scénarios : en couplant le SIG et le calcul des bénéfices (section 3.6.2), il est possible de prendre en compte à la fois l'aspect temporel et spatial en simulant les coûts des dommages potentiels évités et/ou les bénéfices de redéveloppement associés aux différents scénarios et zones du territoire.
- Aspect temporel : la combinaison de l'ACB avec l'AMC contribue à la hiérarchisation temporelle des scénarios (enchaînement des actions et/ou leurs étalements dans temps au sein d'un même scénario). Le SIG peut faciliter le suivi et la vérification de l'enchaînement des actions, par exemple, en identifiant les incohérences spatiales non observables par les AMC et ACB. Outre les interactions mentionnées ci-dessus, l'outil SIG pourra être utilisé comme outil de communication avec les parties prenantes, en particulier pour la restitution et la visualisation des scénarios de redéveloppements identifiés par ces dernières.

3. Méthodologie

La méthodologie proposée (Figure 3) doit permettre au décideur de visualiser les conséquences positives et négatives de chaque alternative d'un projet de redéveloppement. Cette méthodologie a été développée dans le but de minimiser les coûts du projet tout en optimisant ses retombées, en dirigeant les investissements vers les zones à risques.

Cette méthodologie générale s'attache à identifier les différentes étapes, les communications avec le public et/ou les parties prenantes et les incertitudes associées à chaque étape. Ce dernier point ne fait pas l'objet du présent rapport. Cependant, il a été jugé nécessaire d'inclure les incertitudes dans la méthodologie, compte-tenu de leur rôle potentiel dans la décision finale.

Six étapes principales ont été identifiées. A cela s'ajoute deux étapes préliminaires :

- Etapes préliminaires :
 - Caractérisation de la situation,
 - Vision du projet
- Etape 1 : Bilan de l'existant
- Etape 2 : Evaluation des risques
- Etape 3 : Classement des scénarios à l'échelle des zones du territoire
- Etape 4 : Classement des scénarios à l'échelle du territoire
- Etape 5 : Choix final de la stratégie de redéveloppement
- Etape 6 : Mise en place de la stratégie de redéveloppement

Le contenu de chacune de ces étapes est détaillé dans les paragraphes suivants. Les détails d'application de l'analyse multicritère d'aide à la décision et de l'analyse coût-bénéfice dans le cadre du redéveloppement d'un site ou territoire complexe sont fournis dans les paragraphes concernés. Les interactions entre les différents outils d'aide à la décision sont précisées dans le paragraphe 2.8.

	Etapes	Communication	Incertitudes
ETAPE Préliminaires	<p>Caractérisation de la situation Sources / Vecteurs / Cibles Etendue / nombre de propriétaires Plan d'occupation des sols national / régional / départemental</p> <p>Vision du projet Idées de redéveloppement</p> <p>Bilan de l'existant Caractériser et organiser le problème Mise en place d'un comité de pilotage Identifier la stratégie de redéveloppement</p>	<p>Définition d'une stratégie de redéveloppement Résultats du bilan de l'existant Communication grâce aux outils SIG</p>	<p>Disponibilité des données rassemblées</p>
ETAPE 1	<p>Evaluation des risques Caractériser et hiérarchiser les risques Définir une zone d'étude et un découpage de cette zone Élimination des risques immédiats</p>	<p>Zonation du territoire - Information du public</p>	<p>A définir</p>
ETAPE 2	<p>Classement des scénarios à l'échelle des zones du territoire Matrice des scénarios, Objectifs et critères, Seuils de préférence / indifférence / veto, Poids de chaque critère Classement des scénarios</p>	<p>Participation des parties prenantes</p>	<p>Etude de sensibilité - A approfondir</p>
ETAPE 3	<p>Classement des combinaisons de scénarios à l'échelle du territoire Matrice des scénarios, Objectifs et critères, Seuils de préférence / indifférence / veto, Poids de chaque critère Classement des combinaisons de scénarios Sélection des combinaisons sur une base technique et économique</p>	<p>Participation des parties prenantes</p>	<p>Etude de sensibilité - A approfondir</p>
ETAPE 4	<p>Choix final de la stratégie de redéveloppement Pour chaque combinaison retenue : établir les hiérarchisations temporelles possibles et définir les coûts et les bénéfices associés. Sélection des combinaisons de scénarios Choix final en prenant en compte le plan d'occupation des sols / le plan de redéveloppement / le budget / la faisabilité technique / l'acceptabilité du public</p>	<p>Validation des résultats en consultation avec les parties prenantes Information du public</p>	<p>A définir</p>
ETAPE 5	<p>Mise en place de la combinaison de scénarios choisis Définir les risques résiduels Plans de gestion et de surveillance, servitudes</p>	<p>Information du public relative le plan de redéveloppement</p>	<p>A définir</p>

Figure 3 – Méthodologie de gestion des sites et territoires complexes

Chaque étape est synthétisée sur les schémas présentés sur les Figure 4 à Figure 12. Les paragraphes suivants s'attachent à détailler la méthodologie de gestion des sites et territoires complexes. En pratique, l'utilisateur sera amené à itérer la méthode, en fonction des informations nouvelles et/ou des données collectées tout au long du projet de réhabilitation.

3.1. ETAPES PRELIMINAIRES

3.1.1. Caractérisation de la situation

L'objectif principal de cette phase est de définir le site ou le territoire comme complexe, avec la présence de différentes sources, vecteurs et cibles de pollution, d'une pollution des eaux souterraines et des sols plus ou moins étendue, un nombre important de parties prenantes, des projets de redéveloppement différents, des objectifs locaux pouvant être contradictoires au sein du territoire, etc. L'objectif du projet est d'aboutir au redéveloppement durable du territoire concerné.

Le territoire sera défini comme complexe en fonction :

- des objectifs contradictoires des différentes parties prenantes au projet,
- du niveau de pollution des eaux souterraines, du nombre et de l'interaction de polluants,
- de la complexité des relations sources / vecteurs / cibles, complexité associée à leur nombre et à leur interactions,
- des freins et difficultés à dépolluer les eaux souterraines / les sols d'un point de vue technique, économique et/ou politique, dans un temps imparti,
- des contraintes environnementales et socio-économiques pour redévelopper une zone donnée.

3.1.2. Vision du projet

Avant de mettre en place la méthodologie de gestion du site ou territoire complexe, les décideurs devront définir les idées initiales de redéveloppement, poser les bases des étapes suivantes et formuler les préoccupations associées au projet. Il s'agira ici d'identifier :

- la situation environnementale, sociale et économique future souhaitée,
- la stratégie de redéveloppement qui sera utilisée pour atteindre cette situation.

3.2. ETAPE 1 : BILAN DE L'EXISTANT

Le comité de pilotage et les coordinateurs du projet devront être identifiés. Le coordinateur sera la liaison entre le comité d'experts, en charge de l'aspect technique du projet, les décideurs et les parties prenantes. Cette, ou ces, personne(s) sera(ont) responsable(s), entre autre, d'expliquer les différentes phases de la méthodologie et leur but, en mettant un accent particulier sur le rôle joué par les parties prenantes dans chacune des étapes. Les coordinateurs du projet devront restés relativement neutres dans le processus décisionnel mis en place.

Le comité de pilotage sera composé sur la base des parties prenantes dans le projet de réhabilitation du territoire. Si le comité de pilotage n'est pas constitué de l'ensemble des parties prenantes, il conviendra de s'assurer qu'il soit représentatif des parties prenantes.

Un état des lieux des informations disponibles sera ensuite dressé. Ces informations seront issues d'études historiques, d'études documentaires, d'études de vulnérabilité, de diagnostics et des visites du site. Elles devront être traitées afin d'identifier :

- les populations riveraines concernées, les facteurs sociaux associés au projet, les intérêts des populations,
- les enjeux environnementaux, les sources de polluants, les vecteurs de contamination plausibles et les cibles de ces pollutions,
- le contexte administrativo-légal.

Tous ces facteurs seront identifiés pour qualifier l'état zéro du site ou territoire. Afin de faciliter la gestion de la masse d'informations disponibles et leur diversité, il est conseillé de mettre en place, à ce stade, un système de gestion des données. Parmi les informations à traiter pour qualifier l'existant au niveau du territoire, les informations spatialisées ont une grande importance. C'est pourquoi le recours à un système d'information géographique (SIG) est nécessaire, afin d'intégrer des données d'origines et de nature multiples (spatialisées ou non).

L'analyse des données disponibles aboutit à la définition d'un modèle conceptuel retraçant les relations entre les sources de pollution, les vecteurs de transferts et d'exposition et les récepteurs potentiels, en fonction des usages constatés des milieux et de l'environnement du site. Ce modèle est un outil qui sera utilisé lors des discussions avec les parties prenantes. Il est développé afin de mieux comprendre les problèmes environnementaux associé au site, en termes de risques et de priorités d'action. Ce schéma s'inscrit dans une démarche itérative qui le fera évoluer au cours du temps. Le lecteur est invité à consulter le guide « le schéma conceptuel et le modèle de fonctionnement » (<http://www.sitespollues.ecologie.gouv.fr>) pour d'avantage d'information sur la construction du modèle conceptuel. Ce modèle conceptuel pourra être généré grâce au SIG, permettant de prendre en compte les évolutions spatio-temporelles des relations sources / vecteurs / cibles.

A l'issue de ces phases, le comité de pilotage sera consulté afin de définir les priorités d'actions et la stratégie de redéveloppement du territoire. Cette stratégie devra s'ancrer dans le développement durable, en définissant les objectifs à atteindre en matière environnementale, économique et sociale. Ces objectifs pourront être précisés ultérieurement, lorsque d'avantage d'information ou de données auront été collectées pour mieux caractériser le site.

