

# ***TABLE DES MATIERES***

**REMERCIEMENTS**

**RESUME**

**ABSTARCT**

**ملخص**

**TABLE DES MATIERES**

**LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES**

**LISTE DES TABLEAUX**

**LISTE DES FIGURES**

**INTRODUCTION GENERALE ..... 1**

## **CHAPITRE 1 : L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION : DOMAINE COMPLEXE**

**1.1. INTRODUCTION ..... 5**

**1.2. UN SECTEUR EN FORTE CROISSANCE..... 6**

**1.3. L'ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT PAR LA METHODE SWOT ..... 11**

**1.3.1. Présentation de la méthode ..... 11**

**1.3.2. Environnement global ..... 12**

**1.3.3. Environnement spécifique..... 14**

**1.3.4. Analyse des facteurs endogènes et exogènes du secteur de la construction..... 15**

**1.3.5. L'analyse du projet par la méthode SWOT ..... 16**

**1.3.6. Exploiter les résultats par l'analyse SWOT ..... 18**

**1.4. CONCLUSION..... 19**

## CHAPITRE 2 : LA MAITRISE DU RISQUE DANS LE GENIE CIVIL : UN ETAT DE L'ART

<b>2.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. PANORAMA INTERNATIONAL SUR LA MAITRISE DES RISQUES.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3. METHODE ET PRATIQUES EN MAITRISE DES RISQUES DE PROJET DE CONSTRUCTION .....</b>	<b>24</b>
2.3.1. Mise en place de l'organisation et de la stratégie.....	29
2.3.2. Appréciation des risques .....	29
2.3.2.1. Identifier les risques .....	29
2.3.2.2. Analyser les risques .....	30
2.3.2.3. Évaluer les risques.....	30
2.3.2.4. Traiter les risques .....	30
2.3.2.5. Surveillance des risques .....	31
<b>2.4. PERCEPTION DU RISQUE .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. AVERSION DU RISQUE.....</b>	<b>34</b>
<b>2.6. L'ACCROISSEMENT DES RISQUES DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION EN ALGERIE .....</b>	<b>35</b>
<b>2.7. ANALYSE DES RISQUES PAR UNE SYNTHESE DES DIFFERENTES APPROCHES .....</b>	<b>38</b>
2.7.1. Les méthodes quantitatives .....	39
2.7.2. Les méthodes qualitatives .....	39
2.7.3. Les méthodes inductives .....	39
2.7.4. Les méthodes déductives .....	39
2.7.5. Les méthodes statiques .....	39
2.7.6. Les méthodes dynamiques.....	39
2.7.7. Les méthodes internes .....	40
2.7.7.1. La modélisation physique .....	40
2.7.7.2. Analyse des risques par la sdf .....	44
2.7.8. Les méthodes externes .....	45
2.7.8.1. Analyse à partir des statistiques.....	45
2.7.8.2. Analyse par l'expertise.....	46
<b>2.8. CONCLUSION.....</b>	<b>47</b>

## **CHAPITRE 3 : LES RBS ALIMENTES PAR L'EXPERTISE : UNE METHODOLOGIE INNOVANTE POUR LA L'ANALYSE DES RISQUES DANS UN ENVIRONNEMENT ALGERIEN**

<b>3.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2. UN SECTEUR EN FORTE CROISSANCE.....</b>	<b>50</b>
3.2.1. Principe de la méthode retenue .....	50
3.2.2. Processus de construction d'un RBS.....	51
3.2.3. Définition des critères de qualité d'un RBS .....	51
3.2.4. Evaluation d'un RBS .....	52
3.2.5. Evolution d'un RBS .....	55
<b>3.3. PRESENTATION DU CAS D'ETUDE.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4. CONSTRUCTION ET EVOLUTION INITIALE D'UN RBS .....</b>	<b>57</b>
3.4.1. Construction d'un RBS adapté au début du projet.....	57
3.4.1.1. Identification des événements risqués (RE) .....	57
3.4.1.2. Construction du RBS adapté.....	58
3.4.2. Evaluation de la RBS .....	60
3.4.2.1. Evaluation des événements risqués (RE).....	61
3.4.2.2. Risque du à la présence des mines .....	62
3.4.2.3. Risque d'ensablement .....	65
3.4.2.4. Evaluation des catégories de risque .....	66
<b>3.5. EVOLUTION DES RBS.....</b>	<b>68</b>
3.5.1. Evolution des RE.....	68
3.5.1.1. Evénements risqués au début de la phase de conception.....	69
3.5.1.2. Evénements risques durant la phase de réalisation .....	70
3.5.2. Changement dans la structure des RBS .....	72
3.5.2.1. RBS au début de la phase de conception.....	73
3.5.2.2. RBS au début de la phase de réalisation .....	74
3.5. 3. Résultat final du projet.....	75
<b>3.6. CONCLUSION.....</b>	<b>77</b>

## **CHAPITRE 4 : LE REX : UNE DEMANDE CROISSANTE ET NECESSAIRE POUR LA MAITRISE DES RISQUES EN BTP**

<b>4.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>78</b>
<b>4.2. DEFINITION DU REX .....</b>	<b>79</b>
<b>4.3. REX EN GENIE CIVIL ET SON PATRIMOINE .....</b>	<b>82</b>
<b>4.3.1. Recueil du REX.....</b>	<b>84</b>
<b>4.3.2. Traitement du REX .....</b>	<b>86</b>
<b>4.3.3. Valorisation du REX .....</b>	<b>89</b>
<b>4.4. GESTION DE LA CONNAISSANCE (KNOWLEDGE MANAGEMENT).....</b>	<b>90</b>
<b>4.5. CREATION DE LA CONNAISSANCE A PARTIR DU REX.....</b>	<b>93</b>
<b>4.6. LES TIC ET LE REX .....</b>	<b>95</b>
<b>4.7. INTELLIGENCE ECONOMIQUE .....</b>	<b>96</b>
<b>4.8. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES COMME SOURCE DE CONNAISSANCE ....</b>	<b>98</b>
<b>4.9. INGENIERIE FORENSIQUE .....</b>	<b>105</b>
<b>4.10. REX ET TOTAL QUALITE MANAGEMENT (TQM) .....</b>	<b>107</b>
<b>4.11. CONCLUSION.....</b>	<b>109</b>
 <b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	 <b>111</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>114</b>
<b>WEBOGRAPHIE.....</b>	<b>122</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>123</b>

## ***LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES***

<b>AFNOR</b>	Association Française de Normalisation (France)
<b>AMDE</b>	Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets
<b>AMDEC</b>	Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et de leur Criticité
<b>ANBT</b>	Agence Nationale des Barrages et de Transfert
<b>ANESRIF</b>	Agence Nationale d'Equipement de Suivi de Réalisation Ferroviaire
<b>BAEL</b>	Béton Armé à l'Etat Limite
<b>BTP</b>	Bâtiment et Travaux Public
<b>CATNAT</b>	Catastrophe Naturelle
<b>CCTG</b>	Cahier des Clauses Techniques Générales
<b>CERIB</b>	Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie du Béton
<b>COCOMO</b>	COstructive COst MOdel
<b>CTC</b>	Contrôle Technique de Construction
<b>CTH</b>	Contrôle Technique Hydraulique
<b>CTTP</b>	Contrôle Technique des Travaux Publics
<b>CNA</b>	Conseil National des Assurances
<b>CNISF</b>	Conseil National des Ingénieurs et Scientifiques de France
<b>COSIDER</b>	Construction des Infrastructures de transport
<b>ELECTRE</b>	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
<b>ETRHB</b>	Entreprise des travaux Haddad
<b>GERMA</b>	Gestion des Risques liées au Management
<b>GC</b>	Génie Civil
<b>GIS MR Genci</b>	Groupement d'Intérêt scientifique de Maitrise des Risques en Génie Civil

<b>HAZOP</b>	HAZard and OPerability study
<b>HSRU</b>	Hierarchical Structure of Risk and Uncertainty
<b>IE</b>	Intelligence Economique
<b>ISO</b>	Organisation Internationale de Normalisation
<b>ITIG</b>	International Tunneling Insurance Group
<b>KM</b>	Knowledge Management
<b>LAE Lab</b>	Laboratoire Analyse Engineering
<b>LTPC</b>	Laboratoire de Travaux publics et Construction
<b>LTPO</b>	Laboratoire de Travaux Public d’Oran
<b>MADS</b>	Méthodologie d’Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes
<b>MAO</b>	Mostaganem Arzeu Oran
<b>MGC</b>	Modèle de Gestion Connaissance
<b>MOSAR</b>	Méthode Organisée Systémique D'Analyse des Risques
<b>MRP</b>	Maitrise des Risques Projet
<b>ONS</b>	Organisme National de Statistique
<b>PAPC</b>	Président de l’Assemblée Populaire Communale
<b>PMBOK</b>	Project Management Body Of Knowledj
<b>PME</b>	Petite et Moyenne Entreprise
<b>PNUD</b>	Programme des Nations Unies pour le Développement
<b>POS</b>	Plan d’Occupation du Sol
<b>RAMP</b>	Risk Analysis and Management of Project
<b>RBS</b>	Risk Breakdown Structure
<b>RC</b>	Catégories de Risque
<b>RE</b>	Evénements Risqués
<b>REXAO</b>	Retour d'EXpérience et Apprentissage Organisationnel
<b>REX</b>	Retour d’Expérience
<b>RPOA</b>	Règlement Parasismique des Ouvrages d’Art

<b>RPA</b>	Règlement Parasismique Algérien
<b>SDF</b>	Sûreté De Fonctionnement
<b>SNCF</b>	Société Nationale de Chemin de Fer
<b>SNTF</b>	Société Nationale de Transport Ferroviaire
<b>STI</b>	Système de traitement de l'information
<b>SWOT</b>	Strengths Weaknesses Opportunities Threats
<b>TIC</b>	Technologies de l'Information et de la Communication.
<b>TQM</b>	Total Qualité Management
<b>VCR</b>	Valeurs Courbe de Reference
<b>WBS</b>	Work Breakdown Structure

## ***LISTE DES TABLEAUX***

Tableau 2.1	Retour d'expériences à partir de projets .....	23
Tableau 2.2	Retour d'expériences à partir d'enquêtes.....	23
Tableau 2.3	Cas d'effondrement d'ouvrages en Algérie .....	36
Tableau 3.1	Liste des RE identifiés .....	58
Tableau 3.2	Paramètres pour construction d'une RBS adaptée.....	59
Tableau 3.3	Grille de qualification combinant évaluation qualitative/quantitative.....	61
Tableau 3.4	Evaluation de la probabilité et de l'impact des RE identifiés.....	62
Tableau 3.5	Grille de qualification .....	63
Tableau 3.6	Risque d'ensablement en termes de couts et de délais.....	66
Tableau 3.7	Evaluation des risques dans les différentes catégories de risque .....	67
Tableau 3.8	Liste des RE identifiés à la fin du projet.....	76
Tableau 4.1	Exemple de fiche REX « mines » .....	103
Tableau 4.2	Exemple de fiche REX « ensablement ».....	104
Annexe A	Liste de la base des données des RE.....	124
Annexe B	Liste de la base des données des RC.....	128
Annexe C	Modèle Fiche REX.....	132



## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1.1	Consistance du réseau routier Algérien (Ministère des TP, 2014).....	7
Figure 1.2	Consistance des ouvrages d'arts (Ministère des TP, 2014) .....	7
Figure 1.3	Evolution de l'entretien des ouvrages d'art (Ministère des TP, 2014) .....	8
Figure 1.4	Répartition du Programme d'investissement 2010-2014.....	10
Figure 1.5	SWOT .....	11
Figure 1.6	Environnement globale .....	13
Figure 1.7	Environnement spécifique.....	14
Figure 1.8	Matrice SWOT du secteur de la construction .....	16
Figure 2.1	Répartition par aire géographique [Breysse D. et al, 2009 a2] .....	21
Figure 2.2	Imprécision des estimations des couts du projet de transport par type de projet [Flyvbjerg et al ,2002] .....	25
Figure 2.3	Similitudes et différences du concept de risque pour les risques naturels et les risques technologiques [Breysse D., 2009 T1] .....	26
Figure 2.4	Relation entre cadre organisationnel et le processus de management des risques [Norme ISO 31000] .....	27
Figure 2.5	Schéma organisationnel de management des risques en Génie civil [Germa, 2012] .....	28
Figure 2.6	Traitement des risques .....	31
Figure 2.7	Exemple d'effondrement d'un pont à Beni ounif .....	36
Figure 2.8	Exemple d'effondrement d'une maison lors du séisme de Boumerdès .....	37
Figure 2.9	Répartition statistique des facteurs de défaillance [Matousek, 1976].....	38
Figure 2.10	Exemple de modélisation de la stabilité au glissement d'un barrage en remblai sous sollicitation sismiques [Bourdarot, 01] .....	42
Figure 3.1	Exemple de RBS .....	50
Figure 3.2	Courbe de référence .....	53
Figure 3.3	Présentation du projet étudié.....	56
Figure 3.4	RBS retenue pour le début du projet.....	59
Figure 3.5	RBS sélectionné et modifié.....	60
Figure 3.6	Grille des territoires pour l'aléa minier .....	64
Figure 3.7	Résultats des simulations pour l'alea minier.....	64
Figure 3.8	Probabilités relatives au nombre de mines sur le chantier .....	65
Figure 3.9	Evaluation du risque d'ensablement le long de la voie.....	66
Figure 3.10	Placement temporel des événements risqués .....	68
Figure 3.11	Etat des risques passés (Bilan 1) .....	69
Figure 3.12	Evolution des risques (Bilan 1).....	70
Figure 3.13	Evolution des risques (Bilan 2).....	71
Figure 3.14	RBS en phase de conception.....	73
Figure 3.15	RBS en phase de réalisation.....	74
Figure 4.1	Essai in situ d'un OA préfabriqué.....	85
Figure 4.2	Relevés profilométrique d'un tunnel sur la ligne Oued Tlelat-Oujda.....	86
Figure 4.3	Démarche d'aide au diagnostic et à l'analyse de risques pour les barrages. [Peyras L., 2002] .....	89

Figure 4.4	Le diagnostic et l'analyse de risques [Peyras L., 2002].....	90
Figure 4.5	Le modèle MGC [Grundstein, 2002] .....	92
Figure 4.6	L'expérience, un relais vers la connaissance [Ruet, 2002] .....	94
Figure 4.7	Mandala des causes [Hatamara, 2007].....	106



## INTRODUCTION GENERALE

Dynamisés par le programme quinquennal d'équipement (2010-2014), les grands projets d'infrastructures en Algérie, dont certains étaient en souffrance depuis plus de vingt ans, ont été relancés et certains achevés. Les retards accusés, les surcoûts et les différentes malfaçons engendrées nous confirment que, l'industrie de la construction en Algérie exige de disposer d'outils de pilotage des projets qui assurent une meilleure maîtrise des projets, en particulier d'outils concernant le management des risques et le REX.

En génie civil, les projets de construction sont des opérations complexes, impliquant de nombreux acteurs, et pour lesquelles les facteurs de risque sont d'origines multiples. Les pratiques de nos entreprises montrent que, même sur les projets complexes, rares sont les cas où le management des risques est réellement formalisé.

Le risque étant inhérent à l'activité humaine, les différentes parties prenantes des projets de construction s'accordent sur la nécessité de capitaliser, avec une approche globale, les données du REX afin de pouvoir répondre aux questions : comment identifier, appréhender, anticiper et quantifier les risques dans les projets de construction ?

Concernant les ouvrages de génie civil, ces derniers sont soumis aux risques induits par des aléas environnementaux : vents, séisme, inondations, ensablement. Face aux risques d'origine naturelle comme face à ceux d'origine technologique (explosions, pollutions...), on attend a priori que le génie civil assure notre protection. C'est, heureusement, le cas dans la plupart des situations. Mais les défaillances existent, comme l'ont montré par exemple les conséquences des inondations de Bab el oued en 2001, ou le séisme de Boumerdes en 2003, et l'explosion du site industriel de Skikda en 2004.

Le développement et la mise en œuvre de concepts, de méthodes et d'outils conçus pour une approche scientifique des risques va surement contribuer à une meilleure prise en compte de ceux-ci et va nous aider à la prise de décision en matière de maîtrise de risques. Le REX va notamment participer à cette dynamique d'amélioration.

Les données du REX peuvent avoir des formats très différents selon les secteurs du BTP : mesures expérimentales, informations expertes, observations visuelles, données d'auscultation, etc. Ces formats vont donner logiquement autant de pratiques différentes de capitalisation du retour d'expérience (en fonction du rôle et de la mission de chacune des parties prenantes), puis ensuite de traitement et enfin de valorisation des informations capitalisées pour le diagnostic, l'évaluation de la sécurité, l'analyse de risques ou encore la gestion des ouvrages .

Après avoir fait ce constat de consensus, une problématique de recherche apparaît rapidement : Quelles données faut-il capitaliser ? Sous quel format ? Comment s'assurer de la qualité et de la complétude des informations à sauvegarder ? Quelle méthode choisir sachant que l'on est en face d'un système avec toute sa complexité ? Comment tenir compte et modéliser l'interaction entre les parties prenantes d'un projet ? Quel traitement doit-on donner à ces données ? Quelle valorisation peut-on envisager ? Quel format de fiches de REX faut-il adopter ?

Ainsi, la problématique du management des risques peut être appréhendée sous différents angles, dont les finalités seront convergentes, à savoir minimiser l'alea et/ou la vulnérabilité. En tenant compte de l'environnement algérien, il nous a semblé judicieux de nous centrer sur deux approches, le RBS, et le REX, (soutenues par une analyse SWOT) contenus dans un processus global de management des risques. On se contentera à développer ces deux approches.

Il nous semble utile de préciser que dans cette recherche, notre problématique sera centrée beaucoup plus sur le projet de construction pendant tous son cycle de vie que sur l'ouvrage de génie civil pendant sa phase d'exploitation.

Le contenu de cette modeste thèse est structuré de la manière suivante :

Le travail est entamé par une introduction qui présente d'une façon générale la problématique, le contexte de l'industrie de la construction en Algérie ainsi que les objectifs de cette thèse.

Le chapitre 1 commence par sensibiliser le lecteur sur la forte croissance du secteur de la construction en Algérie, ensuite une étude de cet environnement par une analyse SWOT, qui consiste à effectuer un diagnostic externe, qui identifie les opportunités et les menaces présentées dans l'environnement du secteur et un diagnostic interne, qui identifie les forces et les faiblesses du domaine d'activité stratégique.

Le chapitre 2 a pour objectif de présenter un état des lieux de la recherche en management des risques dans la construction; il aborde aussi cette notion de la perception et de l'aversion du risque face à cet accroissement du risque dans l'industrie de la construction.

De plus, on présente dans ce chapitre une synthèse des différentes approches de l'analyse des risques appliquées en génie civil, et en particulier, les avancées scientifiques récentes dans les domaines de la SDF, de l'aide à l'expertise et des approches aux états-limites : les méthodes internes comprenant les modélisations physique et fonctionnelle, les méthodes externes incluant les approches statistique et experte.

Le chapitre 3 est consacré à un cas pratique, ou une méthodologie innovante « Risk Breakdown Structure (RBS) » pour l'analyse des risques avec REX dans un environnement Algérien est développée.

Le chapitre 4 traite le problème du REX, sa définition, l'intérêt et les différentes étapes de l'utilisation du REX dans l'industrie de la construction, le concept du Knowledge Management et l'importance de la création de la connaissance à partir du REX. Il nous est difficile de parler de ces concepts sans aborder la question des TIC, de l'IE, de l'ingénierie Forensique dans l'analyse de défaillance et de la TQM.

Un format de fiche de retour d'expérience est élaboré et présenté avec une application de notre cas pratique, à savoir l'analyse de deux risques sur une ligne ferroviaire dans le sud algérien. Cette démarche nous assurera que pour des nouveaux projets ces

enseignements tirés de l'expérience vécue, se traduiront en actions concrètes et traçables pour éviter la récurrence des risques.

Enfin nous terminons par une conclusion générale sur l'intérêt de ce travail et les résultats obtenus, ainsi que des perspectives pour les futurs travaux dans ce domaine.

# **L'ENVIRONNEMENT DE LA CONSTRUCTION**

## ***Domaine complexe***

### **1.1. INTRODUCTION**

Les retards sur les délais contractuels sont fréquents en Algérie. Ils expliquent en partie le passage de l'enveloppe du plan quinquennal 2010-2014 de 150 milliards de dollars à 286 milliards de dollars. Le déploiement du plan précédent se poursuit durant plusieurs années dans le plan actuel. Cahier des charges inadapté, administration inefficace, management de projets faible, non maîtrise des risques, REX inexistante, etc...

Le manque de maturation des projets, additionné à une très faible maîtrise des coûts par les pouvoirs publics, et aux dégâts causés par la corruption ont, pour ainsi dire, transformé certains chantiers en véritables gouffres financiers. C'est le cas, entre autres, des projets de l'autoroute Est-Ouest et du métro d'Alger dont les montants sont largement dépassés [Lamiri, 2010]. L'autoroute Est-Ouest et le métro d'Alger ne sont pas des cas isolés, puisque le gros des chantiers inscrits au titre des deux premiers programmes de relance de la croissance économique accuse non seulement d'importants retards dans la réalisation, mais continuent également à engloutir d'importantes sommes d'argent. Il n'est certainement pas faux de dire que l'importante rallonge que l'Etat se voit aujourd'hui contraint de débloquer pour achever les chantiers de vieux projets est la conséquence directe d'une gestion sans prise en compte sérieuse du processus de management de projet et management des risques et surtout à la non formalisation des

connaissances. Car, très souvent, au sein de nos entreprises, les projets se succèdent sans qu'une gestion de l'expérience accumulée ne soit organisée. Même s'il arrive que le retour d'expériences soit formalisé de façon individuelle et isolé, les différents acteurs ne connaissent pas précisément l'ensemble des études, documents, méthodes et outils existants. Chaque nouveau projet pourrait pourtant reprendre tout ou partie d'un travail déjà effectué et tirer profit des expériences passées pour éviter de reproduire les mêmes erreurs ou bénéficier de bonnes pratiques établies. [Jabrouni H., 2012].

Ainsi, les projets de construction en Algérie sont sujets à de nombreux risques pouvant induire des retards, des surcoûts importants et des performances insuffisantes. La gestion de risques est importante afin d'empêcher la survenue des aléas et de réduire leur impact et, enfin, de maximiser les chances de succès du projet. Elle passe par une bonne connaissance de ceux-ci. Partant de ce constat, nous présentons dans ce chapitre une étude de l'environnement de l'industrie de la construction en Algérie par une analyse SWOT ; l'objectif de la méthode est de synthétiser, de décrire et de classer les données dans un tableau pouvant fournir un résumé principal de l'environnement du secteur de l'industrie de la construction interne et externe.

Dans l'environnement externe, on a les opportunités (opportunities) et les menaces (threats). Dans l'environnement interne, il y a les forces (strengths) et les faiblesses (weaknesses).

## **1.2. UN SECTEUR EN FORTE CROISSANCE**

Aujourd'hui en Algérie, on est entrain de construire toute l'infrastructure nécessaire au développement économique du pays : réseaux routiers, réseaux ferrés, ouvrages d'art, barrages, etc.

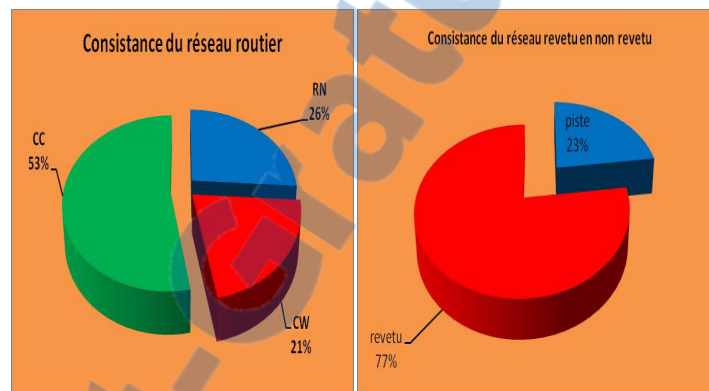
Après un précédent programme quinquennal de 180 Milliards de dollars, le nouveau plan 2010-2014 prévoit un budget de 286 Milliards de dollars. Il comporte notamment : 2 millions de logements, la construction de 5 villes nouvelles, 172 hôpitaux, 80 stades dont 6 de plus de 40 000 places, plusieurs facultés et universités totalisant 600 000 places, 6000 km de voies ferrées, 14 tramways, 19 barrages, la grande mosquée d'Alger, et plusieurs milliers de kilomètres d'autoroutes et voies express [UBI France, 2010]



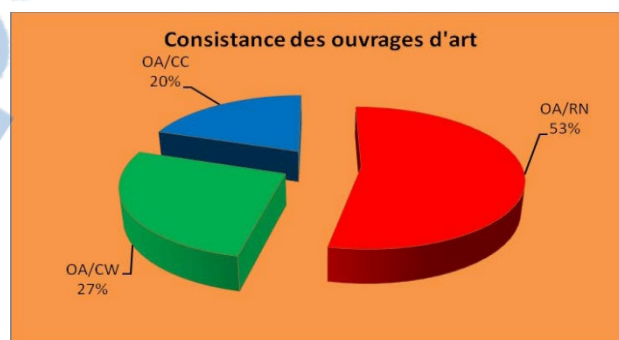
L'Algérie dispose aussi du réseau routier bitumé le plus important d'Afrique (Fig 1.1); il est passé de 104 000 km en 1999 à 112.696 km dont 85 360 km sont revêtus soit 77 % du réseau et 4910 ouvrages d'art réparties et entretenues selon (Fig 1.2 et Fig 1.3).

Ce réseau est formé de :

- Routes nationales : 29 280km dont 26 087km revêtus;
- Chemins de wilayas : 23 771km dont 22 027km revêtus;
- Chemins communaux : 59 645km dont 37 246km revêtus.



**Figure 1.1** Consistance du réseau routier Algérien (Ministère des TP, Algérie, 2014)



**Figure 1.2** Consistance des ouvrages d'art (Ministère des TP, Algérie, 2014)



**Figure 1.3** Evolution de l'entretien des ouvrages d'art (Ministère des TP, Algérie, 2014)

D'autre part, l'ANBT, en sa qualité de maître d'ouvrage délégué, sous la tutelle du Ministère des ressources en eau, est chargée de la mise en œuvre des programmes nationaux de mobilisation et de transfert des eaux superficielles. Elle est également chargée de la gestion de l'exploitation de l'ensemble de ces ouvrages de mobilisation et de transfert qui, à l'horizon 2025, atteindront une capacité globale de 9 milliards de mètres cubes.

Le plan de charge actuel de l'ANBT est [www.anbt.dz, 2015] :

- 40 projets en études
- 08 projets en cours de lancement
- 22 ouvrages en cours de réalisation
- 68 ouvrages en exploitation

En ce qui concerne le secteur ferroviaire algérien, le ministère des Transports a prévu plus de 35 milliards de dollars pour le développement des transports ferroviaires et urbains sur la période 2010- 2014.

L'ANESRIF, gère un programme de réalisation de 6000 km de voies ferrées nouvelles et de modernisation du réseau existant :

Le ministère des Transports compte doter les grandes villes du pays de systèmes de transports urbain de masse à même de répondre aux besoins des populations. Outre le métro et le tramway d'Alger, la construction des tramways d'Oran et de Constantine est achevée. Il a délégué à l'Entreprise du Metro d'Alger la maîtrise d'ouvrage pour le

développement des tramways dans 11 autres villes d'Algérie. Des études pour un métro à Oran seront aussi lancées au cours du quinquennat.

Les Grands Axes du Plan actuel de Modernisation du rail en Algérie sont :

[www.anesrif.dz, 2015]

- **La rocade nord et ses dessertes :** (qui irrigue les principales villes du nord de l'Algérie) va des frontières Est vers les frontières Ouest. Sur ces 1200 Km, des travaux de modernisation et de dédoublement sont en cours sur 1050 km. Il est aussi prévu son électrification totale.
- **La rocade des Hauts Plateaux :** Pour désenclaver les villes des hauts plateaux et l'exploitation économique de cette région, cette rocade sera parallèle à celle du Nord et y sera reliée par des dessertes. Longue de 1160 km, elle s'étend elle aussi de l'Est du pays (Tébessa) vers l'Ouest (Moulay Slissen).
- **La ligne minière :** Appelée ainsi pour être le lien vital avec les mines du Sud Est algérien, cette ligne va de Annaba (port commercial, métallurgie) vers les mines de Djebel Onk, à 388 km de là.
- **Pénétrante Ouest :** La ligne Tabia-Béchar, longue de 574 km longe la frontière Ouest de l'Algérie. Elle est opérationnelle depuis moins de 2 ans.
- **Pénétrante El Gourzi (au Nord)-Touggourt (au Sud) :** Cette liaison de 417 km permettra de désenclaver les villes des Oasis et desservira le pôle pétrolier de la ville nouvelle de Hassi Messaoud.
- **La boucle du Sud Est :** Un premier tronçon reliera El Khemis (au Nord) et Djelfa (aux portes du Sahara) sur 275 km. Les études de ce projet sont en cours d'achèvement.  
Le second tronçon de 110 km reliera les villes de Djelfa et Laghouat, en plein Sud. Les travaux y seront lancés dès la signature du contrat. Enfin un 3ème tronçon (425 km) ira de Laghouat à Hassi Messaoud en passant par Ouargla (Villes du Sud).
- **La boucle du Sud Ouest :** Il s'agit d'une boucle de 1500 km de voies ferrées à réaliser. Elle reliera toutes les villes-oasis du sud ouest en allant de Ghardaia jusqu'à la jonction avec la ville de Béchar, au Sud Ouest. Elle traversera les villes de Ménéa, Timmimoun, Adrar, Béni Abbès.

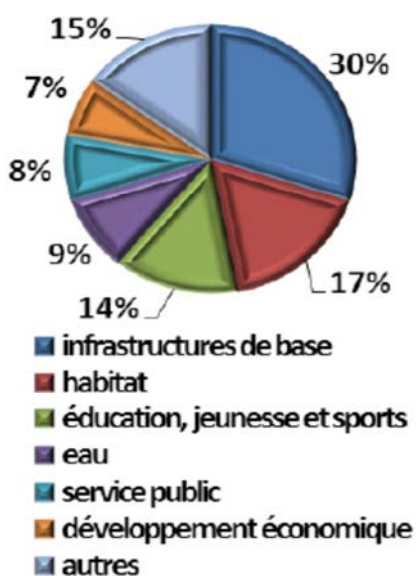


En Algérie, le secteur ferroviaire connaît aujourd'hui une véritable relance, qui va servir à moderniser l'infrastructure ferroviaire, une nécessité absolue, compte tenu de la vétusté de l'infrastructure existante.

La mise en service d'un réseau moderne aura pour effet de réduire les temps de parcours des trains, et de relier villes et villages d'Algérie en un temps record, avec une sécurité supérieure en prime.

Elle permettra enfin de désenclaver nombre de régions du pays en les reliant au réseau ferroviaire national existant.

Près de 70% des montants consacrés au plan quinquennal d'investissements publics pour la période 2005-2009 ont servi au développement des infrastructures de base, du logement et des équipements publics (universités, écoles, équipements sportifs et culturels, hôpitaux, etc.). Cette politique a permis au secteur du BTP d'atteindre un taux de croissance moyen de 9,3% sur la période 2004-2008. Les importations d'engins TP sont passées de 164 MUSD en 2005 à 427 MUSD en 2010. L'achat à l'étranger de ciment est passé entre 2005 et 2010 de 0.6 à 2.5 millions de tonnes /an. [UBI France, 2010].



**Figure 1.4** Répartition du programme d'investissement 2010-2014

### 1.3. L'ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT PAR LA METHODE SWOT

Notre objectif principal est de faire une analyse de l'environnement actuel du secteur de l'industrie de construction, et de montrer les facteurs internes et externes influents sur sa gestion et de cerner les lacunes de gérance existantes.

#### 1.3.1. Présentation de la méthode

L'analyse **SWOT** permet de se fixer des objectifs (ou de les mettre à jour), de choisir la stratégie idoine parmi un portefeuille de stratégies pour atteindre les objectifs, tout cela à partir d'un diagnostic de l'environnement interne et externe (Fig 1.5) :

- Un diagnostic externe, qui identifie les opportunités et les menaces présentées dans l'environnement du secteur.
- Un diagnostic interne, qui identifie les forces et les faiblesses du domaine d'activité stratégique.

Donc, la confrontation entre les résultats du diagnostic externe avec les résultats du diagnostic interne nous permet de formuler des options stratégiques. C'est cette formulation d'options stratégiques qui constitue l'intérêt de l'analyse.