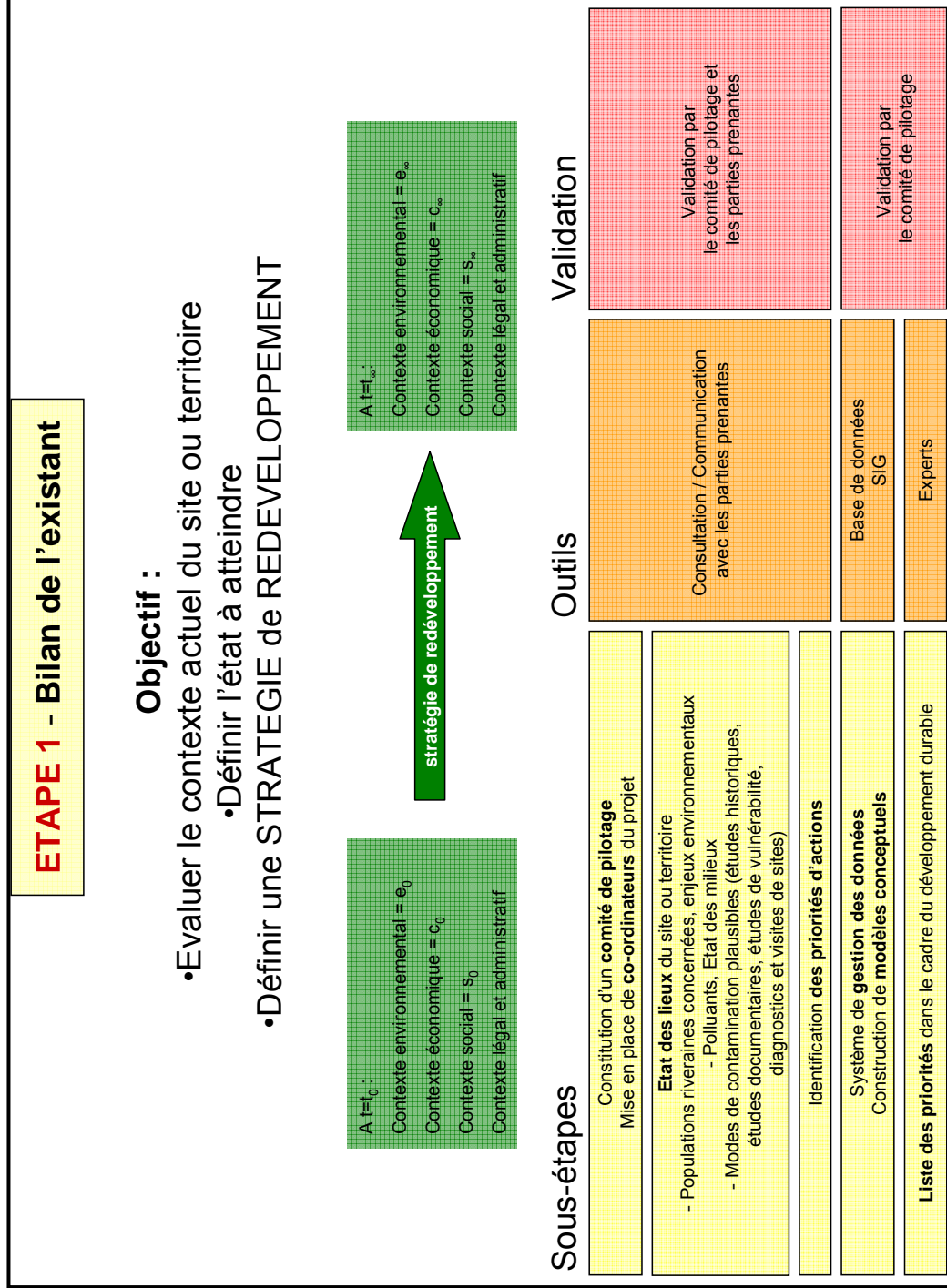


Figure 4 – Etape 1

3.3. ETAPE 2 : EVALUATION DES RISQUES

Les objectifs de cette étape sont de :

- définir le domaine d'étude, c'est-à-dire les limites du site ou territoire complexe. Tout ce qui est extérieur au territoire mais qui a une influence sur le territoire est considéré comme conditions aux limites,
- définir une zonation de ce domaine, en fonction de l'état, des usages prédéfinis ou à définir,
- identifier des scénarios potentiels de redéveloppement.

Après avoir établi et exploité l'état des lieux dans la première étape, il convient de localiser les zones du territoire présentant un déficit d'informations. Ces zones seront identifiées en fonction du bilan de l'existant, mais aussi en prenant en considération des projets de redéveloppements et l'utilisation passée et future des sols. Sur les territoires complexes, certaines zones présentent en effet des risques sanitaires et environnementaux plus importants que d'autres. Une bonne gestion de ces sites nécessite donc une zonation du territoire, en fonction des risques, réels ou potentiels, que chaque zone présente et en fonction des usages prédéfinis ou à définir. Une carte d'adéquation de l'état des milieux par rapport aux usages prédéfinis ou à définir sera établie afin d'être transparent par rapport au choix de la zonation du domaine. Cette carte, et la zonation qui lui sera associée, prendra notamment en considération le découpage présenté dans le Tableau 2.

Zone		Usage pré-défini ou à définir
ayant accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	résidentiel avec bâti
ayant accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	récréatif (parc, loisir)
ayant accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	maraichage et agricole
ayant accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	industriel et commercial
ayant accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	aucun
ayant accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	résidentiel avec bâti
ayant accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	récréatif (parc, loisir)
ayant accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	maraichage et agricole
ayant accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	industriel et commercial
ayant accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	aucun
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	résidentiel avec bâti
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	récréatif (parc, loisir)
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	maraichage et agricole
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	industriel et commercial
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol sous influence des retombées atmosphériques	aucun
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	résidentiel avec bâti
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	récréatif (parc, loisir)
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	maraichage et agricole
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	industriel et commercial
n'ayant pas accueilli une activité polluante	sol non influencé par les retombées atmosphériques	aucun

Tableau 2 – Zonation du territoire

Le déroulement de cette étape se calque sur la méthodologie de gestion des sites et sols pollués proposée par le MEDAD. Le lecteur est invité à consulter les guides spécifiques sur le site www.sitespollues.ecologie.gouv.fr. Si certaines zones

nécessitent des investigations complémentaires, on pourra effectuer des campagnes de terrain associant des méthodes in-situ et de laboratoire. Une démarche dynamique de caractérisation du territoire pourra être entreprise, ceci afin de gagner du temps et de limiter les coûts de caractérisation en focalisant les investigations sur les zones clefs. De telles démarches ont été utilisées aux Etats-Unis (approche TRIAD) et font/feront l'objet de projets européens (NORISK, projets sous le 7^{ème} PCRD).

La phase de caractérisation devra être validée par les experts. Ensuite, une évaluation des risques pourra être menée sur l'ensemble du territoire. Cette évaluation des risques nécessitera certainement le découpage du territoire en plusieurs zones ayant des propriétés environnementales, économiques et sociales similaires, ainsi qu'un usage comparable. Ces zones seront la base du processus décisionnel, puisque chaque zone se verra attribuer un scénario de redéveloppement particulier. Dans la suite de ce rapport, le terme de « zones » désignera le découpage effectué dans cette étape.

L'évaluation des risques permettra d'identifier des scénarios potentiels de réhabilitation et/ou redéveloppement potentiels pour chaque zone. Ces scénarios seront ensuite hiérarchisés dans l'étape 3 de la méthodologie.

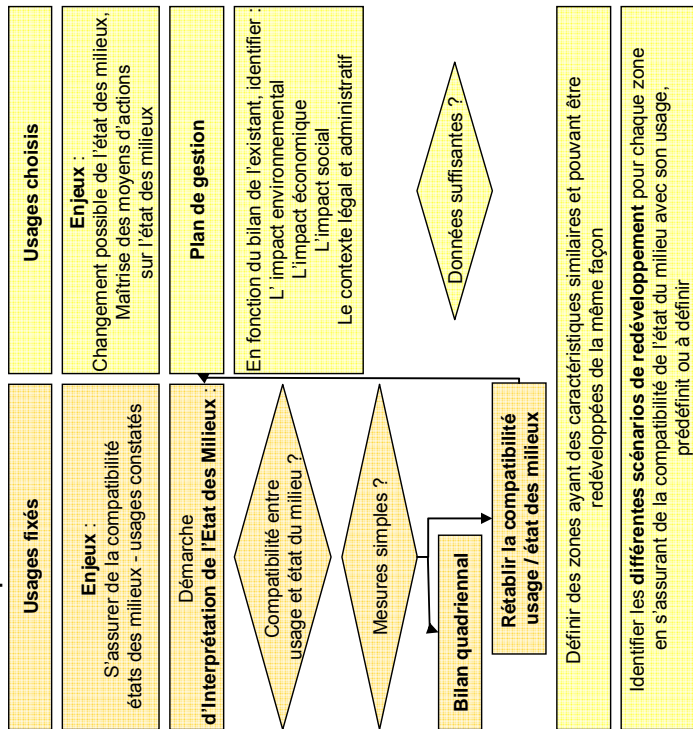
Dans cette étape, il convient de mettre en place les modalités appropriées de communication. Les outils SIG utilisés en cartographie participative permettent d'informer d'une manière attractive les parties prenantes et d'intégrer plus facilement leurs savoirs locaux.

ETAPE 2 – Evaluation des risques

Objectif :

- Définir le domaine d'étude pour le site ou territoire complexe
- Définir la zonation de ce domaine
- Identifier des scénarios potentiels de redéveloppement

Sous-étapes



Outils

Outils MEDAD

Validation

Validation par les autorités

Validation par le comité de pilotage et les parties prenantes

Base de données SIG

Consultation avec les parties prenantes

Définir des zones ayant des caractéristiques similaires et pouvant être redéveloppées de la même façon

Identifier les différents scénarios de redéveloppement pour chaque zone en s'assurant de la compatibilité de l'état du milieu avec son usage, prédéfini ou à définir

Figure 5 – Etape 2

3.4. ETAPE 3 : CLASSEMENT DES SCENARIOS A L'ECHELLE DES ZONES DU TERRITOIRE

Les objectifs de cette étape sont :

- la hiérarchisation des scénarios de redéveloppement de chaque zone précédemment identifiée,
- la définition des avantages et inconvénients de chacun de ces scénarios,

L'analyse multicritère a pour but d'aider le décideur à choisir le scénario de redéveloppement le mieux adapté parmi une liste préétablie par les décideurs. Dans ce paragraphe, nous nous attachons à décrire les différentes phases clefs dans la mise en place d'une telle analyse.

Les scénarios potentiels de redéveloppement ont été définis lors de la dernière sous-étape de l'étape 2 de la méthodologie.

3.4.1. Définition des catégories et des critères

Dans un premier temps, il convient de définir l'ensemble des objectifs et critères qui seront utilisés pour « classer » les différents scénarios de redéveloppement. Le but final étant d'aboutir à des scénarios de redéveloppement durables, il a été jugé approprié de baser la classification des critères par rapport au développement durable. Dix catégories de critères ont été identifiés, à savoir :

- critères sanitaires,
- critères relatifs aux eaux souterraines,
- critères relatifs aux eaux de surface,
- critères relatifs à l'air,
- critères relatifs à l'écologie et l'habitat,
- critères relatifs aux mesures de remédiation,
- critères relatifs aux usages,
- critères relatifs à l'économie,
- critères relatifs au social.

Une liste de critères génériques relatifs au redéveloppement des sites et territoires complexes a été développée. Cette liste, présentée dans le Tableau 3 pourra être modifiée ou complétée en fonction du résultat de la consultation avec les parties prenantes, comme suggéré ci-dessous.

Pour favoriser la compréhension de la problématique et la construction d'une représentation commune du redéveloppement du territoire, il est recommandé à cette

étape de consulter les parties prenantes. La méthodologie suivante pourra être mise en place :

1. **Consultation des parties prenantes** : après avoir regroupé les parties prenantes en groupe d'intérêts, il sera demandé à chaque groupe de choisir entre 5 et 10 critères génériques pour chaque catégorie, parmi la liste présentée dans le Tableau 3. Cette liste est donnée à titre indicatif et ne se veut pas exhaustive.
2. **Synthèse et analyse des résultats par le coordinateur.**
3. **Choix de la liste de critères retenus pour l'analyse multicritère** : à partir de la synthèse précédente, le coordinateur sera chargé de choisir les critères les plus représentatifs par catégorie. La sélection des critères et sa justification devra être présenté aux parties prenantes afin de légitimer le choix des critères.

Catégories	Paramètres	Critères (C _i)	Unités
Critères sanitaires	Public / travailleurs exposés	<p>Importance du risque :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ risque immédiat, ❖ risque chronique, ❖ type de polluants ❖ durée d'exposition, ❖ potentiel de gestion du risque, ❖ niveau de poussières, ❖ odeurs, ❖ nuisance <p>Nombre de personnes impliquées dans ce risque :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ perturbations liées au site, ❖ dispersion de poussières et d'odeurs, ❖ mouvement de gaz/vapeurs, ❖ étendue de la zone affectée 	
Critères relatifs aux eaux de surface	Qualité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Respect de la directive cadre sur l'eau, ➤ possibilité de pollution accidentelle, ➤ importance avérée / potentielle de ces incidents, ➤ effets à long terme ➤ nombre de polluants concernés ➤ plan de prévention de telles pollutions 	
Critères relatifs aux eaux souterraines	Quantité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perturbations avérées / potentielles de l'écoulement et/ou de l'usage, ❖ impacts avérés / potentiels sur les utilisateurs (agriculture, ressources en eau potable, industrie, etc.) ❖ impacts prévus associés au redéveloppement 	
Critères relatifs à l'air	Qualité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hydrogéologie (type d'aquifère, propriétés), ➤ présence de pompages et nature des usages, ➤ qualité en amont de la / des zone(s), ➤ type de polluants présents / potentiellement présents 	
Critères relatifs à l'habitat et l'écologie	Quantité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Perturbations potentielles de l'écoulement, ➤ diminution de charge affectant les niveaux et l'usage, ➤ impacts pour les utilisateurs (agriculture, ressources eau potable, industrie), ➤ impacts sur les eaux de surface et les zones humides 	
Critères associés aux mesures de Remédiation	Qualité / Quantité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Poussières ➤ Aérologie ➤ Odeurs ➤ Vapeurs de COV 	
Critères relatifs aux usages	Usages de la zone	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre (espèces et/ou individus) potentiellement affecté ➤ Perte d'habitats ➤ Changement dans la composition des espèces et dans la biodiversité ➤ Importance du site (en termes de conservation, parc national/régional) 	
Critères relatifs aux usages	Usage des abords de la zone	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Temps limite d'intervention avant contamination de cibles ➤ Contraintes / limites associées à la méthode choisie ➤ Complémentarité possible avec d'autres méthodes de gestion sur la zone / le territoire ➤ Impact environnemental (eaux, air, habitat et écologie) ➤ Perturbations engendrées au voisinage du site (bruit, pollutions, trafic, etc.) ➤ Coûts associés aux opérations et maintenance, au labour, au transport, stockage et/ou traitement des terres / déchets 	
Critères économiques	Coûts	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Restrictions des usages présents et/ou futurs, ➤ Risques résiduels ➤ Sauvegarde de terres vierges ➤ Génération de bénéfices (associés à la taxe foncière, professionnelle, etc.) 	
Critères économiques	Incertitudes	<p>Conséquences associées à la présence de la zone sur la valeur des terrains (impacts ou gains) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Terres réhabilitées ❖ Taxes foncières 	
Critères économiques	Coûts	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coûts d'échantillonnage et de surveillance (avant, pendant et après réhabilitation / redéveloppement) ➤ Investissement associé au redéveloppement ➤ Autres (coûts de gestion, compensation, etc.) 	
Critères économiques	Incertitudes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ associées à l'échantillonnage ➤ associées aux méthodes de laboratoire ➤ associées aux méthodes de terrain ➤ associées à la modélisation (en termes de prédictions notamment) ➤ associées aux risques résiduels potentiels ➤ associées à l'ignorance / la découverte d'une source sur une zone à redévelopper 	
Critères sociaux	Confiance des Parties prenantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Niveau de confiance dans le législateur ➤ Niveau de confiance dans le propriétaire/promoteur ➤ Niveau d'information donné (plan de communication) et implication des parties prenantes (qu'est ce qui va être fait, quels problèmes pourraient être rencontrés, comment seraient-ils résolus ?) 	
Critères sociaux	Acceptation par les Parties prenantes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Objectifs des parties prenantes atteignable/atteints ➤ Impacts additionnels imprévisibles/imprévus ➤ Réduction des inquiétudes des parties prenantes ➤ Temps de réhabilitation nécessaire (personnes sujets aux impacts environnementaux) 	
Critères sociaux	Attractivité	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre d'emplois créés ➤ Catégorie des emplois ➤ Impacts sur la démographie ➤ Potentiel de développement à long-terme 	

Tableau 3 – Liste générique de critères

3.4.2. Définition des seuils d'indifférence, de préférence et de véto

Une fois les critères sélectionnés, il convient de définir, pour chaque critère les seuils d'indifférence, de préférence et de véto. Un tableau, similaire à celui présenter dans le Tableau 4, sera ainsi généré.

Parties prenantes	Seuil par Critère			
	C ₁	C ₂	...	C _n
P ₁				
P ₂				
...				
P _m				
Valeur choisie				
Minimum intervalle				
Maximum intervalle				

Tableau 4 – Valeurs Seuils

Les seuils seront établis en prenant en considération, notamment, les résultats de modélisation hydrogéochimique, les résultats de l'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), les référentiels, la bibliographie disponible, l'avis d'experts, les incertitudes pesant sur chaque scénario et/ou chaque critère.

Les parties prenantes pourront être consultées pour fixer ces seuils. Dans ce cas, le choix des seuils se fera en trois étapes :

1. **consultation des parties prenantes** : chaque groupe de parties prenantes identifié fixera les valeurs pour les trois seuils,
2. **synthèse et analyse des résultats** par le coordinateur : il dépouillera les résultats de l'étape précédente et les présentera sous forme graphique, par exemple,
3. **définition des seuils d'indifférence, de préférence et de véto** : à partir des résultats obtenus ci-dessus, le coordinateur fixera les valeurs seuils utilisées dans l'analyse multicritère. L'intervalle de variation des seuils pourra être conservé ; il pourra servir de base pour l'analyse de sensibilité conduite à l'issue de l'analyse multicritère.

3.4.3. Définition des poids à attribuer à chaque critère

Une fois les seuils définis, il convient de classer l'importance des critères dans la prise de décision. Afin d'assurer une décision transparente, il est nécessaire de faire appel aux parties prenantes dans cette étape. La consultation permettra de prendre en compte les avis, souvent divergents, quant à l'importance relative des différents critères. Le choix des poids à attribuer se fera ainsi en trois étapes :

1. **consultation des parties prenantes** : chaque groupe de parties prenantes fixera une pondération pour chaque catégorie de critères, puis pour chaque critère, étant donné le nombre de critères. La pondération s'effectuera ainsi en deux niveaux. Comme la méthode multicritère d'aide à la décision ne possède pas deux niveaux d'application, mais un seul, une pondération croisée sera attribuée à chaque critère. Elle sera obtenue en multipliant le poids du critère au sein de sa catégorie par le poids de sa catégorie. Ainsi, l'ensemble des critères C comprend m critères c_j répartis en f catégories de critères F_i . Le poids P_j d'un critère se détermine ainsi de la manière suivante :

$$P_j = P_{j,i} \cdot P_i$$

Avec les éléments suivants :

P_j Poids du critère c_j relativement à l'ensemble des autres critères de l'ensemble C

$P_{j,i}$ Poids du critère c_j relativement à l'ensemble des autres critères de la catégorie F_i à laquelle appartient le critère c_j

P_i Poids de la catégorie de critère F_i à laquelle appartient le critère c_j relativement à l'ensemble des autres catégories de critères

On peut remarquer que pour tous les n critères c_j d'une catégorie F_i définie, on a :

$$\sum_{j=1}^{j=n} P_{j,i} = 100\%$$

De même, pour l'ensemble des poids P_i des m catégories de critères, on a :

$$\sum_{i=1}^{i=m} P_i = 100\%$$

2. **synthèse et analyse des résultats** par le coordinateur : il dépouillera les résultats de l'étape précédente et les présentera sous forme graphique, par exemple,

3. **définition des poids attribués à chaque critère** : à partir des résultats obtenus ci-dessus, le coordinateur fixera les poids utilisés dans l'analyse multicritère. L'intervalle de variation des poids pourra être conservé ; il pourra servir de base pour l'analyse de sensibilité conduite à l'issue de l'analyse multicritère.

Une matrice de pondération de chaque critère sera ainsi définie (Tableau 5).

Parties prenantes	Poids par Critères			
	C ₁	C ₂	...	C _n
P ₁				
P ₂				
...				
P _m				
Valeur choisie				
Minimum intervalle				
Maximum intervalle				

Tableau 5 – Poids de chaque critère

3.4.4. Classement des scénarios de redéveloppement

Après définition des seuils d'indifférence, de préférence et de véto, chaque paire de scénarios de gestion, notées ici *A* et *B*, peut être évalué pour chaque critère selon les définitions données dans le paragraphe 2.4.

Cette phase est découpée en plusieurs sous-phases :

1. **Evaluation des performances de chaque scénario** : faite par le coordinateur, grâce aux outils à sa disposition ou au jugement d'experts,
2. **Evaluation des indices de concordance par critère et indices de discordance par critère** : pour chacun de ces indices, n matrices $m \times m$ (où n est le nombre de critères et m le nombre de scénarios) seront générées,
3. **Génération de la matrice de concordance globale** $m \times m$ (m le nombre de scénarios),
4. **Génération de la matrice des degrés de crédibilité** (matrice $m \times m$ comprenant les degrés de crédibilité).

5. **Classement des scénarios** : sur la base des degrés de crédibilité entre chaque paire de scénarios, ELECTRE classe les scénarios du meilleur au moins bon. Pour ce faire, deux « distillations » sont faites. La première, distillation descendante, consiste à sortir de l'ensemble des scénarios celui qui est préféré à tous, puis de répéter l'opération avec les scénarios restants et ainsi de suite jusqu'au dernier. La seconde, distillation ascendante, effectue une opération semblable mais commence par sortir le moins préféré d'entre tous. S'en suivra un classement partiel des différents scénarios de redéveloppement.

3.4.5. Etude de sensibilité

L'objectif de cette dernière étape est d'observer l'influence de la modification des nombreux paramètres fixés au cours de la procédure. Dans la procédure de décision, il est souvent très utile de savoir, d'une part, quels paramètres ont le plus d'influence sur le résultat et, d'autre part, quelle est la stabilité des résultats obtenus.

Dans le cas présent, les décideurs vont peut-être préférés, à la suite de l'analyse de sensibilité, une variante qui est presque toujours bien rangée même si elle n'est jamais première. Par ailleurs, l'analyse de sensibilité sur les paramètres subjectifs contribue sûrement à orienter les démarches de négociation. Il est en effet possible qu'une variation de poids de certains critères ait peu ou pas d'influence sur le résultat final. Une controverse sur ce point serait alors inutile.

Il conviendra donc d'effectuer une analyse de sensibilité sur les paramètres suivants :

- **Influence des poids**

Les poids permettent d'accorder une importance variable aux différents critères. Afin d'évaluer l'influence d'un critère en particulier sur le choix du scénario, chaque critère se verra attribuer, l'un après l'autre, un poids correspondant à l'intervalle min-max défini par les parties prenantes (Tableau 5) ou un poids x fois plus important.

- **Influence des seuils**

Afin d'évaluer l'influence des seuils sur le classement des scénarios, les seuils de préférence et d'indifférence se verront fixer des valeurs correspondant à l'intervalle min-max défini par les parties prenantes (Tableau 4) ou verront leurs valeurs multipliées par x pour l'ensemble des critères puis pour chaque critère. L'influence du seuil de veto sera évaluée en supprimant son effet : la valeur qui lui a été attribuée est telle qu'elle n'est jamais dépassée, ceci pour l'ensemble des critères puis pour chaque critère pris séparément.

3.4.6. Avantages et inconvénients de chaque combinaison de scénarios ; Elimination des combinaisons de scénarios irréalisables

Pour conclure l'analyse multicritère à l'échelle des zones du territoire, un résumé de l'analyse, comprenant les critères retenus, leurs notes et poids respectifs, les valeurs seuils retenues et le résultat de l'étude de sensibilité devra être soumis au comité de pilotage pour assurer la transparence du processus de décision. Une présentation utilisant les outils SIG sera utile pour visualiser les différences observées au niveau des combinaisons de scénarios retenues dans l'analyse multicritère.

Dans le cadre du résumé des résultats de l'analyse multicritère à l'échelle des zones du territoire, il sera bon de rappeler les avantages et inconvénients des scénarios retenus pour référence ultérieure. Les résultats devront être communiqués et validés par le comité de pilotage.

.