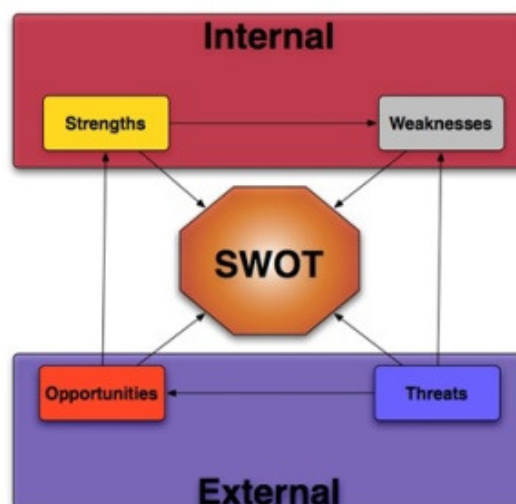


Figure 1.5 SWOT

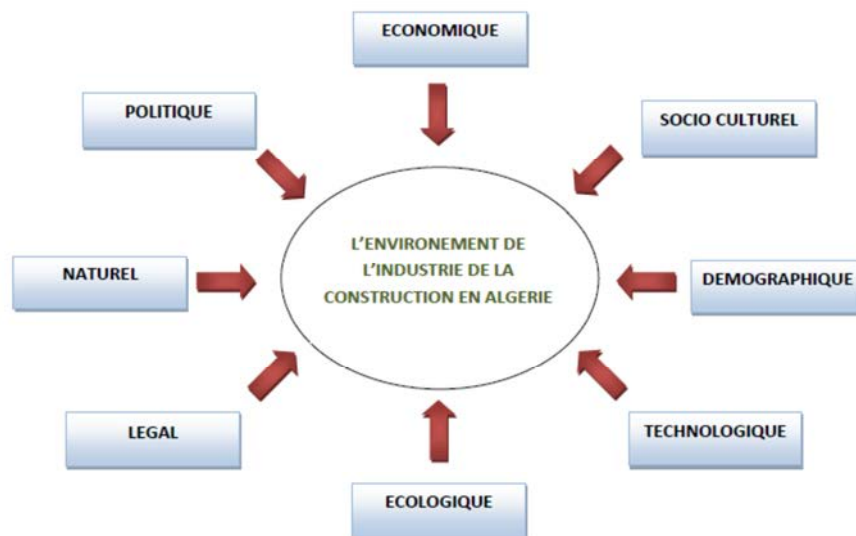
### 1.3.2. Environnement global

L'environnement du secteur de la construction algérien peut être regroupé en huit catégories (Fig 1.6):

- **L'environnement politique** intervient à deux niveaux : national par l'intermédiaire des décisions prises par le gouvernement en place (stabilité politique, la politique monétaire politique fiscale, subventions, etc.) et international avec les décisions prises par le consensus de plusieurs nations (union européenne, pays du golf...).
- **L'environnement économique** comprend toutes les variables et tous les facteurs qui jouent sur le pouvoir d'achat et les dépenses de consommation des clients et fournisseurs (Plans quinquennaux, croissance, taux d'intérêt, taux d'inflation, pouvoir d'achat, les fluctuations des taux de change, état actuel du marché, offre disponible de travail, les matériaux, l'équipement et le niveau de la concurrence).
- **L'environnement socio- culturel** : il est important de s'intéresser aux différentes caractéristiques de la population (structure familiale, culture, etc.) comme aux modes et aux tendances qui peuvent influencer la vente des services ou produits. La pression du public en matière de sécurité structurelle pourrait stimuler la législation et accroître l'attention portée à la sécurité des structures.
- **L'environnement technologique** correspond aux forces qui créent de nouvelles technologies, de nouveaux produits ou qui influencent directement ou indirectement la capacité du secteur à innover (R&D, innovation, transfert de technologie, multinationales, sous traitance, qualité des matériaux, le niveau d'éducation et le transfert de connaissances ,...) L'état de la technologie dans un pays détermine la mesure dans laquelle le projet ou processus est considéré comme complexe et les possibilités de conception et de construction des participants au projet. Il est largement admis que dans les pays développés l'état actuel de la technique est à un niveau plus élevé, ce qui entraîne une plus faible probabilité d'échecs.
- **L'environnement écologique** définit l'ensemble des ressources naturelles qui influencent l'activité du secteur. On distingue deux groupes : celles qui influencent directement l'activité économique (pénurie des matières premières, coût de l'énergie)

et celles qui au contraire la subissent (pollution, intervention croissante de l'État dans la protection du patrimoine naturel).

- **Les environnements réglementaire et législatif** influencent et limitent les activités du secteur et des individus d'une société. C'est l'ensemble des lois et des règlements pris par le gouvernement pour assurer la sécurité. (La propriété industrielle, le droit du travail, contrats, normes, lois, règlements, le niveau des sanctions pour violation des lois ou règles et la façon dont le contrôle public a été établi, permis de construire).
- **L'environnement naturel** définit l'ensemble des aléas naturels qui influencent l'activité du secteur (séisme, inondations, mouvement de terrain, ensablement, tempêtes, etc.). C'est aussi les conditions naturelles d'un lieu, comme les conditions du sol, le niveau des eaux souterraines, le climat (température, humidité, vent, pluie).
- **L'environnement démographique** mesure la concentration pour permettre aux dirigeants d'évaluer le degré de concentration de la demande. Il permet aussi de dénombrer la population et les logements d'une zone donnée et d'anticiper les évolutions démographiques.



**Figure 1.6** Environnement global

### 1.3.3. Environnement spécifique

Les intervenants du domaine de la construction en Algérie, peuvent être regroupés en neuf catégories: le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre, les collectivités locales (wilaya, daïra, APC, ...) les entreprises, les organismes de contrôle (CCTP, CTC, CTH ...), les distributeurs, les fournisseurs, les usagers, et les laboratoires (LTPC, LTPO, LAE-lab...). Ayant des rôles différents et intervenant sur une ou plusieurs phases du cycle de vie des projets, leurs intérêts sont plus ou moins divergeant (Fig 1.7).



**Figure 1.7** Environnement spécifique

D'un autre côté l'entreprise du BTP en Algérie est au centre d'un univers complexe. En tant qu'entité indépendante, elle a des partenaires et une sphère d'influence: ses propriétaires (associés) et ses parties prenantes que sont ses dirigeants, ses salariés, clients, fournisseurs, sous-traitants, associations et organisations civiles, collectivités locales, administration, etc., lesquels ont tous intérêt à sa réussite et sont donc des parties prenantes aux résultats de ses activités qu'ils soient économiques, sociaux ou environnementaux.

En fait l'environnement est dynamique et de plus en plus évolutif ; on remarque un accroissement de complexité du milieu extérieur. La globalisation des marchés, la mondialisation des échanges, l'essor des nouvelles technologies, le raccourcissement du cycle de vie des produits, les exigences de qualité et les attentes des clients de plus en plus strictes, les contraintes économiques (s'exprimant à la fois en termes de coûts et de



délais), la concurrence agressive (aujourd'hui il y'a un recours massif aux entreprises étrangères pour la prise en charge des grands projets en Algérie).

Depuis le début des années 2000 on assiste à l'émergence de grands groupes de BTP : Alors que jusque-là les grands groupes de BTP étaient des entreprises à capitaux publics à l'image de COSIDER, mais on assiste aussi à l'émergence de nouveaux opérateurs issus du secteur privés tels qu'ETRHB. COSIDER reste le numéro 1 du marché avec des filiales spécialisées dans les différents métiers de la construction : bâtiment, carrières, travaux publics, pose de canalisations, ouvrages d'art, ingénierie, production de plâtre, maintenance, promotion immobilière... ETRHB, la plus grosse société privée du secteur, est présente essentiellement dans les travaux publics avec de nombreux grands projets tels que le tramway d'Alger, le transfert des eaux du Chelif vers (MAO), plusieurs centaines de kilomètres de voies ferrées. [UBI France, 2010]

Les parties prenantes des projets complexes du bâtiment et des travaux publics savent que la réalisation des objectifs des projets, en termes de coûts, de délais ou de qualité par exemple, est avec certitude non certaine ! Maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, ingénieristes, architectes, entreprises générales et des différents corps d'Etat sont donc inévitablement amenés à agir, décider, s'engager dans un contexte incertain.

En fait, le partage des risques est décidé et contractualisé mais malheureusement, la pratique montre que les cocontractants ne fonctionnent pas avec les règles du partenariat.

#### **1.3.4. Analyse des facteurs endogènes et exogènes du secteur de la construction**

Nous allons analyser les facteurs endogènes et exogènes influents sur le secteur de la construction (Fig 1.8).

<b>Strenghts ( forces internes)</b>	<b>Weaknesses ( faiblesses internes)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bonne situation financière du pays</li> <li>- secteur générateur de revenu</li> <li>- stabilité politique</li> <li>- Enjeux majeurs pour le développement économique du pays</li> <li>- Existence de normes, de règlement, de code( RPA99,RPOA08,...)</li> <li>- Lois (assurance CATNAT, prévention risque n°04-20)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Absence du management de projet</li> <li>- Absence du management de risque</li> <li>- Absence d'une démarche de REX</li> <li>- Absence d'une gestion des connaissances</li> <li>- Absence d'assurance qualité</li> <li>- Absence d'éthique.</li> <li>- Manque de formation</li> <li>- Absence de suivi et maintenance</li> <li>- Pénurie de matériaux comme le ciment et les agrégats</li> <li>- Pas d'importance pour la R&amp;D</li> </ul>
<b>S</b>	<b>W</b>
<b>O</b>	<b>T</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transfert de technologie</li> <li>- Bati vieillissant</li> <li>- Partenariat</li> <li>- Forte demande dans le Batiment</li> <li>- Emergence de groupe privé (partenaria)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Domaine complexe (multi dimensionnel et multidisciplinaire).</li> <li>- Environnement instable</li> <li>- Concurrence "agressive"</li> <li>- Corruption</li> <li>- Chute de prix du baril de petrole</li> <li>- Inflation</li> <li>- Aléas naturels (séisme, inondation, mouvement de terrain, ensablement, ...)</li> <li>- Dégradation du climat social</li> <li>- Chute du pouvoir d'achat</li> <li>- Emergence de groupe privé (concurrence)</li> <li>- Desequilibre offre demande</li> </ul>
<b>Opportunités ( opportunités externes)</b>	<b>Threats ( menaces externes)</b>

**Figure 1. 8** Matrice SWOT du secteur de la construction Algérien

### 1.3.5. L'analyse du projet par la méthode SWOT

A l'origine, cette méthode a été développée comme outil dans l'analyse stratégique des entreprises et des organisations. En effet, quand les quatre composants de l'analyse (Forces – Faiblesses – Opportunités – Menaces) ont été identifiés, l'entreprise peut identifier des stratégies pour réaliser ses objectifs.

Par la suite, on a commencé à utiliser SWOT pour des problématiques plus restreintes, par exemple dans le cadre de projets ou lors de tout processus de prise de décision. Puisque l'environnement de la construction est fait de multitudes de projets, c'est justement parce que ces projets se succèdent que cet environnement perdure, et c'est pour cette raison que nous allons extrapoler cette analyse à une échelle plus réduite, celle de l'analyse d'un projet de construction dans cet environnement.

L'analyse de l'environnement du projet concerne lui aussi l'étude de l'environnement externe et l'étude de l'environnement interne, ainsi que l'analyse des facteurs de risque

et d'opportunité qui y sont associés. Le but est de qualifier les menaces-opportunités et les forces-faiblesses du projet liées à son environnement. [Tepeli et al ,2012]

Dans un projet, différentes phases sont distinguées, dans lequel les tâches doivent être effectuées par les différents acteurs.

- **L'environnement externe** est constitué des facteurs susceptibles d'influencer le projet depuis l'extérieur de l'organisme qui cherche à atteindre ses objectifs. On peut distinguer l'environnement global de l'environnement spécifique. L'analyse de l'environnement global porte sur le périmètre large qui va influencer le projet directement ou indirectement, par exemple les facteurs politiques, réglementaires, financiers, économiques, sociaux. L'analyse de l'environnement spécifique met en relief les interactions avec d'autres acteurs, par exemple l'analyse concurrentielle, les relations de l'organisme avec le client et, avec d'autres parties prenantes du projet, l'influence des autres intervenants sur le projet. [Tepeli et al, 2012]
- **L'environnement interne** est constitué des facteurs internes qui vont influencer le projet, comme la structure organisationnelle de l'organisme durant tout le cycle de vie du projet, ses ressources et compétences, sa capacité financière et technique, ses priorités stratégiques, son processus de prise de décision, son système de flux d'information, etc. À partir des facteurs ou critères d'analyse cités ci-dessus, il faut identifier les événements risqués (désirables ou indésirables) susceptibles d'avoir des impacts sur l'ensemble du cycle de vie du projet, et en réaliser une analyse qualitative et quantitative. Les événements risqués dont l'origine réside dans l'environnement peuvent avoir une influence sur les acteurs projet, sur les tâches et sur les ressources. Il faut donc définir un système avec les dimensions principales d'un projet d'une part et les facteurs liés à l'environnement du projet d'autre part, puis matérialiser les relations entre ces différents éléments. [Tepeli et al, 2012]

En analysant notre SWOT et en utilisant les concepts susceptibles d'influencer la réussite ou l'échec d'un projet. Il semblerait que les dimensions principales pertinentes d'un projet de construction sont la durée ou le cycle de vie du projet, les processus, les acteurs et les ressources.

- **La durée du projet** ou le cycle de vie du projet, qui peut être long, avec plusieurs phases, plusieurs missions ayant chacune de nombreuses tâches et jalons.

- **Les acteurs**, composés de multiples organismes, entités, services, partenaires, ce qui fait de la gestion des interfaces une question clé.
- **Les ressources** regroupent les ressources humaines qui vont participer au projet, le temps et l'espace nécessaire, les matériaux et matériels, les ressources technologiques et les documents.
- **Le processus** : nombreuses activités ou jalonnement complexe (validations, qualification), Il regroupe tout ce qui concerne le cheminement du projet, depuis son état initial vers son état final, à savoir :
  - De façon immatérielle, les décisions du projet, les états qui décrivent sa situation, les événements et aléas qui peuvent perturber le cheminement du projet, c'est-à-dire tous le processus de management de projet et management des risques
  - De façon matérielle, les activités ou tâches du projet

Dans ce système, c'est justement ce processus de management des risques qui nous intéresse car il nécessite l'identification, des événements risqués qui seront susceptibles d'affecter le projet et il en résultera des conséquences sur les acteurs et les ressources pendant tout le cycle de vie du projet.

### 1.3.6. Exploiter les résultats par l'analyse SWOT

Quand la matrice SWOT est écrite, il importe évidemment de définir un plan d'action qui permette de contenir les menaces et d'améliorer les faiblesses en se basant sur les opportunités et les forces de l'organisation ou du projet. Ce plan d'action, faut-il le rappeler, a pour but la réalisation des objectifs de l'organisation ou du projet.

En particulier, il convient d'examiner pour notre cas les faiblesses dues à la l'absence du management des risques, l'absence d'une démarche du REX, l'absence d'une gestion de connaissance..., pour déterminer les actions ou les stratégies qui permettent de les éliminer ou au moins de les améliorer au cours du cycle de vie de notre projet.

L'objectif de notre travail est d'identifier les facteurs de risque et d'opportunité dont l'origine réside dans l'environnement du projet, sachant que l'environnement du projet peut conditionner la structure organisationnelle du projet (liée aux acteurs, par.exp.

climat social, lobbying, action formation) et la structure temporelle (liée aux tâches par.exp. aléa climatique, caractère innovant d'une technique). L'analyse environnementale et l'identification des facteurs de risque et d'opportunité provenant de l'environnement vont nous permettre ensuite d'identifier et d'analyser les événements redoutés pour différentes phases du projet. [Tepeli et al, 2012]

C'est pourquoi nous avons choisi de développer nos prochains chapitres sur les risques et l'approche du REX dans le traitement du risque d'un projet de construction.

## 1.4. CONCLUSION

L'environnement de l'industrie de la construction est un domaine complexe qui induit de nombreuses décisions dans un contexte multi acteurs et multidisciplinaires, pour lesquelles les facteurs de risque sont d'origines multiples. C'est ce qui nous a contrains à porter dans ce chapitre, une attention toute particulière, à l'analyse de l'environnement de l'industrie de la construction d'une façon générale et au projet de construction d'une façon particulière.

Pour un projet de construction, réaliser une étude sur l'environnement est nécessaire pour le management des risques. Ainsi, faire une étude sur l'environnement externe et l'environnement interne du projet et identifier, analyser les facteurs de risque et d'opportunité qui y sont attachés semble indispensable en phase amont pour la gestion de projet. Pour les phases ultérieures, l'étude environnementale du projet permettra de faire le suivi des facteurs de risque et d'opportunité qui ont été identifiés dans les phases précédentes et de réévaluer leurs analyses sur le plan qualitatif et quantitatif. L'analyse sera conduite de manière plus approfondie quand les données le permettront. Elle alimentera sûrement le retour d'expérience.



## **LA MAITRISE DU RISQUE EN GENIE CIVIL**

### *Un état de l'art*

#### **2.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre a pour objectif de présenter un état des lieux de la recherche en management des risques d'une façon générale et management des risques de construction en particulier.

Notre travail résulte d'une analyse bibliographique dans le domaine de l'état de la connaissance et des recherches en maîtrise des risques de projet, en focalisant sur les projets de construction, et il s'appuie aussi sur la synthèse bibliographique effectuée dans le cadre du projet GERMA.

Ceci va nous aider à mieux cerner quels sont, à l'échelle internationale, les enjeux identifiés pour la recherche et l'amélioration des pratiques dans le domaine de la maîtrise des risques de projet.

Les problématiques « risques » (naturels et industriels) ont été traitées par de nombreuses disciplines qui se sont forgées leur propre vocabulaire et leurs propres concepts à partir de leurs méthodologies de travail et de leurs objectifs, ceci a engendré une diversité des définitions qui a induit, un état permanent de confusion.

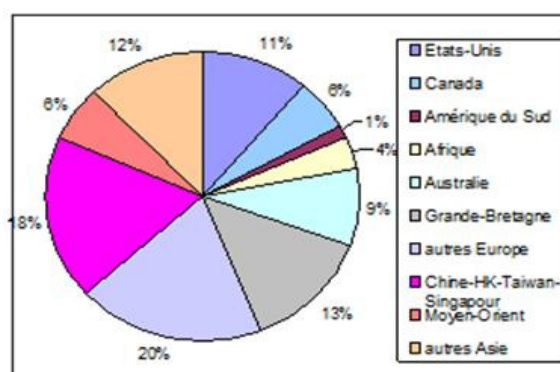
A cet effet, nous avons exploré la définition du risque des différents acteurs du génie civil, on y abordera aussi la relation entre cadre organisationnel et le processus de

management des risques selon la norme ISO31000, nous avons aussi abordé la notion de perception et de l'aversion du risque face à cet accroissement du risque dans l'industrie de la construction.

Enfin, on présente dans ce chapitre une synthèse des différentes approches de l'analyse de risques appliquées en génie civil, et en particulier, les avancées scientifiques récentes dans les domaines de la SDF, de l'aide à l'expertise et des approches aux états-limites : les méthodes internes comprenant les modélisations physique et fonctionnelle, les méthodes externes incluant les approches statistique et experte.

## 2.2. PANORAMA INTERNATIONAL SUR LA MAITRISE DES RISQUES

Les deux aires géographiques qui sont les plus actives dans le management des risques projet sont les pays anglo-saxons (USA, Canada, GB, Australie) et l'Asie (Chine et pays voisins, Asie du Sud-Est, Moyen-Orient). Un nombre significatif d'articles provient d'ailleurs de collaborations entre ces deux aires géographiques (p.ex. Australie et Chine...), et concerne des projets internationaux, souvent situés dans les pays émergents (Vietnam, Inde, Chine, Malaisie), et pour lesquels les entreprises contractantes (Hong-Kong, Corée, Japon, Etats-Unis...) souhaitent disposer d'outil d'évaluation des risques. [Breysse D. et al, 2009 a]



**Figure 2.1** Répartition par aire géographique [Breysse D. et al, 2009 a]

On distingue plusieurs grandes familles de types d'articles [Walewski, 2003] :

- des articles relatifs à des recommandations pour améliorer les pratiques en termes de MRP. Ils émanent souvent de groupes de travail ou d'associations internationales [ex. ITIG, 2006]. Ils témoignent d'un état des pratiques professionnelles de la communauté,
- des articles de type « état de l'art », couvrant souvent l'ensemble du champ du MRP, ils établissent un état de la connaissance dans le domaine (sur les concepts, les pratiques, les outils...), en précisant les enjeux essentiels et les pistes de recherche les plus souvent explorées [ex. Williams, 1995],
- des articles analysant les pratiques professionnelles en termes de MRP [ex. Lyons et Skitmore, 2004], qui reposent souvent sur l'analyse de questionnaires qui ont été diffusés dans le secteur professionnel. Ils peuvent aussi s'appuyer sur des études de cas.

Concernant l'utilisation du REX, les travaux de recherche s'appuient sur l'exploitation de sources documentaires, ayant principalement deux origines : les cas réels de projets et les analyses d'enquêtes. Dans le premier cas, certains développements méthodologiques s'appuient sur quelques projets (voire un seul), qui sert d'ossature pour la construction des modèles et de « base de validation », mais souvent sur des bases plus larges. Dans le second cas, les enquêtes reposent le plus souvent sur la rédaction de questionnaires auxquels les professionnels (clients, managers, constructeurs...) répondent, et dont on analyse les réponses. Ces travaux sont souvent complétés d'entrevues directes.

Les tableaux 1 et 2 illustrent, pour un certain nombre de références, les bases documentaires exploitées pour le retour d'expérience.



**Tableau 2.1** Retour d'expériences à partir de projets [Breysse D. et al, 2009 a]

Zhi H.	1 projet
Grasso P., Chiriotti E., Xu S.	2 exemples (Lyon-Turin, Porto)
Luu V.T., Kim S.Y., Tuan N.V., Ogunlana S.O.	2 études de cas
Pipattanapiwong J.	1 projet autoroutier, 3 cas d'infrastructures
Phang S.Y.	7 projets
Wang M.T., Chou H.Y.	6 projets autoroutiers
Barber R.B.	9 projets (5 GC)
Osipova E.	9 projets
Torp O. et al	14 projets
Aleshin A.	16 projets
Attalla M., Hegazy T.	50 projets
Han S.H., Kim D.Y., Kim H., Jang W.S.	126 projets
Kim D.Y., Han S.H., Kim H., Park H.	126 projets internationaux
Al-Momani A.H.	130 projets publics de construction en Jordanie
Chao L.P., Ishii K.	13 cas historiques
Haslam R.A., Hide S.A., Gibb A.G.F., Gyi D.E., Pavitt T., Atkinson S., Duff A.R.	100 accidents
Flybvbjerg B.	258 projets

**Tableau 2. 2** Retour d'expériences à partir d'enquêtes [Breysse D. et al, 2009 a]

Walewski J., Gibson G. Jr	26 questionnaires
Kaliba C., Muya M., Mumba K.	26 questionnaires
Kartam N.A., Kartam S.A.	31 questionnaires entreprises
Akintoye A.S., MacLeod M.J.	43 questionnaires
Osipova E.	43 questionnaires
Lyons T. Skitmore M.	44 questionnaires
Tam V.W.Y., Shen L.Y., Tam C.T., Pang W.W.S.	48 questionnaires
Doloi H., Lim M.Y.	52 questionnaires
El-Sayegh S.M.	65 questionnaires
Nguyen T.H.	67 questionnaires + interviews
Luu V.T., Kim S.Y., Tuan N.V., Ogunlana S.O.	166 questionnaires

### 2.3. METHODES ET PRATIQUES EN MAITRISE DES RISQUES DE PROJET DE CONSTRUCTION

Pour [Williams, 1995], la maîtrise des risques de projet apparaît comme un processus dynamique, du fait que les informations disponibles aussi bien que les objectifs changent au cours du déroulement du projet :

- en phase de définition, l'accent est mis sur les aspects de stratégie et de performance,
- en phase de contractualisation, l'aspect financier est essentiel,
- en phase de construction, c'est sur le respect des délais que l'on a tendance à insister,
- une fois l'ouvrage livré, ce sont ses performances qui mesurent le succès du projet.

Il ne faut pas non plus confondre [Ika, 2007] :

- le succès de la gestion de projet (coût, délai, qualité) et
- le succès du projet (par exemple, celui du livrable du point de vue des utilisateurs finaux).

Or si coût et délais sont aisés à mesurer, il en va différemment du degré de satisfaction des parties prenantes. Si les deux premiers peuvent être évalués au cours du projet, le troisième peut évoluer sur le moyen et long terme. Quel moment choisir ?

Il existe un certain nombre de documents de référence qui définissent les concepts utilisés et le cadre méthodologique général de la MRP (RAMP, PMBok...).

Dans le secteur de la construction, il existe une étude sur les projets financés par la Banque Mondiale (1974-1988) qui a montré que 63 % des projets parmi 1778 ont connu une augmentation significative des coûts [Baloi et Price, 2003]. Pour la même période, [Pipattanapiwong, 2004] retient que, sur 1627 projets achevés, les retards ont été de 50 à 809 %. Des surcoûts de 40 à 200 % avaient été identifiés dans une étude de 1991 (sur 3500 projets de différents pays) par Morris et Hough [Magnussen et al, 2005]. A une échelle nationale, [Assaf, 2006] indique que (en Arabie Saoudite) 45 projets sur 76 ont eu du retard (environ 60%).

L'étude de [Flyvbjerg et al ,2002] sur 258 grands projets s'étendant sur 70 ans est la première étude statistique d'envergure sur les surcoûts des grands projets. Elle a montré que les problèmes de prévision des coûts sont récurrents. Les résultats majeurs sont :

- les coûts sont sous estimés pour 9 projets de transport sur 10, avec une moyenne de surcoûts de 28 %,
- les projets routiers ont des dépassements de 20 %, ceux de tunnels et de ponts de 34 %, ceux de voies ferrées de 45 %.

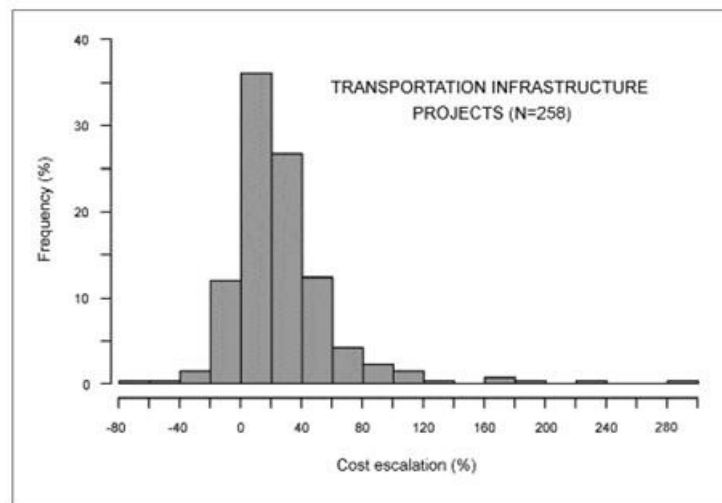


FIGURE 1. Inaccuracy of cost estimates in 258 transportation infrastructure projects (fixed prices).

**Figure 2.2** Imprécision des estimations des coûts du projet de transport par type de projet [Flyvbjerg et al ,2002]

Concernant les définitions et quelques points qui font consensus ou débat, plusieurs chercheurs soulignent la grande diversité des définitions du risque, qui complique les choses.

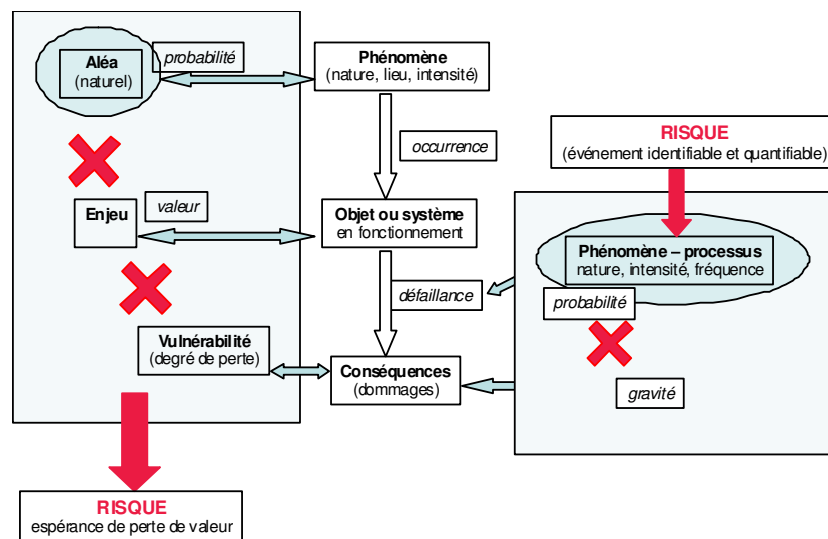
Aujourd'hui chaque secteur (nucléaire, chimique, maritime, génie civil,...) travaille en utilisant ses propres référents et son propre vocabulaire; sa terminologie n'est réellement comprise que par les experts ; et chaque expert se plaint de l'erreur de terminologie créée par son collègue, ce qui engendre une véritable difficulté de compréhension des différents acteurs du secteur.

Il apparaît nécessaire et important d'explorer la définition du risque des différents acteurs du secteur de la construction (génie civil et BTP) pour la compréhension des attitudes face aux prises de risque de ces acteurs.

D'autre part, on sait que l'évaluation du risque (aléa x vulnérabilité) dépend de la représentation individuelle et collective de la menace ; ces représentations sont aujourd'hui peu ou mal explorées. Les mesures de prise en compte du risque dépendent cependant naturellement de ces représentations.

La diversité des définitions induit un état permanent de confusion, que nous allons d'abord illustrer par un exemple. [Whitman, 2000] cite les travaux d'un comité de la société américaine pour l'analyse du risque dans le domaine des glissements de terrain : « après 3 ou 4 ans de travaux, le comité publia une liste de 14 définitions potentielles et conclut qu'il ne pouvait aboutir à un consensus. Il déclara qu'une définition unique ne pouvait être choisie mais que chacun devait se sentir libre de le définir de la façon qui lui semblait la mieux adaptée pour ses propres études »

En fait, l'analyse de la littérature montre que deux définitions assez différentes sont employées dans la normalisation internationale des risques, comme l'illustre la figure :



**Figure 2.3** Similitudes et différences du concept de risque pour les risques naturels et les risques technologiques [Breysse D., 2009 T1]

La première formule exprime le risque R (partie gauche de la figure) comme la combinaison d'un aléa (A) dont on connaît la probabilité d'occurrence, et de ses effets sur les enjeux, avec V= valeur des enjeux et v = vulnérabilité (ou degré de perte des enjeux). Ce formalisme est couramment utilisé pour les risques naturels (risques d'origine naturelle), dont on peut estimer la probabilité d'occurrence.

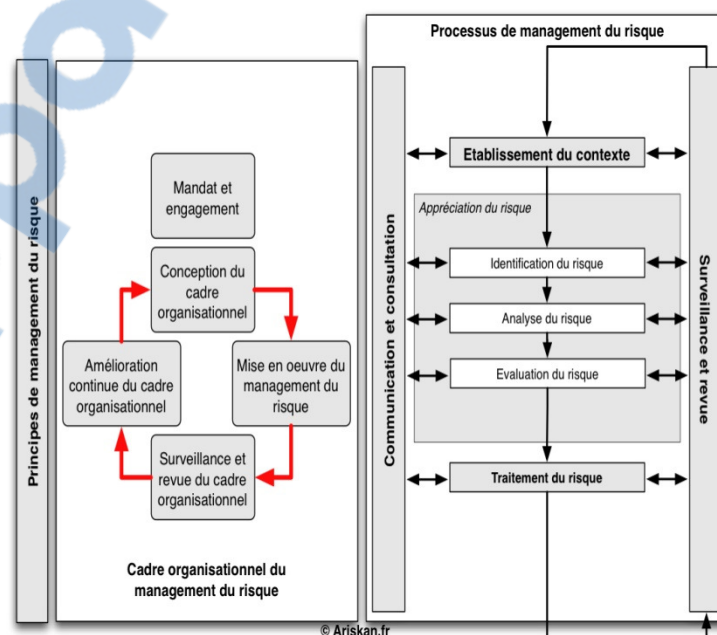
$$R = p(A) \times V \times v$$

La deuxième formule exprime le risque  $R$  (partie droite de la figure) comme la combinaison d'un événement  $E$  dont on connaît la probabilité d'occurrence et de sa gravité  $G$ . Elle est plus couramment utilisée pour les risques industriels et technologiques. Dans ce cas l'événement redouté est susceptible de modifier le fonctionnement du système technique, et d'engendrer des conséquences (pour le système lui-même ou son environnement), dont on estime la gravité.

$$R = p(E) \times G$$

Aujourd'hui, la norme ISO 31000 a modifié significativement la définition du risque : « le risque est l'effet de l'incertitude sur les objectifs » c'est-à-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente. Constitue donc un risque projet tout « événement » dont l'apparition n'est pas certaine et dont l'effet est susceptible d'affecter les objectifs du projet, dans ses périodes d'étude, de construction, et éventuellement d'exploitation ou de démantèlement.

Cette définition est très large. Elle recouvre les deux premières si l'on convient que, parmi les objectifs, on doit assurer la pérennité et le bon fonctionnement de l'ouvrage et de son environnement (naturel, humain...). Elle permet aussi d'intégrer les risques « organisationnels » tels que les « risques projets ». [Breysse D. ,2011]



**Figure 2.4** Relation entre cadre organisationnel et le processus de management des risques  
[Norme ISO 31000]

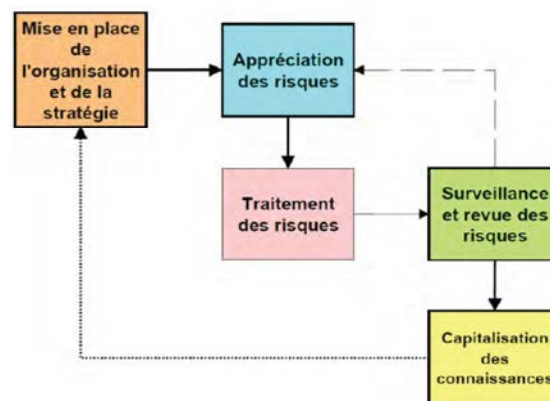
Tous les professionnels du secteur de la construction ont en tête des projets qui ont subi des retards ou des dépassements de budget dans des proportions considérées comme inadmissibles.

Les causes de ces dépassements peuvent être techniques ; elles sont aussi plus souvent liées à l'organisation du projet, ou seulement à une mauvaise circulation de l'information entre les acteurs, volontaire (intérêts contradictoires) ou involontaire (procédures inadaptées).

Ceci se traduit le plus fréquemment par la réalisation d'un ouvrage de qualité insuffisante, ne respectant pas les normes ou insuffisamment adapté à son usage. Les risques d'un projet deviennent d'autant plus préoccupants que les projets sont de plus en plus complexes, soit par leur nature technique, soit par la multiplicité des intervenants. [Germa, 2012]

La prise en compte des risques susceptibles d'intervenir au cours de nos projets de génie civil est un facteur clé du respect des objectifs en termes de délais, de coûts et de performances.