ETAPE 3 – Classement des scénarios à l'échelle des zones du territoire

Objectif :

- **Hierarchiser partiellement les scénarios de redéveloppement pour chaque zone**
- **Définir les avantages et inconvénients de chaque scénario**

Sous-étapes	Outils	Validation
Définition des critères à considérer pour chaque catégorie : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des critères finaux 	Consultation avec les parties prenantes Analyse multicritère SIG	Validation par le comité de pilotage et les parties prenantes
Définition des seuils de préférence, indifférence et véto : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des seuils finaux 		
Définition des poids à attribuer à chaque critère : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des poids finaux 	Experts	Validation par le comité de pilotage
Classement des scénarios <ul style="list-style-type: none"> • Evaluation des performances • Evaluation des indices de concordances et indices de discordance • Génération de la matrice des indices de concordance globale • Génération de la matrice des degrés de crédibilité • Classement partiel des scénarios 		
Etude de sensibilité	Experts	
Avantages et Inconvénients	Experts	
Elimination des scénarios irréalisables pour raisons techniques ou économiques		

Figure 6 – Etape 3

3.5. ETAPE 4 : CLASSEMENT DES COMBINAISONS DE SCENARIOS A L'ECHELLE DU TERRITOIRE

Les objectifs de cette étape sont :

- la hiérarchisation des combinaisons de scénarios de redéveloppement à l'échelle du territoire,
- la définition des avantages et inconvénients de chacune de ces combinaisons,
- la définition simplifiée des coûts et bénéfices relatifs à chaque combinaison.

Pour ce faire, les résultats de l'étape 3 seront d'abord analysés afin de définir des combinaisons de scénarios cohérentes à l'échelle du territoire. Les ensembles présentant des combinaisons redondantes ou incompatibles seront éliminés. Il conviendra d'utiliser le bon sens dans la sélection des ensembles à considérer pour l'analyse multicritère. Cette sélection devra être validée par le comité de pilotage et les parties prenantes.

Une fois que les combinaisons de scénarios à considérer dans l'analyse multicritère sont sectionnées, l'analyse multicritère peut être mise en place. Le processus suivi est le même que dans l'étape 3 (Figure 7). Dans cette étape, l'analyse multicritère a pour but d'aider le décideur à choisir une combinaison de scénarios de redéveloppement la mieux adaptée. Dans ce paragraphe, nous reprenons les différentes phases clés décrite dans la section précédente. Seule l'échelle d'étude est différente (d'une zone au territoire complet).

Pour conclure l'analyse multicritère à l'échelle du territoire, un résumé de l'analyse, comprenant les critères retenus, leurs notes et poids respectifs, les valeurs seuils retenues et le résultat de l'étude de sensibilité devra être soumis au comité de pilotage pour assurer la transparence du processus de décision. Une présentation utilisant les outils SIG sera utile pour visualiser les différences observées au niveau des combinaisons de scénarios retenues dans l'analyse multicritère.

Dans le cadre du résumé des résultats de l'analyse multicritère à l'échelle du territoire, il sera bon de rappeler les avantages et inconvénients des combinaisons de scénarios, retenues pour référence ultérieure. Les résultats devront être communiqués et validés par le comité de pilotage.

Les combinaisons de scénarios irréalisables pour des raisons techniques et/ou économiques seront éliminées avant de passer à l'étape suivante.

ETAPE 4 – Classement des combinaisons de scénarios à l'échelle du territoire

Objectif :

- **Hierarchiser partiellement les scénarios de redéveloppement du territoire**
- **Définir les avantages et inconvénients de chaque combinaison de scénarios**
 - Définir les **coûts et bénéfices** de chaque combinaison de scénarios

Sous-étapes

Outils

Validation

Définition des combinaisons de scénarios possibles pour le territoire, élimination des combinaisons redondantes ou incompatibles	Experts	
Définition des critères sociaux, environnementaux et économiques à considérer : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des critères finaux 	Consultation avec les parties prenantes Analyse multicritère SIG	Validation par le comité de pilotage et les parties prenantes
Définition des seuils de préférence, indifférence et veto : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des seuils finaux 		
Définition des poids à attribuer à chaque critère : <ul style="list-style-type: none"> • Consultation des parties prenantes • Synthèse et analyse des résultats • Choix des poids finaux 	Experts	
Classement des combinaisons de scénarios : <ul style="list-style-type: none"> • Evaluation des performances • Evaluation des indices de concordances et indices de discordance • Génération de la matrice des indices de concordance globale • Génération de la matrice des degrés de crédibilité • Classement partiel des scénarios 	Experts	
Etude de sensibilité		
Coûts et bénéfices relatifs à chaque combinaison de scénarios		
Elimination des combinaisons irréalisables pour raisons techniques ou économiques		Validation par le comité de pilotage

Figure 7 – Etape 4

3.6. ETAPE 5 : CHOIX FINAL DE LA STRATEGIE DE REDEVELOPPEMENT

Alors que les étapes 3 et 4 s'attachaient à définir les scénarios de redéveloppement préférentiels, en prenant en considération la dimension spatiale principalement, l'étape 5 s'attache à définir la succession dans le temps des différentes actions à mener sur le territoire pour aboutir à l'une des combinaisons de scénarios préférentiels définies à l'étape 4. En d'autre terme, il s'agit ici d'utiliser l'ACB comme outil objectif de hiérarchisation des actions composantes des scénarios de redéveloppement ou combinaison de scénarios.

En effet, selon l'enchaînement des actions, les coûts et bénéfices associés à chaque combinaison de scénarios seront différents. L'analyse multicritère conduisant au choix de la combinaison de scénarios préférentiels ne prend en considération que les coûts et bénéfices associés au redéveloppement spatial, mais ne considère pas ceux associés à la dimension temporelle.

Les contraintes budgétaires annuelles, en particulier, ne sont pas incluses dans l'analyse multicritère. Ces contraintes peuvent être associées au budget municipal, département, régional, à des soumissions à projet au niveau national ou européen, etc. En fonction de cela, il peut être plus approprié de redévelopper prioritairement certaines zones. De plus, le redéveloppement de certaines zones peut fournir une recette financière mobilisable pour le développement d'une zone ultérieure. A contrario, une zone peut nécessiter une action prioritaire et le redéveloppement d'une zone adjacente ne peut être que postérieur à cette action.

Une attention particulière devra être portée aux hypothèses sous-tendant la traduction en terme monétaire des critères non directement quantifiables. Les incertitudes devront être évaluées et leur rôle dans l'analyse coût-bénéfice déterminé par une étude de sensibilité.

3.6.1. L'ACB comme outil de planification temporelle des actions relatives aux combinaisons de scénarios

Dans cette étape, les combinaisons de scénarios précédemment sélectionnées par l'analyse multicritère seront découpées en actions à mener afin d'aboutir au plan final de redéveloppement. Il convient donc ici de :

- identifier les différentes successions temporelles d'actions techniquement réalisables,
- évaluer les successions les plus rentables,
- évaluer le moment optimal d'initiation d'une action.

Ainsi, l'ACB intervient sur les aspects temporels de deux manières :

1. L'ACB intervient pour déterminer l'enchaînement des actions

L'ACB intervient pour la hiérarchisation temporelle des actions ou des options constituant les combinaisons de scénarios sélectionnés. La Figure 8 présente un exemple d'une combinaison de scénarios avec 3 actions. Il y a 6 options de permutation temporelle possibles. Supposons que seulement deux combinaisons sont techniquement réalisables : S1 = (a1, a2, a3) et S2 = (a3, a1, a2). Les deux combinaisons S1 et S2 peuvent avoir un coût de réalisation identique C(S1) = C(S2) mais des bénéfices respectifs différents B(S1) et B(S2). Dans cet exemple, la valeur actualisée net de S2 est supérieure à celle de S1 :

$$VAN(S1) = \sum_{t=1}^T \frac{B_t(S1)}{(1+r)^T} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t(S1)}{(1+r)^T} > VAN(S2) = \sum_{t=1}^T \frac{B_t(S2)}{(1+r)^T} - \sum_{t=1}^T \frac{C_t(S2)}{(1+r)^T}$$

Le scénario S2 est économiquement plus efficace que le scénario S1. La combinaison temporelle d'intervention optimale est donc S2= (a3, a1, a2).

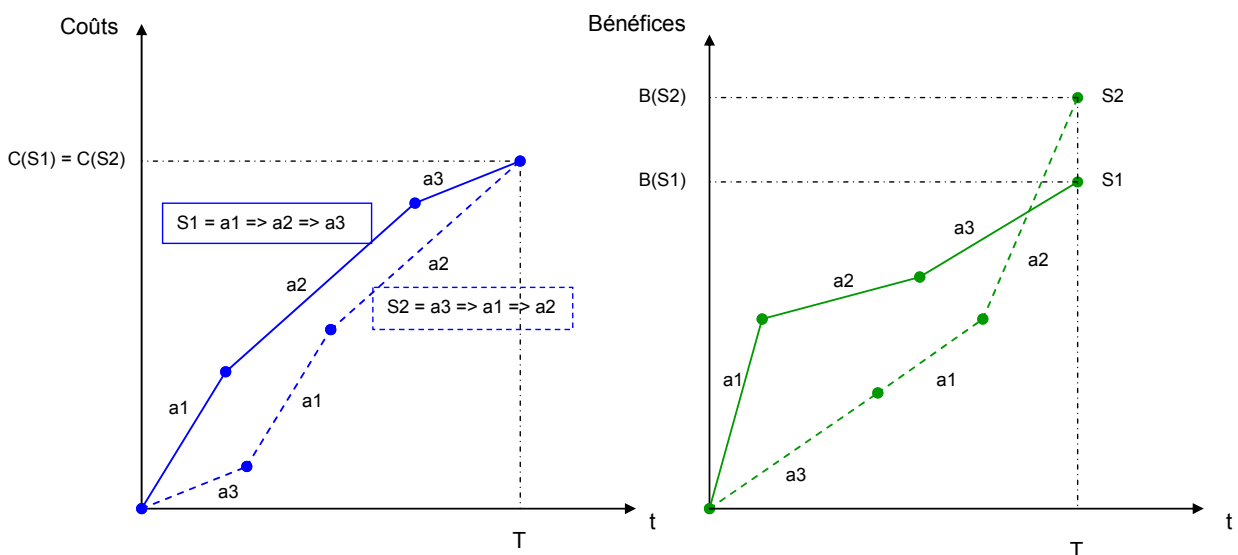


Figure 8 – Enchaînement des actions d'un scénario d'intervention

2. L'ACB intervient pour planifier les actions dans le temps

Les moyens financiers des parties prenantes peuvent être insuffisants pour mettre en œuvre simultanément une combinaison complète de scénarios de réhabilitation et de redéveloppement à l'échelle d'un territoire. Il est par conséquent nécessaire de planifier sa réalisation dans le temps.

Pour cela, l'ACB peut être un outil objectif pour évaluer et comparer des scénarios ayant le même objectif, mais dont les dates de début et de durée d'une ou plusieurs

actions différent. La Figure 9 illustre deux scénarios ayant le même objectif : réduction des risques d'un seuil de référence R_0 à un seuil R_1 . L'objectif du scénario accéléré (S1) est réalisé à T_1 alors que l'objectif du scénario étalé dans le temps (S2) n'est réalisé qu'à T_2 . Ce dernier présente l'avantage de répartir dans le temps les coûts et les dépenses de sa mise en œuvre. Par contre, les dommages potentiels vont continuer à être subi dans la période T_1 - T_2 . Les bénéfices additionnels du scénario S1 par rapport à S2 sont alors représentés par le triangle OAB.

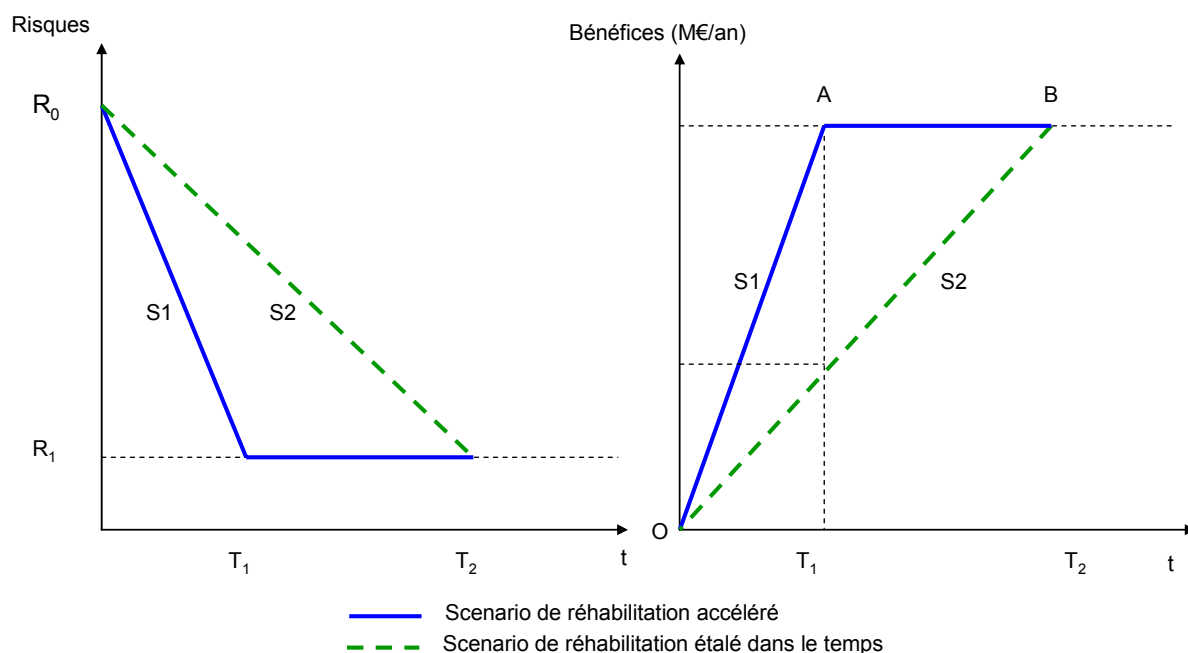


Figure 9 – Bénéfices dans le temps

La mise en place de l'ACB nécessite plusieurs sous-étapes que nous développons dans les paragraphes suivants.

3.6.2. Identification et évaluation des coûts

Les coûts d'une combinaison de scénarios de redéveloppement sont l'ensemble des dépenses monétaires et des éléments non monétaires nécessaires à la mise en œuvre de la réhabilitation à l'échelle du territoire. C'est donc la somme agrégée des coûts de toutes les actions (ou options) potentielles à l'échelle de chaque zone du territoire.

Pour une action donnée et une zone donnée, on peut faire la distinction entre les quatre catégories de coûts suivantes :

1. **Les coûts directs de capital** : ce sont essentiellement les coûts d'investissement liés aux travaux requis pour la réhabilitation du site ou la gestion des risques. Ils peuvent comprendre, par exemple, les coûts

d'équipements, de matières premières et de main d'œuvre pour le traitement des sols ou de l'eau.

2. **Les coûts directs opérationnels** : correspondent aux coûts d'exploitation et d'entretien des équipements et des matériels. Ils sont en général proportionnels aux coûts directs.
3. **Les coûts indirects de capital** : ils comprennent entre autre les coûts financiers du capital, d'assurance et de taxes.
4. **Les coûts indirects opérationnels** : des coûts indirects peuvent encore être supportés même si l'action de réhabilitation est terminée. Ils correspondent, par exemple, aux coûts de surveillance et de contrôle des pollutions.

Le coût total est calculé en allouant successivement les 4 catégories de coûts à une action de réhabilitation donnée. Le Tableau 6 illustre par des exemples ces différentes catégories de coûts. A ces coûts peuvent s'ajouter des coûts non-monétaires. Par exemple, une action de décontamination du sol peut avoir des conséquences négatives associées à la dégradation de l'environnement à l'extérieur du site (exemple, dépôt de sols contaminés). Les coûts non marchands constituent en fait un surcoût pour l'action de réhabilitation.

Type de coût	Coût direct	Coût indirect
Coût de capital	<p>études préalables (étude technique/ d'architecture, étude d'avant projet, ...)</p> <p>achat de terrains ou de biens immobiliers sur le site</p> <p>matériel, matière première, main d'œuvre</p> <p>construction ou de démolition de bâtiments</p> <p>coûts des opérations de traitement in situ ou ex situ des sols</p> <p>coûts de retrait et d'élimination des sols</p>	<p>Coût de gestion</p> <p>Coût financier et administratif</p> <p>Coût d'assurance</p>
Coût opérationnel	<p>travaux préparatoires ou d'aménagement, tels que la préparation des voies d'accès</p> <p>Coût de fonctionnement et d'entretien des équipements</p>	<p>surveillance et contrôle technique.</p> <p>nuisances dues au chantier (déviation ou l'interruption du trafic sur une route, etc.)</p> <p>Communication sur le projet de redéveloppement</p>
Coût non-marchand	Impacts négatifs sur l'environnement causés par des actions de réhabilitation et de redéveloppement	

Tableau 6 – Exemples des coûts de réhabilitation des sites et territoires complexes

3.6.3. Identification et évaluation des bénéfices

Les bénéfices d'une combinaison de scénarios de redéveloppement sont plus difficiles à quantifier. Dans le cadre d'une évaluation ex-ante ils peuvent être de deux types :

- Les dommages potentiels évités : les bénéfices sont exprimés par la différence entre les dommages potentiels avant réhabilitation du site et les dommages potentiels après réhabilitation et redéveloppement du site (réduction du risque).
- Les bénéfices en sus du redéveloppement du site lui-même : ces avantages dépendent du type d'actions de redéveloppement envisagé sur chaque zone. Par exemple, si une friche industrielle est reconvertie en zone commerciale, les bénéfices pour la collectivité attendus sont la création d'emploi, les taxes des activités commerciales perçues par les communes, etc.

3.6.3.1. Les bénéfiques comme dommages potentiels évités

L'identification des dommages potentiels évités est directement liée à l'évaluation des risques. Dans ce cas, il est nécessaire de fixer un scénario de référence par rapport auquel les dommages vont être identifiés et quantifiés. Le scénario de référence peut correspondre à l'état actuel du territoire. Pour un scénario de réhabilitation donné, les bénéfiques de réhabilitation (B_r) sont calculés par :

$$B_r = DP_{av} - DP_{ap}$$

Où $DP_{av} - DP_{ap}$ sont respectivement les dommages potentiels avec et sans réhabilitation.

Pour estimer les coûts des dommages potentiels, les critères de l'analyse multicritère sont utilisés pour catégoriser les impacts et les dommages potentiels associés. De la même manière que pour l'analyse des coûts, on peut distinguer les dommages directs, indirects et non-marchands. Le Tableau 7 illustre cette catégorisation des dommages.

Impacts	Type de dommages potentiels		
	Direct	Indirect	Non-marchand
Impact sanitaire	Risque ou impact probable de la pollution sur les personnes fréquentant le site (mesuré par des paramètres de toxicité et fonction des usages, c-à-d salariés sur le site, résidents permanents ou temporaires, ...)		
Impact sur les eaux souterraines	Fermeture d'un champ captant d'eau potable	Traitement supplémentaire des eaux potables	Dégradation de la valeur de non-usage des eaux souterraines
Impacts sur les eaux de surface	Restriction d'usage	Traitement supplémentaire, recherche de ressources alternatives	Dégradation de la valeur de non-usage des eaux de surface
Impact sur l'air	Impacts sur la santé et sur autres media environnementaux (eaux et sols)		
Impact sur l'écologie et l'habitat	Tourisme, activités de loisir		Perte de la biodiversité
Impact des mesures de remédiation	Nuisances pendant les travaux	Impact à l'extérieur du site/territoire	Impacts sur l'environnement
Impact sur les usages du sol	Perte de valeur des terres	Limitation des usages futurs du territoire	Irréversibilité de la dégradation des sols
Impact sur l'économie	Perte de production industrielle, perte de valeur des productions agricoles	Délocalisation des activités, impacts sociaux	Image du territoire
Impact sur le social	Perte d'emploi		

Tableau 7 – Exemples de dommages potentiels sur des sites et territoires complexes

3.6.3.2. Les bénéfices comme en sus du redéveloppement du site

Ces bénéfices sont essentiellement des bénéfices économiques suite à la réhabilitation du site ou du territoire. Ils dépendent des usages potentiels futurs de chaque zone du territoire. Le Tableau 8 présente des exemples de bénéfices par type d'usage. A l'échelle du territoire, les bénéfices d'usage (Bu) sont la somme des bénéfices d'usage de chaque zone :

$$Bu = \sum_z Bu_z \text{ ou } Bu_z \text{ sont les bénéfices d'usage pour une zone (z).}$$

Usage	Type de bénéfice d'usage		
	Direct	Indirect	Non-marchand
Résidentiel	Augmentation de la valeur des biens immobiliers	Taxes foncières Réduction des risques de santé dans les zones résidentielles existantes	Aménités environnementales
Industriel/ commercial	Retombées économiques sociales des activités économiques de redéveloppement du site (création d'emploi, ...)	Taxes industrielles et foncières	Amélioration de la santé
Agricole	Revalorisation des terres agricoles	Augmentation des revenus agricoles	Qualité du sol
Naturel	Augmentation des fréquentations de loisir	Image du territoire	Biodiversité écologique

Tableau 8 – Exemples de bénéfices d'usage de redéveloppement des sites et territoires complexes

3.6.4. Actualisation et critère de décision

Les coûts et bénéfices des scénarios de gestion sont évalués en terme monétaire. Ces valeurs sont distribuées différemment dans le temps. Par exemple, les coûts des travaux de décontamination sont principalement des dépenses au moment de la réalisation des travaux alors que les coûts des dommages potentiels évités et les bénéfices d'usages peuvent s'étaler dans le temps. Pour rendre comparables les coûts et bénéfices, il faut les exprimer en une même unité monétaire par l'actualisation. Enfin, un critère de décision indique aux parties prenantes quel est le meilleur scénario en termes d'efficacité économique. La Figure 10 résume le mode d'évaluation des coûts et bénéfices.

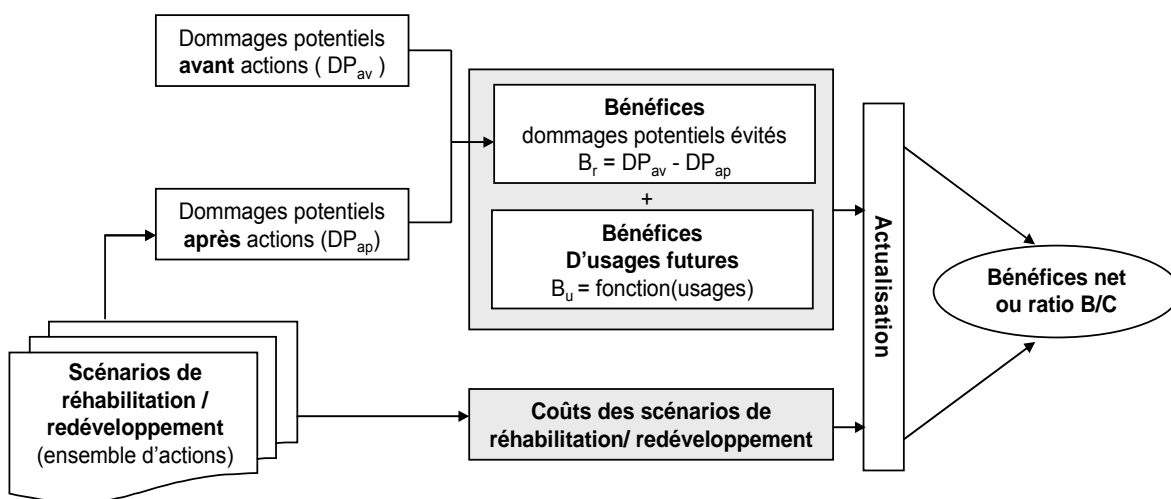


Figure 10 – Evaluation des coûts et bénéfices des scénarios de réhabilitation / redéveloppement

A l'issue de l'analyse coût-bénéfice, les différentes combinaisons de scénarios et l'enchainement temporel des actions à mener seront présentés aux décideurs, en précisant leurs avantages, leurs inconvénients et leurs coûts. Les outils SIG pourront être utilisés afin d'illustrer les possibilités et restrictions associées aux différents scénarios. Les décideurs choisiront la combinaison de scénarios la mieux adaptée en fonction :

- des résultats de l'analyse multicritère,
- des résultats de l'analyse coût-bénéfice et du budget dont ils disposent,
- du contexte administrativo-légal,
- du plan d'occupation des sols / du plan de redéveloppement.