Pour atteindre ces objectifs nous devons mettre en œuvre un management efficace des risques de nos projets de génie civil, intégré dans le management de notre projet :



**Figure 2.5** Schéma organisationnel de management des risques en Génie civil

[Germa, 2012]

Ce qui nous intéresse dans cette thèse c'est la partie traitement, surveillance des risques et bien sur capitalisation des connaissances. Mais nous allons d'abord définir l'étape de

la mise en place de l'organisation et de la stratégie et l'étape de l'appréciation des risques :

### **2.3.1 Mise en place de l'organisation et de la stratégie (cadre organisationnel)**

C'est un ensemble d'éléments établissant les fondements et dispositions organisationnelles présidant à la conception, la mise en œuvre, la surveillance la revue et l'amélioration continue du management du risque dans tout l'organisme [ISO Guide 73, 2009].

Le cadre organisationnel va permettre de décliner le management du risque à tous les niveaux de l'organisme. Il va assurer, entre autre, que les informations liées au risque seront remontées, classées et structurées afin de garantir leur qualité et leur pertinence [ISO 31 000, 2009].

### **2.3.2 Appréciation des risques (cadre opérationnel)**

Elle s'articule autour de trois étapes : identifier, analyser, évaluer. Ensuite l'étape du traitement, de la surveillance et la capitalisation qui suivront.

#### **2.3.2.1 Identifier les risques**

Il s'agit de recenser tous les facteurs ou événements susceptibles de perturber le déroulement du projet ou d'affecter ses objectifs.

La phase d'identification des risques est une première étape essentielle. Il n'existe pas de liste exhaustive des sources de risque ou événements risqués car ils sont intimement liés au projet lui-même : une analyse approfondie doit être faite. Cependant, le recensement pratique de ces risques peut se faire en suivant plusieurs approches et cela tout au long du projet, par exemple :

- En utilisant des « check-lists » recensant les facteurs ou événements les plus fréquents. Ces check-lists sont le fruit de Retour d'Expérience (REX) lors de projets similaires.



- En menant des séances de brainstorming au sein d'une équipe de projet élargie en présence d'experts, éventuellement en se servant de listes préétablies des risques les plus courant ou en utilisant des logiciels spécialisés.
- En utilisant les RBS (risk breakdown structures) [Chapman, 2001] a proposé de mettre en place une "Risk Breakdown Structure" (RBS), structure hiérarchique des risques, facilitant l'identification des facteurs de risque.

Gidel distingue [Gidel, 2006, Gidel, 2009] 3 types d'approches pour l'identification des risques : analogique (REX de projets antérieurs, checklists), heuristique (brainstorming de l'équipe de projet), analytique (AMDEC).

### ***2.3.2.2 Analyser les risques***

L'analyse des risques accorde à chacun des événements risqués identifiés un degré de priorité. Cette analyse peut aller de la plus simple analyse qualitative jusqu'à l'analyse quantitative la plus sophistiquée

Mais, en pratique, la plupart des décisions se prennent sur la base d'une analyse qualitative, plus facile et plus rapide à mettre en œuvre que les évaluations quantitatives.

### ***2.3.2.3 Évaluer les risques***

Etape succédant à l'étape d'analyse des risques, elle permet aux décideurs de déterminer quels sont les risques qui méritent un traitement et de définir ou choisir le traitement à retenir :

- en comparant le niveau des risques déterminés lors de l'analyse,
- en définissant un ordre de priorité dans le traitement des risques.

Les risques ayant été identifiés, analysés et évalués, on peut envisager différentes solutions pour procéder à leur traitement.

### ***2.3.2.4 Traitement des risques***

Les risques qui dépassent le niveau d'acceptabilité doivent, en principe, faire l'objet d'actions de traitement (ou de mitigation) pour les « réduire ».



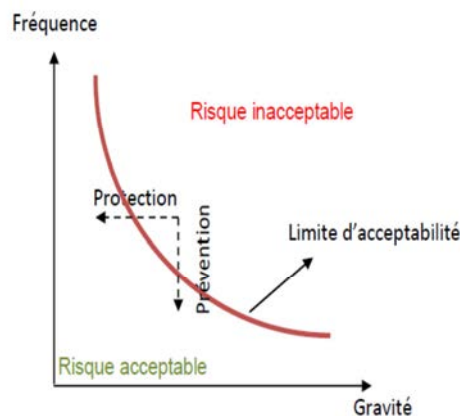
Cette mitigation consiste à réduire les dommages afin de les rendre supportables-économiquement du moins-par la société. Plusieurs options, éventuellement combinées, sont possibles pour chaque risque :

- Refuser le risque et donc abandonner le projet ou l'activité qui génère le risque (par ex. une technique particulière...),
- Neutraliser la source du risque (par ex. modifier une clause contractuelle,...),
- Approfondir la vraisemblance du risque (investigations ou études complémentaires),
- Engager une action sur les conséquences possibles du risque (s'abriter des conséquences,...),
- Partager le risque avec une autre partie (partage contractuel, mutualisation, assurance, ...),
- Maintenir le risque et sa surveillance, avec la constitution d'une provision éventuelle.

### 2.3.2.5 Surveillance des risques

Il reste à mettre en œuvre des moyens pour s'assurer que les risques ne franchiront pas à l'avenir les niveaux acceptables. Il s'agit de la surveillance qu'on pourra définir comme étant un ensemble de moyens mis en œuvre pour suivre le fonctionnement d'un système.

La surveillance peut être visuelle, ou reposer sur des moyens métrologiques plus sophistiqués (par exemple le suivi du mouvement d'un versant naturel instable, le suivi des déformations d'un ouvrage d'art, la mesure en continu des hauteurs de crue, etc.).



**Figure 2.6** Traitement des risques

Enfin, la capitalisation des connaissances acquises devra être mise en pratique, au sein de notre management des risques de nos projets génie civil. (Point traité au quatrième chapitre).

## 2.4 PERCEPTION DU RISQUE

Le management de risque se compose donc comme on vient de le préciser ci-dessus de 05 étapes :

- Identification
- Analyse
- Evaluation
- Traitement
- Suivi de l'évolution du risque suite au traitement et au REX

Mais on a tendance à oublier une étape importante pour mener correctement ce processus de management de risque, il s'agit de la perception, qui devra être en faite la première étape.

Nous ferons le choix de nous limiter à notre discipline (BTP) sur l'approche de ce concept. La perception des risques diffère nécessairement d'un individu à un autre. De nombreux chercheurs se sont intéressés à cette question.

L'étude de la perception des risques pose indirectement la question des comportements vis-à-vis de ces risques. Ainsi selon [Peters et Slovic, 1996] « les individus réagissent aux activités hasardeuses selon leurs perceptions des risques que les activités posent. Ce qu'ils perçoivent, pourquoi ils le perçoivent de cette façon, et comment ils se comportent ultérieurement sont des questions d'une grande importance pour les industries et les gouvernements qui tentent d'estimer et d'implanter de nouvelles technologies » [Denis-Remis, 2007]

Ainsi pour [Ewald, 1996] « en soi rien n'est un risque, il n'y a pas de risque dans la réalité. Inversement, tout peut être un risque, tout dépend de la façon dont on analyse le danger, considère l'événement « la représentation de l'objet de risque à partir de la perception du danger va donc être extrêmement variable ». [Denis-Remis, 2007]

Aujourd'hui l'Algérie est devenue un immense chantier ,avec sur le terrain des projets d'infrastructures de grande envergure qui accélèrent l'avancée dans la modernité à l'exemple du projet d'autoroute Est-Ouest, des chemins de fer à grande vitesse, du métro, tramway, des barrages, ports et aéroports dont certains sont entrés en fonction et procurent des services de qualité aux citoyens. De ce fait, la sécurité dans le secteur du génie civil ou plus spécialement du BTP est plus importante qu'auparavant.

Le sentiment selon lequel tout dommage peut et doit être imputé à une personne, privée ou publique, et doit ouvrir droit à une indemnisation se généralise. Dans le monde, les associations de victimes, qui regroupent celles-ci, les conseillent et leur facilitent l'action contentieuse, jouent un rôle important dans cette évolution de la perception du risque.

En Algérie , cette prise de conscience s'est accélérée après les inondations de Bab El Oued en novembre 2001 et du séisme de Boumerdès en mai 2003, qui ont permis la mise en place d'un système de couverture par la promulgation de l'ordonnance n°03-12 du 26 août 2003 relative à l'obligation d'assurance des catastrophes naturelles et à l'indemnisation des victimes.

Ce dispositif vise non seulement à mettre, en complément des politiques de préventions et d'encadrement de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire, une politique cohérente de gestion et d'indemnisation des dommages en cas de survenance des catastrophes naturelles mais encore, il est venu à point pour combler un vide juridique en matière de couverture de risques.

N'oublions pas qu'après le tremblement de terre de Boumerdès, en mai 2003, le gouvernement Algérien doit faire face à la colère des victimes qui dénoncent le laxisme et la corruption du pouvoir, coupable selon elles d'avoir laissé construire des bâtiments ne répondant pas aux normes antisismiques et l'absence d'une réglementation appropriée dans les compagnies d'assurance concernant la mise en place d'une couverture des risques « catastrophes naturelles ».

A ce titre, les compagnies d'assurance ont indemnisées lors des inondations du 11 novembre 2001 de Bab El Oued près de 500 millions de dinars. Pour le séisme du 21 mai 2003 de Boumerdès, les indemnisations à la charge des assureurs se sont élevées à plus de 4.6 milliards de DA, montant qui reste sans commune mesure en comparaison

avec les montants à la charge du Trésor et qui avoisinent les 50 milliards de dinars. [CNA, 2013]

D'une façon générale, la perception du risque est accentuée par la médiatisation des grandes catastrophes (Seveso 1976, Tchernobyl 1986, AZF 2001, Skikda 2004) et par la crainte, face à l'accélération du progrès scientifique et technique, des menaces pour la santé et l'environnement, en particulier, qu'engendre l'activité humaine. Les catastrophes naturelles ont causé et continuent de causer infiniment plus de victimes et de dommages que l'ensemble des catastrophes technologiques. Le nombre de victimes des récents séismes en Asie du Sud et du Sud-Est en témoigne. Il reste que la crainte des risques technologiques est particulièrement forte aujourd'hui. [Rapport conseil d'état de France, 2005]

La perception du risque est liée à l'information disponible. Elle peut augmenter avec l'accès à l'information. L'absence de compréhension et de maîtrise des sources du risque est de nature à susciter des peurs démesurées par rapport à la réalité du risque. Inversement, une telle ignorance et des informations contradictoires peuvent entraîner une attitude d'indifférence, elle-même dangereuse. De même, un défaut d'information incite à minimiser les risques (cas des zones inondables). [Rapport conseil d'état de France, 2005]

## 2.5 AVERSION DU RISQUE

Trois attitudes sont théoriquement possibles, quant à l'appétence des individus pour le risque :

- La recherche du risque (amour du risque)
- Evitement du risque (aversion du risque)
- L'indifférence à l'égard du risque

Dans le premier cas, on perçoit le risque comme l'occasion de gains importants et rapides (la possibilité de se procurer des satisfactions), dans le deuxième, comme source de pertes potentielles et, dans le troisième cas, l'incertitude n'est synonyme ni de chance ni de désagrément.

Nous, ce qui nous intéresse c'est l'aversion du risque : qui est défini par [Breysse D., 2009 T1] « l'aversion est le comportement qui traduit la volonté d'éviter le risque, c'est-à-dire de réduire les probabilités de conséquences défavorables. L'aversion peut être modélisée, dans le cadre de la théorie de l'utilité pour tenir compte de la perception négative du danger ou d'aléas dont on redoute les conséquences défavorables »

Les travaux de [Von Neumann et Morgenstern, 1944] ont fondé la théorie de l'utilité, à la base de la théorie des choix incertain [Jessua et al, 2001].

L'utilité est définie par [Breysse D., 2009 T1] « Mesure de l'intensité de satisfaction retirée de la possession d'une ressource. La notion d'utilité est à la base de la théorie des choix en contexte d'incertitude. Elle permet, entre autre, de comprendre et de formaliser le comportement des agents face au risque. On distingue l'utilité cardinale, qui mesure directement le degré de satisfaction qu'un agent retire de la possession d'un bien ,et l'utilité ordinale ,qui permet de comparer et de classer des solutions, en stabilisant un ordre des préférences »

On utilisera par la suite cette théorie d'utilité dans le troisième chapitre.

## **2.6 L'ACCROISSEMENT DES RISQUES DANS L'INDUSTRIE DE LA CONSTRUCTION EN ALGERIE**

En Algérie certaines catastrophes toutes récentes ont eu un très faible retentissement au niveau de la société civile. Ces événements sont très différents, par leur nature aussi bien que par leurs causes ou leurs conséquences. L'échantillon d'une douzaine de nouvelles rassemblées dans le (tableau 2.3) ci-dessous couvre, a titre d'illustration, l'année 2012 ,2013 et 2014.

Ces quelques extraits de presses (cf.tab 2.3) font apparaitre des problèmes de nature diverses. On aurait pu en ajouter quelques autres, ou la menace est connue et perçue, mais ou la défaillance ne s'est pas encore produite (1800 immeubles menacent ruine dans la capitale d'après le PAPC d'Alger). On peut aussi distinguer les défaillances, parfois brutales, d'ouvrages de génie civil, et les phénomènes d'origine naturelle,

menaçant les ouvrages comme par exemple la crue du 07/10/2007 à Ain Sefra (fig 2.7) et le séisme de Boumerdès du 21/05/2003 (fig 2.8).

**Tableau 2.3** Cas d'effondrement d'ouvrages en Algérie

N°	Date	Type d'événement	Ouvrage	Lieu	Dommages
1	31/12/2013	Effondrement	T3 Tunnel	Djebel El Ouahche/Autoroute Est/Ouest, Constantine	-
2	21/09/2013	Effondrement	Tribune stade	Stade 5juillet, Alger	Deux morts
3	10/12/2012	Effondrement	Pont métallique	Boghni, Tizi Ouzou	Trois morts et cinq blessés
4	21/01/2013	Effondrement	Pont	Illitene, Tizi Ouzou	-
5	02/08/2012	Effondrement	Immeuble	Belouizdad	-
6	10/02/2013	Effondrement	03 Immeubles	Constantine	-
7	13/02/2013	Effondrement	Tunnel	Barrage Tabellout, Jijel	-
8	04/01/2014	Effondrement	Travaux de chantier	Siege BDL de Staoueli	Un mort et un blessé
9	20/02/2012	Effondrement	CEM	Ath-zikki, Tizi-Ouzou	-
10	12/08/2013	Effondrement	Mur	Corso , Alger	-
11	15/05/2013	Effondrement	Habitation précaire	Bologhine, Alger	Deux morts et deux blessés
12	06/01/2014	Effondrement	Toit d'une classe CEM	Tizi-Ouzou	Une collégienne blessée



**Figure 2.7** Exemple d'effondrement d'un pont à Beniounif



**Figure 2.8** Exemple d'effondrement d'une maison lors du séisme de Boumerdès

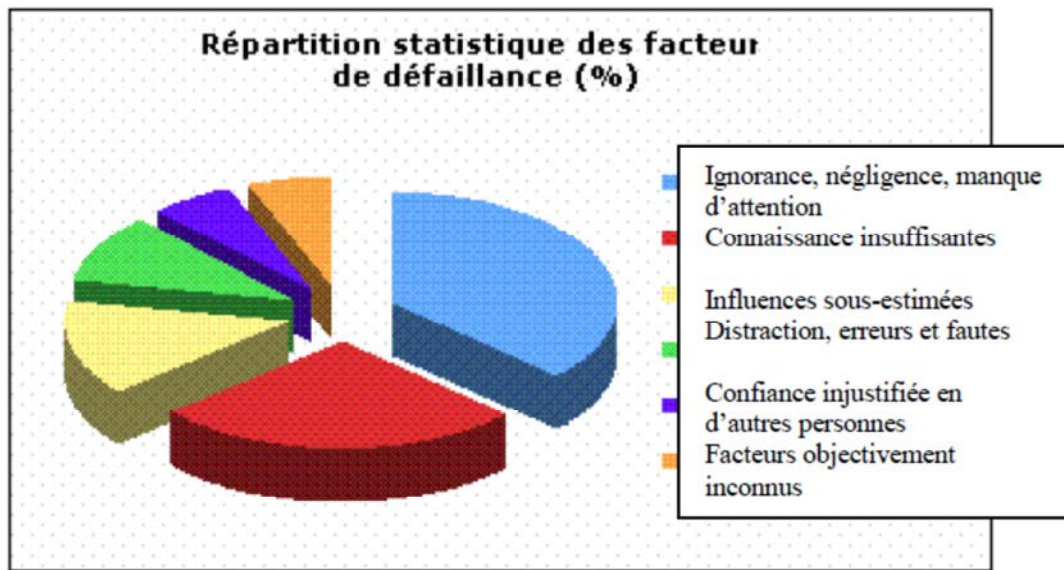
Cet accroissement, constaté depuis plus d'une décennie, a des origines multiples mais les plus importantes à souligner ont été résumées par [Robert J., 2006] :

- La mobilisation des bonnes compétences est souvent allégée en amont.
- Les délais d'études et d'exécution sont souvent trop courts.
- Les ouvrages sont de plus en plus complexes.
- Les terrains encore disponibles sont souvent de qualité géotechnique médiocre.
- Les intervenants sont de plus en plus nombreux.
- La maintenance est trop souvent négligée voire inexistante.
- Les procédures judiciaires sont banalisées et onéreuses.

On peut ajouter éventuellement :

- La corruption : Exemple, cas Autoroute est ouest (13 milliards de dollars contre 7 milliards initialement) [Titouche A., 2014]
- Le non respect des règlements de construction ou de règles de sécurité : (Exemple non utilisation du RPOA 2008).
- Erreurs humaines : l'erreur humaine peut provenir de décisions inappropriées, de connaissances insuffisantes ou de problèmes de compréhension ou de communication.

Ces facteurs de défaillances peuvent être classés en plusieurs familles [Matousek, 1976]



**Figure 2.9** Répartition statistique des facteurs de défaillance [Matousek, 1976]

Face à cet accroissement des risques, l'ingénierie est la partie la plus vulnérable car d'une part le maître d'ouvrage est toujours réputé non sachant et peut espérer transférer même une partie du coût de l'ouvrage à l'une des parties (ou à son assureur), d'autre part l'entrepreneur, qui n'intervient qu'au stade de l'exécution, réalise l'ouvrage habituellement selon la conception et sous la supervision d'une ingénierie.

Au-delà de problèmes spectaculaires comme les effondrements d'ouvrages (en cours de construction ou en cours d'utilisation), qui peuvent attirer l'attention sur les questions de risques mal maîtrisés, la MRP est justifiée par le constat que les dépassements de budgets sont communs dans la construction, surtout pour les projets complexes.

## **2.7 ANALYSE DES RISQUES PAR UNE SYNTHÈSE DES DIFFÉRENTES APPROCHES**

Il existe plusieurs approches qui sont clairement identifiées et formalisées dans l'industrie et qui sont également utilisées dans le génie civil.

Généralement il existe trois classes de méthodes :

- Méthodes qualitatives ou quantitatives.



- Méthodes inductives ou déductives.
- Méthodes statiques ou dynamiques.

### 2.7.1 Méthodes quantitatives

Une analyse quantitative consiste à caractériser numériquement le système à analyser, en déterminant par exemple le taux de défaillance, la probabilité d'occurrence d'une défaillance, les coûts des conséquences.

### 2.7.2 Méthodes qualitatives

Contrairement à une analyse quantitative, une analyse qualitative ne consiste pas à quantifier mais à donner une appréciation. On cherchera à déterminer avec une analyse qualitative quelles occurrences sont possibles ; par exemple une défaillance pourra avoir une probabilité d'occurrence très faible, faible, moyenne ou forte.

### 2.7.3 Méthodes inductives

Fondées sur des questions du type : qu'est ce qui se passe si ?

Les méthodes inductives de diagnostic correspondent à une approche "montante" où l'on identifie toutes les combinaisons d'événements élémentaires possibles qui peuvent entraîner la réalisation d'un événement unique indésirable : la défaillance.

### 2.7.4 Méthodes déductives

Fondée sur la question : qu'est ce qui peut être à l'origine de ?

Pour les méthodes déductives, la démarche est inversée puisque l'on part de l'événement indésirable, la défaillance, et l'on recherche ensuite par une approche descendante toutes les causes possibles.

### 2.7.5 Méthodes statiques

Permet d'étudier un système à différents instants de son cycle de vie, c'est-à-dire pour différents états possibles, sans pour autant s'intéresser aux transitions entre ces états.

### 2.7.6 Méthodes dynamiques

Permet de prendre en compte l'évolution de la configuration des composants du système au cours du temps.

Les classifications choisies, et présentées ci-dessous nous semblent être les plus significatives et celles qui expliquent le mieux la diversité des méthodes rencontrées dans le domaine de l'analyse des risques dans le domaine de la construction. Elles peuvent être à la fois qualitatives ou quantitatives, inductives ou déductives et statiques ou dynamiques.

Nous regrouperont toutes ces méthodes décrites ci-dessus en deux grandes familles [Zwingelstein, 95] : les méthodes internes et les méthodes externes d'analyse de risques.

### **2.7.7 Les méthodes internes**

Reposent sur la connaissance profonde du fonctionnement des systèmes étudiées qui permettent par modélisation la prédiction de comportement futurs.

Ces méthodes comprennent deux approches :

#### **2.7.7.1 La modélisation physique**

Qui suppose une représentation des systèmes sous forme de modèles physiques et mathématiques, rendant compte des processus de dégradation du système.

Elle implique une connaissance approfondie du système et sa représentation sous la forme de modèles physiques et mathématiques, appuyés par la simulation numérique. [Peyras L., 2002]

Cette approche est la plus privilégiée de l'analyse de risques dans le génie civil traditionnel. Elle s'intéresse aux mécanismes et aux lois de comportement des matériaux et des structures. Ces dernières années, elle connaît des développements importants dans le domaine du calcul numérique : éléments finis, éléments discrets. La modélisation physique permet d'apprécier la sécurité d'un ouvrage vis-à-vis d'un phénomène préjudiciable ou de prévoir l'évolution d'un comportement. On propose ainsi un classement des modèles physiques en deux catégories :

*a. Les modèles d'états limites*

Les modèles d'états-limites s'attachent à représenter soit les pertes de fonctionnalité d'un ouvrage (les états-limites de service), soit les modes de ruine ou les pertes d'équilibre statique (les états-limites ultimes). Au moyen d'équations régissant les conditions d'états-limites, on évalue le niveau de sécurité d'une structure vis-à-vis de chaque phénomène préjudiciable dans les conditions réelles d'exploitation.

Dans l'approche déterministe, le projeteur s'attache à vérifier que les contraintes développées dans la structure restent inférieures aux contraintes admissibles du matériau ou de la structure [Calgaro, 96].

Dans l'approche probabiliste, les actions et résistances sont considérées comme des variables aléatoires, auxquelles sont associées des lois de probabilité. La probabilité d'atteindre un état-limite est définie comme la probabilité que la résistance soit inférieure aux sollicitations pendant une durée de référence et on vérifie que cette probabilité reste inférieure à une valeur donnée à l'avance [Calgaro, 96].

On ne connaît pas de domaine du génie civil utilisant dans la pratique quotidienne un format de justification purement probabiliste. En revanche, dans les règlements du génie civil traditionnel (fascicules du CCTG, Eurocodes, BAEL 80), les états-limites sont justifiés à partir de méthodes semi-probabilistes.

#### *b. Les modèles d'étude de comportement des matériaux et des ouvrages*

Il s'agit de représentations physiques, mécaniques, hydromécaniques, de modèles couplés permettant d'évaluer des déplacements, des déformations, des contraintes, des flux (de matière, de chaleur ...). Ces modèles permettent alors de prévoir la réponse de structures à différents scénarios. Ils sont généralement utilisés pour une analyse approfondie, sur un ouvrage donné, pour examiner un mécanisme particulier, par rapport à un ensemble bien défini de sollicitations.

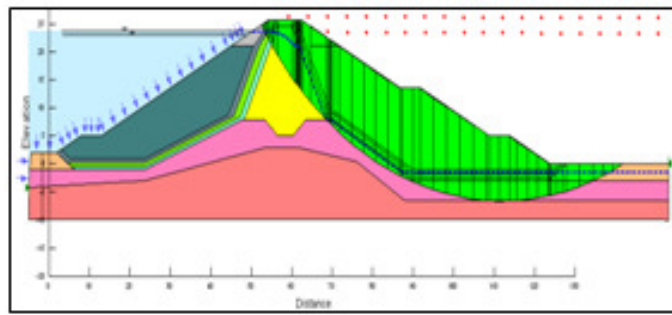
Les modèles d'analyse du comportement sont mis en œuvre en diagnostic et en analyse de risques afin d'apprécier la normalité des déplacements ou des écoulements, d'évaluer les déplacements futurs ou de déterminer les contraintes et les déformations.

Ces modèles permettent alors de prévoir la réponse de structures à différents scénarios. Ils sont généralement utilisés pour une analyse approfondie, sur un ouvrage donné, pour

examiner un mécanisme particulier, par rapport à un ensemble bien défini de sollicitations.

Les modèles d'analyse du comportement sont mis en œuvre en diagnostic et en analyse de risques afin d'apprécier la normalité des déplacements ou des écoulements, d'évaluer les déplacements futurs ou de déterminer les contraintes et les déformations. A titre d'illustration, la figure 2.10 présente un exemple de modélisation de la stabilité au glissement d'un barrage en remblai sous sollicitations sismiques. [Bourdarot, 01]

La modélisation mécanique est la démarche privilégiée en Génie Civil pour une analyse précise du comportement des ouvrages.



**Figure 2.10** Exemple de modélisation de la stabilité au glissement d'un barrage en remblai sous sollicitation sismique [Bourdarot, 01]

➤ Cas de prise en compte des risques liés aux actions

Les actions s'exerçant sur un ouvrage induisent des efforts, des contraintes, des déplacements, dont il convient de s'assurer qu'ils restent compatibles avec les exigences définies dans les modèles de calculs utilisés pour la justification aux états-limites.

On distingue les actions permanentes, des actions variables et des actions accidentelles.

- Actions permanentes : Ce sont les mieux connues. Elles comprennent les actions continues, dont l'intensité est constante ou très peu variable dans le temps. Elles sont notées (G). Le poids propre des ouvrages et de leurs équipements, la poussée des terres, les efforts de précontraintes et certaines actions d'exploitation (actions de l'eau sur les barrages) font partie des actions permanentes.
- Actions variables : Sont celles dont l'intensité varie fréquemment de façon importante dans le temps. Elles sont notées (Q). Leur degré de variabilité aussi bien

que les échelles temporelles de fluctuation dépendent des actions concernées : vent, neige, actions dues au trafic de véhicules, charges d'exploitation des ouvrages.

- Actions accidentelles : Elles proviennent de phénomènes se produisent très rarement : chocs, explosions, etc. Elles sont notées (A). Certaines actions, comme les actions sismiques ou celles dues à la neige peuvent être considérées comme accidentelles et /ou variables selon le lieu : la neige à Chéraga en montagne est attendue et sera modélisée comme action variable, alors qu'une chute exceptionnelle de neige à Tlemcen relève du chargement accidentel.

Pour ces trois familles d'actions, on souhaite estimer la probabilité d'occurrence d'une intensité donnée d'action pendant une durée de référence. Il faut donc répondre a trois questions :

- Choisir une durée de référence
- Choisir une valeur représentative de l'action
- Calculer la probabilité de dépassement correspondante

➤ Cas de prise en compte des risques liés aux matériaux

Les ouvrages de génie civil ont tous en commun de mettre en œuvre des matériaux de construction (de nature diverse : béton, aciers, bois, maçonnerie, polymères, etc.) et de reposer sur le sol, qu'il s'agisse du terrain naturel ou de remblai. La méconnaissance des propriétés de ces matériaux peut être source de risque :

Les matériaux ne constituent que l'un des points faibles de la chaîne de fiabilité des ouvrages. Prévoir le comportement et le degré de fiabilité d'un composant ou d'un ouvrage exige une connaissance précise des propriétés des matériaux et des actions qui leur sont appliquées. Les matériaux utilisés en génie civil possèdent à un plus ou moins fort degré un point commun : leur comportement est aléatoire, au sens où les propriétés physiques ou mécaniques d'un échantillon ne peuvent être prédites avec exactitude, mais seulement estimées.

Ces différences peuvent s'expliquer par des raisons naturelles pour les sols (dont les propriétés résultent des processus géologiques d'érosion, transport, sédimentation). Elles peuvent aussi s'expliquer par le processus d'élaboration de béton lors de la formulation

et aussi en fonction du niveau d'équipement de centrales ou encore de la fabrication du béton sur chantier ou en usine.

La maîtrise des risques liés à l'utilisation des matériaux impose de maîtriser les effets de leurs variabilités pour tenir compte des situations probables les plus défavorables. On dispose pour ce faire de trois voies d'actions : [Breysse D. ,2009 T3]

- L'identification du caractère aléatoire du matériau : c'est l'un des enjeux cruciaux de la reconnaissance des sols par exemple, qui doit identifier, au delà du caractère moyen des matériaux rencontrés, le risque d'anomalies, de points faibles. C'est aussi l'enjeu des campagnes de contrôle des matériaux manufacturés, dont on doit s'assurer que les propriétés demeurent, en dépit de leurs variabilités irréductibles, à l'intérieur de plages maîtrisées.
- la réduction éventuelle de cette variabilité par l'amélioration des caractéristiques des matériaux naturels (renforcement ou traitement des sols) ou par un plus grand soin apporté à la fabrication. Le recours à des composants préfabriqués en usine permettra par exemple de réduire la variabilité.
- la modélisation de la variabilité du matériau et de ses effets.

#### ***2.7.7.2 Analyse des risques par la sûreté de fonctionnement***

Elle est définie comme la science des défaillances, est moins classique en génie civil. Les approches fiabilistes y sont généralement peu présentes, car très souvent les données statistiques sont peu nombreuses, ou les mesures expérimentales difficiles.

Elle vise donc à évaluer la sûreté de fonctionnement d'un système (industriel ou de génie civil), c'est-à-dire l'aptitude du dit système à accomplir une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données [Villemeur, 88].

Il existe différentes techniques qui permettent la modélisation fonctionnelle des systèmes : l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE), l'AMDE complétée par une analyse de la Criticité (AMDEC), MADS MOSAR, HAZOP, les méthodes de l'Arbre des Conséquences ou d'Evénements,... Elles sont partie intégrante de la Sûreté de Fonctionnement.

Le principe des méthodes de modélisation fonctionnelle est de déterminer les interactions entre les composants du système et son environnement, de façon à d'établir de manière formelle et exhaustive les liens entre les défaillances, leurs causes et leurs effets.

### **2.7.8 Les méthodes externes**

Elles s'appliquent dans des contextes où la modélisation des mécanismes (physiques ou fonctionnels) n'est techniquement pas possible ou pas adaptée au niveau de préoccupation, compte tenu de sa complexité ou de son coût. En fonction des informations disponibles, on distingue les méthodes basées sur l'analyse statistique et celles basées sur l'expertise.

#### ***2.7.8.1 Analyse à partir des statistiques***

Cette approche nécessite un retour d'expérience riche et parfaitement documenté, ce qui peut être le cas dans des parcs d'ouvrages homogènes (ou de matériels industriels identiques) ou pour les systèmes disposant de mesures abondantes. Les méthodes statistiques appliquées aux données du retour d'expérience (données statistiques au sein d'un parc homogène ou séries de mesures chronologiques attachées à un système) permettent d'établir des corrélations entre les défaillances et les symptômes et d'anticiper ensuite les comportements.

Quelques domaines particuliers du génie civil permettent une démarche d'analyse de risques à partir des statistiques. Il s'agit toujours de contextes où les données sur les défaillances des ouvrages sont abondantes et on trouve des traitements dans les ouvrages à grand linéaire, tels que les routes [Courilleau, 97] ou les réseaux enterrés [Laffréchine, 99]. Dans ces domaines, on recherche les corrélations entre les défaillances (fissuration ou déformation d'une chaussée ; fissures, cassures ou fuites d'une canalisation) et un certain nombre de facteurs explicatifs (âge, matériaux de la structure, environnement du système...). Une fois établie l'influence des principaux facteurs, il est alors possible de prévoir les défaillances d'un ouvrage en fonction de la valeur des paramètres qui lui sont propres (son âge, sa composition, son environnement) [Talon et al ,2009].

### 2.7.8.2 Analyse par l'expertise

En présence d'un nombre réduit (voire unique) d'ouvrages et en absence de modèle de comportement, l'expert humain est le seul éventuellement capable de prévoir l'évolution d'un système. L'expertise revêt une importance particulière en génie civil [Talon et al, 2009].

On définit l'expert comme une personne disposant d'un savoir et d'un savoir-faire ; son raisonnement fait appel à ses connaissances théoriques (connaissance fine du système dont il est expert) et à la longue expérience dont il tire des précédents et son savoir-faire [Zwingelstein, 95]. Dans une approche d'analyse de risques basée sur l'expertise, l'expert adopte un raisonnement par analogie : il cherche à prévoir les évolutions futures des dégradations d'un ouvrage soumis à un mécanisme, en examinant le comportement d'ouvrages de même type déjà connus de lui. L'expert peut alors évaluer le temps nécessaire pour que de nouvelles dégradations apparaissent et les conséquences associées, puis anticiper les évolutions et définir les dispositions correctives pertinentes : réparation, confortement, mesures d'urgence...

Face à un parc d'ouvrages hétérogènes ou d'ouvrages homogènes en petit nombre, dans des contextes d'ouvrages mal connus, les données disponibles sont souvent en petite quantité, incomplètes et imprécises [Boissier, 2000]. La façon la plus simple d'évaluer les évolutions des ouvrages est alors d'examiner les lois d'évolution d'ouvrages existants de même conception et ayant connu des mécanismes analogues. Quelques gestionnaires de parcs d'ouvrages hétérogènes pratiquent cette approche basée sur le retour d'expérience et appuyée par l'expertise, à l'instar de la SNCF sur son parc de tunnels en briques [Crémona, 2003].