Le choix de la combinaison de scénarios finale sera communiqué au comité de pilotage et au public, en utilisant les outils de communication les mieux adaptés. Le SIG aura ici une place prépondérante dans la visualisation des critères sélectionnés dans l'analyse multicritère, dans la visualisation des scénarios qui seront mis en place dans chacune des zones du territoire et leurs rôles dans la réduction des risques sanitaires et environnementaux, dans la visualisation des projets de redéveloppement envisagés et leurs conséquences au niveau environnemental, social et économique.

Le rapport remis à l'issue de cette étape devra préciser les limites de la combinaison de scénarios choisie, et les objectifs environnementaux, sociaux, économiques, et réglementaires à atteindre après mise en place de la combinaison de scénarios de redéveloppement.

La Figure 11 résume les sous-étapes associées au choix de la stratégie de redéveloppement.

ETAPE 5 – Choix final de la stratégie de redéveloppement

Objectif :

- **Hierarchiser temporellement** les actions à mener
- **Présenter les scénarios finaux de redéveloppement et leurs enchainements temporels**
- **Choix de la combinaison optimale de scénarios**

Sous-étapes

<p>Découpage temporel des actions à mener sur les combinaisons de scénarios présélectionnées à l'issue de l'étape 4</p>
<p>Identification et évaluation des coûts Identification et évaluation des bénéfices</p>
<p>Evaluer les indices de confiance des sommes dérivées qualitativement</p>
<p>Hierarchisation des combinaisons de scénarios avec planification temporelle des actions</p>
<p>Choisir un nombre limité de combinaisons de scénarios sur une base technique et économique</p>
<p>Présenter les redéveloppements spatio-temporels aux décideurs</p>
<p>Choix final de la combinaison de scénarios en fonction : - Du plan d'occupation des sols / du plan de redéveloppement - Du budget - De la faisabilité technique - De l'acceptabilité du public - Du contexte administrativo-légal</p>

Outils

<p>Analyse coût-bénéfice Experts</p>
<p>Consultation avec les parties prenantes SIG</p>
<p>Décideurs</p>

Validation

<p>Validation par le comité de pilotage et les parties prenantes</p>
<p></p>

Figure 11 – Etape 5

3.7. ETAPE 6 : MISE EN PLACE DES SCENARIOS DE REDEVELOPPEMENT

Les scénarios de redéveloppement seront mis en place suivant la planification optimisée à l'étape précédente. Ces scénarios impliquent vraisemblablement la présence de pollutions résiduelles et/ou des expositions résiduelles. Il s'agit de vérifier que les expositions résiduelles sont acceptables et de définir les servitudes éventuelles.

Les objectifs de l'étape 6 sont donc de :

- identifier les mesures de gestion particulières,
- analyser les risques résiduels,
- définir les servitudes et un plan de surveillance.

3.7.1. Mesures de gestion

A l'issue de l'étape 5, la combinaison de scénarios de redéveloppement a été choisie par le(s) décideur(s). Elle a été notamment choisie pour ses retombées environnementales, sociales, et économiques. Dans cette partie, il conviendra de mettre en place les scénarios sélectionnés sur chaque zone du territoire.

Les éléments identifiés dans l'analyse de risques et devant faire l'objet de contrôles durant le chantier, ainsi que la périodicité des contrôles à réaliser, devront clairement être précisés. En effet, durant les chantiers de réhabilitation, une caractérisation des pollutions résiduelles devra être menée par le biais de campagnes de mesures adaptées. Les résultats de mesures de teneurs résiduelles en polluants sont ensuite analysés (analyse des risques résiduels) et comparés aux objectifs de réhabilitation. Si les objectifs ne sont pas remplis, le plan de redéveloppement devra être ajusté, ou une nouvelle démarche de gestion justifiant l'acceptation du plan devra être faite. Ceci permettra d'assurer la compatibilité entre états des milieux et usages.

Les incertitudes liées aux différentes étapes, que ce soit dans le choix des options de gestion ou dans l'analyse de risques, devront être signalées.

A l'issue des travaux, un rapport de synthèse récapitulant l'ensemble de la démarche et des contrôles sera remis au comité de pilotage. Ce rapport pourra inclure les mesures de surveillance à mettre en place pour vérifier que les options de réhabilitation inscrites dans le long terme, telle que l'atténuation naturelle, fonctionne comme prévu. Ce rapport sera une synthèse du plan de gestion développé pour le territoire et devra être validé par le comité de pilotage avant d'être communiqué au public.

3.7.2. Analyse des risques résiduels

A l'issue des travaux de redéveloppement, une analyse des risques résiduels (ARR) sera conduite. Elle se compose conventionnellement de quatre étapes identiques à celles de l'évaluation quantitative des risques sanitaires présentée en étape 2 (<http://www.sitespollues.ecologie.gouv.fr>) :

- l'identification des dangers,
- l'estimation des relations dose-réponse,
- l'estimation des expositions,
- la caractérisation des risques sanitaires.

Les résultats de l'ARR, en synthèse de l'ensemble de la démarche de redéveloppement, doit montrer l'acceptabilité des risques liés aux expositions résiduelles. Le document qui sera transmis au comité de pilotage devra identifier :

- les concentrations des substances étudiées dans les milieux d'expositions résiduelles,
- les contraintes constructives passives ou actives,
- les usages.

Si les risques résiduels ne sont pas en adéquation avec les seuils prévus et les usages déterminés dans le plan de redéveloppement, ce plan sera adapté ou ajusté afin de veiller à l'adéquation entre l'état des milieux et leur usage présent ou futur.

ETAPE 6 – Mise en place des scénarios de redéveloppement

Objectif :

- Identifier les **mesures de gestion particulières**
 - Analyser les **risques résiduels**
- Définir les **servitudes** et un **plan de surveillance**

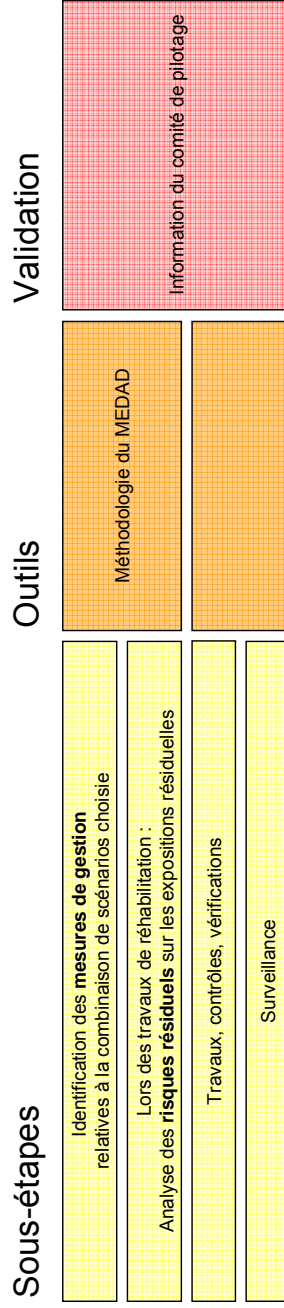


Figure 12 – Etape 6

3.8. ILLUSTRATION DE LA METHODOLOGIE

Dans ce paragraphe, nous nous attachons à développer un cas théorique sur lequel la méthodologie peut être appliquée.

3.8.1. Présentation de l'exemple

Nous nous proposons de travailler sur le domaine d'étude présenté sur la Figure 13. Ce domaine comprend sept zones distinctes. Chacune d'elles est composée de sources de pollution (Si), de voies de transfert (Ti) et/ou de cibles potentielles (Ci). Pour faciliter la lecture, l'indice « i » renvoie à la zone considérée tandis que le nombre indiqué après le « - » indique le numéro de la source, de la voie de transfert ou de la cible parmi celles localisées dans la zone i.

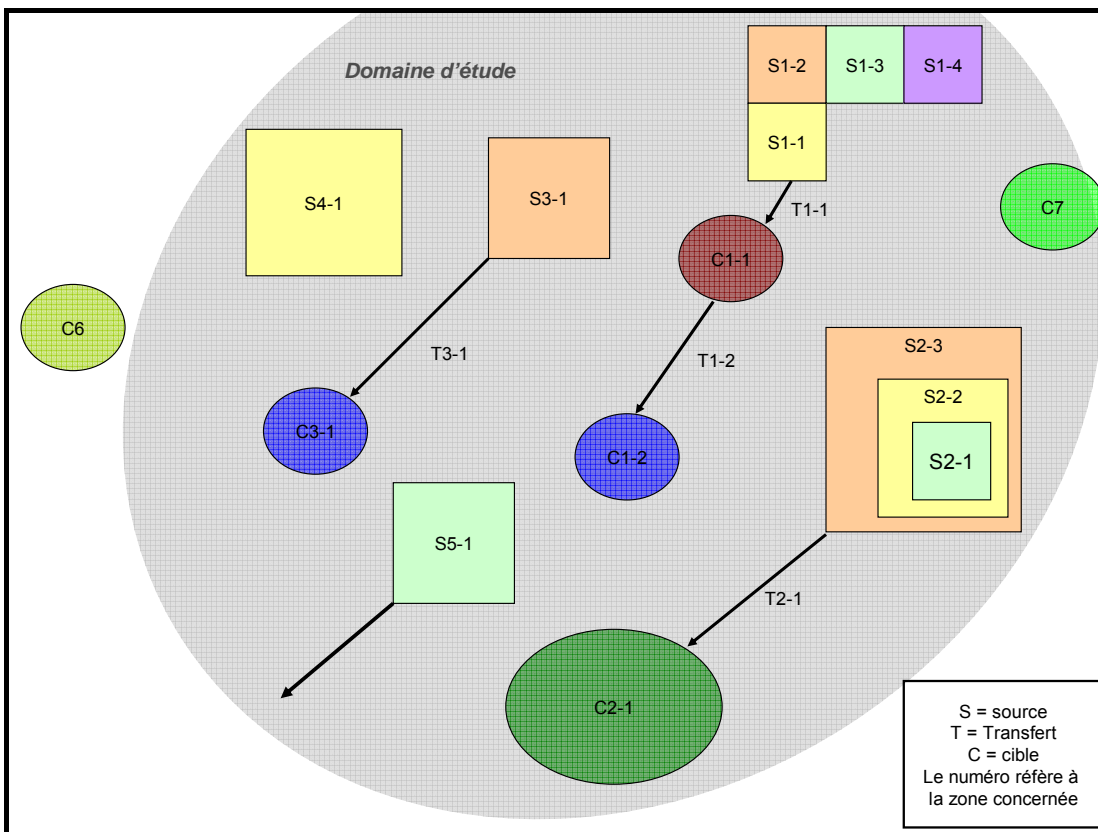


Figure 13 – Exemple théorique

Les décideurs souhaitent redéfinir les usages de chacune de ses zones :

- Zone 1 : Zone à vocation économique (industrielle)
- Zone 2 : Zone à vocation économique (industrielle et commerciale)

- Zone 3 : Zone urbaine développement périphérique
- Zone 4 : Zone urbaine verte
- Zone 5 : Zone urbaine développement périphérique

3.8.2. Contexte

Dans cet exemple, nous supposons qu'un SIG, associé à une base de données, a été créé afin de synthétiser les sources, voies de transfert et cibles présentes sur le domaine d'étude.