En synthèse, l'analyse de risques par expertise est mise en œuvre dans les contextes où la modélisation physique ou fonctionnelle n'est pas possible (à un coût raisonnable) et où les données sont peu abondantes. L'expert est alors le seul capable de prévoir l'évolution d'un système et ses défaillances potentielles. Certains domaines du génie civil, à l'instar des ouvrages de la SNCF ou encore des barrages, ont formalisé cette approche par le développement d'outils d'aide à l'expertise basés sur la capitalisation des connaissances experte et du retour d'expérience.

Elle intervient dans toutes les approches examinées précédemment :



- pour le calage des hypothèses des modèles physiques (actions, résistances des matériaux) ;
- pour l'évaluation des probabilités subjectives dans les modèles fonctionnels ;
- pour la vérification des données d'auscultation dans les modèles statistiques.

Dans ces modèles, l'expertise permet en outre l'interprétation et la validation des résultats.

D'autre part, lors d'un diagnostic approfondi d'un ouvrage, les différentes approches sont complémentaires et peuvent être conduites simultanément. L'expert intervient alors pour synthétiser l'ensemble des résultats et donner les conclusions. [Peyras L., 2002]

**Remarque** D'autres méthodes d'analyse du projet- risque comme SWOT ,COCOMO ,... utilisées pour apprécier la faisabilité d'un projet , viennent enrichir la boîte à outils du risk-manager [Belkhatir A., 2010] , ou encore la méthode RBS qui est la décomposition de la structure des risques sous une forme arborescente calquée sur l'organigramme des tâches (WBS - work breakdown structure), normalisée en France, et utilisée dans le prochain chapitre.

## 2.8 CONCLUSION

Au terme de cette synthèse, il apparait que la recherche en maitrise des risques, semble être un sujet émergent, une préoccupation récente des chercheurs et entreprises de construction, que ce soit lors de la conception des ouvrages, de leurs construction, de leur exploitation, et éventuellement de leur démantèlement.

Dans ce chapitre, nous avons commencé par définir précisément le risque et ses notions associées avant de décrire globalement en nous appuyant sur la nouvelle norme ISO 31000, les principes et les enjeux des maitrises des risques. On montre aussi, en nous appuyant sur quelques exemples réels survenus en Algérie récemment, l'accroissement des risques dans le secteur de construction.

Nous avons aussi introduit le concept de perception et d'aversion au risque, qui établiront un cadre formel pour expliquer les préférences que peuvent avoir les acteurs dans les situations à risques

A la fin de ce chapitre on a présenté les quatre familles d'approches de l'analyse de risques, valables dans l'industrie comme en génie civil : la modélisation physique, la modélisation fonctionnelle par les méthodes de la Sûreté de Fonctionnement, les statistiques et l'expertise.

Ce panorama des approches de l'analyse de risques montre l'intérêt et les limites des différentes approches, selon que l'on recherche des résultats précis (modélisation physique des comportements et approche par les statistiques), des résultats de premier ordre de grandeur ou rapides (approche experte), des niveaux de sécurité (modèles physiques aux états-limites) ou des mesures de sûreté de fonctionnement (approche par la Sûreté de Fonctionnement), selon que l'on dispose de nombreuses données (modèles statistiques) ou de peu de données (approche experte).

En Algérie la gestion des risques dans l'industrie de la construction est une notion " nouvelle " qu'il faut encore définir, faire découvrir et légitimer , les différentes parties prenantes du secteur et les risks-managers, ont besoin d'outils pour anticiper et réagir aux défaillances des ouvrages afin de mener des actions appropriées aux risques potentiels en réduisant la vulnérabilité et en protégeant les enjeux (humains, matériels).

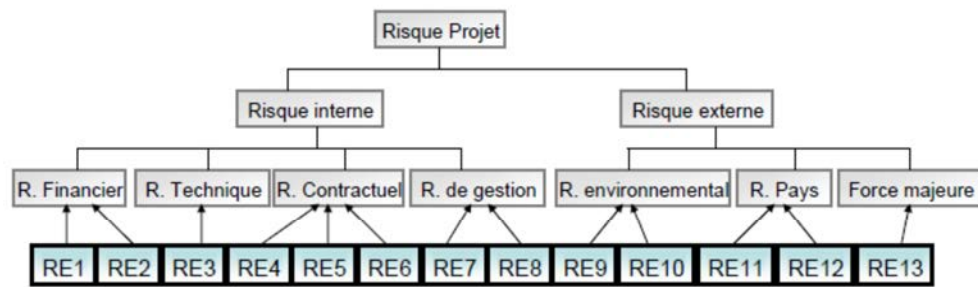
A cet effet le chapitre suivant est consacré à un cas pratique, ou une méthodologie innovante « Risk Breakdown Structure (RBS) » pour l'analyse des risques avec REX dans un environnement Algérien sera développée.

## **LES RBS ALIMENTES PAR L'EXPERTISE**

### ***Une méthodologie innovante pour l'analyse des risques dans un environnement Algérien***

#### **3.1. INTRODUCTION**

Les projets de construction sont soumis à de nombreux aléas pouvant avoir des conséquences importantes sur la réussite du projet. Ainsi, la maîtrise des risques est indispensable à une bonne gestion de projet. Pour cela, il est nécessaire de passer par une formalisation efficace des risques. Par ailleurs, la formalisation est un moyen de partager l'expérience en favorisant la compréhension et la discussion au moyen de représentations explicites. Notre choix dans cette thèse s'est orienté sur le Risk Breakdown Structure (RBS) qui constitue une modélisation hiérarchisée des risques du projet [Chapman, 2001]. Elle se présente sous la forme d'arbre composé de catégories de risques (RC) liées par des relations père/fils et d'évènements risqués (RE) qui en constituent les feuilles (Figure 3. 1). Les RBS ont été utilisés avec succès dans de précédents travaux pour les projets de construction [Ebrahimnejad et al, 2010 ; El-Sayegh S.M., 2008 ; Hamzaoui F. et al, 2014].



**Figure 3.1** Exemple de RBS

Les RBS ne constituent pas en eux-mêmes un processus d'aide à la décision ; ils sont une formalisation des risques sur laquelle ensuite peuvent venir s'implémenter des méthodes décisionnelles telles que ELECTRE [Roy, 1993] par exemple. Les risques dans les projets se déroulent selon un processus dynamique : au fil du projet certains risques vont disparaître (non réalisation de l'aléa), d'autres vont conduire à un événement non souhaité induisant ainsi un effet négatif vis-à-vis des objectifs. Le management des risques durant un projet nécessite donc une vision dynamique des risques.

Ce chapitre s'attache donc à montrer comment le support d'analyse que constitue le RBS peut être employé pour une bonne maîtrise des risques d'un projet dans le secteur de la construction en utilisant l'expertise, d'une part à la décomposition chronologique du projet (différentes phases) et d'autre part à la décomposition organisationnelle du projet (acteurs projet). Ce processus formalisé s'adapte au caractère dynamique et évolutif du projet, au niveau de détail souhaité et à la vision de l'acteur qui fait le management des risques durant tout le cycle de vie du projet.

## 3.2. PRINCIPE DE LA METHODE

### 3.2.1 Principe de la méthode retenue

L'une des difficultés de l'utilisation des RBS porte sur la construction d'un RBS adapté au projet. Ce dernier doit permettre l'atteinte de différents objectifs :

- Chaque acteur obtient son propre point de vue sur le projet

- Les RBS sont évolutifs au cours du projet : les branches sont plus ou moins développées (ou remplacées par d'autres) en fonction du niveau d'information disponible et du niveau de détail souhaité.
- Les informations peuvent être propagées le long de ses branches, depuis les niveaux inférieurs jusqu'au sommet. Le procédé génère tous les RBS possibles, puis en utilisant une analyse multicritères, il sélectionne le RBS le plus approprié en fonction de la phase du projet, des différentes parties prenantes du projet et des objectifs du projet (coût, délai, qualité).

[Mehdizadeh et al, 2011] ont proposé une méthode de construction de RBS adaptés pour les projets de construction.

### 3.2.2 Processus de construction d'un RBS

La méthode se compose de six phases successives :

- 1) Définition des objectifs et des exigences de l'utilisateur
- 2) Identification des événements risqués
- 3) Génération de tous les RBS homogènes possibles
- 4) Classement des RBS en fonction des critères de qualité (exposés ci-après)
- 5) Sélection du meilleur RBS (meilleur classement)
- 6) Amélioration de la qualité de l'arbre sélectionné par des ajustements sur les branches.

### 3.2.3 Définition des critères de qualité d'un RBS

Il faut définir sur quels critères le RBS peut être classé et sectionné, en d'autres termes les critères définissant ce qui est un « bon » RBS :

- Un RBS doit couvrir l'ensemble des REs pris en compte dans un projet donné.
- Les branches des RBS doivent être élaborées à un niveau «convenable» (ni trop détaillé, ni trop peu). Ce critère évalue l'adéquation du niveau de détail du RBS. Dans un RBS, un RC est appelé la "catégorie de niveau bas" si elle n'est plus décomposée et est située à l'extrémité d'une branche. Une note quantitative

(Nconvenience) est calculée sur le nombre d'événements de risque attaché à chaque "bas RC".

- Un RBS doit pouvoir décomposer les risques selon le point de vue souhaité par l'utilisateur: quels sont ses objectifs ? Sur quelles performances veut-il se concentrer ? Ce critère correspond à la capacité du RBS pour bien montrer ce qui est important pour l'utilisateur. Selon le contexte, l'utilisateur peut préférer se concentrer sur les phases d'un projet, d'un acteur donné (lui-même, par exemple!). Ou sur certains éléments des objectifs du projet (coût, délai, qualité). Trois notes (Nphases, Nstakeholder, Nobjectives) sont calculées pour chaque RBS.
- Un RBS doit décomposer les risques de manière à mettre en évidence les plus importants. L'application de ce critère nécessite de connaître la valeur risque des RE et RC. L'idée est de favoriser les RBS ayant le meilleur contraste entre les domaines risqués et non risqués et est quantitativement représentées par une note Ncontrast pour chaque RBS. C'est sur la base de l'ensemble des cinq notes (Nconvenience, Nphases, Nstakeholder, Nobjectives, Ncontrast) que tout les RBS peuvent être comparées et les meilleurs sélectionnés via un processus final de décision multicritère. La méthode propose de calculer un score global de la qualité (Nglobal) pour chaque RBS, est une méthode simple qui est la moyenne pondérée des cinq notes sur la qualité. A partir de ce score, les RBS peuvent être hiérarchisés et le meilleur sélectionnés. [Mehdizadeh et al ,2012 b].

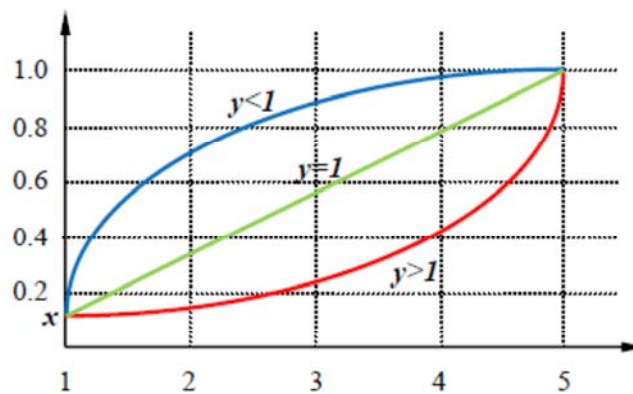
### 3.2.4 Evaluation d'un RBS

Une fois que le RBS est construit, le risque peut être évalué selon le modèle proposé par [Mehdizadeh et al, 2012 a]. La méthode d'évaluation est conçue pour être compatible avec l'approche adoptée pour la construction du RBS. Quatre caractéristiques de risque doivent être évalués pour chaque événement risqué: la probabilité d'occurrence et de leur impact sur trois objectifs (coût, délais et qualité de l'exécution des travaux par rapport au niveau attendu). La méthode fournit un double système d'évaluation: par score (qualitative) ou notes ordinales (1, 2, 3,...) et par des valeurs continues ou cardinales (quantitatives en dinars pour le coût, et en mois pour le délai) sur lesquels il est possible d'ajouter des incertitudes. L'évaluation nécessite la définition d'une grille de

qualification qui sert de support pour la conversion qualitative /quantitative et inversement.

L'approche proposée par [Mehdizadeh et al, 2012 a] est basée sur un système de fonction d'utilité [Keeney et Raiffa, 1976]. Elle nécessite la définition de trois paramètres. Pour les deux premiers paramètres (x et y), il est possible de changer les partitions de performance (N) en des valeurs continues (VCR), en utilisant l'équation [3.1] où " x " est la valeur de N = 1 (valeur élémentaire, celle donnée par un risque de niveau 1), et " y " fournit la concavité de la courbe. Les paramètres x et y sont définies pour garantir la cohérence entre l'équation et la perception du décideur sur l'impact de la performance.

$$VCR(N) = x + (1 - x) \left( \frac{N-1}{4} \right)^y \quad [3.1]$$



**Figure 3.2** Courbe de référence

Le troisième paramètre est l'aversion à l'incertitude. L'incertitude est considérée ici au sens de l'ambiguïté [Ellsberg D., 1961]; elle traduit le flou qu'il y a autour des données et notamment autour de l'évaluation de probabilité. Le paramètre (noté  $\alpha$ ) permet ainsi de tenir compte de la préférence du décideur dans une situation d'incertitude, plus ce paramètre est proche de 1, plus l'utilisateur est considéré comme adverse à l'incertitude.

Dans ce cas, on procédera de la manière suivante :

- Les caractéristiques exprimées sont seulement des notes, on utilise alors la formule [3.2] suivante :

$$VR_i = \alpha \cdot BSi + (1 - \alpha) \cdot BI_i \quad [3.2]$$

$\alpha$  Coefficient d'aversion à l'incertitude

$BI_i$  Borne inférieure de la note  $i$

$BSi$  Borne supérieure de la note  $i$

$VR_i$  Valeur correspondant à la note  $i$

- Les caractéristiques exprimées sont prises en compte avec des incertitudes, on utilise alors la formule [3.3] suivante :

$$V = \alpha \cdot VM (1 + Ic) + (1 - \alpha) \cdot VM (1 - Ic) \quad [3.3]$$

$\alpha$  Coefficient d'aversion à l'incertitude

$V$  Valeur considérée pour cette caractéristique

$VM$  Valeur moyenne

$Ic$  Incertitude

Ces paramètres étant donnés, il est possible d'évaluer les événements risqués. L'évaluation peut être faite par des experts ou par l'analyse statistique. De la combinaison de la probabilité et l'impact (sur l'échelle d'utilité), on obtient une évaluation des risques sur les trois objectifs du projet: coût, délai et de performance pour les événements à risque. Ensuite, la méthode utilise une logique d'agrégation. De l'évaluation des événements de risque, elle permet de calculer les risques des différentes catégories de risque. Il ya deux regroupements distincts à l'aide de deux logiques d'agrégation :

- L'agrégation des risques sur chaque objectif afin d'obtenir une évaluation globale,
- L'agrégation des risques à travers les branches des arbres, de l'évaluation locale à l'évaluation globale.

La première utilise une approche spécifique en détail dans [Mehdizadeh ,2012 a]. Pour chaque objectif (délai, coût et performance), le risque sur chaque RC est calculé en additionnant les valeurs des RE liés. Les RE liées correspondent à l'ensemble des RES qui sont directement attachés au RC considéré ou à ses sous-catégories. La seconde est basée sur ELECTRE-Tri [Almeida-Dias, 2010; Yu, 1992].



### 3.2.5 Evolution d'un RBS

Comme exposé dans l'introduction, la nature dynamique des risques du projet est l'une des principales difficultés de la gestion des risques. Pour tenir compte de ce problème, l'analyse des risques doit évoluer tout au long du cycle de vie du projet. A chaque phase (faisabilité, mise en œuvre ...) la formalisation des risques doit être la plus pertinente en fonction de l'information disponible et les objectifs actuels. L'objectif est d'être en mesure, au cours du déroulement du projet, de mettre à jour à chaque nouvel événement (ajouter des informations et/ou modifications des objectifs), la représentation et l'évaluation du risque.

Une fois le RBS construit, le risque peut être évalué par la méthode Medizadeh. Il permet de prendre en compte la phase sur laquelle il faut faire attention. Deuxièmement, la méthode et l'outil d'aide à la décision ont facilité la gestion des événements de risque. Ce processus simplifie l'ajout ou l'annulation des événements risqués en utilisant une base de données (liste des événements de risques possibles relatifs à la situation). L'évaluation des risques est également facilitée par le système d'agrégation. Un changement sur une évaluation des événements de risque pourrait modifier instantanément l'évaluation du risque global. Pour mettre à jour la représentation du risque, il serait nécessaire de modifier seulement quelques valeurs initiales. Cette simplicité permet d'avoir une mise à jour régulière de projet RBS. La méthode proposée ne consiste pas en un système dynamique autonome, mais plutôt en un système où le manager des risques peut faire évoluer son analyse en fonction des informations reçues.

## 3.3 PRESENTATION DU CAS D'ETUDE

La méthodologie développée pour formaliser et quantifier les risques de manière dynamique est illustrée sur un projet réel [Hamzaoui et al, 2011]. Celui-ci concerne la construction d'une ligne ferroviaire dans le sud Algérien reliant les villes de Mechria et de Bechar (Figure 3.3). Le projet, qui vient d'être achevé, a été soumis à de nombreux aléas qui ont engendré des conséquences majeures sur son déroulement (retards et surcoûts importants).

L'ancienne ligne Mecheria-Bechar était à voie étroite (écartement = 1,05 mètres) et son état de vétusté a conduit l'état et la SNTF (Société nationale des Transports Ferroviaires) à entreprendre son remplacement par une voie à écartement normal (1,435 mètres) répondant ainsi aux critères de modernité des transports ferroviaires.

Les travaux comprennent :

- Les travaux de voie, qui nécessite la fourniture de 45.000 tonnes de rails, 121 appareils de voie, 700.000 traverses en béton bi-bloc et 2.800.000 attaches élastiques,
- La construction de 20 ouvrages d'art (9 ponts-rails et 11 ponts-routes),
- L'exécution de 5.000.000 m<sup>3</sup> de terrassements,
- La mise en œuvre de 1.500.000 m<sup>3</sup> de couches d'assise et de fondation ainsi que 1.500.000 m<sup>3</sup> de couches de sous-ballast et de ballast,
- La construction de 5 gares voyageurs et marchandises,
- La construction de 3 haltes, et plusieurs ouvrages de drainage.



**Figure 3.3** Présentation du projet étudié.

Le projet disposait d'un budget 38 000 MDA (millions de dinars) –environ 381,5 M€- et d'un délai de réalisation de 40 mois. L'absence quasi-totale de management du risque

au cours de la réalisation du projet, malgré la complexité technique, organisationnelle et environnementale du projet a engendré des conséquences sérieuses sur le déroulement du projet.

### **3.4 CONSTRUCTION ET EVOLUTION INITIALE D'UN RBS**

#### **3.4.1 Construction d'un RBS adapté au début du projet**

La démarche de [Medizadeh, 2010] est utilisée pour construire le RBS correspondant à ce projet. Elle propose, à partir d'une analyse multicritère, de déterminer le RBS le plus adapté à chaque projet selon la phase, l'acteur concerné et son objectif.

##### **3.4.1.1 Identification des événements risqués (RE)**

La première étape consiste à identifier les événements risqués présents sur le projet. Pour le projet de voirie, 27 événements risqués importants ont été identifiés (Tableau 3. 1). Certains de ces événements risqués sont classiques et sont tirés directement de la liste des RE dans la liste de la base des données en annexe. D'autres sont en revanche véritablement spécifiques à ce projet (par exemple le risque d'ensablement ou celui lié à la présence des mines)

**Tableau 3.1** Liste des RE identifiés.

RE	Description
4	Accident ou incident durant la phase d'exécution
5	Difficulté financière d'une entreprise
6	Températures extrêmes non prévues
19	Compétence insuffisante des bureaux d'études
20	Difficulté à concevoir l'implantation en raison de conditions géotechniques particulières à la région
22	Equipe de conception peu familière avec une nouvelle technologie
23	Solutions techniques peu fiables retenues
27	Problèmes de communication entre les acteurs du projet
30	Planning irréaliste en raison d'informations manquantes ou erronées
36	Evaluation ou estimation incorrectes par le MO en phase de faisabilité
38	Faillite d'une entreprise
45	Risque naturel durant la phase de réalisation (séisme, tempête, inondation...)
52	Problèmes sur la fourniture des matériaux
56	Conflit avec le gestionnaire des réseaux existants
79	Conflit contractuel de l'équipe de conception
149	Eléments exécutés non conformes aux plans
155	Erreur technique dans la réalisation d'un élément de l'ouvrage
157	Incohérences dans le planning en raison de problèmes de communication
317	Ensablement
318	Présence de mines
319	Conflit contractuel entre le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre
320	Problèmes avec les sous-traitants
321	Changement de l'équipe de gestion du projet
322	Etudes géotechniques et hydrologiques lacunaires
323	Changement de maître d'ouvrage durant la réalisation
324	Incapacité d'une entreprise à réaliser sa tâche
325	Corruption durant la passation des contrats

### 3.4.1.2 Construction du RBS adapté

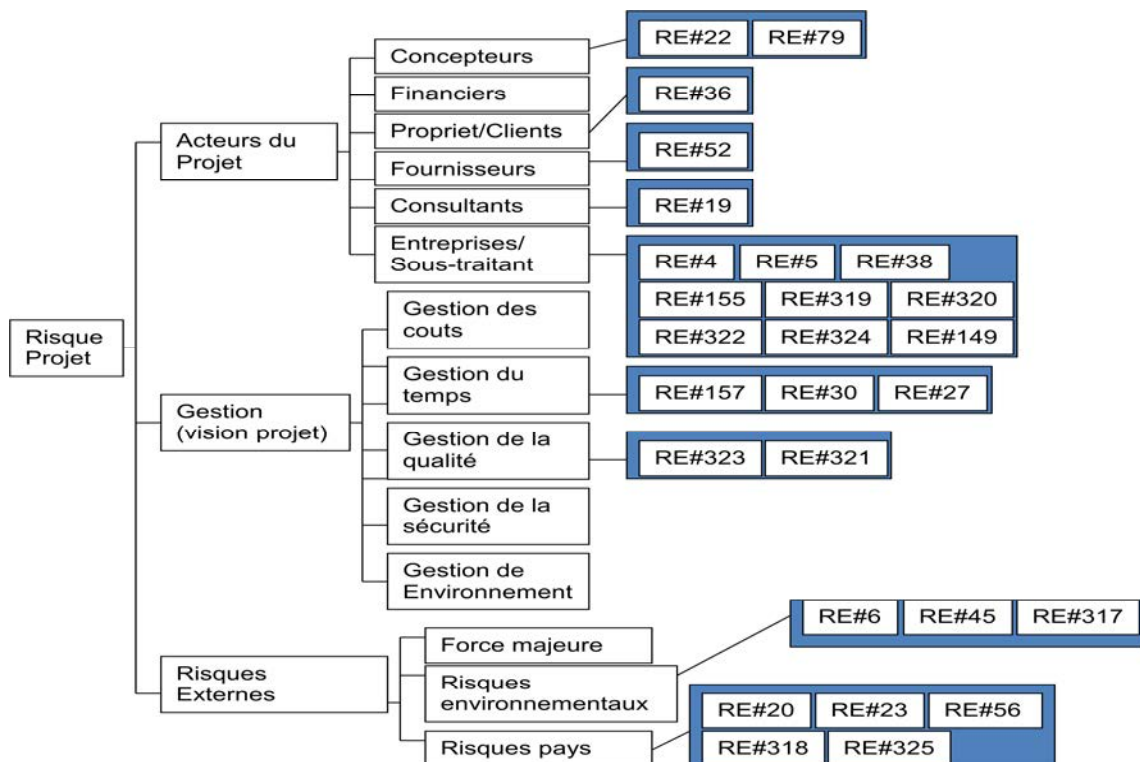
Afin de pouvoir construire un RBS adapté au sens de Medizadeh, il faut pouvoir renseigner un certain nombre d'informations ; celles-ci sont données dans le (Tableau 3. 2). La méthode se base aussi sur l'évaluation des événements risqués, afin de calculer le contraste de chaque RBS, c'est-à-dire, sa capacité à isoler (pour les mettre en lumière) les catégories de risque les plus critiques. L'évaluation des risques est exposée dans la partie 3.4.2.

**Tableau 3.2** Paramètres pour construction d'un RBS adapté

Questions		Réponses
Quels sont les types d'impact pertinents ? (Objectif)		Délai, coût et performance
A qui est destiné cette RBS ? (Acteur)		Projet (acteur neutre)
Quelle phase du RBS est mise en avant ? (Phase)		Projet global
Quel est le niveau de décomposition souhaité ?		3
Poids des critères d'évaluation des RBS	Objectif	0.2
	Acteur	0.2
	Phase	0.2
	Niveau	0.2
	Contraste	0.2

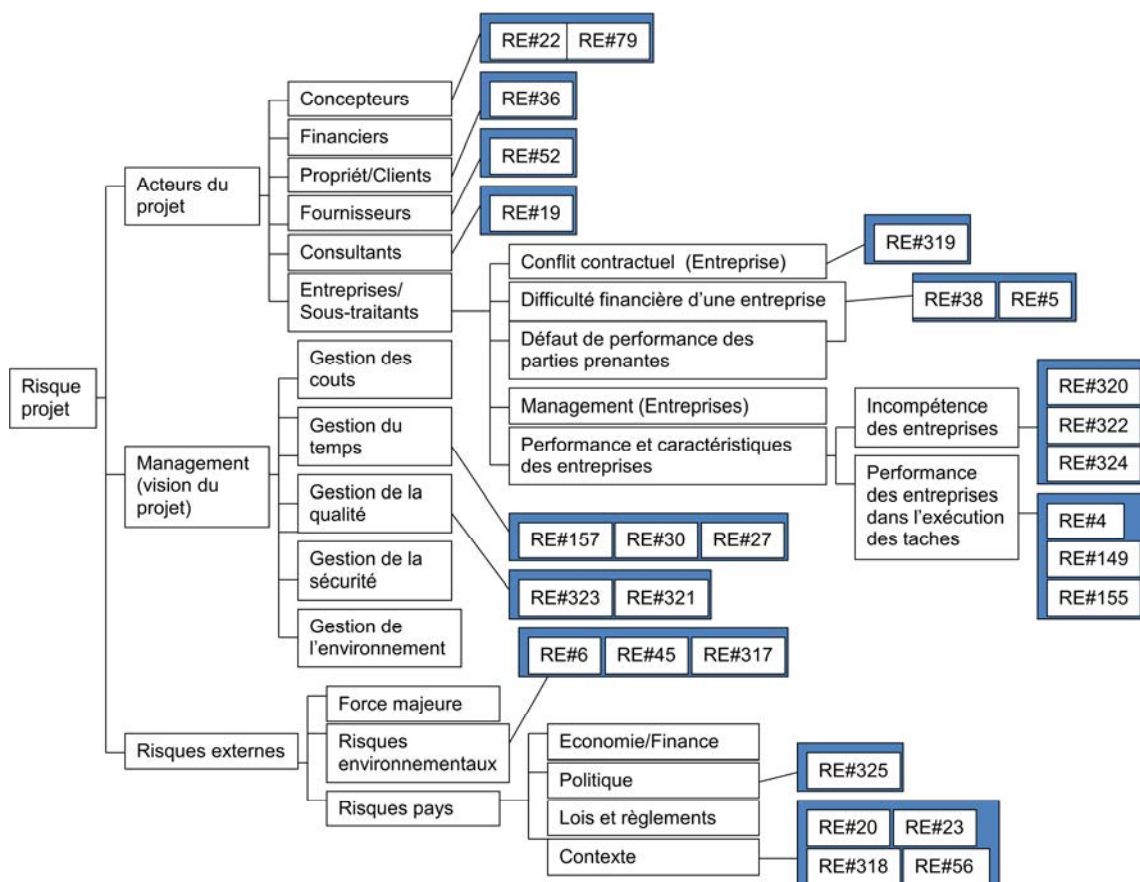
A partir de la réponse à ces questions, des RE identifiés et de leur évaluation, la méthode permet de déterminer le RBS le plus adapté, en se basant sur l'évaluation de cinq critères : Nconv, Nphases, Nstakeholder, Nobjectives et Ncontrast qui ont trait respectivement à la conformité au niveau de décomposition souhaitée, à la phase, l'acteur et les objectifs retenus et enfin au contraste.

La méthode (supportée par un logiciel Risk Management) a alors permis de construire le RBS le plus adapté (Figure 3.4).

**Figure 3.4** RBS retenue pour le début du projet.

La dernière partie de la méthode de Medizadeh consiste à retravailler les branches de l'arbre, c'est-à-dire d'en élaguer certaines et d'en développer d'autres, afin de rendre le RBS vraiment adapté au besoin. En effet l'arbre généré est de niveau constant dans toutes les branches, ce qui n'est pas forcément optimal.

Les branches avec de nombreux RE devraient être développées. Dans le cas présent, les améliorations suivantes ont consisté à développer les catégories «Sous-traitants / Entreprises et Risques pays» ce qui nous a permis de limiter le nombre des RE liés à chaque RC bas (figure 3.5).



**Figure 3.5** RBS sélectionné et modifié

### 3.4.2 Evaluation du RBS

A cette méthode, nous ajoutons le modèle d'évaluation des risques dans les RBS proposés par [Taillandier, 2011]. Ce mode d'évaluation basé sur deux échelles concomitantes (qualitative et quantitative), est prévu pour être compatible avec la

démarche de construction des RBS retenues. Il est aussi à même de considérer l'évolution des valeurs de risques durant le projet.

Quatre éléments seront évalués : La probabilité d'occurrence du risque, son impact en termes de coût, de délai et de performance (qualité de l'ouvrage par rapport au niveau attendu).

La méthode d'évaluation RBS nécessite de définir plusieurs paramètres (qualification grille, l'aversion au risque).

Pour l'aversion au risque, les paramètres ont été établis pour  $x = 10^{-4}$  et  $y = 4$  et  $\alpha=0.3$  dans ce projet. Ces valeurs ont été définies par un ensemble de tests (itératifs) afin d'ajuster la courbe de la préférence de l'analyse de projet.

### 3.4.2.1 Evaluation des événements risqués (RE)

L'utilisation de cette méthode exige donc la définition d'une grille de qualification servant de support à la conversion qualitatif-quantitatif. La grille exposée dans le Tableau 3. 3 a ainsi été définie pour ce projet.

**Tableau 3.3** Grille de qualification combinant évaluation qualitative/quantitative

Note	Impact						
	Probabilité		Coût(MDA)		Délai (jours)		Performance
	Classe	Borne	Classe	Borne	Classe	Borne	
		0		0		0	
1	Très improbable		Très faible		Très peu important		Très peu affectée
		1/100		100		20	
2	Peu probable		Faible		Peu important		Peu affectée
		1/30		500		50	
3	Assez peu probable		Peu élevé		Assez peu important		Assez peu affectée
		1/5		5000		150	
4	Probable		Elevé		Important		Affectée
		1/2		30 000		400	
5	Très probable		Très élevé		Très important		Très affectée
		1		100 000		10000	

A partir de ces grilles, il est possible d'évaluer les événements risqués. La méthode propose un double système d'évaluation : par note (qualitatif) et par des valeurs

continues (quantitative) ; il est possible d'adjoindre à ce dernier des incertitudes. Ces évaluations peuvent se faire par expertise, par analyse statistique. Le Tableau 3.4 présente les évaluations obtenues.

**Tableau 3.4** Evaluation de la probabilité et de l'impact des RE identifiés

RE	Probabilité			Coût			Délai			Perf.
	Moy	Incert	Note	Moy	Incert	Note	Moy	Incert	Note	Note
323	4%	10%		3	10%		20	10%		1
19	15%	10%		2	30%		40	20%		3
20	10%	10%		1	20%		20	10%		1
23	30%	20%		30	30%		80	30%		3
318										
56	10%	10%		0.1	20%		50	15%		1
4	4%	10%		1	30%		10	20%		1
5	20%	10%		5	10%				2	1
38	10%	10%		10	10%		60	30%		1
149	45%	10%		5	30%		20	30%		2
155	30%	20%		5	20%				1	2
319	5%	10%		10	50%		50	20%		1
320	10%	20%		10	20%		70	20%		2
322	30%	10%		50	30%		45	10%		2
324	15%	20%		1	20%		50	40%		3
22	10%	10%		1	30%		30	10%		2
79	20%	10%		10	20%				1	1
45			2			3	90	10%		3
317										
325	4%	20%		10	50%		25	20%		1
27	15%	35%		20	10%		30	10%		2
321	5%	10%		2	20%		45	10%		1
6	10%	10%		1	10%		20	25%		2
30	20%	20%		0	0%		80	20%		1
36	15%	10%				3			1	1
52	35%	10%				2	90	15%		1
157	30%	30%		0	0%		60	20%		1

Les événements risqués RE#318 (présence de mines) et RE#317 (ensablement) sont traités d'une façon particulière. Les deux parties suivantes leur sont consacrées.

### 3.4.2.2 Risque dû à la présence des mines

Le projet se situe dans le sud du pays, très proche de la ligne Morice. Cette zone, enjeu militaire durant la guerre d'Algérie, a été recouverte de mines. Le projet se trouve ainsi sur un site pollué par la présence des mines, pouvant engendrer une incidence financière



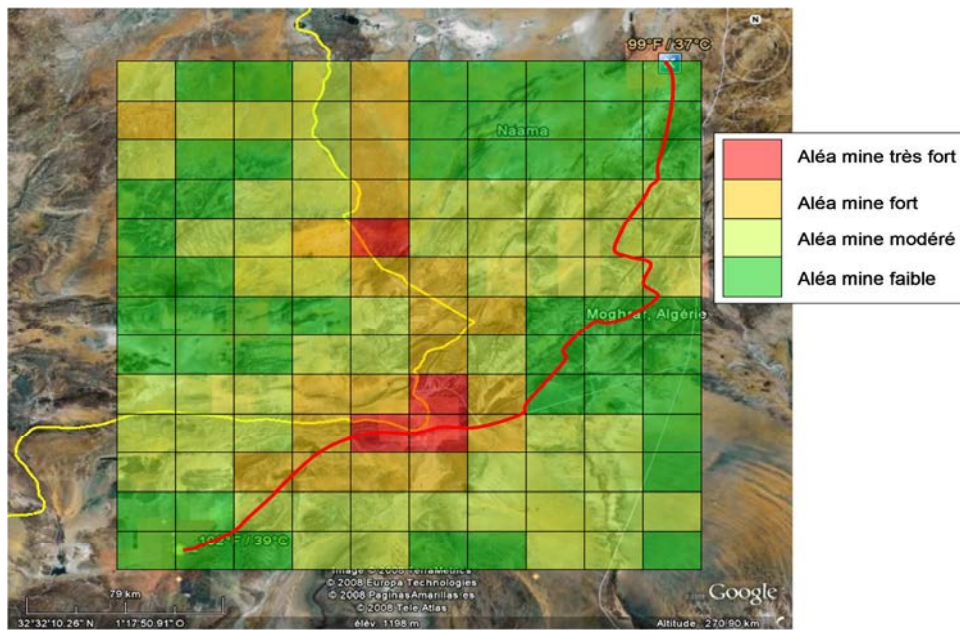
conséquente, un retard sur les délais et une perte de rendement considérable afin de déminer le site.

Des experts du PNUD ont estimé qu'il y avait environ trois millions de mines en place dans cette zone d'une superficie de 5700 Km<sup>2</sup> (ratio moyen de 526,31 mines/km<sup>2</sup>). Bien évidemment, la répartition des mines sur la zone n'est pas uniforme. En effet, on peut imaginer qu'en certains endroits, il ya une forte concentration de mines et qu'en d'autres, il n'y en a pas du tout. Pour modéliser ce point, on considère deux échelles de découpage de notre zone : la parcelle (150mx150m) et le territoire (20kmx15km). La distance de 150 m correspond à la largeur de l'emprise de la voie ; en effet, afin de réaliser la plate forme de la nouvelle voie il faut sécuriser au moins 75 m de part et d'autres de l'axe de la voie. Le nombre de mines effectivement présent sur une parcelle est déterminé à partir d'une distribution normale centrée sur sa valeur moyenne. Chaque parcelle contient une quantité moyenne de mine déterminée par sa typologie (Tableau 3.5).

**Tableau 3.5** Grille de qualification

Parcelle	Quantité de mine	Nombre moyen de mines	Territoire			
			Aléa faible	Aléa modéré	Aléa fort	Aléa très fort
P1	Très nombreuses	158	0.00%	2.00%	5.00%	10.00%
P2	Nombreuses	60	2.00%	10.00%	15.00%	20.00%
P3	Moyenne	12	5.00%	20.00%	30.00%	32.00%
P4	Peu nombreuses	3	8.00%	8.00%	7.00%	6.00%
P5	Très peu nombreuses	1	5.00%	4.00%	3.00%	2.00%
P6	Nulle	0	80.00%	56.00%	40.00%	30.00%

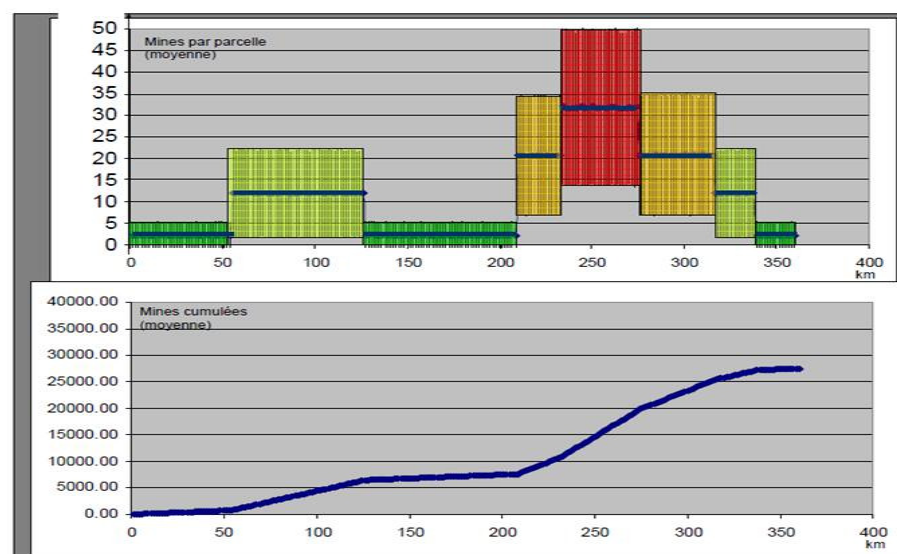
Comme pour les parcelles, on distingue les territoires par une typologie basée sur la force de l'aléa minier. Cela se traduira pour notre territoire par une répartition du nombre de parcelles appartenant aux différents types (Tableau 3.5). Il existe ainsi quatre types de territoire (aléa faible, aléa modéré, aléa fort, aléa très fort) dont la probabilité de contenir un grand nombre de mines est croissante. Les experts doivent alors établir, pour l'ensemble de la zone concernée par la voie ferrée, la grille composée de territoires, permettant de définir l'aléa dans chaque zone. Cette construction doit se faire à partir des données historiques (zones militairement stratégiques) et topographiques (zone où la praticabilité du terrain laisse supposer plus de mines). La Figure 3.6 présente un exemple de grille utilisé dans cet article.



**Figure 3.6** Grille des territoires pour l'aléa minier

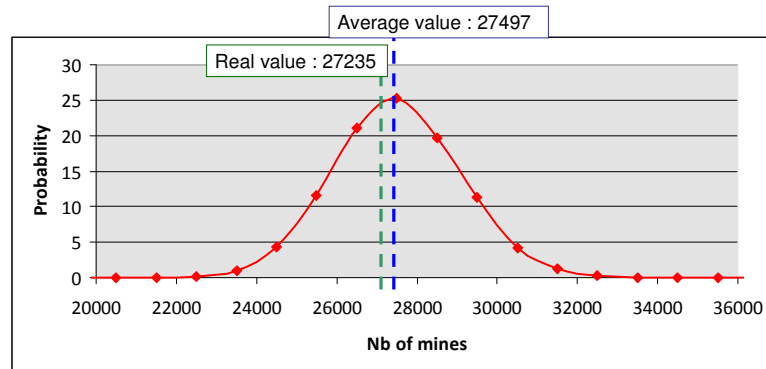
En se basant sur le modèle développé, par le biais de simulations Monte-Carlo, il est possible d'obtenir les fréquences d'obtention des mines tout le long du parcours.

Il a été réalisé 10000 tirages (programme JAVA) pour obtenir les résultats exposés dans la Figure 3.7 Le premier graphique donne la répartition du nombre de mine par parcelle en fonction du linéaire du projet (de 0 à 360 km). La deuxième courbe indique le nombre moyen cumulé de mines sur le linéaire du projet



**Figure 3.7** Résultats des simulations pour l'alea minier

Si l'on s'intéresse à la répartition totale du nombre de mines sur le projet, on obtient une loi de type normal centrée sur la valeur moyenne de 27497 mines (Figure 3.8).



**Figure 3.8** Probabilités relatives au nombre de mines sur le chantier

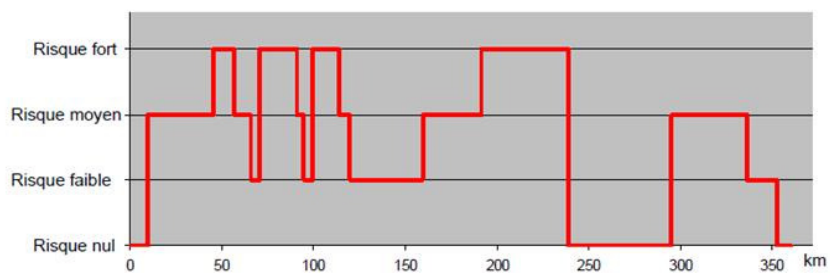
La question qui se pose alors est celui de l'impact des mines en termes de délais, coût et performance. On considérera dans notre étude, que le déminage d'un groupe de 50 mines a un coût de 75kDA et implique un délai de 2h. Soit pour les 27497 mines moyennes, cela représente un délai de 138 jours et un coût de 41MDA. Cet aléa sera considéré comme n'ayant pas de conséquences sur la performance.

### 3.4.2.3 Risque d'ensablement

Notre projet ferroviaire se caractérise essentiellement par son tracé qui traverse les Mts des Ksour et de ce fait, celui de la partie amont de deux grands bassins versants sahariens : les oueds Namous et Zouzfana. Le stock de sable est donc abondant. La configuration du relief joue un grand rôle sur la dynamique éolienne. Cette configuration canalise les vents d'ouest ou d'est et « renvoie » ceux du secteur nord et sud. De ce fait, notre tracé se trouve confronté sur une grande partie de son parcours à un risque majeur d'ensablement.

Le problème d'ensablement a toujours été l'une des principales préoccupations du secteur des travaux publics (routes et vois ferrées) dans le sud algérien. En effet l'ensablement de la voie ferrée pose à la fois problème aux terrassiers en cours de réalisation de la plate forme, mais aussi au service chargé de l'entretien et de l'exploitation des infrastructures ferroviaires.

A partir de l'analyse des cartes et en se basant sur les caractéristiques du terrain (présence du sable, dénivelé...), du vent et de la route, il est possible d'évaluer le risque d'ensablement tout le long de la voie. Le linéaire de la voirie a été découpé en tronçons de risque homogène. Les risques ont été évalués sur une échelle qualitative de 4 niveaux [Likert, 1932]: risque nul, risque faible, risque moyen et risque fort. Le résultat est donné en figure 3.9.



**Figure 3.9** Evaluation du risque d'ensablement le long de la voie

Il reste alors à passer de cette évaluation qualitative du risque, à notre système d'évaluation (risque sur les coûts, les délais et la performance). On utilisera pour cela le Tableau 3. 6, la performance a été jugée peu affectée par l'aléa ensablement.

**Tableau 3.6** Risque d'ensablement en termes de coûts et de délais

	Risque coût	Risque délai
<b>Risque fort</b>	10000 DA/km	5h/km
<b>Risque moyen</b>	1000 DA/km	1h/km
<b>Risque faible</b>	100 DA/km	0.1h/km
<b>Risque nul</b>	0 DA/km	0h/km

Il est ainsi possible de calculer les risques tout le long du linéaire de la voie. Le risque d'ensablement pour l'ensemble de la voie a alors un coût de 1,04 MDA et un délai d'environ 60 jours.

#### 3.4.2.4 Evaluation des catégories de risque

La méthode proposée par Taillandier permet d'obtenir les évaluations agrégées sur les différentes catégories de risque telles qu'exposées dans le Tableau 3.7. On a ainsi les évaluations (et notes) de risque vis-à-vis des trois domaines d'enjeu (coût, impact et probabilité), mais aussi une évaluation globale obtenue par la méthode ELECTRE-Tri [Almeida-Dias, 2010 ; Yu, 1992].

Cette dernière est une méthode d'analyse multicritère, elle nécessite la définition de plusieurs paramètres (préférence, indifférence, pondération) et par conséquent, expliquer le détail de calcul de cette méthode n'est pas du ressort de ce travail.

**Tableau 3.7** Evaluation des risques dans les différentes catégories de risque

RC	Lvl.	Description	Cost		Delay		Performance		Global
			Value (MDA)	Sc.	Value (day)	Sc.	Value	Sc.	
RC#201	1	Project Risk	1904	4	512	5	6,82E-02	4	4
RC#202	2	Project stakeholders	1612	4	166	4	4,14E-02	4	4
RC#143	2	Management (project view)	73	3	91	4	9,76E-04	3	4
RC#83	2	External risks (Project phases and project view)	218	3	255	5	2,58E-02	3	4
RC#59	3	Designers	63	3	14	3	1,48E-03	3	3
RC#100	3	Financiers	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#165	3	Owner/Clients	59	3	2	3	1,56E-05	2	3
RC#219	3	Suppliers	138	3	35	4	3,64E-05	2	3
RC#37	3	Consultants	70	3	13	3	1,95E-02	4	3
RC#44	3	Contractor/Sub-contractors	1282	4	102	4	2,04E-02	4	4
RC#46	3	Cost management	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#228	3	Time management	37	3	87	4	7,62E-04	3	3
RC#203	3	Quality management	36	3	4	3	2,14E-04	3	3
RC#104	3	Security management	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#64	3	Environment management	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#101	3	Force majeure	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#65	3	Environmental risks	26	3	65	4	2,06E-03	3	3
RC#47	3	Country risks	192	3	191	4	2,37E-02	4	4
RC#28	4	Conflictwithcontract (Contractor)	12	2	6	3	1,04E-05	2	2
RC#93	4	Financial of contractors	28	3	10	3	3,64E-05	2	3
RC#178	4	Performance of other stakeholders (Contractor)	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#138	4	Management (Contractor)	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#168	4	Performance and characteristic of contractor	1241	4	85	4	2,03E-02	4	4
RC#63	4	Economic/Financial	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#185	4	Political	13	2	3	3	1,08E-05	2	2
RC#131	4	Legal and regularities	0	1	0	1	0,00	1	1
RC#38	4	Context	179	3	188	4	2,37E-02	4	4
RC#43	5	Contractorincompetence	1097	4	67	4	1,71E-02	3	4
RC#175	5	Performance of contractor in task execution	144	3	18	3	3,19E-03	3	3

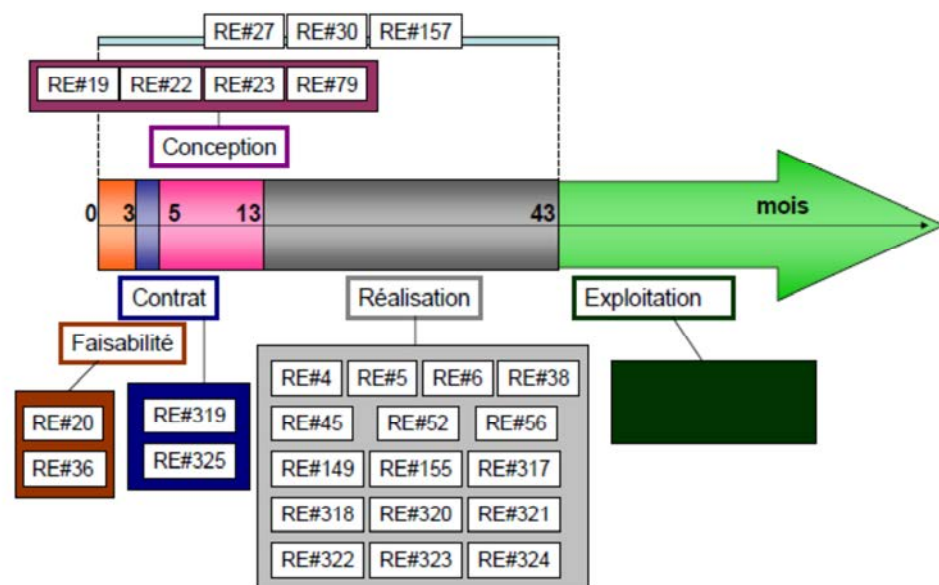


### 3.5 EVOLUTION DES RBS

Aux différentes phases du projet, il est possible de faire évoluer le RBS grâce aux nouvelles informations qui seront apportées tout le long du projet. Cette évolution se traduit de deux façons différentes : une modification de l'arbre lui même et une modification des évaluations.

#### 3.5.1 Evolution des RE

Les évènements risqués vont évoluer au cours du temps. La plupart des risques sont attachés à une phase précise du projet. La Figure 3.10 expose le placement des évènements risqués vis-à-vis des différentes phases.



**Figure 3.10** Placement temporel des événements risqués

Bien évidemment, dans le planning réel, certaines phases peuvent être en partie concomitantes (par exemple la phase d'étude et la phase de travaux), Il est aussi à noter que la phase d'exploitation n'est pas prise en compte ici, la fin du projet étant arbitrairement placé à la livraison finale de la voirie ; la phase d'exploitation étant gérée par d'autres acteurs n'ayant pas les mêmes enjeux.

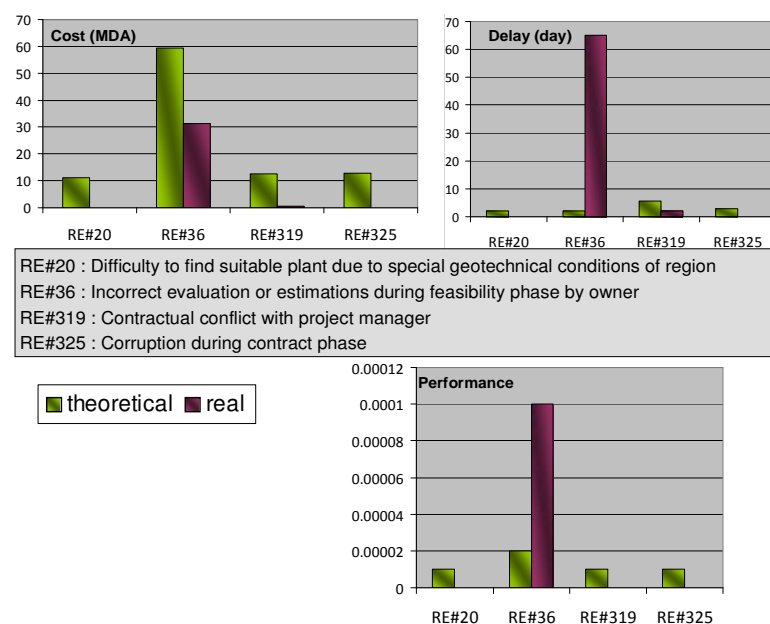
Une fois que l'on a passé l'étape de rattachement de l'évènement risqué, on sait si l'aléa s'est, oui ou non réalisé et avec quelles conséquences. Ainsi, on passe d'un risque à un

évènement (ou à une absence d'évènement). Aussi, la réalisation d'un évènement peut affecter les probabilités d'occurrence ou l'impact d'autres risques à venir. Il y a en effet un jeu d'interaction qu'il est possible d'intégrer dans la vision dynamique des RBS.

Afin d'illustrer le principe d'évolution des évènements risqués, deux situations des risques reflétant deux étapes différentes du projet seront exposées (elles s'ajouteront à la situation initiale exposée dans la partie précédente). La première se situe au début de la phase de conception (les phases de faisabilité et de contrat étant passées), la deuxième durant la phase de réalisation (au kilomètre 100).

### 3.5.1.1 Evénements risqués au début de la phase de conception

Les phases de faisabilité et de contrat sont passées. Quatre évènements risqués potentiels se sont déroulés lors de ces deux phases (les RE#20, RE#36, RE#319 et RE#325). La Figure 3.11 présente pour chacun des ces quatre risques, ce qui est advenu.

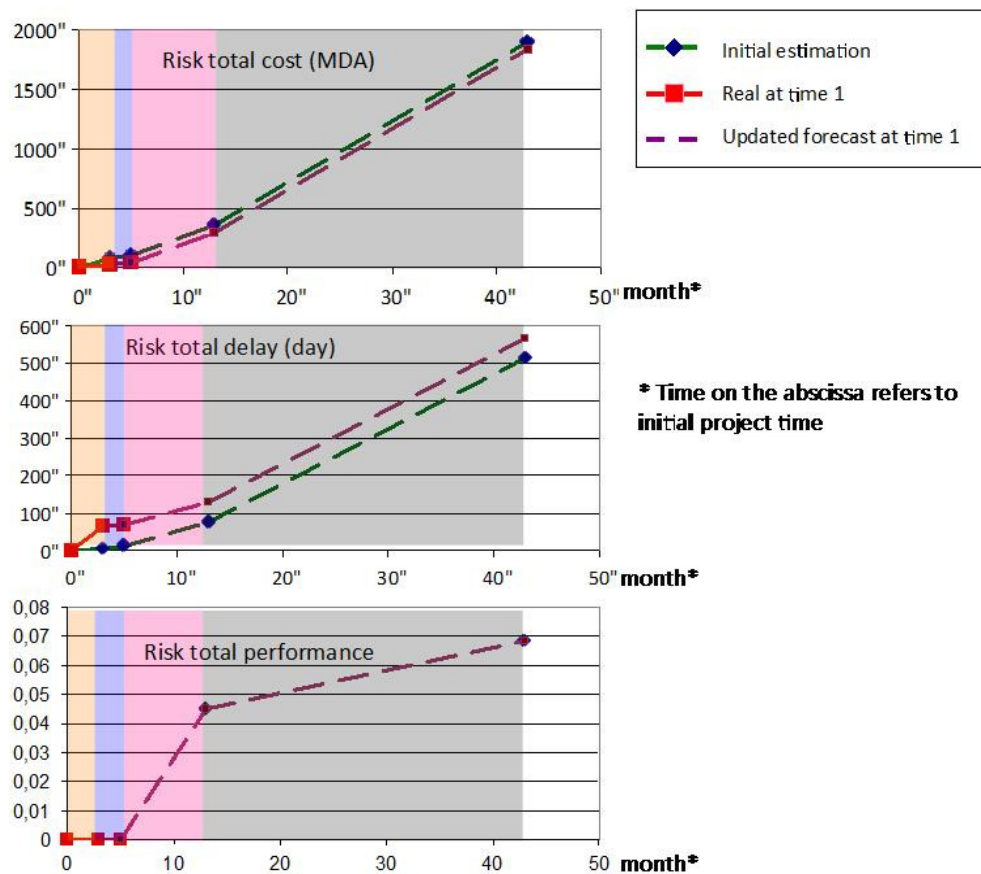


**Figure 3.11** Etat des risques passés (Bilan 1)

On peut constater que l'évènement risqué RE#36 (évaluation des besoins par le MO) a entraîné des conséquences importantes, dépassant largement l'estimatif au niveau des délais. Cela est dû à une très mauvaise analyse du besoin et de la réalité du terrain par le maître d'ouvrage. Le projet initial (établi lors de la phase de faisabilité) s'est révélé impossible à mettre en œuvre ; il a ainsi fallu entièrement le repenser, recourir à de

nouvelles solutions. Cela explique le surcoût important ainsi que le retard pris dans le projet dès cette phase (alors que la réalisation n'a même pas encore commencée). D'autres aléas ont pu en revanche ne pas se produire ou ne provoquer que peu de conséquences (par exemple le RE#20).

La Figure 3.12 propose de montrer l'évolution théorique des risques et l'implication réelle de ces risques.



**Figure 3.12** Evolution des risques (Bilan 1)

### 3.5.1.2. Evénements risqués durant la phase de réalisation

De nouveaux événements viennent s'ajouter à ceux exposés dans la partie précédente, d'une part, ceux de la phase de conception (RE#19, RE#22, RE#23, RE#79), puis ceux s'étant déroulés au début de la phase de réalisation. La Figure 3.13 présente les comparaisons entre valeurs estimées et valeurs réelles.



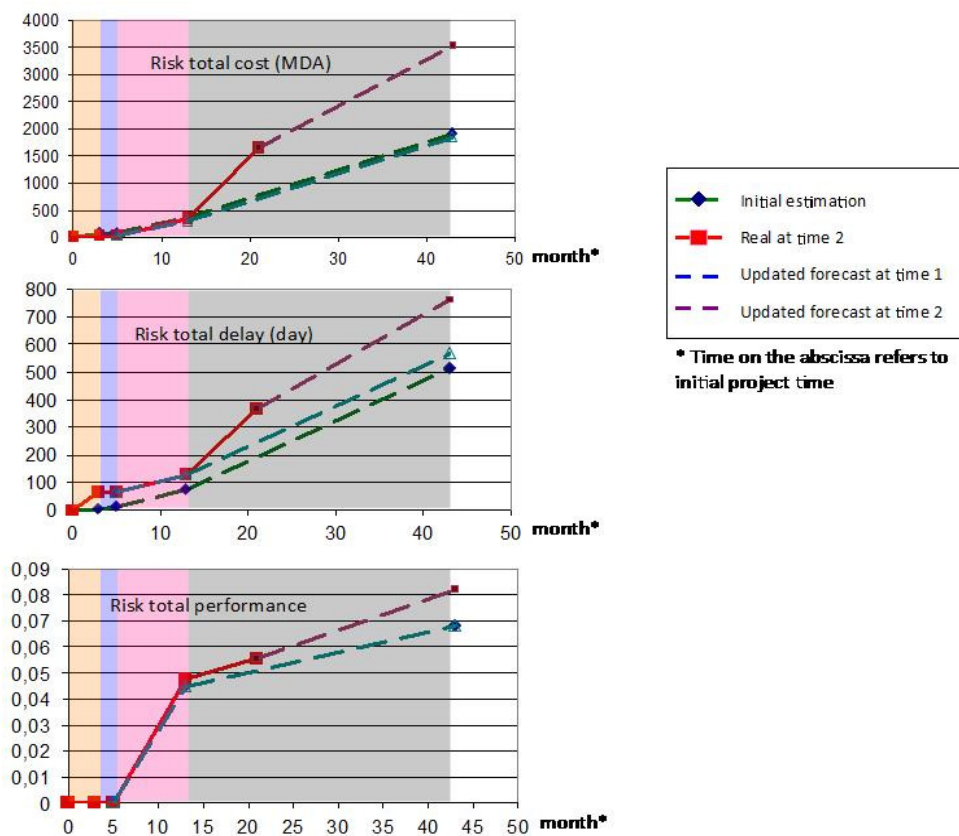


Figure 3.13 Evolution des risques (Bilan 2)

On peut constater que les valeurs réelles des conséquences des événements ont été supérieures aux prévisions. Cela s'explique par plusieurs choses. D'une part, le graphique théorique exposé (initial estimation), présente une vision linéaire des risques sur chacune des phases, or, il a été montré au travers des événements risqués « Ensamblage » et « Présence de mines » que certains risques étaient localisés (donc plus important dans certaines zones que dans d'autres). Il aurait donc fallu tenir compte de cette localisation des zones critiques vis-à-vis des risques.

D'autre part, il est évident que les risques étant par nature stochastique, il peut arriver (sans remettre forcément en cause l'évaluation) que l'on se trouve dans une situation défavorable par rapport à l'espérance mathématique. La valeur théorique n'expose qu'une valeur moyenne que l'on pourrait obtenir en se conformant à la loi des grands nombres. Face à un projet unique, on peut se trouver avec des valeurs de risque supérieures ou inférieures à cette moyenne. Par exemple, pour le cas de ce projet, l'aléa météorologique s'est montré particulièrement hostile. Ainsi, des pluies torrentielles se

sont abattues sur la région durant le chantier, induisant des retards importants et des problèmes quand à la qualité de l'ouvrage. De telles pluies sont rares mais ne sont pas exceptionnelles, mais elles ont eu des conséquences négatives pour le projet.

En plus de cet aléa, la situation réelle a été impactée par différents évènements qui se sont produits (ensablement, mines...). Parmi ceux-ci se trouve l'évènement risqué « Accident ou incident durant la phase d'exécution ». En effet, au démarrage du chantier un accident s'est produit entraînant des conséquences humaines, économiques et du retard sur les travaux. Mais cela a eu aussi des conséquences sur d'autres évènements risqués. Ainsi l'entreprise pour laquelle la personne accidentée travaillait, a été fragilisée (conséquences juridiques et financières). La probabilité des évènements risqués RE#5 « Difficulté financières d'une entreprise » ainsi que le RE#38 « Faillite d'une entreprise » s'en trouve ainsi augmentée.

Un autre cas d'influence de la réalisation d'un évènement risqué est lié au terrassement. L'entreprise missionnée pour le réaliser s'est trouvée incapable techniquement d'assurer sa tâche dans les délais impartis (RE#324 « Incapacité d'une entreprise à réaliser sa tâche »). Cela a eu des conséquences sur les cent premiers kilomètres (induisant des retards importants), mais aussi sur la suite. En effet la tâche de terrassement est à réaliser tout le long du tracé. Donc, le rendement effectif, nettement inférieur à celui escompté, est à reporter sur la suite. Ainsi ce même évènement risqué qui continue sur la suite du chantier s'en trouve amplifié.

Ces modes d'interaction permettent d'expliquer pourquoi les lois d'évolution des évaluations des évènements risqués sur les trois critères se trouvent modifiés (augmentation plus importante des risques). Ainsi, à ce niveau du projet, l'estimation sur les conséquences des risques en fin de projet est très supérieure à celle prévue initialement (Figure 3. 12) montrant l'intérêt de pouvoir faire évoluer les évaluations des risques tout au long du projet.

### 3.5.2 Changement dans la structure des RBS

La structure du RBS va elle-même évoluer selon les phases et les risques se déroulant. La modification de l'arbre se fera par le changement, dans la méthode Medizadeh, des

paramètres sur les phases ainsi que ceux portant sur les événements risqués présents et leur évaluation.

Comme pour les événements risqués, deux étapes particulières du projet (identiques à ceux retenus dans la partie précédente) seront utilisées pour illustrer le processus d'évolution du RBS.

### 3.5.2.1 RBS au début de la phase de conception

Au début de la phase de conception, quatre événements se sont déjà déroulés (RE#20, RE#36, RE#319, RE#325). Il n'est plus dès lors nécessaire de les considérer en tant qu'événements risqués ; ils sont comptabilisés en tant que coût financier, délai et impact sur la performance. En plus de ce changement, il est nécessaire de modifier le paramètre de phase ; la phase ici considérée n'est plus « Projet global » mais « Conception ». Ainsi, la méthode de Medizadeh permet d'obtenir un nouveau RBS jugé le plus adapté à cette nouvelle situation (Figure 3. 14).

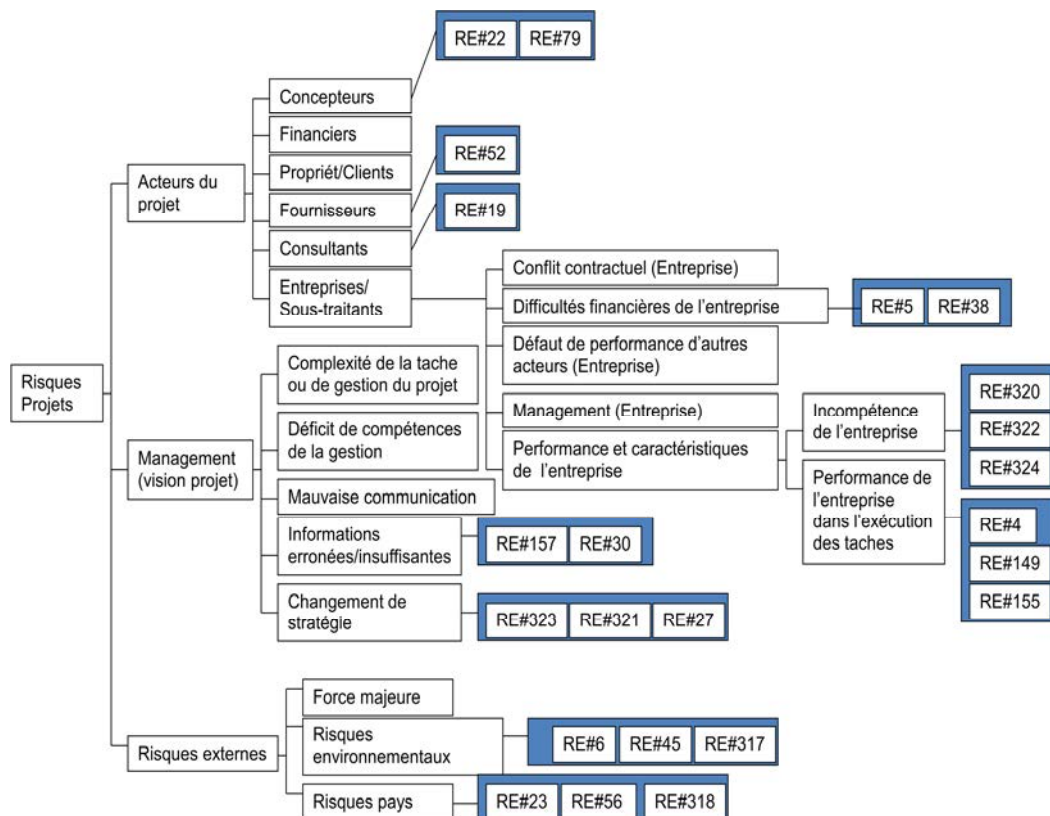


Figure 3.14 RBS en phase de conception

Ce RBS est assez proche de celui obtenue au début du projet. Pourtant, on peut constater un changement au niveau des catégories de risques liées à la gestion.

Une nouvelle décomposition a en effet été proposée afin de mieux considérer les risques liés à la phase de conception et d'améliorer le contraste des risques.

### 3.5.2.2 RBS au début de la phase de réalisation

En suivant la même logique que précédemment, la méthode de Medizadeh permet de déterminer pour cette nouvelle situation, quel est le RBS la plus adapté. Pour cela, comme dans la partie précédente, les évènements risqués ont été redéfinis (présence et évaluation). La phase a aussi été mise à jour dans les paramètres du calcul. Ainsi le nouveau RBS obtenue est exposé dans la Figure 3.15.