Les résultats de l'évaluation des risques sont supposés connus. Des options de remédiation ont été identifiées pour chacune des cinq zones présentant des sources de pollution.

Les options de remédiation possibles sur chaque zone ont été couplées avec les usages souhaités afin de définir les différents scénarios de redéveloppement envisageables sur chaque zone. Les usages sont détaillés dans le Plan Local d'Urbanisme notamment. Ce plan comporte, entre autre, un document graphique localisant :

- Les zones urbaines, dites « zones U » : ce sont « les secteurs déjà urbanisés et les secteurs où les équipements publics existants ou en cours de réalisation ont une capacité suffisante pour desservir les constructions à implanter » (article R.123-5 du code de l'urbanisme).
- Les zones à urbaniser, dites « zones AU » : l'article R.123-6 du code de l'urbanisme les définit comme « les secteurs à caractère naturel de la commune destinés à être ouverts à l'urbanisation ». On distingue deux types de zones AU :
 - ❖ les secteurs urbanisables immédiatement en raison de la présence « d'assainissement existant à la périphérie immédiate d'une zone AU » et ayant « la capacité suffisante pour desservir les constructions à implanter dans l'ensemble de cette zone » ; cette zone est généralement nommée « 1AU » ;
 - ❖ si cette capacité est insuffisante, l'ouverture à l'urbanisation est subordonnée à une modification ou une révision du PLU ; on nomme généralement cette zone « 2AU ».
- Les zones agricoles, dites « zones A » : il s'agit des « secteurs de la commune, équipés ou non, à protéger en raison du potentiel agronomique, biologique ou économique des terres agricoles » (article R.123-7 du code de l'urbanisme). C'est un régime strict et surveillé, seules les constructions ou installations nécessaires aux services publiques et à l'exploitation agricole y sont autorisées.

- Les zones naturelles et forestières, dites « zones N » : ce sont les « secteurs de la commune, équipés ou non, à protéger en raison soit de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt, notamment du point de vue esthétique, historique ou écologique, soit de l'existence d'une exploitation forestière, soit de leur caractère d'espaces naturels » (article R.123-8 du code de l'urbanisme).

A l'issue de l'étape 2, le domaine d'étude a été découpé en différentes zones et les usages et options de remédiation ont été définis sur chacune zone, en fonction des risques. L'usage souhaité de la zone du domaine d'étude et une option de remédiation potentielle, compatible avec l'usage souhaité, sont appelés « scénario de remédiation » ou « de réhabilitation » dans la suite du chapitre.

La Figure 14 illustre les usages souhaités et les options de remédiation potentielles sur chaque zone du domaine d'étude.

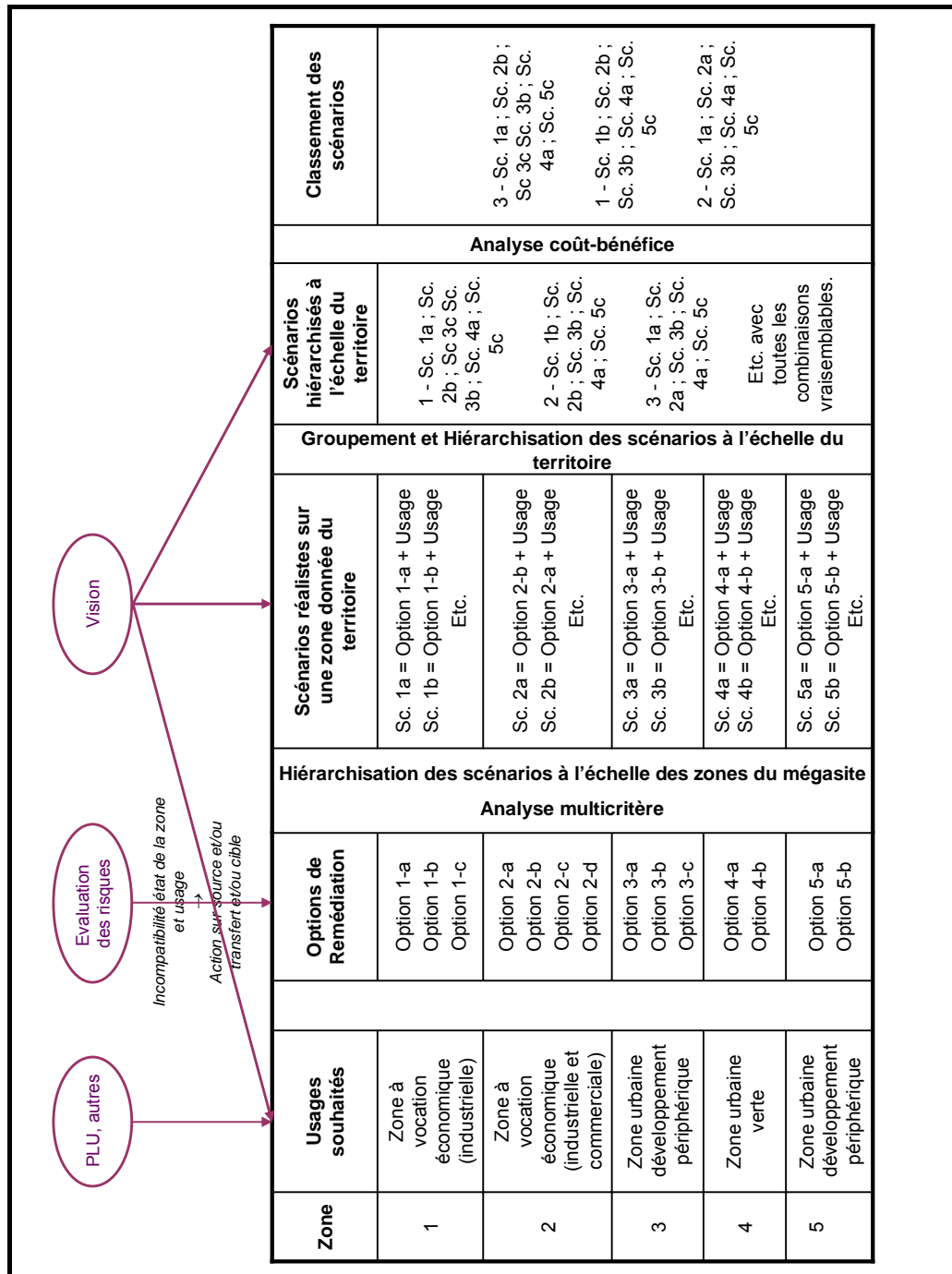


Figure 14 – Illustration du déroulement de la méthodologie

3.8.3. Hiérarchisation des scénarios et combinaisons de scénarios

Les étapes 3 et 4 de la méthodologie sont destinées à hiérarchiser les scénarios et combinaisons de scénarios identifiés à l'issue de l'étape 2, à l'échelle des zones du territoire et à l'échelle du territoire respectivement. Cette hiérarchisation a pour but d'optimiser le redéveloppement spatial du domaine d'étude, en fonction des usages souhaités. Elle se fait à l'aide de l'analyse multicritère d'aide à la décision. Cet outil est mis en place par le coordinateur et l'ensemble des parties prenantes. Les critères à considérer dans la hiérarchisation pourront inclure ceux présentés dans le Tableau 3, cette liste de critères étant non-exhaustive.

Les critères choisis pour chacune zone identifiée dans le paragraphe 3.8.1 et le territoire dans son ensemble peuvent varier sensiblement. Certains critères peuvent n'être importants ou applicables que sur certaines zones.

A l'issue de ces étapes, les combinaisons de scénarios potentielles sont hiérarchisées.

3.8.4. Choix final de la stratégie de redéveloppement et mise en place de la combinaison de scénarios choisie

L'étape précédente a permis de hiérarchiser les combinaisons de scénarios répondant à l'état des milieux et aux usages souhaités. Elle n'a cependant pas considéré l'aspect purement temporel associé aux contraintes budgétaires ou écologiques par exemple.

Le but de cette étape est donc de déterminer le plan de redéveloppement satisfaisant au mieux aux critères du développement durable en termes d'espace et de temps. A l'issue de cette étape, les décideurs choisiront la combinaison de scénarios et l'enchaînement temporel des actions qui leur paraissent les mieux adaptés.

4. Conclusion et recommandations

Les sites et territoires complexes demandent de prendre en compte :

- des sources de pollution et des modes de transferts potentiellement multiples,
- des impacts divers,
- des volontés de redéveloppement multiples,
- des objectifs de redéveloppement potentiellement contradictoires.

La méthodologie de gestion des sites potentiellement pollués doit donc être adaptée pour satisfaire la réglementation et faciliter le processus décisionnel.

Le projet OUTAIDECI a permis de développer une méthodologie de gestion des sites et territoires complexes prenant en compte les aspects du développement durable et l'ensemble des parties prenantes au projet de redéveloppement. Afin de faciliter le choix d'un scénario de redéveloppement sur l'ensemble du territoire, des outils d'aide à la décision ont été couplés. Ces outils facilitent la transparence et la communication, tout en permettant l'intégration de différents critères permettant d'évaluer la durabilité d'un scénario de redéveloppement.

Les outils utilisés sont les systèmes d'information géographique (SIG), l'analyse multicritère d'aide à la décision (AMC) et l'analyse coût-bénéfice (ACB). Le premier permet de synthétiser des données, de les cartographier, de visualiser des scénarios, etc. Le second outil permet de hiérarchiser des scénarios de redéveloppement sur la base de critères prédéfinis par les parties prenantes et pondérés en fonction des améliorations apportées par la mise en œuvre du scénario de redéveloppement par rapport à la situation initiale. Les critères intègrent les notions relatives au développement durable, à savoir une combinaison des aspects environnementaux, économiques et sociaux. Enfin, le troisième outil permet de procéder à une évaluation économique détaillée des scénarios ayant reçus les plus fortes performances dans l'analyse multicritère. Il est utilisé afin de synthétiser les connaissances acquises lors des étapes précédentes et de planifier temporellement la mise en œuvre du redéveloppement.

La complémentarité de ces trois outils d'aide à la décision demandera cependant à être illustrée sur un exemple concret. Il est pour cela essentiel de trouver un territoire d'application répondant aux exigences suivantes :

- de grandes surfaces impactées (de façon avérée ou potentielle à l'échelle de plusieurs km²),
- la coexistence de multiples industriels, acteurs, parties prenantes et populations diverses, utilisateurs d'un milieu naturel menacé et sensible,
- l'existence de multiples sources de contamination potentielle (pétrochimie, sidérurgie, incinération de déchets industriels...), affectant de multiples

milieux de transfert (air, eaux de surface, eaux souterraines, sols et sédiments) et de multiples milieux récepteurs (zones urbaines, agricoles ou de loisirs..),

- une volonté politique de redéveloppement du territoire.

La méthodologie viendra alors en appui au processus décisionnel. Il est proposé que la suite de ce projet soit consacrée à la mise en place de la méthodologie sur un exemple concret. A l'issue de cette phase, une attention particulière devra être portée au rôle potentiel des incertitudes dans la décision, ceci afin de définir les orientations futures potentielles permettant de mieux insérer cette dimension dans le processus décisionnel.