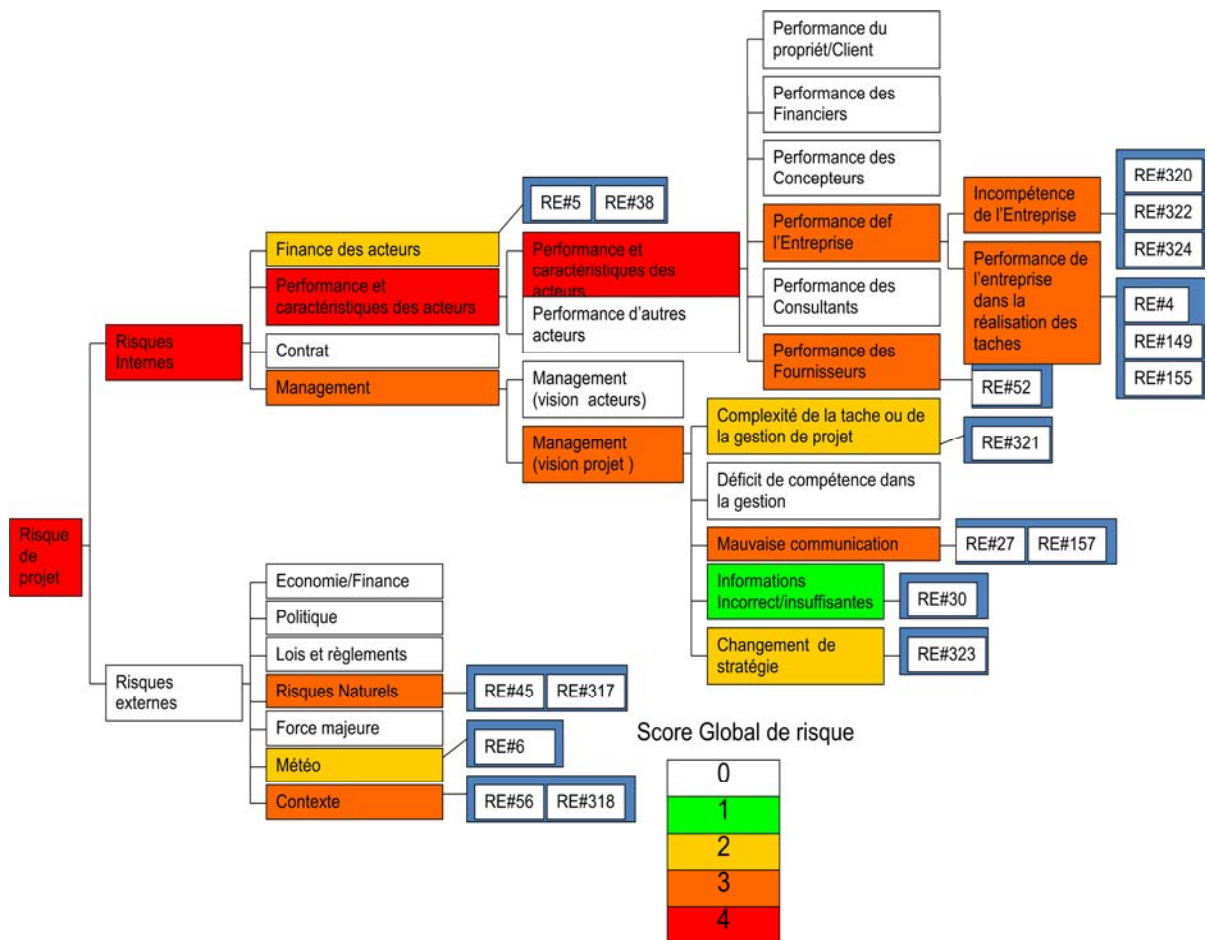


Figure 3.15 RBS en phase de réalisation

Ce RBS est encore une fois assez proche des deux premiers proposés.

Pourtant, une nouvelle décomposition des risques externes a été proposée pour mieux répondre au besoin.

La proximité entre les trois RBS présentés s'explique par le fait que l'on se place sur le même projet, mais à des phases différentes du cycle de vie du projet.

### **3.5.3 Résultat final du projet**

Le projet de chemin de fer est maintenant terminé. Il est ainsi possible d'analyser la différence entre les prévisions et la réalité. A la fin, le projet a 804 jours de retard (101% de la durée totale du projet) et un surcoût de 5700 MDA (15% du coût total du projet). Les risques réels du projet n'ont pas été évalués. Dans notre évaluation initiale, le risque sur le coût est de 1904 MDA (5% du budget du projet) et le risque de retard est de 512 jours (64% du retard total). L'évaluation initiale du risque était largement sous estimée à celui de véritables conséquences finales des risques sur le projet.

Les risques ont un caractère évolutif et stochastique. L'analyse des risques fournit toujours une perspective moyenne sur les événements possibles. Cela n'est pas dû à la qualité de l'analyse initiale, mais à la nature des événements à risque: plusieurs événements se sont produits alors que leur probabilité d'occurrence est faible. Tableau 3. 8 fournit une rétroaction après la clôture du projet, ce qui permet de comparer les conséquences des événements de risque à leur première estimation.

La couleur verte est utilisée pour RE qui ne s'était pas produite dans le projet réel, de couleur bleu pour ceux qui se sont produits, mais avec un impact plus faible que prévue, de couleur jaune pour ceux qui se sont produits avec un impact proche de la prévision et de couleur rouge lorsque l'impact a été plus élevé que les prévisions.

**Tableau 3.8** Liste des RE identifiés a la fin du projet

RE	Description	Situation réelle à la fin du projet .occurrence ?
4	Accident ou incident durant la phase d'exécution dû à des malfaçons	Oui
5	Difficulté financière d'une entreprise	Non
6	Températures extrêmes non prévues durant la phase de réalisation	Non
19	Compétence insuffisante des bureaux d'études durant la phase de conception	Non
20	Difficulté à concevoir l'implantation en raison de conditions géotechniques particulières à la région	Non
22	Equipe de conception peu familière avec une nouvelle technologie	Non
23	Solutions techniques peu fiables retenues	Non
27	Problèmes de communication entre les acteurs du projet	Oui
30	Planning irréaliste en raison d'informations manquantes ou erronées	Oui
36	Evaluation ou estimation incorrectes par le MO en phase de faisabilité	Oui
38	Faillite d'une entreprise	Non
45	Risque naturel durant la phase de réalisation (séisme, tempête, inondation...)	Oui
52	Problèmes sur la fourniture des matériaux	Non
56	Conflit avec le gestionnaire des réseaux existants (Assainissement, électrique...)	Oui
79	Conflit contractuel de l'équipe de conception	Non
149	Eléments exécutés non conformes aux plans	Oui
155	Erreur technique dans la réalisation d'un élément de l'ouvrage	Oui
157	Incohérences dans le planning en raison de problèmes de communication	Oui
317	Ensablement	Oui
318	Présence de mines	Oui
319	Conflit contractuel entre le maitre d'ouvrage et le maitre d'œuvre	Oui
320	Problèmes avec les sous-traitants	Oui
321	Mauvaise qualité du projet due au changement de l'équipe de gestion du projet	Oui
322	Nécessité de modification durant la phase de réalisation due aux études géotechniques et hydrologiques lacunaires	Oui
323	Mauvaise qualité de control durant la phase de réalisation due au Changement de maitre d'ouvrage	Non
324	Incapacité d'une entreprise à réaliser sa tâche	Oui
325	Corruption durant la passation des contrats	Non

Il est alors nécessaire, pour une gestion efficace des risques le long du cycle de vie du projet, de surveiller en permanence les risques et établir une mise à jour, en fonction de nouvelles informations (présence ou non des risques, l'évaluation de leurs conséquences). Le cadre fourni par RBS [Mehdizadeh, 2011] offre un bon support pour



intégrer cette nouvelle information pendant la durée du cycle de vie du projet afin de mieux suivre les événements risqués réels du projet .

### 3.6 CONCLUSION

Ainsi, dans ce chapitre, la modélisation par les RBS a été appliquée à un projet réel en intégrant les aspects temporels. Il a pu ainsi être montré comment les méthodes de construction des RBS et d'évaluation pouvaient permettre de gérer les évolutions temporelles des risques tout le long du projet. Notre approche est de développer un cadre méthodologique, des outils spécifiques d'analyse et une base de connaissances métier alimentée par le retour d'expérience, de projets réels de l'entreprise BTP.

Notre approche basée sur l'expertise propre à eu pour but la valorisation d'un savoir faire personnel qui s'est avéré nécessaire mais pas suffisant.

Au vu des développements qui ont précédés, se posent pour nous quelques questions, sachant que la démarche était basée sur mon expertise personnelle : est ce que l'expertise individuelle est suffisante pour le management des risques dans les projets complexes ? Y'a-t-il nécessité d'intégrer toute les parties prenantes dans le mangement des risques ? Comment faire pour que l'organisation soit apprenante dans ces cas la ? Est ce que le REX est la méthode idoine pour apporter de bonnes réponses à cette problématique.

Si certains points resteront encore en suspens, le REX présente déjà un réel intérêt pour la formalisation des risques tout au long du projet, il sera l'élément fondamental pour l'alimentation des RBS. Son couplage avec des méthodes d'aide à la décision devrait permettre aux différents acteurs du secteur de la construction de pouvoir mieux maitriser les différents risques liés au projet.

## **LE REX : UNE DEMANDE CROISSANTE ET NECESSAIRE POUR LA MAITRISE DU RISQUE EN BTP**

### **4.1. INTRODUCTION**

La gestion des risques se présente comme un ensemble de méthodes et de pratiques qui devrait faire de l'entreprise une organisation apprenante ; elle pourra, ainsi, mieux connaître ses risques et mesurer leur importance en vue de les traiter efficacement. Concevoir des traitements adaptés à la nature du risque implique de cerner correctement les actions à mettre en place, leur but, et leurs effets. Pour gérer les risques, plus que définir et concevoir des stratégies, l'entreprise doit se donner les moyens de les mettre en œuvre. [Tea C., 2009]

A cette fin, managers et opérationnels ont besoin de connaissances sur les risques à gérer et les stratégies à mettre en œuvre ; connaissances sur les risques qui sont à la fois organisationnelles, humaines et techniques. Ces connaissances sur les risques sont éparpillées, parcellaires et doivent être organisées. C'est pourquoi il importe de « faire vivre » un système dont la vocation serait de gérer les informations et connaissances servant à soutenir la gestion des risques, un système d'information pour la gestion des risques. En fait, ce système est le RBS qui a été présenté et alimenté (par notre expertise) dans le chapitre précédent. Toutefois, cette approche ne permet pas à



l'organisation d'être apprenante et mériterait d'être élargie aux différentes parties prenantes ; c'est pour cela que l'approche par le REX se trouve justifiée.

L'objectif de nos travaux est justement d'étudier l'intégration du REX dans le processus du traitement du risque dans le génie civil ou BTP.

Mais où se situe le retour d'expérience dans le domaine des analyses des risques ? Est-ce encore un outil supplémentaire, ajouté au dispositif du contrôle de la sécurité dans un chantier BTP par exemple pour satisfaire au besoin d'une demande utopique du risque 'zéro'. Où est-ce que ce nouvel outil s'intègre-t-il dans un système d'information, et dans le management des entreprises d'une façon générale et le management du risque d'une façon particulière.

Toute étude de risque nécessite des données. Ces données ne peuvent provenir que de son expérience ou de l'expérience d'autrui. C'est le retour d'expérience qui fournit ces données !

Nous essayerons dans ce chapitre de montrer que la base de données est l'outil indispensable du retour d'expérience. Ses objectifs doivent être clairement définis. De la qualité des données dépendent les résultats de l'analyse. Le retour d'expérience contribue aux enjeux de la maîtrise des risques et des coûts de maintenance. Il est indispensable à la conception, la réalisation, l'exploitation des infrastructures de génies civil.

## **4.2. DEFINITION DU REX**

Le REX étant au cœur de la problématique de cette thèse, sa définition s'impose, mais avant de le définir, il est nécessaire de signaler qu'il existe un grand nombre d'expressions relatives à la prise en compte des expériences dans les organisations. En France, comme en Algérie c'est le terme de Retour d'Expérience qui est le plus utilisé et c'est celui que nous utilisons dans cette thèse. En Europe, le terme d'Expérience Management (management de l'expérience), en référence au Management des Connaissances (Knowledge Management), introduit la notion de gestion des connaissances liées à l'expérience. Aux Etats-Unis, c'est la notion de Lesson Learned (leçons acquises) qui est plus employée, mais nous trouvons également la terminologie

(Experience Feedback ) qui correspond à la traduction littérale du Retour d'Expérience. Quelle que soit l'expression utilisée, c'est bien l'expérience et sa gestion qui sont au cœur de tous les travaux considérés. [Rakoto H., 2004]

Il existe aussi de nombreuses définitions du Retour d'Expérience. Ces définitions varient essentiellement selon le domaine d'application considéré, avec par exemple une grande richesse dans le domaine des activités à risques.

La littérature de certaines disciplines (sociologie, économie, management, etc.) fournit un bon nombre de définitions. Nous en avons retenu une douzaine :

- Le retour d'expérience, en matière de fiabilité des systèmes industriels, a pour objectif principal de rassembler des informations liées à la fréquence d'apparition des défaillances, aux modes de défaillances, à leurs causes et leurs effets sur la disponibilité des installations. Plus largement, il peut aussi rassembler les informations sur les modes, temps, et coûts d'intervention liés aux activités de maintenance corrective ou préventive. [Zwingelstein, 1999]
- Si chaque incident important apporte des enseignements c'est le plus souvent, l'analyse d'un ensemble d'événements comparables qui fonde le plus efficacement l'amélioration des parades. A ce titre, le travail de longue haleine qu'est le retour d'expérience constitue un élément essentiel de la politique de prévention des risques technologiques. [Vesseron, 1998]
- Le retour d'expérience est défini comme étant l'ensemble des moyens mis en œuvre pour collecter l'information, la stocker et la gérer. Il permet d'acquérir des connaissances relatives à l'existence de phénomènes caractéristiques dans les processus d'exploitation essentiellement liés à l'activité humaine. [Blondeaux, 1999]
- La démarche de retour d'expérience consiste à utiliser le développement d'un événement réel comme une opportunité pour collecter l'expérience individuelle de plusieurs acteurs et la réunir sous la forme d'une expérience collective. Le retour d'expérience doit permettre de capter la représentation de la dynamique des situations pour mieux comprendre les accidents passés et permettre de partager l'expérience acquise lors de la gestion des risques et des crises. [Wybo et al, 2001]

- Le retour d'expérience est un outil de management, utilisé par l'encadrement pour identifier les causes de dysfonctionnement par l'analyse des faits (séances de débriefing, interviews, etc.) et pour en tirer des leçons (nouvelles consignes, modifications organisationnelles, etc.) [Rexao, 2003]
- La démarche de retour d'expérience peut être définie comme une démarche organisée et systématique pour : analyser toutes les anomalies, tous les incidents et accidents constatés, en rechercher les causes et les enchaînements, en retirer les divers enseignements, définir les mesures de correction et d'amélioration, assurer l'information pertinente aux parties intéressées. [Vérot, 2001]
- Le management de l'expérience est un type de gestion des connaissances qui se restreint aux connaissances issues de l'expérience, c'est-à-dire, connaissance spécifique relative à un contexte particulier de résolution d'un problème. Le management de l'expérience consiste à collecter, modéliser, stocker, réutiliser, évaluer et mettre à jour l'expérience. [Bergmann, 2002]
- Une leçon acquise est une bonne pratique ou une approche innovante qui est capturée et partagée afin d'encourager sa réutilisation. Une leçon acquise peut également représenter un mauvais fonctionnement ou une expérience qui est capturée pour en éviter la récurrence. [Bickford, 2000]
- On appelle retour d'expérience les leçons retirées d'un événement malheureux survenu généralement de manière imprévue, lors d'une catastrophe naturelle ou d'origine anthropique. [GIS MR Genci, 2004]
- Le retour d'expérience est une démarche organisée permettant de répertorier et mémoriser les cas des enseignements intéressants sur une expérience positive ou négative : 1/ d'un matériel, d'une technique, d'une technologie, 2/ d'une façon de faire : management, méthode, procédure. Leur mémorisation est un atout essentiel pour optimiser la conception, le suivi et la maintenance d'activités similaires. Il est constitué d'informations qui résultent de la pratique, d'observations, de synthèses et de connaissances personnelles accumulées par certains spécialistes. [Desroches A. et al, 2003]
- Le Retour d'Expérience est une démarche employée pour valoriser des expériences créées lors du traitement d'un événement avéré ou d'une situation passée afin d'en

tirer des enseignements pour les développements ou actions futures [Béler et al, 2006]

- Le Retour d'Expérience est une démarche structurée de capitalisation et d'exploitation des informations issues de l'analyse d'évènements positifs et/ou négatifs. Cette démarche met en œuvre un ensemble de ressources humaines et technologiques qui doivent être managées pour contribuer à réduire les répétitions d'erreurs et favoriser certaines pratiques performantes. [Rakoto H., 2004]

Ces définitions ont un point commun : le retour d'expérience est une démarche organisée de collecte d'information, utile pour améliorer le fonctionnement des organisations « sur les plans humains, organisationnels et techniques », à travers la capitalisation de l'expérience vécue et la collecte de données de terrain.

A partir de l'ensemble de ces définitions, nous proposons notre propre définition concernant le secteur du Génie civil :

« Le retour d'expérience est un processus d'apprentissage pour l'organisation, et a pour objet de recenser les événements, incidents, accidents, défaillances, et autres dégradations, observés pendant toute la durée de vie d'un projet, afin de pouvoir les analyser, puis en tirer les enseignements et les valoriser pour améliorer l'efficacité, l'efficience, et la durabilité des futurs projets »

### **4.3. REX EN GENIE CIVIL ET SON PATRIMOINE**

En matière de génie civil, le retour d'expérience est un point clé, car il permet d'améliorer les règlements, les pratiques et systèmes d'alertes. L'information du public, l'entraînement des populations et des services de secours sont également capables de réduire les conséquences d'un sinistre qu'il s'agisse d'un séisme, d'une inondation, d'un glissement de terrain, d'accidents géotechniques, ou autre.

Le principe du REX en génie civil est de progresser dans tous les domaines d'activités (qualité, sécurité, expertise, maintenance, coûts, délais, facteurs humains, environnement...)

Le REX n'est pas une fin en soi, c'est un moyen de progrès contribuant à la qualité d'un ouvrage. L'expérience s'acquiert à partir de situations réellement survenues, des pratiques et défaillances, techniques ou organisationnelles. L'examen de ces situations, l'étude des rapports d'expertise devraient permettre d'améliorer les pratiques des aménageurs et des constructeurs et aussi permettre de prévoir le comportement des ouvrages existants et les conséquences possibles sur les enjeux (humain, matériel et environnemental).

Dans le domaine du génie civil, le REX intervient à tous les stades du cycle de vie de l'ouvrage, de la conception, réalisation, exploitation, contrôle, inspection et démolition.

L'expérience acquise au cours de ce cycle de vie est naturellement reconduite pour de nouveaux ouvrages, l'utilisation des banques de données du REX est un facteur d'optimisation. Les différents acteurs du génie civil s'accordent donc sur la nécessité de capitaliser les données du retour d'expérience afin de pouvoir les valoriser pour le diagnostic et l'analyse de risques de défaillance des ouvrages et des sites. Après avoir fait ce constat de consensus, une problématique de recherche apparaît rapidement : Quelles données faut-il capitaliser ? Quel traitement doit-on donner à ces données ? Quelle valorisation peut-on envisager ?

Les données du retour d'expérience peuvent avoir des formats très différents selon les secteurs du génie civil : mesures expérimentales (en laboratoire ou in situ), informations expertes, observations visuelles, données d'auscultation... Ces formats vont donner logiquement autant de pratiques différentes de capitalisation du retour d'expérience, puis ensuite de traitement et enfin de valorisation des informations capitalisées pour le diagnostic, l'évaluation de la sécurité, l'analyse de risques ou encore l'aide à la gestion d'un patrimoine ou encore la gestion des ouvrages et des sites.

Le [GIS MR Genci, 2004] nous présente ci-dessous les trois étapes de l'utilisation du retour d'expérience en génie civil en se plaçant principalement dans le contexte de gestion d'ouvrages en service.

L'objectif de la démarche est de :

- Obtenir une image fiable de l'état du patrimoine,
- Identifier les risques éventuels pour les usagers,

- Faciliter la mise en œuvre d'une politique d'entretien,
- Optimiser les actions de gestion.

#### **4.3.1 Recueil du REX**

En ce qui concerne le recueil des données du retour d'expérience, le GIS MR Genci a mis en évidence une classification selon la nature de l'information. On distingue :

- les données du retour d'expérience basées sur l'expérimentation (essais en laboratoire ou in situ, sur ouvrages réels ou modèles réduits, modélisation numériques et simulations). Elle concerne les produits du génie civil de fabrication standard ou de série. Elle est pratiquée dans le domaine des produits préfabriqués en béton : les poutres (rectangulaires, en I, à inertie variable), les éléments des ouvrages assemblés en U ou en L utilisés dans la réalisation des trémies et des murs de soutènement, les poteaux (rectangulaires et circulaires). Des études expérimentales sont conduites sur ces éléments structuraux représentatifs de la production de produits de structures préfabriqués et les paramètres suivants sont mesurés : position des armatures, largeur des zones comprimées et des âmes, longueur et dimensions nécessaires au calcul du volume, poids de chaque élément, résistance du béton mesurée sur des carottes prélevées dans les produits. Dans une étude récente [CERIB, 2003], les procédures de fabrication, d'essais et de mesures dans différentes usines européennes de préfabrication ont pu être comparées et ont permis d'identifier différents niveaux de qualité (par exemple sur la maîtrise de la géométrie des produits). Ainsi, une base de données générale sur les valeurs mesurées des géométries et des résistances (mesurées sur carottes ou sur éprouvettes moulées) a pu être constituée.



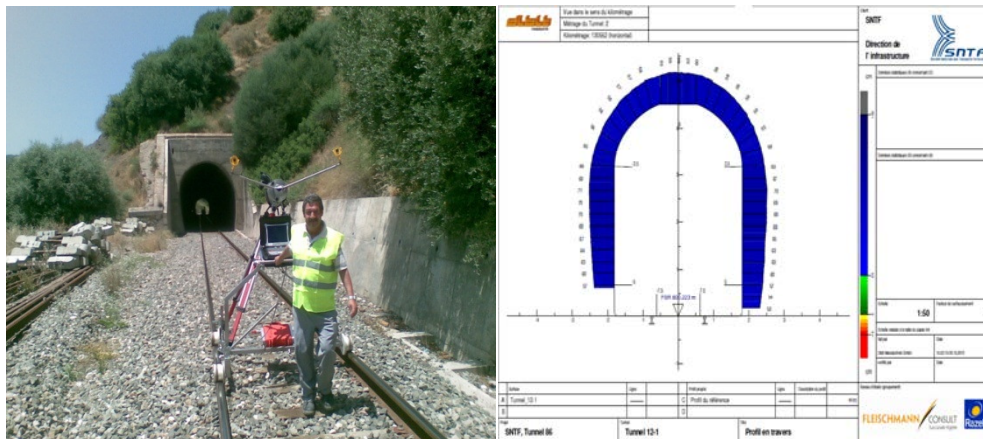
**Figure 4.1** Essai in situ d'un OA préfabriqué

- les données du retour d'expérience basées sur l'auscultation (visuelle ou instrumentée). Il est à noter que quel que soit l'ouvrage de génie civil, les inspections sont largement en usage, soit seules, soit en complément de mesures instrumentales. Elles sont obtenues par analyse systématique (cas des réseaux à grands linéaires tels que les chaussées et les réseaux enterrés) ou par analyse experte et consistent en des inspections visuelles réalisées par des agents spécialisés (cas par exemple des ouvrages d'art relevant du parc de la SNTF ou encore ANBT).

Cette expertise peut aussi améliorer l'estimation des délais de réalisation des ouvrages de génie civil et limiter ainsi les risques de dérapages en coût et en délai.

Les barrages ne font pas exception à la règle puisque l'on considère que les observations visuelles sont à l'origine de la détection de la majorité des anomalies des ouvrages.

On rencontre cette même approche de recueil du retour d'expérience sur le parc d'ouvrages gérés par la SNTF (tunnels, ponts, passerelles, ouvrages de soutènements). L'organisation du recueil est faite dans le cadre des visites périodiques des ouvrages par des agents chargés des inspections et formés à cet effet. Ces inspections visuelles, parfois complétées par de l'auscultation, permettent de détecter d'éventuelles avaries et désordres, qui sont ensuite consignés dans des procès-verbaux. L'inspection est complétée par une cotation de chaque ouvrage dans le but d'alimenter une base de données générale à l'échelle du parc d'ouvrages. Comme c'est le cas avec la SNTF qui a établi en 2012 une base de données de relevés profilométrique de 86 tunnels sur la ligne Oued Tlelat-Oujda. (Fig 4.2)



**Figure 4.2** Relevés profilométrique d'un tunnel sur la ligne Oued Tlalat-Oujda

### 4.3.2 Traitement du REX

Le traitement des données du retour d'expérience peut s'opérer selon deux approches : les approches analytiques (incluant les traitements physique et fiabiliste) et les approches systémiques (incluant les traitements par les statistiques ou par l'expertise).

- L'approche physique consiste à intégrer les données du retour d'expérience (données issues de l'expérimentation ou de l'auscultation instrumentée) dans des modèles physiques de comportement ou d'états-limites (modélisation des pertes de fonctionnalité, des modes de ruine ou les pertes d'équilibres statiques). On a donc une approche physique du traitement des informations, au moyen des équations régissant les états-limites du système ou son comportement (déplacements, déformations, contraintes). Il s'agit de l'approche traditionnelle en génie civil, qui est la plus privilégiée dans l'analyse des risques sur un ouvrage donné.

Ce thème porte sur la modélisation probabiliste des dégradations dues au fonctionnement mécanique (fatigue, usure, endommagement, fluage...) et à l'environnement naturel (corrosion, érosion, variation des propriétés des matériaux...).

- L'approche fiabiliste du retour d'expérience est un traitement particulier de l'approche physique. Elle nécessite des données abondantes, complètes et précises, et des modèles physiques des ouvrages relativement simples. Elle est illustrée par la pratique dans le domaine du génie civil par la sdf. Dans cette approche, les



systèmes sont étudiés sous l'angle des fonctions qu'ils doivent remplir et pour lesquelles ils sont conçus. Le principe de la modélisation fonctionnelle consiste à déterminer les interactions entre les composants d'un système et son environnement, de façon à établir de manière formelle les liens entre les défaillances des fonctions, leurs causes et leurs effets. Une fois le modèle de fonctionnement établi, on cherche à évaluer des mesures de la sûreté de fonctionnement qui peuvent être, selon le contexte et les données disponibles, déterministes ou probabilistes. Il existe différentes techniques qui permettent la modélisation fonctionnelle des systèmes : l'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE), l'AMDE complétée par une analyse de la Criticité (AMDEC), les méthodes de l'Arbre des Conséquences ou d'Événements... Elles sont partie intégrante de la Sûreté de Fonctionnement. Celle-ci est utilisée depuis plusieurs années dans le génie civil à risques technologiques forts, comme celui du nucléaire ou de l'offshore. Ces secteurs disposent de données abondantes sur le comportement des ouvrages et permettent une analyse fiabiliste des risques.

- L'approche par les statistiques est utilisée dans les secteurs où les données sont abondantes, c'est-à-dire un REX riche et parfaitement documenté, mais où il est difficile d'obtenir un modèle physique de comportement du système. On recherche alors les corrélations entre les données du retour d'expérience et un certain nombre de facteurs explicatifs. Cette approche est adoptée dans les ouvrages à grands linéaires, tels les chaussées ou les réseaux enterrés.

Considérant une épreuve et un échantillon fixés, l'approche statistique consiste à observer le nombre / la fréquence d'apparition d'une variable, puis à en déduire sa loi de distribution.

La détermination des lois de survie des chaussées [Courilleau, 1997] et [Reche, 2004], est par exemple basée sur une approche statistique ; pour un ensemble de tronçons fixés (échantillon) il s'agit à des dates fixes de relever des indicateurs de dégradation, tels que des fissures, pour en déduire son état (épreuve).

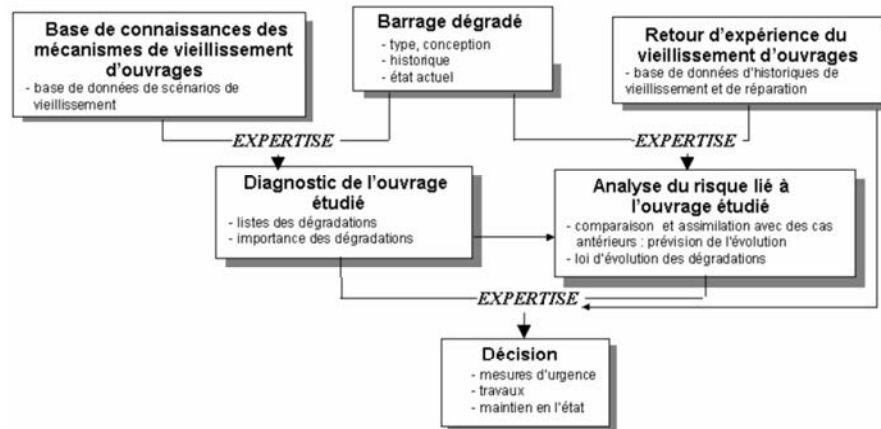
Dans le domaine de la construction, des démarches internationales visent par auscultation des produits et bâtiments à connaître leur état de dégradation et ainsi gérer au mieux leur maintenance. [Talon A., 2006]

L'analyse statistique peut avoir pour but de quantifier, à partir du retour d'expérience, les probabilités d'occurrence de certains événements. Ainsi, une étude suisse a recensé les ruptures de ponts, en identifiant leurs causes, de manière à quantifier les niveaux de sécurité existants et à justifier de recommandations réglementaires pour les ouvrages existants [Bailey et al, 2001]. Le problème de la représentativité de l'échantillon sur lequel se fondent les analyses est alors crucial. A l'échelle du patrimoine considéré dans sa globalité, dans le domaine de la protection parasismique, une étude récente exploite [Leroi E. ,2005] des modèles statistiques de défaillance (courbes de fragilité) pour proposer des niveaux optimaux de réhabilitation du bâti qui ne respecte pas les normes. [Breysse D., 2009 b]

- L'approche experte est mise en œuvre dans des contextes d'ouvrages hétérogènes, mal connus présentant peu d'informations. Par référence aux données du retour d'expérience, l'expert est à même alors d'obtenir une aide pour réaliser ses missions. Le domaine des barrages et des ouvrages de la SNTF illustrent bien cette approche.

Dans le domaine des barrages, des travaux de recherche en cours visent à apporter une aide à cette approche par expertise. Ils consistent à construire, d'une part une base de connaissances sur les mécanismes de vieillissements des barrages, d'autre part, des bases de données d'études de cas de barrages ayant connus des dégradations. Par référence à des ouvrages de même type soumis à des mécanismes analogues, ces bases de données sont destinées à aider les experts dans leur mission de diagnostic et d'analyse de risques (Figure 4.3).

L'approche par formalisation des connaissances sur la base d'un recueil auprès d'un groupe d'experts, en particulier sous la forme de règles expertes paraît une approche intéressante et qui a déjà fait ses preuves dans de nombreux autres domaines. L'approche experte revêt une importance particulière en génie civil.



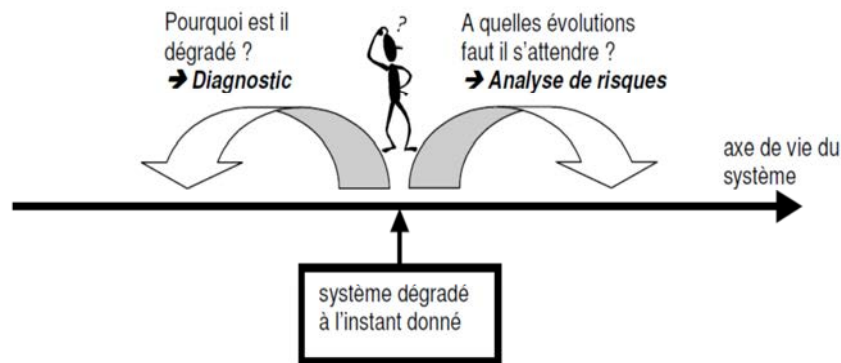
**Figure 4.3** Démarche d'aide au diagnostic et à l'analyse de risques pour les barrages. [Peyras L., 2002]

- Enfin, la fusion des données est une approche d'homogénéisation des informations du retour d'expérience, qui permet de prendre en compte tous les types d'informations (expertise, industrielle, expérimentale...), d'évaluer leur qualité et de les fusionner. Elle est mise en œuvre dans le domaine de la gestion de projets de génie civil et de l'analyse de cycle de vie de produits du bâtiment pour l'évaluation de leur durée de vie.

#### 4.3.3 Valorisation du REX

Le GIS MR Genci a classé la valorisation du retour d'expérience selon un axe temporel correspondant à la vie d'ouvrages de génie civil en trois domaines d'application :

- En diagnostic, les données du retour d'expérience vont permettre de déterminer l'origine des défaillances d'un système. Cette démarche est mise en œuvre dans le domaine des barrages et dans le cadre d'une approche experte. Une fois le diagnostic établi, l'analyse de risques va projeter le système dans le futur en envisageant son évolution, notamment celle des dégradations et les conséquences futures des défaillances. [Peyras L., 2002]



**Figure 4.4** Le diagnostic et l'analyse de risques [Peyras L., 2002]

- En évaluation de la sûreté, les données du retour d'expérience visent à évaluer la fiabilité, le niveau de protection ou encore d'apprécier l'état d'un ouvrage. On rencontre différents domaines du génie civil où les données du retour d'expérience sont utilisées à ces fins. Ainsi, dans le secteur des produits préfabriqués en béton, les données du retour d'expérience permettent d'obtenir directement la fiabilité des structures, compte tenu de la complétude et de la précision des informations disponibles. Dans le cas des réseaux d'eau potable enterrés, les traitements statistiques des données permettent une prévision de l'état des canalisations.
- Enfin en prévision des évolutions, on trouve deux domaines d'application : la gestion patrimoniale et l'analyse de risques. Là aussi, le traitement des informations (statistique ou expertise) est directement lié aux données disponibles : abondantes ou pas, complètes ou incomplètes, précises ou imprécises. Toutefois, on constate que les approches statistiques sont utilisées généralement dans la gestion patrimoniale des ouvrages, à l'instar des domaines des ouvrages de la SNCF, du parc de chaussées ou des réseaux enterrés. En revanche, les approches expertes sont plutôt réservées à l'analyse de risques, à l'instar des barrages.

#### 4.4. GESTION DE LA CONNAISSANCE

La gestion des connaissances (ou knowledge management) est un concept relativement récent qui a pour objet de créer, d'augmenter, de thésauriser et de valider les connaissances et les savoir-faire des entreprises.

Elle a donc pour ambition d'organiser les éléments aussi divers que pensées, idées, intuitions, pratiques, expériences que chaque acteur de l'entreprise détient dans l'exercice de sa fonction et d'essayer, ensuite, de faire profiter de ces connaissances l'ensemble des acteurs d'un groupe donné.

De nos jours, les entreprises les plus performantes sont celles qui maîtrisent le mieux le savoir sous toutes ses formes, car l'avantage concurrentiel d'une firme repose sur son portefeuille de savoir.

C'est pourquoi, il apparaît essentiel de réfléchir aux méthodes et démarches à mettre en place afin de mobiliser de façon distincte les différentes formes de connaissances selon les enjeux des situations et des besoins identifiés car la gestion des connaissances est véritablement un atout majeur mais sa mise en place nécessite une démarche réfléchie et structurée.

Quelle est donc la démarche générale de mise en place d'un système de gestion des connaissances?

Il est bien entendu que le déploiement d'un système de gestion des connaissances n'est pas figé mais doit s'adapter aux besoins réels et spécifiques de l'entreprise et prendre en compte ses contraintes intrinsèques.

Ainsi, la mise en place d'un tel système peut être fondée et par la même simplifiée en s'appuyant sur l'existant et avoir ainsi, une base de travail déjà solide. Un minimum de guides, de règles, de procédures ou de méthodes devra cependant dicter la démarche.

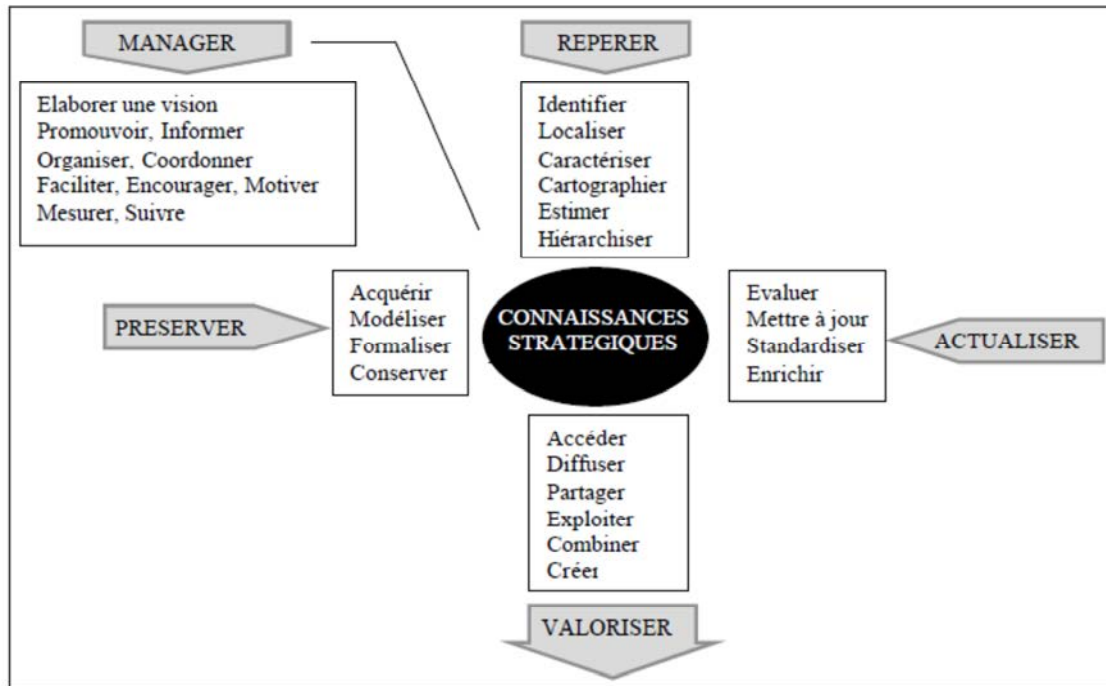
Dans tous les cas, une structuration précise de la démarche doit être validée puis déployée selon des phases et des étapes clairement identifiées. Ce déploiement progressif doit tenir compte, afin d'être efficace et applicable, des facteurs clé de succès et des pièges à éviter.

Lors du déploiement, de tels systèmes dans leur environnement spécifique, génèrent, à n'en pas douter, de nouveaux enseignements, tant en terme de solutions que de contraintes...

N'est ce pas là une problématique de capitalisation des connaissances ? [Laurent A et Eric S, 2011]

Avec le Knowledge Management, l'homme est présent aux deux extrémités de la chaîne de l'information : en tant que producteur puisqu'il alimente les systèmes d'information

en éléments à traiter, stocker et diffuser et en tant que consommateur en utilisant cette information dans un processus décisionnel. La problématique de la capitalisation et la réutilisation des connaissances et des pratiques est alors posée. [Grundstein, 2002] caractérise cette problématique à l'aide du modèle MGC, décliné en cinq facettes que nous présentons sur le schéma de la figure 4.5.



**Figure 4.5** Le modèle MGC [Grundstein, 2002]

Les quatre facettes (Repérer, Préserver, Valoriser, Actualiser) concernent le cycle de capitalisation.

Une des premières tâches est de repérer les connaissances et compétences cruciales, c'est-à-dire les savoirs et les savoir-faire nécessaires au déroulement des processus essentiels constituant le cœur des activités de l'entreprise. Il faut les identifier, les localiser, les caractériser et les hiérarchiser. Ensuite, il faut les préserver, c'est-à-dire les modéliser, les formaliser et les conserver. Puis, il faut valoriser et mettre au service du développement et de l'expansion de l'entreprise ces savoirs et savoir-faire, c'est-à-dire les rendre accessibles selon certaines règles de confidentialité et de sécurité, les diffuser, les exploiter, les combiner et créer des connaissances nouvelles. Enfin, il faut pouvoir les actualiser, c'est-à-dire les évaluer, les mettre à jour et les enrichir au fur et à mesure des retours d'expérience et de la création de connaissances nouvelles.

La dernière facette (Manager) concerne la gestion de ce cycle : c'est l'ensemble des actions managériales visant à faire vivre le cycle de capitalisation des connaissances cruciales de l'entreprise.

C'est à ce niveau que se positionne la Gestion des Connaissances, souvent appelée le Management des Connaissances.

#### **4.5. CREATION DE LA CONNAISSANCE A PARTIR DU REX**

Le système de management des risques doit absolument viser l'amélioration des connaissances individuelles et collectives. Les raisons en sont toujours, d'une part, la diversité, et la complexité du domaine à traiter, d'autre part, la nécessité de réduire l'inconnaissance et de limiter la zone d'incertitude. [Le Ray J., 2006]

Pour répondre au besoin d'amélioration des connaissances, notre travail propose d'utiliser le concept de Retour d'Expérience pour créer et formaliser les connaissances mises en œuvre par les différents acteurs de l'entreprise ou du projet.

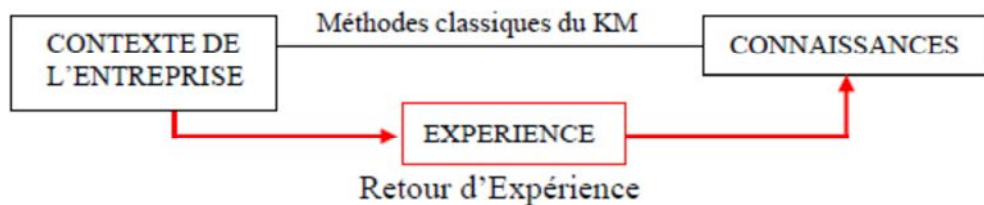
Nous proposons d'utiliser la notion d'expérience comme source de connaissance et l'approche de Retour d'Expérience, comme vecteur de création et de valorisation de la connaissance des acteurs.

Il est apparu que ce retour d'expérience s'inscrit dans le domaine de la gestion des connaissances et sa mise en œuvre pratique est fondée sur les outils proposés par la gestion des connaissances. [Win, 2004]

Pour une large part, le savoir s'enrichit par l'expérience. Les échecs comme les succès, sous réserve d'en analyser les raisons, deviennent les composantes fondamentales de l'amélioration de la capacité à résoudre des problèmes et donc de la réussite.

La gestion de l'expérience est devenue une nécessité stratégique pour les entreprises [Delange, Vogin, 1994]. Pour être compétitives et le rester, ces dernières doivent exploiter et préserver leur capital de connaissances constitué au fil des années. La prise en compte du Retour d'Expérience est un moyen d'enrichir ce capital et, nous avons déjà montré au chapitre précédent comment il peut favoriser la création de connaissances dans le secteur du génie civil.

Pour pallier les difficultés rencontrées lors de la mise en œuvre des méthodes classiques de gestion des connaissances, nous proposons, comme le fait [Ruet.M, 02] dans ses travaux, d'utiliser l'expérience comme vecteur de construction des connaissances (Figure 4.6).



**Figure 4.6** L'expérience, un relais vers la connaissance [Ruet, 2002]

Nous utilisons la notion d'expérience comme une piste de résolution du problème de formalisation et d'exploitation des connaissances. En effet, il devient, selon nous, plus facile pour les acteurs de formaliser leur expertise à partir d'expériences vécues plutôt que de chercher à expliciter des connaissances génériques non contextualisées.

Ainsi, le Retour d'Expérience peut être défini comme un relais vers la connaissance.

Aussi, la modélisation du REX vue par [Lauly et al, 2001] est la suivante : les données brutes sont filtrées selon leurs pertinences et donnent lieu à des informations qui, traitées et capitalisées deviennent sources de connaissances. Plusieurs auteurs dont [Alter, 1996; Tobin, 1996; Van der Spek, 1997; Beckman, 1997; Prax, 2007] font la distinction entre la donnée, l'information et la connaissance.

Ils schématisent également le lien entre ces termes. Une donnée est un fait, discret, brut. Elle est qualitative ou quantitative, a priori dépourvue de sens et résulte d'une observation, d'une mesure ou d'une acquisition.

L'information est une donnée remise dans un contexte défini (réponse aux questions quoi, quand, où, qui ?). Elle prend diverses formes : imagée, orale, écrite et délivre un message. Enfin, la connaissance est une information interprétée (réponse aux questions comment, pourquoi ?).



## **4.6. LES TIC ET LE REX**

Dans ce travail de recherche il m'est difficile de parler de gestion des connaissances et REX sans aborder la question des technologies de l'information et de la communication.

En effet depuis l'ère moderne, les organisations mémorisent sur papier leur histoire et leurs actions (comptes rendus de réunions, rapports d'activités, archivages de documents...) afin de pouvoir les transmettre. Puis, les techniques de stockage et de diffusion se sont étendues avec notamment l'apparition des bases de données électroniques et des méthodes d'enregistrement audio et vidéo. La diffusion des TIC se répand alors par contagion dans des secteurs auparavant réfractaires comme le BTP ou le génie civil et l'essor du knowledge management a été porté par les technologies informatiques.

Actuellement, les possibilités de diffusion de l'information foisonnent, notamment avec Internet, sans parler de l'apparition constante de nouvelles technologies.

Ainsi, comme l'affirment [Mounoud E. et Dudezert A. ,2008], qui s'appuient sur [Foray et David, 2001] « C'est le développement des technologies de l'information (pour le stockage d'informations et la création de bases de données) et de la communication (pour la diffusion et l'échange d'informations) qui marque l'entrée dans une ère de gestion explicite des connaissances pour l'entreprise ». Les progrès réalisés dans le domaine des TIC, lesquelles, par leur capacité à accélérer le temps et agrandir l'espace, sont des facilitateurs de la communication, de la coordination et de la coopération entre des acteurs souvent dispersés, ont donc joué un rôle certain dans l'émancipation du Knowledge Management en tant que discipline particulière.

L'intérêt des TIC se situe dans cette possibilité de générer une importante base de connaissances interactive et facilement accessible et exploitable par les utilisateurs.

Les TIC sont considérés par les organismes internationaux comme des outils pouvant permettre le décollage des pays du Sud. Ces organismes incitent fortement ces pays à investir dans ce domaine. De ce fait, la gestion des connaissances est souvent assimilée aux TIC. [Benabderahmane Y, 2012]

Dans une perspective plus managériale, la gestion des connaissances ou « Knowledge Management », et le REX sont des démarches en pleine expansion dans le monde des entreprises dont les objectifs visent la formalisation et le transfert des savoirs spécifiques à l'organisation, la capitalisation et l'exploitation de ces savoirs en vue d'améliorer la performance organisationnelle et la maîtrise des risques .

La gestion des connaissances, fortement facilitée par l'introduction des TIC, devra être perçue au niveau des entreprises de BTP comme un moyen de gérer au mieux ses projets en maîtrisant correctement les risques. La connaissance étant devenue à la fois un support et un facteur important du changement organisationnel, l'intérêt des TIC se situe dans la possibilité de générer une importante base de connaissances interactive et facilement accessible et exploitable par les utilisateurs.

La connaissance est désormais « l'ingrédient essentiel de la création de valeur » [Manfred M. ,1995] et se place au cœur de la stratégie des organisations. Selon [Nonaka et Takeuchi, 1997], les entreprises japonaises ont connu le succès en partie grâce à leur aptitude à développer des connaissances organisationnelles. En effet, ces auteurs parlent de « la capacité d'une entreprise considérée dans son ensemble, à créer de nouvelles connaissances, à les diffuser en son sein et à les incorporer dans ses produits, services et systèmes ».

#### **4.7. INTELLIGENCE ECONOMIQUE**

Le monde de demain se construira sur la capacité d'innovation et l'excellence des systèmes opérationnels capables de délivrer la valeur ajoutée attendue par les clients. (IE) ainsi que le (KM) sont induits dans cette affirmation.

L'intelligence économique est une évidence qui s'affirme dans les politiques publiques et dans les politiques économiques. Le développement des entreprises, s'appuie sur un mode d'approche lié à l'intelligence économique...

Dans la démarche d'intelligence économique, on parle souvent de la nécessité de collecter l'information et de rassembler les données et les informations dans l'entreprise, à l'extérieur, auprès des partenaires ou des collectivités. L'intelligence économique permet surtout de mieux connaître les concurrents, les donneurs d'ordre,

les fournisseurs, les règles et les normes qui peuvent influencer directement l'activité de l'entreprise afin d'agir sur ses environnements au lieu de les subir. C'est une aide à la décision qui ne se substitue pas à l'intuition et aux décisions humaines collectives ou personnelles. [Carlier A., 2012]

Chaque entreprise, quels que soient sa taille, son domaine d'activité, ses marchés, doit connaître son environnement concurrentiel. C'est en ayant identifié les produits et services lancés que l'ont peut concentrer ses moyens sur des produits et services compétitifs.

L'intelligence économique permet cela en éclairant la stratégie de l'entreprise. Avant de chercher l'Information, l'entreprise doit identifier ses besoins et arrêter une méthode de collecte et de traitement de cette information adaptée à ses moyens (effectif, système Informatique) Ensuite, il lui faut valider l'information, l'analyser, la formater et la diffuser.

L'Intelligence Economique est largement reconnue par les professionnels de l'information et les pouvoirs publics comme un moyen qui permet aux entreprises d'anticiper sur l'évolution des marchés, des concurrents et de techniques; mais également comme un outil au service de la stratégie de l'entreprise : savoir pour comprendre, comprendre pour agir à bon escient.

De ce qui précède, on retiendra surtout, que l'Intelligence Economique est un support de réflexion et d'analyse pour affiner la stratégie de l'entreprise. Définir ses besoins en information force à préciser dans quelle direction l'entreprise veut se développer. Intégrer l'information diminue les risques lors des prises de décision.

L'IE utilise des méthodes de management et de technique pour constituer un « réservoir » d'informations élargissant les connaissances de l'organisation. Ces informations ont pour finalité l'évolution de l'entreprise vers la sécurité maximale contre les menaces la visant, d'abord en les anticipant.

Avec l'évolution des technologies de l'information et des partenariats renforcés d'entreprises internationales, la protection d'informations sensibles et la sûreté des systèmes d'information sont au cœur de l'activité économique.

L'entreprise du BTP est aujourd'hui engagée dans un processus d'amélioration continue, là où l'innovation, la recherche, la production ou la gestion des informations au jour le jour sont vitales et nécessaires. L'entreprise doit s'adapter à de nouvelles opportunités ; elle doit se développer en utilisant des démarches innovantes comme le REX, KM, IE pour affronter l'économie de demain.

L'Intelligence Economique et le Retour d'Expérience sont deux approches similaires qui se différencient par la nature des événements traités. La première (Intelligence Economique) se préoccupe d'événements apparaissant dans l'environnement externe de l'entreprise et vise l'amélioration de la compétitivité de l'organisation, alors que la seconde (Retour d'Expérience) est conduite pour des événements internes et a pour objectif la création d'un avantage concurrentiel.

#### **4.8. L'ANALYSE DES DEFAILLANCES COMME SOURCE DE CONNAISSANCE**

Dans le contexte de la sécurité des structures et des sites, la défaillance se rapporte souvent à des questions d'intégrités structurelles, et parfois à l'effondrement de la structure ou d'une de ses parties. Le terme de défaillance correspond aussi à des dysfonctionnements moins spectaculaires (relatifs au confort, à l'aptitude à l'emploi, par exemple une défaillance d'étanchéité).

La défaillance structurelle d'un ouvrage en génie civil résulte de la dégradation lente ou brutale de certaines de ses fonctions. L'étude approfondie des défaillances d'ouvrages est très instructive car la connaissance et la modélisation des mécanismes de dégradations (fissuration, endommagement, corrosion) permettent d'identifier les modes de défaillance, d'estimer les probabilités de défaillance et de définir les stratégies les plus adaptées au maintien des performances souhaitées.

Les défaillances des ouvrages se manifestent toujours selon une logique mécanique : elle se produit parce que, dans des circonstances précises, les effets des actions dépassent les capacités de résistances. On peut distinguer deux grandes familles de raisons :

- La capacité est « convenable », mais les actions très supérieurs à ce qui était attendu : phénomène naturels exceptionnels, actions accidentelles, etc.
- Les actions n'ont rien d'exceptionnel mais les capacités sont notablement inférieures à ce qui était attendu, du fait de propriétés insuffisantes (intrinsèques aux matériaux ou résultant du processus constructif) ou de la détérioration progressive des matériaux.

Cependant, la seule « logique mécanique » ne saurait tout expliquer et les facteurs humains jouent souvent un rôle essentiel, que ce soit en phase de conception, de construction ou d'exploitation de l'ouvrage. [Breysse D., 2009 T1]

Le caractère récurrent des défaillances permet de les analyser pour en identifier les causes les plus courantes.

L'intérêt de collecter toutes les informations relatives aux défaillances de structures est essentiellement pédagogique. On apprend davantage au travers d'expériences malheureuses que par les réalisations à succès et la compréhension de l'erreur est source de progrès pour la technique.

Le premier objectif de la capitalisation de l'expérience est de constituer une bibliothèque de "cas" (on parle alors d'"études de cas") relatant de manière critique l'expérience acquise par l'intermédiaire de différents cas particuliers de défaillances, quelles que soient leur origine. Mises en forme par des experts, ces études de cas permettent la construction de "bases de données"

Le deuxième objectif, finalement le plus important, est de transmettre au plus grand nombre l'expérience ainsi recueillie. Le résultat est ainsi d'accroître la compétence des acteurs pour mettre à jour leurs connaissances.

Le recueil et l'analyse critique des éléments d'information mis bout à bout constituent le retour d'expérience (REX).

Le traitement post-accident (réparation, démolition, reconstruction, mesures de surveillance) fait partie des données à recueillir. On pourra aussi s'intéresser aussi aux mesures prises pour le confortement d'ouvrages (ou de sites) devenus dangereux.

Dans le secteur du génie civil, la phase la plus importante et la plus critique est celle de la conception, puisqu'elle est située à la racine de l'arborescence. C'est à cette étape que

sont faits les choix les plus déterminants de la construction : choix des formes, des volumes, des matériaux, des techniques d'exécution. Sans oublier le choix du site, qui peut favoriser ou handicaper le projet, du fait du sol, des conditions climatiques, de l'exposition aux aléas naturels. Souvent le site est imposé en raison de contraintes budgétaires, politiques ou géographiques et les concepteurs n'ont qu'à s'en accommoder.

A cet effet l'objectif de la reconnaissance (étude géologique, géophysique, hydrologique, géotechnique) est pourtant, a priori, de fournir les éléments pertinents pour des prises de décisions éclairées des intervenants.

Le développement du retour d'expérience mérite d'être porté aujourd'hui en Algérie par une méthodologie commune partagée par l'ensemble de nos chefs de projet en génie civil. Cette démarche méthodologique s'appuie sur l'élaboration, la diffusion et l'exploitation d'une fiche REX.

A cet effet nous avons élaboré une fiche REX qui comprend quatre parties : identification, analyse, solutions, et enseignements / recommandations. Cette fiche ne doit pas être assimilée à une « inspection » visant à formuler un jugement sur l'action des acteurs par rapport à des cadres réglementaires, mais au contraire être perçue comme un des éléments d'une démarche de progrès.

La présente fiche est avant tout destinée aux techniciens du retour d'expérience. Elle contribue à cadrer méthodologiquement la conduite des retours d'expérience dans l'industrie de la construction.

Les fiches REX contiennent les informations de base sur l'événement. Leur utilisation est principalement statistique et peut faire l'objet d'une prise en compte par le risk manager en raison de leur récurrence.

Elles permettent d'étudier la fréquence, la répartition géographique et temporelle des différents types d'événements. Elles renseignent quant à leur évolution.

Cela permet par exemple de constater la recrudescence dans un chantier d'un type d'événement ou au contraire sa diminution et de mettre ces évolutions en perspective par rapport à des évolutions du contexte ou à l'effet des mesures prises.

Elle se présente comme suit :

### 1. Identification

Cette partie consiste à identifier d'une part la fiche de Retour d'Expérience et d'autre part le problème à résoudre. Pour cela, les champs suivants ont été définis :

- N° Fiche : permet de référencer la fiche dans l'outil support utilisé,
- Rédigée par : l'auteur de la fiche, personne qui a en charge de rédiger la fiche
- Fonction du rédacteur dans le projet : le statut que détenait, dans le cadre du projet concerné, la personne qui rédige la fiche ( chef de projet, membre de l'équipe projet, chargé d'études, directeur, etc).
- Date de création : date de création de la fiche, (format : jj/mm/aa)
- Validée par : personne qui a en charge la validation de la fiche
- Intitulé de la fiche REX : Désigne l'événement qui est apparu dans le projet (doit être clair et concis)
- Projet : Intitulé du projet (désigne le nom du projet dans lequel est apparu le problème)
- Chef de projet : personne responsable du projet
- Localisation du projet : lieu exact de l'événement (Commune, daïra, wilaya...)
- Date de l'événement : date à laquelle l'événement s'est produit (format : jj/mm/aa)
- Phase du projet : désigne la phase du cycle de vie du projet, précisez la phase (conception, réalisation, clôture...)

### 2. Analyse

Cette partie restitue l'analyse menée pour résoudre le problème. Les champs suivants ont été définis :

- Description de l'événement / Constat défaillance : renseigne sur le contexte d'apparition du problème.
- Causes prouvées : causes certaines de l'origine du fait
- Causes possibles : liste des causes possibles qui peuvent engendrer le problème,
- Conséquences/impact : conséquences avérées suite à l'apparition du problème, et évaluation exprimée en terme de Contenu (technique) - Coûts - Délais

### 3. Solutions

Cette partie décrit les solutions retenues pour le problème détecté. Les champs suivants ont été définis :

- Types d'action associée : Préventive, Protection, Plan de substitution, Aucune
- Description de l'action associée : description des solutions mises en place pour débloquer la situation engendrée par l'apparition du problème,

### 4. Enseignements/Recommandations

Cette partie comprend la description des actions générales qui ont été prises pour traiter ou éviter les expériences négatives ou pour aider à reproduire les expériences positives dans le cadre du projet considéré (techniques, management, documentaire, etc.) [Desroches A. et al, 2003]

Elle comprend aussi la description des actions à prendre pour généraliser les enseignements et pérenniser, dans le cadre d'autres projets, les solutions qui en sont issues ainsi que les impacts associés (documentaire et/ou produit). [Desroches A. et al, 2003]

Nous présenterons ci-dessous les deux exemples de fiche REX, de risque des mines (Tab 4.1) et de l'ensablement (Tab 4.2) étudiés dans le chapitre précédent, ainsi que le modèle de fiche REX (Tab 4.3) qui figure en annexe.

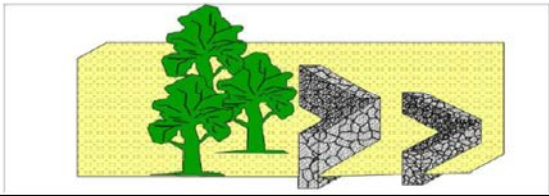
Nous concluons ce paragraphe par dire que l'analyse de ces défaillances confirme la multiplicité des facteurs qui peuvent expliquer les événements observés. Elle a permis l'émergence récente d'une nouvelle spécialité d'ingénieur : le « Forensic Engineer »



**Tableau 4.1** Exemple de fiche REX (mines)

MANAGEMENT DES RISQUES PROJET	
FICHE RETOUR D'EXPERIENCE (REX)	N°01
Intitulé de la fiche REX: présence de mines sur le site du projet	Rédigée par : HAMZAOUI F
Projet : la mise à voie normale de la ligne ferroviaire Mechria-Bechar sur 360 Km	Fonction du rédacteur (dans le projet) : Chef de projet étude
Chef de projet : Mr HAMZAOUI FETHI	Date de création : 20/12/2014
Localisation du projet : Wilaya de Naama	Validée par : .....
Date de l'événement : Décembre 2004      Lieu de l'événement : Mograr, wilaya de Naama	
Phase du projet/Etat d'avancement : Réalisation/10%	
Description de l'événement/Constat : Le projet se situe dans le sud du pays, très proche de la l'ex ligne Morice. Il se trouve pollué par la présence des mines. Explosion de plusieurs mines, en phase de terrassement, et pendant un bivouac nocturne des travailleurs	
Causes prouvées : Pose volontaire en période de guerre de libération nationale.	
Causes possibles : Charriage par ruissellement des oueds et par le vent.	
Conséquences Cout : 41 Millions de DA..... Délais : 138 Jours. Contenu (technique) : Néant	
Impact matériel : Engins détruits partiellement      Impact humain : Un ouvrier blessé légèrement	
Types d'action associée : <input type="checkbox"/> Préventive <input checked="" type="checkbox"/> Protection <input type="checkbox"/> Plan de substitution <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Accepter <input checked="" type="checkbox"/> Transférer <input type="checkbox"/> Traiter <input type="checkbox"/> Partager	
Description de l'action associée : Etablir une stratégie de déminage conforme a la réglementation (sous/traitance avec l'Armée nationale populaire). Contracter une assurance contre les mines	
Enseignements / Recommandations: Instaurer un processus de management des risques projet dès le début du projet. Visite obligatoire du site avant la signature du contrat Créer dans chaque projet une cellule de management des risques Formation des équipes projet au management des risques Création de fiches REX.	

**Tableau 4.2** Exemple de fiche REX (ensablement)

MANAGEMENT DES RISQUES PROJET	
<b>FICHE RETOUR D'EXPERIENCE (REX)</b>	<b>N°02</b>
Intitulé de la fiche REX: Ensablement de la voie	Rédigée par : HAMZAOUI F
Projet : la mise à voie normale de la ligne ferroviaire Mechria-Bechar sur 360 Km.	Fonction du rédacteur (dans le projet) : Chef de projet étude
Chef de projet : Mr HAMZAOUI FETHI	Date de création : 20/12/2014
Localisation du projet : Wilaya de Naama	Validée par : .....
Date de l'événement : Février 2005      Lieu de l'événement : Mograr, wilaya de Naama, sur 47km	
Phase du projet/Etat d'avancement : Réalisation/15%	
Description de l'événement/Constat : L'ensablement de la voie ferrée du projet est un problème d'agression du milieu naturel sur l'infrastructure, donc il sera d'emblée comme risque naturel et il pourrait constituer l'un des principaux problèmes des terrassiers au cours de la réalisation de la plate forme.	
Causes prouvées : Actions du vent (dans l'environnement saharien)	
Causes possibles : Pluie	
Conséquences	
Cout : 1.4 Millions de DA	Délais : 60 Jours
Contenu (technique) : Néant	
Impact matériel : Néant      Impact humain : Néant	
Types d'action associée : <input type="checkbox"/> Préventive <input type="checkbox"/> Protection <input checked="" type="checkbox"/> Plan de substitution <input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Accepter <input checked="" type="checkbox"/> Transférer <input type="checkbox"/> Traiter <input type="checkbox"/> Partager	
Description de l'action associée : Un aspect protecteur à moyen et long terme qui vise à adopter certaines méthodes et pratiques, comme des brises vent faits de deux murets en pierres, utilisant la technique du gabionnage et végétalisés : cela permettrait de faire face immédiatement aux flux éoliens chargés en sable et en même temps, il donnerait le temps aux plantations arbustives de pousser sans être immédiatement « ensablées » elles-mêmes. Ainsi, celles-ci pourraient à leur tour agir face à ce risque. L'ensemble (deux murets de hauteur différente et les plantations d'arbres intégrées) formerait des sortes de petits parcs qui ne dépareilleraient pas le paysage.	
	
Enseignements / Recommandations:	
Instaurer un processus de management des risques projet dès le début du projet.	
Visite obligatoire du site avant la signature du contrat Créer dans chaque projet une cellule de management des risques Formation des équipes projet au management des risques Création de fiches REX.	

## 4.9. INGENIERIE FORENSIQUE

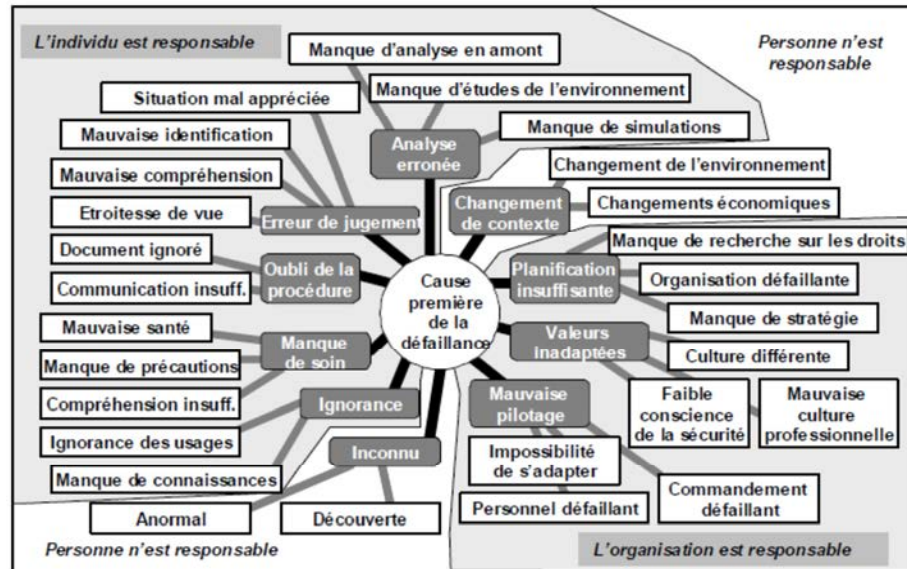
L'ingénierie forensique « Forensic Engineering » est une discipline récente, qui s'est développée rapidement ces dernières années, particulièrement sur le continent nord-américain. Le vocable « Forensique », forgé sur le « forum » latin, traduit lui même cette composante juridique : le forum était l'espace public où l'on discutait des choses communes. L'ingénierie forensique peut donc être vue comme une « médecine légiste des ouvrages » : il s'agit de conduire une ingénierie à rebours, « post-mortem » (de l'ouvrage), pour reconstruire l'enchaînement logique de causes et de faits qui ont conduit à la défaillance finale... et attribuer les responsabilités. [Breysse D., 2009 b]

L'ingénierie forensique est essentiellement un programme d'analyse de défaillances pour aider dans la résolution des cas d'accidents litigieux. Le but d'un tel programme est d'identifier formellement la séquence d'événements qui ont pu aboutir à une certaine défaillance ; c'est une tranche très spécialisée de la pratique de l'ingénierie qui nécessite une expertise dans le domaine concerné ainsi qu'une bonne connaissance des procédures légales.

Après une défaillance, le spécialiste du génie civil est interpellé : on lui demande de comprendre et d'expliquer ce qui s'est passé, pour tâcher d'en tirer des leçons et adapter, par exemple, les textes réglementaires ou les principes constructifs [Breysse D., 2003]. L'étude des cas d'effondrements passés permet de mettre en lumière les causes d'accidents (ou présomptions de causes), de les analyser, et d'en tirer des leçons [Bordes, 2005]. Ces leçons enrichissent l'expérience des constructeurs. Ce peut être parce que le risque a été sous-estimé, pas ou mal pris en compte, parce que la technologie employée était imparfaitement maîtrisée, parce qu'il n'a pas été tenu compte de signes avant-coureurs, ou d'accidents antérieurs, parce que les secours étaient mal organisés, les systèmes d'alerte insuffisants... [Breysse D., 2009 b]

[Hatamura, 2007], a mis en place une base de données (cas de défaillance, non limitée d'ailleurs aux constructions civiles). Le mandala des causes (Figure 4.7) contient 10 classes à un premier niveau de description et 27 classes plus détaillées. Ces classes sont ordonnées selon que la cause résulte plutôt d'un individu (ignorance, manque de soin, non respect des procédures...), d'une organisation (conflits culturels, faiblesse du

pilotage, organisation déficiente...), de la société dans son ensemble (changements environnementaux ou économiques), ou que personne ne peut en être tenu pour responsable (phénomènes inconnus ou imprévisibles).