5. Bibliographie

Bateman, I.J., Lovett, A.A. and Brainard, J.S. 2003. Applied Environmental Economics – A GIS Approach to Cost - Benefit Analysis. Cambridge University Press.

Béranger, S., Blanchard, F., Archambault, A., Allier, D., 2006. Utilisation des Outils d'Aide à la Décision dans la Gestion des Mégasites. Rapport BRGM/RP-55223-FR.

Cherqui F., 2005. Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier – Méthode ADEQUA. Travail de Thèse sous la direction de Wurtz E. et Allard F.

Damart, S., David, A., Roy, B., 2001. Comment organiser et structurer le processus de décision pour favoriser la concertation entre parties prenantes et accroître la légitimité de la décision ?. Rapport final de recherche soutenu par le programme mobilisateur « Evaluation-Décision » du PREDIT 1996-2000 (Décision d'aide à la recherche n°98 MT 32).

Duong V.-L., 1998. Evaluation du risque potentiel sur l'environnement lors de la réhabilitation d'un site pollué. Thèse n°192 ID soutenue devant l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.

El Magnouni, S., 1996. Méthodologie d'aide à la décision pour l'évaluation et la gestion multicritère des ressources en eau souterraine. Document du BRGM 254.

UK Environment Agency, 1999. Cost-Benefit Analysis for Remediation of land Contamination. R&D Technical report P316, UK Environment Agency.

Joerin, F., 1997. Décider sur le territoire – Proposition d'une approche par utilisation de SIG et de méthodes d'analyse multicritère. Thèse n°1755, EPFL Lausanne.

Joliveau, T., 2004. Géomatique et gestion environnementale du territoire. Recherches sur un usage géographique des SIG. Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches en sciences humaines. Rouen. Université de Rouen, 2004, 2 vol. 504 p. + non pag.

Joliveau, T., Molines, N., Caquard, S., 2000. Méthodes et outils de gestion de l'information pour les démarches territoriales participatives – Un regard France-Québec. Rapport réalisé dans le cadre du 15^{ème} appel d'offre Jacques Cartier. Novembre 2000.

Guyonnet, D., Ménard, Y., Baudrit, C., Dubois, D. (2005a). HyRisk – Traitement Hybride des Incertitudes en Evaluation des Risques. Rapport BRGM/RP-53714-FR.

Guyonnet, D., Michel, P., Harpet, C., Volle, I., Dor, F. (2005b). Projet CREPS – Cartographie du risque – Exposition et Perspective sociale. Rapport BRGM/RP-54030-FR.

Linkov, I., Varchese, A., Jamil S., Seager, T.P., Kiker, G. Bridges, T. (2004). Multi-Criteria Decision Analysis: A Framework for Structuring Remedial Decision at contaminated sites. In Linkov, I. and Ramadan, A. eds "Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making" Kluwer, 2004, p. 15-54

Pearce D., Atkinson G., Mourato S. (2006). Analyse Coûts-Bénéfices et Environnement : Développement Récent. Publication de l'OCDE – Traduction Française.

Rogers, M., Bruen, M., 1998 : Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE. European Journal of Operational Research, 107, 542-551.

Rogers, M., Bruen, M., 1998 : A new system for weighting environmental criteria for use within ELECTRE III. European Journal of Operational Research, 107, 552-563.

Tille, M., 2001. Choix de variantes d'infrastructures routières : méthodes multicritères. Thèse n°2294 présentée au département de Génie Civil Ecole polytechnique fédérale de Lausanne.

Annexe 1

Le seuil d'indifférence, le seuil de préférence et le veto dans les méthodes ELECTRE

Les méthodes d'analyse multicritère ELECTRE nécessitent de définir un ensemble de critères c_k à considérer pour hiérarchiser un scénario Sc_i par rapport à un autre noté Sc_j .

Pour chaque critère c_k , il existe cinq situations relatives entre les scénarios Sc_i et Sc_j .

En notant : Si_k le seuil d'indifférence pour le critère c_k ,

Sp_k le seuil de préférence pour le critère c_k ,

$\delta_k(Sc_i, Sc_j)$ la différence de performance entre les scénarios Sc_i et Sc_j , pour le critère c_k ,

$Conc_k(Sc_i, Sc_j)$ l'indice de concordance pour les scénarios Sc_i et Sc_j , pour le critère c_k ,

$Disc_k(Sc_i, Sc_j)$ l'indice de discordance pour les scénarios Sc_i et Sc_j , pour le critère c_k

On obtient :

$\delta_k(Sc_i, Sc_j) \geq Sp_k$	$Conc_k(Sc_i, Sc_j) = 1$	$Conc_k(Sc_j, Sc_i) = 0$	Sc_i est strictement préféré à Sc_j
$Sp_k \geq \delta_k(Sc_i, Sc_j) \geq Si_k$	$Conc_k(Sc_i, Sc_j) = 1$	$Conc_k(Sc_j, Sc_i) = 0$ à 1	Sc_i est faiblement préféré à Sc_j
$Si_k \geq \delta_k(Sc_i, Sc_j) \geq -Si_k$	$Conc_k(Sc_i, Sc_j) = 1$	$Conc_k(Sc_j, Sc_i) = 1$	Sc_i et Sc_j sont indifférents
$-Si_k \geq \delta_k(Sc_i, Sc_j) \geq -Sp_k$	$Conc_k(Sc_i, Sc_j) = 1$ à 0	$Conc_k(Sc_j, Sc_i) = 1$	Sc_j est faiblement préféré à Sc_i
$-Sp_k \geq \delta_k(Sc_i, Sc_j)$	$Conc_k(Sc_i, Sc_j) = 0$	$Conc_k(Sc_j, Sc_i) = 1$	Sc_j est strictement préféré à Sc_i

Les indices de discordance $disc_k(Sc_i, Sc_j)$ et $disc_k(Sc_j, Sc_i)$ prennent les valeurs suivantes :

$\delta_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) \geq \mathbf{Sv}_k$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) = 0$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_j, \mathbf{Sc}_i) = 1$
$\mathbf{Sv}_k \geq \delta_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) \geq \mathbf{Si}_k$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) = 0$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_j, \mathbf{Sc}_i) = 1 \text{ à } 0$
$\mathbf{Si}_k \geq \delta_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) \geq -\mathbf{Si}_k$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) = 0$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_j, \mathbf{Sc}_i) = 0$
$-\mathbf{Si}_k \geq \delta_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) \geq -\mathbf{Sv}_k$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) = 0 \text{ à } 1$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_j, \mathbf{Sc}_i) = 0$
$-\mathbf{Sv}_k \geq \delta_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j)$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_i, \mathbf{Sc}_j) = 1$	$\text{Disc}_k(\mathbf{Sc}_j, \mathbf{Sc}_i) = 0$

La Figure 1 présente les différents cas pour les hypothèses de surclassement.

Annexe 2

Règles spécifiques à la méthodologie d'étude participative

Pour que la concertation soit un exercice bénéfique, il est nécessaire de bien la planifier et de respecter, si possible, un certain nombre de règles spécifiques. Ces règles ne garantissent pas l'obtention de résultats satisfaisants mais elles augmentent sensiblement les chances de succès de l'exercice.

1. Règles méthodologiques

Une des premières règles à respecter est de commencer la concertation au début du projet. Il n'est en effet jamais trop tôt pour débiter la concertation. Des propositions et des arguments nouveaux arrivant rapidement dans l'étude ne peuvent qu'enrichir le projet et permettre de mieux cibler la vision et les objectifs du projet de redéveloppement. De plus, une modification du projet en amont sera toujours moins préjudiciable et coûteuse que si elle est effectuée à une phase ultérieure.

Rendre le projet public rapidement favorise également le phénomène d'appropriation du projet par les différents acteurs. Ceux-ci le défendront mieux s'ils ont le sentiment que c'est LEUR projet qui est réalisé, même si ce n'est que partiellement vrai.

Le niveau d'engagement du public est cependant différent selon les phases du projet de redéveloppement, comme illustrer dans le chapitre 3.

De plus, la concertation doit être pratiquée durant tout le projet. Il n'est pas judicieux de ne pratiquer la concertation que durant quelques phases d'étude du projet. Un sentiment de « concertation alibi » ou de tromperie pourrait alors survenir en cas d'arrêt plus ou moins prolongé de la concertation.

Par ailleurs, la concertation doit être menée de façon à associer l'ensemble des acteurs concernés directement ou indirectement par le projet de redéveloppement. La principale difficulté consiste à trouver les acteurs cachés : ceux qui ne veulent pas ou ne peuvent pas participer à la concertation.

Les acteurs doivent être légitimes, représentatifs et leur nombre doit être équilibré. Il ne s'agit pas de favoriser un groupe d'intérêts au détriment d'un autre.

Il appartient au décideur d'analyser le contexte du projet afin d'établir la liste des acteurs concernés par le projet et, par extension, par la concertation.

2. Règles relatives au décideur

Afin d'assurer le succès de l'aide à la décision participative, l'esprit du décideur vis-à-vis du processus doit être positif. Ce dernier ne doit pas considérer la concertation comme étant une contrainte. Il doit s'adapter aux acteurs et à leur environnement et non tenter de les forcer à « rentrer dans le moule » qu'il aurait défini. Il doit comprendre que les attentes du public sont légitimes et signifier au public qu'il comprend ses inquiétudes. Les acteurs ne doivent pas être exclus du processus pour ce prétexte.

De plus, l'ouverture d'esprit, l'acceptation de la remise en question des décisions par des tiers, la disponibilité auprès du public et des médias sont autant d'attitudes que doit posséder un décideur voulant réussir sa concertation.

Par ailleurs, l'attitude du décideur doit être de mener une communication active en prévoyant les attentes du public, en anticipant les problèmes et en coupant court toutes rumeurs ou information infondée.

3. Règles relatives à la mise en œuvre

La concertation doit être mise en œuvre par un acteur incontestable, ceci étant nécessaire pour aboutir à des décisions valides et pertinentes en cas d'arbitrages entre intérêts contradictoires.

De plus, les règles de fonctionnement de la concertation doivent être clairement définies et acceptées par tous. Le résultat décisionnel sera d'autant plus crédible. Il est important de clairement définir les objectifs de la démarche concertative et de faire la distinction entre les aspects objectifs et subjectifs présents dans les différentes étapes du processus décisionnel. Au début de la concertation, il conviendra de familiariser les acteurs avec la méthodologie, afin qu'ils sachent à quel moment et par qui les décisions sont prises. Nous nous attachons à décrire ce processus dans le chapitre 3.

Par ailleurs, une concertation efficace nécessite une information complète, accessible aux non-spécialistes et permanente. Les acteurs doivent pouvoir s'exprimer librement et selon le mode d'expression qu'ils désirent. Le langage de la concertation doit être adapté au public. Un important effort de vulgarisation et de présentation doit être fourni. Il faut ici souligner l'importance de la qualité de présentation de l'orateur et des moyens de communication mis en œuvre.

Les décisions doivent être clairement validées par l'ensemble des acteurs. Elles doivent être justifiées, ceci afin de rendre plus difficile leur contestation. La concertation doit être souple, évolutive, adaptative. Le seul cas où l'on revient en arrière dans le processus doit être quand le contexte d'étude change de manière notable. Les discussions menées doivent permettre d'avancer et de mener à des décisions. Il est important de fixer, au début du projet, un échéancier des décisions importantes à prendre au cours du processus, ceci afin d'éviter un enlisement du projet.



**Centre scientifique et technique
Service EPI/SSP**

3, avenue Claude-Guillemain
BP 36009 – 45060 Orléans Cedex 2 – France – Tél. : 02 38 64 34 34