**Figure 4.7** Mandala des causes [Hatamura, 2007]

L'ingénierie forensique a d'abord eu pour but la recherche des causes des défaillances pouvant se produire dans un processus industriel. Elle s'est d'abord attachée à étudier les causes de défaillance structurale, sans qu'il s'agisse nécessairement d'effondrement.

Pour ce faire elle se sert de tous les ressorts de l'ingénierie, tant scientifiques que technologiques, ainsi que des témoignages et des traces historiques, pour trouver une explication des défaillances afin de concourir à les éviter par la suite.

L'ingénierie forensique part alors des retours d'expérience de défaillances en les enrichissant d'une approche systémique dont le but est de mettre en évidence toute la chaîne des événements d'un processus conduisant à la défaillance et de chercher à améliorer un ou plusieurs résultats.

Enfin elle prend en compte tous les aspects d'un processus industriel, techniques, mais également organisationnels, juridiques et socioéconomiques qui doivent être inclus dans la démarche.



L'apport de cette ingénierie concerne d'abord la recherche d'explications sur des cas bien documentés, pour lesquels il s'agit souvent (entre autres) d'identifier les causes des défaillances.

L'ingénierie forensique a aussi pour but d'améliorer globalement les pratiques professionnelles :

- En identifiant des domaines (types de technologies ou de procédés) où la sécurité est insuffisante et en proposant de meilleures solutions ;
- En développant l'information et la formation des praticiens et des ingénieurs ;
- En faisant évoluer la réglementation.

#### **4.10. REX ET TOTAL QUALITE MANAGEMENT (TQM)**

Lorsqu'on étudie les notions de TQM et REX vis-à-vis du domaine de l'industrie de la construction, il émerge dans la littérature, un nombre important de communications scientifiques [Abdul-Aziz, 2002 ; Low et Teo, 2004 ; Lessing et al ,2005 ; Meiling, 2010]

L'environnement concurrentiel actuel pousse toutes les entreprises du secteur de la construction à mener des actions visant à améliorer leurs activités, que ce soit au niveau de leur projet, de leur processus, ou de leur organisation.

La prise en compte du retour d'expérience aux différents niveaux d'activités de l'entreprise constitue pour celle-ci l'un des moyens les plus sûrs d'accroître la qualité de ses produits et ses performances. Nombreuses sont les entreprises qui, soucieuses de valoriser ou, simplement, de préserver leur capital immatériel, ont adopté le REX dans leur plan d'amélioration continue. [Bertin A. et al, 2011]

La bibliographie nous a montré aussi que l'histoire de la Qualité a connu trois grandes époques de développement en Europe.

L'époque du contrôle qualité où la production avait du mal à satisfaire la demande, le seul souci de la qualité était celui d'un contrôle final en production, du tri entre les pièces bonnes et les mauvaises. L'époque de l'assurance qualité où la nécessité d'augmenter la compétitivité a amené les entreprises à travailler sur les causes de

dysfonctionnement autant que sur les effets, c'est une démarche d'amélioration de la qualité. Et actuellement nous en sommes à une prise de conscience que la qualité ne concerne plus seulement le produit, mais aussi l'environnement et toutes les fonctions de l'entreprise. Ainsi s'est mis en place les concepts TQM (la qualité totale).

Le retour d'expérience et la gestion des connaissances sont en général étroitement liés avec l'assurance qualité. Un des principes de l'assurance qualité est d'écrire ce qui est fait (en procédures) et de faire ce qui est écrit. Le retour d'expérience est un moyen pour avoir des traces écrites de ce qu'a été fait et de pouvoir vérifier si les procédures ont été respectées. En plus, la boucle d'amélioration intégrée par le biais du retour d'expérience a de fortes ressemblances avec la boucle de l'amélioration continue de l'assurance qualité, plus connue aussi sous le nom de la roue de Deming, Plan-Do-Check-Act [Chardonnet, 2002]

Le retour d'expérience est un moyen pour adapter les procédures écrites à la réalité du terrain. Pour ces raisons on peut dire que le retour d'expérience est un outil très utile pour l'assurance qualité et chaque plan qualité doit prévoir un retour d'expérience pour la simple et bonne raison qu'un bon plan assurance qualité est toujours remis en cause, toujours en évolution pour s'adapter aux besoins du moment. Le retour d'expérience est le « capteur » de la réalité, une réalité à laquelle le plan qualité doit s'adapter. [Win Vanssenhove, 2004]

AFNOR a publié en septembre 2000 la norme FD X 50-190 « outil de management. Capitalisation d'expérience » qui fournit des recommandations pour faciliter la mise en œuvre des dispositifs de capitalisations d'expériences dans les entreprises.

Pour AFNOR, la capitalisation d'expérience est une composante du système de gestion de la qualité dans son ensemble : [voir management de la qualité, capitalisation d'expérience FD X 50-190 P9 ([www.afnor.fr](http://www.afnor.fr))]

Le processus de capitalisation d'expérience se décompose en cinq phases et deux étapes :

- Identification de l'expérience à capitaliser
- Mise en place des dispositifs nécessaires à la capitalisation
- Capture de l'expérience à réutiliser

- Valorisation par transformations en informations utilisables
- Utilisations du capital ainsi rassemblé

Pour que le processus vive et soit maîtrisé, il convient de poursuivre par les étapes :

- D'évaluation de l'utilisation et de l'efficacité du processus (production des effets escomptés : coûts, délais, qualité, sécurité)
- D'amélioration en s'appuyant sur les résultats de cette évaluation

La capitalisation d'expérience constitue un des dispositifs d'amélioration du système de management de la qualité, puisqu'on peut l'associer à des objectifs tels que :

- Economie d'effort dans l'action
- Optimisation des ressources
- Aide à la conception
- Optimisation des contrôles qualités
- Accroissement des performances individuelles

Conclusion primordiale, le REX n'est pas un processus déclenché par un événement mais une démarche volontariste, permanente et structurée, d'observation des événements. En cela, il est bien le complément naturel de l'amélioration continue. [Le Ray J., 2006]

## 4.11. CONCLUSION

Après avoir défini ce que c'est que le retour d'expérience d'une façon générale, et le REX en génie civil d'une façon particulière nous avons montré que les données du retour d'expérience peuvent avoir des formats très différents selon les secteurs du génie civil : mesures expérimentales (en laboratoire ou in situ), informations expertes, observations visuelles, données d'auscultation... Ces formats vont donner logiquement autant de pratiques différentes de capitalisation du retour d'expérience, puis ensuite de traitement et enfin de valorisation des informations capitalisées pour le diagnostic, l'évaluation de la sécurité, l'analyse de risques ou encore l'aide à la gestion d'un patrimoine ou encore la gestion des ouvrages et des sites.

Dans l'industrie de la construction, on doit accorder une grande importance à la gestion des coûts, des délais, à améliorer la qualité, mais aussi standardiser les modèles organisationnels, ouvrir de nouvelles opportunités dans les projets, éviter les redondances, ou la perte du savoir-faire et des bonnes pratiques.

Dans ce chapitre nous avons expliqué que ceci n'est réalisable que si on évolue vers une mise en œuvre d'une démarche de gestion des connaissances et des savoirs par la formation, la recherche et le développement et l'industrie des technologies de l'information et de la communication (TIC).

Nous avons aussi élaboré un modèle de fiche REX et nous l'avons appliqué à notre cas pratique pour deux types de risques (mine et ensablement) survenues dans notre projet. Nous pensons que l'utilisation de cette fiche qui constitue d'abord un outil d'apprentissage va nous aider à améliorer notre processus de maîtrise des risques ainsi qu'à l'évitement de la crise.

A la fin de ce chapitre, nous avons tenu à signaler que le retour d'expérience est un outil très utile pour l'assurance qualité, c'est une réponse à certaines exigences et notamment au niveau de l'amélioration continue. Il apparaît ainsi comme une des préoccupations dans la gestion des organisations en termes de management de la qualité.





## CONCLUSION GENERALE

Notre objectif dans ce travail de recherche est de présenter des approches permettant d'identifier, d'évaluer et d'agréger les évaluations de risques. On peut par ces approches, pour un projet de construction, avoir connaissance du niveau du risque global ainsi que des risques les plus forts, ceux qui devront faire l'objet d'une attention particulière, voire d'un traitement préalable. Notre objectif est aussi de montrer l'intérêt des informations capitalisées précédemment en vue de leur utilisation comme REX afin d'améliorer l'identification des risques des nouveaux projets.

Nous pensons que ce travail représente un véritable enjeu pour nos entreprises qui veulent s'assurer de la réussite de leur projet. De même, l'analyse de la littérature montrera que peu de recherches combinent à la fois le domaine du management des risques et du REX. C'est pourquoi cette recherche revêt un caractère original.

Afin de positionner notre travail, nous avons commencé notre introduction par sensibiliser le lecteur sur le contexte algérien actuel du management de projet.

En effet notre secteur est de plus en plus confronté à des contraintes de réalisations d'infrastructures aux performances optimisées et aux meilleurs coûts et délais.

Pour poursuivre dans la même démarche, il nous a fallu dans un premier temps faire une analyse de l'environnement de la construction en Algérie, par une analyse SWOT, pour faire ressortir les points forts et les points faibles du secteur, afin de pouvoir formuler des options stratégiques, et transformer les risques en opportunités.

C'est parce que la mise en œuvre d'un processus de management des risques projets est l'une des options stratégiques de notre analyse, que nous nous sommes intéressés au

concept de risque et ses corollaires tels que, sa perception, sa représentation, son aversion, son accroissement dans l'industrie de la construction, ainsi qu'un panorama sur la maîtrise du risque en génie civil.

Ce cadre d'analyse permet de replacer la gestion des risques dans une perspective plus large que celle qui lui est habituellement assignée. Il appelle sur un plan pratique à une réflexion par l'entreprise BTP Algérienne sur la place qu'elle va accorder à la gestion des risques au sein de sa stratégie.

On a développé ensuite un exemple d'application concret qui consiste à présenter une méthode innovante (RBS) de traitement des risques en génie civil.

Cette méthode permet d'établir la cartographie des risques d'un projet, sous la forme d'une structure arborescente. Cette structure est à la fois dynamique (elle évolue avec l'avancement du projet), adaptée à chacun des acteurs (qui peut privilégier tel ou tel regard) et multi-échelle (elle peut être plus ou moins développée selon le niveau de détail que l'on veut considérer).

La structure arborescente est établie de manière automatique en exploitant les données contenues dans une base de connaissances sur les événements redoutés et leurs regroupements possibles en familles.

À la fin du projet, les nouvelles informations produites pourront, à leur tour, être stockées dans les bases de connaissance pour les projets futurs. Les actions prises et leur efficacité feront aussi l'objet du retour d'expérience et seront capitalisées dans les bases de connaissance.

Tout au long de ce mémoire, nous avons souhaité montrer l'intérêt d'un couplage entre le knowledge management et le retour d'expérience. Ceci nous a permis de mettre en lumière les apports du REX à la maîtrise du risque.

Une fiche modèle REX a été élaborée, l'objet de ce travail était d'explorer une piste de progrès dans l'industrie de la construction concernant le système d'information pour la gestion des risques.

Cependant, il nous est apparu en traitant notre cas pratique que l'efficacité du REX est conditionnée par l'existence des fiches REX. Par exemple une bonne connaissance du site, de ses enjeux nous permet certainement une déclinaison de l'aléa ensablement et

présence des mines ainsi que des dispositifs réglementaires sur lesquels s'appuyer sont également des conditions primordiales. Le contexte dans lequel se déroule le retour d'expérience influe donc fortement sur sa mise en œuvre et par conséquent sur ses résultats.

Toutefois, ce même cas nous permet de nous interroger sur le rôle du REX comme garantie de réduction de la vulnérabilité et de l'alea : il est primordial et nécessaire d'engager un retour d'expérience pour les projets similaires et sur le même territoire comme par exemple le futur projet ferroviaire de la boucle du sud Hassi Messaoud-Ouargla-Ghardaia-Laghouat-Djelfa ou encore Mechria-El Bayad.

Ces différents constats nous amènent face à plusieurs interrogations, dont nous proposons une piste de réflexion dans cette conclusion, ouvrant sur une éventuelle continuité, à savoir faire un état des lieux, identifier et élaborer une check list des risques concernant les ouvrages réalisés en Algérie (bâtiments, routes, autoroutes, barrages, ponts, tunnels, infrastructures ferroviaires...).

Pour gérer les risques d'un futur projet de construction, on pourra s'appuyer sur ces bases de connaissance qui seront consultées tout au long du projet pour s'adapter à l'évolution des circonstances et donc des risques.

Nous concluons enfin pour dire que l'analyse de la démarche de retour d'expérience a fait émerger la connaissance et l'expérience comme des moyens de diminuer la vulnérabilité et l'alea d'un projet. En effet, valoriser la connaissance et l'expérience permet d'éviter la reproduction des erreurs, ce que se propose de faire le retour d'expérience.

## ***BIBLIOGRAPHIE***

Abdul-Aziz A.R. (2002). "The realities of applying total quality management in the construction industry." *Strucl. Surv.*, 20(2), 88-96. In Koh,Ty et Low,Sp « An empirit frameworck for TQM implementation in construction companies » *journal of management in engineering*,the University of Hong Kong,2010 .

AFNOR (2000). «Outils de management – Capitalisation d'expérience », FD X50-190, septembre 2000.

Almeida-Dias J., Figueira J. R., & Roy B. Electre Tri-C (2010) : A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. *European Journal of Operational Research*,, 565-580.

Assaf Sadi A., Al-Hejji S., (2006) Causes of delay in large construction projects, *Int. J. of Project Management*, 24, 349-357.

Alter S. (1996) « Information Systems : A Management Perspective», 2nd Edition Benjamin/Cummings Publishing.

Bailey S.F., et al, (2001). Niveau de sécurité requis pour l'évaluation de ponts-routes existants, Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, in Breysse Denys. *Ingénierie forensique : la défaillance comme base de savoirs*, 27èmes rencontres de l'AUGC, Saint-Malo, 3-5 juin, 2009.

Baloi D., Price A.D.F., (2003). Modelling global risk factors affecting construction cost performance, *Int. J. of Project Management*, 21, 261-269.

Beckman T., (1997). « A Methodology for Knowledge Management », International Association of Science and Technology for Development (IASTED) AI and Soft Computing Conference. Banff, Canada.

Belcr C.,et al,( 2006). Générateur d'applications de Retour d'Expérience : une mise en œuvre du raisonnement à partir de cas dans les systèmes sociotechniques. 14<sup>e</sup> Atelier de Raisonnement à Partir de Cas LAB – UMR CNRS 6596.

Belkhatir A., (2010). « Nouveaux concepts et construits pour une science du danger en devenir » *Revue n°1 El Makhatir* decembre 2010, Oran ;

Benabderahmane Y., (2012). « Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas Algérie » Thèse de doctorat université Paul Valery Montpellier II.

Bergmann, (2002). "Experience Management", Springer-Verlag Berlin Heidelberg. In Rakoto H. (2004). « Intégration du retour d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) »Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.

- Bertin A. et al, (2011) « Aide au déploiement du REX en entreprise via l'exploitation d'un PLM » 9ieme Congres international de génie industriel CIGI, Québec.
- Bickford, (2000). "Sharing lessons learned in the Department of Energy". Le Département de l'Energie (Department of Energy) aux Etats-Unis . Intelligent Lessons Learned Systems Workshop, Austin, Texas, USA, In Rakoto,H. (2004). « Intégration du retour d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) »Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.
- Blondeaux, (1999). Retour d'expérience – Compte rendu des travaux du groupe de travail « facteurs humains » de l'Institut de Sûreté de Fonctionnement. In Jean Luc Wybo et al « Méthodologie de REX des actions de gestion des risques » convention MATE 07/2011 Rapport final 2003 Ecole des mines de Paris ARMINES.
- Boissier D., (2000). Décision et incomplétude. Revue Française de Géotechnique, 4ème trimestre, n°93, p.81-92.
- Bordes J.L., (2005). A propos de l'histoire des barrages en France, quelles leçons du passé ? Annales du BTP.
- Bourdarot E. (2001). Analysis of the irreversible deformations of arch dams. In: Dams in a European context, Geiranger, Norway . Lisse : Ed. Balkema. p.101-106.
- Breysse D., (2003). Les nouvelles donnes, Dimension Humaines et Sociales de la Maitrise des Risques de Défaillance d'Ouvrages, colloque AFGC, Environnement et Patrimoine.
- Breysse D., (2009 T1). Maîtrise des risques en génie civil, Vol. 1: Multiples dimensions des risques en génie civil, Paris: Hermès-Lavoisier.
- Breysse, D., (2009 T3). Maîtrise des risques en génie civil, Vol. 3: Sécurité des constructions et réglementation, Paris: Hermès-Lavoisier.
- Breysse D. et al, (2009 a). « Etat de la connaissance et des recherches en matière de Maitrise des Risques de Project dans la Construction » Project ANR-GERMA-GT4 partie 1 : synthèse bibliographique et propositions. Version 2.
- Breysse D., (2009 b). Ingénierie forensique : La défaillance comme base de savoirs, 27èmes rencontres de l'AUGC, Saint-Malo.
- Breysse D., (2011). « La maîtrise des risques, du projet aux ouvrages existants : quels enjeux ? Quels outils ? » INVACO2: Séminaire International, innovation & valorisation en génie civil & matériaux de construction, Rabat, Maroc, 23-25 Novembre.
- Calgaro J.A., (1996). Introduction aux Eurocodes – sécurité des constructions et bases de la théorie de la fiabilité. Paris : Presses de l'ENPC, 200 p.
- Carlier A., (2012) « Intelligence Economique et Knowledge Management » Edition AFNOR
- CERIB, (2003). Optimisation des coefficients de sécurité pour les produits préfabriqués en béton. ISSN 0249-6224. IBSN 2-85755-131-2 .in GIS MRGENCI (2004) : Rapport du groupe d'intérêt scientifique, maitrise des risques en génie civil, France.

Chapman C. B., (2001). The controlling influences on effective risk identification and assessment for construction design management, *International Journal of Project Management*, Volume 19(3), 147–160.

Chardonnet et al, (2002). Le guide du PDCA de Deming. Progrès continu et management. Éditions d'Organisation. In Win Vanssenhove « Définition et opérationnalisation d'une organisation apprenante (OA) à l'aide du REX », 2004, école nationale du génie rural des eaux et des forêts. Thèse de doctorat, centre de Paris.

CNA, (2013). Revue de l'assurance N°3 / 1<sup>er</sup> Semestre - Revue éditée par le Conseil National des Assurances.

Courilleau E., (1997). Analyse statistique de données routières appliquées au développement de modèle de gestion de l'entretien, Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal – LCPC. In GIS MRGENCI (2004) : Rapport du groupe d'intérêt scientifique, maîtrise des risque en génie civil, France.

Crémona C. Dir., (2003). Application des notions de fiabilité à la gestion des ouvrages existants. Paris : Ed. Presses ENPC. 447 p.

Delange V., (1994). « La croissance de sûreté de fonctionnement par le retour d'expérience dans le domaine technique et industriel ». Performances Humaines et Techniques n°69. In Rakoto, H. (2004). « Intégration du retour d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) » Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.

Denis-Remis C., (2007). Approche de la maîtrise des risques par la formation des acteurs. Thèse de doctorat en science et génie des activités à risques, Mines Paris Tech.

Desroches A., Leroy A., Vallée F., (2003). « La gestion des risques. Principes et pratique » Edition Lavoisier PARIS.

Ebrahimnejad S., Mousavi S. M., Seyrafiyanpour H., (2010). *Risk identification and assessment for build–operate–transfer projects: A fuzzy multi attribute decision making model*, *Expert Systems with Applications*, Volume 37 (1), 575-586.

Ellsberg D. (1961), « *Risk, Ambiguity, and the Savage Axioms* », *Quarterly Journal of Economics*, vol. 75, p 669-643 .

El-Sayegh S.M., (2008). *Risk assessment and allocation in the UAE construction industry*, *International Journal of Project Management*, Volume 26 (4), 431-438.

Ewald F. (1996). *L'Etat providence*. Paris. Gasset.

Flyvbjerg B., Holm M.S., Buhl S., (2002). Underestimating costs in public works projects. Error or lie? *APA Journal*, vol. 68, n. 3

Foray D., David P.A., (2001). An introduction to the Economy of Knowledge Society, Institut pour le management de la recherche et de l'innovation, université Paris-Dauphine, Paris. In Benabderahmane Yasmina « Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas Algérie » Thèse de doctorat université Paul Valéry Montpellier II 2012.

- Germa, (2012). Guide pratique pour la maîtrise et la gestion des risques « management des projets complexes de génie civil et urbain ».
- Gidel T., Zonghero W., (2006). Management de Projet (Tome 1, Introduction et fondamentaux), Hermès-Lavoisier .
- Gidel T., Marle F., (2009). Pilotage par les risques des projets industriels : et les opportunités ? Recommandations pour l'identification des risques projet. Entretiens 2009 du PMI IdF.
- GIS MRGenci, (2004). Rapport du groupe d'intérêt scientifique, maîtrise des risques en génie civil, France.
- Grundstein M., (2002). De la capitalisation des connaissances au renforcement des compétences dans l'entreprise étendue. Nantes, Conférence invitée au 1er colloque du groupe de travail « Gestion des Compétences et des Connaissances en Génie Industriel». In Hicham Jabrouni « Exploitation des connaissances issues des processus du REX industriels »Thèse de doctorat Toulouse 2012.
- Hamzaoui F., Allal M.A., Megnounif A., (2011). *Management des risques projet dans l'entreprise de travaux publics : cas de la ligne de chemin de fer Mécheria-Béchar*, XXIXe Rencontres Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 29 au 31 Mai.
- Hamzaoui F., Taillandier F., Mehdizadeh R., Breyse D., Allal A., (2014) « Evolutive Risk Breakdown Structure for managing construction project risks :Application to a railway project in Algeria » EJECE European Journal of Environmental and Civil Engineering **DOI:10.1080/19648189.2014.939416** **Published online:** 18 Jul 2014
- Hatamura Y., (2007). Failure knowledge database to learn lessons from past experience, IAEA Regional Asian Workshop on Managing Nuclear Knowledge, Tokyo.
- Ika Lavagnon A., (2007). La recherche sur le succès des projets: approche universelle ou contingente ?, XVIème conf. int. Management stratégique, Montréal, 6-9 juin 2007
- ISO 31000 (2009). Management du risque – Principes et lignes directrices de mise en œuvre .
- ISO Guide73 (2009). Risk Management—Vocabulary—Guidelines for Use in Standards.
- ITIG, (2006) “International Tunneling Insurance Group”, a code of practice for risk management of tunnel works, 30 jan. 2006.
- Jabrouni H., (2012). « Exploitation des connaissances issues des processus du REX industriels » Thèse de doctorat, Institut polytechnique de Toulouse.
- Jessua C., Labrousse C., Vitry D., Gaumont D., (2001). (dir), Dictionnaire des sciences économiques, PUF, Paris.
- Keeney R. et Raiffa H., (1976). Decision with multiple Objectives : Preferences and value trade-offs. New York : John Wiley& Sons, Inc.
- Laffréchine K., (1999). Base de données urbaine pour la gestion de réseaux d'assainissement non-visitables. Thèse de doctorat spécialité génie civil, Université Bordeaux I – CDGA, 263 p.

- Lamiri A., (2010). « Les grands chantiers 2005-2009 à la peine fin 2010 » El Watan du 29/11/2010
- Laully J. et al, (2001). «Qu'est-ce que le retour d'expérience ? Convergence et divergence des pratiques des retours d'expérience technique et humain», Collection de l'Institut de sûreté de fonctionnement, Paris.
- Laurent A. et Eric S., (2011). « Capitalisation des savoirs et savoir faire » Revue francophone du Management, la Cible n° 112.
- Le Ray J., (2006). Gérer les risques Pourquoi ? Comment ? Editions Afnor.
- Leroi E., (2005). Réalisation d'une étude sur les critères pour la définition de mesures de réduction du risque sismique du bâti existant en France, Rapport URBATERMEDD-Vuln/051220-01. In [Breysse D., 2009b] *Ingénierie forensique : la défaillance comme base de savoirs*, 27èmes rencontres de l'AUGC, Saint-Malo, 3-5 juin.
- Lessing J. et al, (2005). Industrialised housing: Definition and categorization of the concept. In Proceedings IGLC-13, Sydney, Australia. in John Meiling « continuous improvement and experience feedback in off-site construction » Doctoral thesis Lulea University of technology 2010.
- Likert R., (1932) "A technique for the measurement of attitudes", *Archives in Psychology*, vol. 140, p. 1-55.
- Low and Teo, (2004). "Implementing Total Quality Management in construction firms." J. Manage. Eng., 20(1), 8-15. In Koh, Ty et Low, Sp « an empiric framework for TQM implementation in construction companies » journal of management in engineering, 2010.
- Lyons T., Skitmore M., (2004). Project risk management in the Queensland engineering construction industry : a survey, Int. J. Project Management, 22, 51-61, 2004
- Magnussen O.M., Samset K., (2005). Successful Megaprojects: ensuring quality at entry, EURAM, Responsible management in an Uncertain World, Munich.
- Manfred M., (1995). L'organisation apprenante comme système de transformation de la connaissance en valeur, Revue Française de Gestion. In Benabderahmane Y. « Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas Algérie » Thèse de doctorat université Paul Valéry Montpellier II 2012.
- Matousek M., Schneider J., (1976). Untersuchungen zur struktur des sicherheitsproblems bei Bauwerken, Berghäuser, Bale.
- Mehdizadeh R., Breysse D., Chaplain M., Niandou H., (2010). *A methodology for building taylor's made RBS for project risks management in construction*, 5th Asranet conf., Edimburgh, 14-16 June.
- Mehdizadeh R., Breysse D., Chaplain M., (2011). "Modeling methodology of the Risk Breakdown Structure for project risk management in construction", *Proc. 11th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering*, Zurich, p. 811-818.



Mehdizadeh R., Taillandier F., Breysse D., Niandou H., (2012 a). *“Methodology and tools for risk evaluation in construction projects using Risk Breakdown Structure”*, European Journal of Environmental and Civil Engineering, 16, p. 78-98.

Mehdizadeh R., (2012 b). Dynamic and multi-perspective risk management of construction projects using tailor-made Risk Breakdown Structures, Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1.

Meiling J., (2010). « Continuous improvement and experience feedback in off-site construction » Doctoral thesis Lulea University of technologie.

Mounoud E. et Duzert A., (2008). Défis et opportunités : le KM entre technologies, comportements et organisations .In Benabderahmane Y. « Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas Algérie » Thèse de doctorat université Paul Valéry Montpellier II 2012.

Nonaka I. et Takeuchi H., (1997). La connaissance créatrice. La dynamique de l'entreprise apprenante, Edition De Boeck Université, Bruxelles. In Benabderahmane Yasmina « Management des connaissances, déploiement des TIC et GRH des organisations : cas Algérie » Thèse de doctorat université Paul Valéry Montpellier II 2012.

Peters E. et Slovic P., (1996). The rôle of affect and Worldviews as orienting dispositions in the perception and acceptance of nuclear power. Journal of Applied Social Psychology, 26, 1427-1453.

Peyras L., (2002). Diagnostic et analyse de risques liés au vieillissement des barrages Développement de méthodes d'aide à l'expertise, Thèse Doctorat, spécialité Génie civil, université Blaise Pascal – Clermont II.

Pipattanapiwong, (2004). Development of multi-party risk and uncertainty management process for an infrastructure project, Ph.D. Kochi Univ. Of Technology, Japon.

Prax, (2007). « Le manuel du Knowledge Management », Dunod in Julien Giudici et al « Exploitation du REX : Application au management des risques projets d'innovation » ISDM N° 40, 3 ième conférence francophone « Gestion des connaissances société & organisation » GECSO 2010.

Rapport conseil d'état, (2005). Rapport public du conseil d'état « responsabilité et socialisation du risque » France.

Rakoto H., (2004). « Intégration du retour d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) » Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.

Reche M., (2004). Effets des travaux d'entretien sur les lois d'évolution des dégradations de chaussées, Thèse de Doctorat, Université Blaise Pascal – LCPC. In GIS MR GENCI.

Rexao, (2003). (Retour d'Expérience et Apprentissage Organisationnel) est un groupement d'étude et de recherche animé par le pôle cyndinique de l'école des Mines de Paris REXAO, <http://www.rexao.org>. In Rakoto, H. (2004). « Intégration du retour

d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) »Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.

Robert J., (2006). Les propositions de l'ingénierie « Répartition des risques et responsabilités pour un programme d'assurances optimum dans le domaine de la construction »Paris septembre.

Roy B., Bouyssou D., (1993). Aide multicritère à la décision: Méthodes et cas, Economica, Paris.

Ruet M., (2002). Capitalisation et réutilisation d'expériences dans un contexte multi-acteur, Mémoire de thèse. Institut Nationale Polytechnique de Toulouse. In Hicham Jabrouni « Exploitation des connaissances issues des processus du REX industriels » Thèse de doctorat Toulouse 2012.

Talon A., (2006) « Evaluation des scénarii de dégradation des produits de constructions » Thèse de doctorat université Blaise PASCAL Clermont II.

Talon et al, (2009). Cours transverse « Analyse de risques : identification et estimation, démarche d'analyse de risques-Méthodes qualitatives d'analyse de risques » [www.unit.eu/cours/cyberrisques/etage\\_3.../Etage\\_3\\_synthese\\_web.html](http://www.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3.../Etage_3_synthese_web.html)

Taillandier F., Mehdizadeh R., Breysse D., (2011). *Evaluation et agrégation des risques pour les projets de construction par le recours aux Risk Breakdown Structures*, XXIX<sup>e</sup> Rencontres Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 29 au 31 Mai.

Tea C., (2009). « REX et données subjectives : Quel système d'information pour la question des risques » Thèse doctorat, école nationale supérieure d'art et métiers.

Tepelli E. et al, (2012). « Etude de l'environnement d'un projet de construction complexe et stratégique », XXXe Rencontres AUGC-IBPSA Chambéry, Savoie, 6 au 8 juin 2012.

Tobin D., (1996). « Transformational Learning : Renewing Your Company through Knowledge and Skills», John Wiley & Sons.

Titouche A., (2014). « Retour sur le scandale de l'autoroute est ouest : le km le plus cher au monde » El Watan du 08/04/2014.

UBI France, (2010).Mission économique, fiche de synthèse de juillet « le secteur du BTP en Algérie »

Van Der Spek, et al, (1997). « Knowledge Management : Dealing Intelligently with Knowledge», Knowledge Management and Its Integrative Element. Liebowitz & Wilcox, eds. CRP Press.

Vérot, (2001). « Retour d'Expérience dans les industries de procédé », Techniques de l'Ingénieur. In Rakoto,H. (2004). « Intégration du retour d'Expérience dans les processus industriels (Application à Alstom Transport) »Thèse de doctorat, institut polytechnique de Toulouse.

Vesseron, (1998). Transparence, Face au Risque, n° 344. In Jean Luc Wybo et al « Méthodologie de REX des actions de gestion des risques » convention MATE 07/2011 Rapport final 2003, Ecole des mines de Paris ARMINES.

- Villemeur A., (1988). *Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels*, Paris : Eyrolles, 798 p.
- Von Neumann J., Morgenstern O. (1944). *Theory of games and economic behavior*, Princeton university press,.
- Walewski J., Gibson G. Jr, (2003). *International project risk assessment: methods, procedures and critical factors*, Center construction industry studies, Rep 31, Univ. of Texas at Austin, 2003
- Whitman R.V., (2000). « Organizing and evaluation uncertainty in geotechnique engineering » *J.Geot.Geoenv.Eng.*, 126, 7, p.583-593.
- Williams T., (1995). *A classified bibliography of recent research relating to project risk management*, *Eur. Journal of Operational Research*, 85, 18-38, 1995.
- Win V., (2004). « Définition et opérationnalisation d'une organisation apprenante (OA) à l'aide du REX » *Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts, centre de Paris*.
- Wybo, Colardelle, Poulossier, Cauchois , (2001). *Retour d'expérience et gestion des risques. Récents progrès en génie des procédés*, Lavoisier technique et documentation, volume 15, N° 85, pp. 115-128. In Jean Luc Wybo et al « *Methodologie de REX des actions de gestion des risques* » convention MATE 07/2011 Rapport final 2003. Ecole des mines de Paris ARMINES.
- Yu W., (1992). « Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique du tri : Concepts, méthodes et applications ». Paris Dauphine.
- Zwingelstein G., (1995). *Diagnostic des défaillances – Théorie et pratique pour les systèmes industriels*, Paris : Hermes, 601 p.
- Zwingelstein G., (1999). *Méthodes stratégies, Fonction maintenance n° 8*, .In Jean Luc Wybo et al « *Méthodologie de REX des actions de gestion des risques* » convention MATE 07/2011 Rapport final 2003. Ecole des mines de Paris ARMINES.

## ***WEBOGRAPHIE***

[www.anesrif.dz](http://www.anesrif.dz)

[www.anbt.dz](http://www.anbt.dz)

[www.mtp.gov.dz](http://www.mtp.gov.dz)

[www.afnor.fr](http://www.afnor.fr)

## ***ANNEXES***

## Liste de la base des données des RE [Mehdizadeh et al ,2012 c]

No.	RE Code	Risk Event
1	1	Delay payment to contractor during project implementation phase
2	2	Failure of equipments and mechanical systems due to irregular mechanical control by contractor
3	3	lack of qualified staff, working for contractors (incompetent staff)
4	4	Incident or construction accidents during implementation phase due to poor workmanship
5	5	Financial difficulties of contractor
6	6	Unwanted cold weather during construction phase
7	7	Change in design standard during design process
8	8	Finding the historical objects during excavation process
9	9	Change in management system or manager of owner of the project
10	10	Mistake in design drawings
11	11	Fault in design standards
12	12	War or revolution happening during construction phase
13	13	skill deficiency in health and safety management of project
14	14	lack of skilled designers in project region
15	15	litigation conflict with neighbor of the project during feasibility phase
16	16	Unpredicted increase of needed material price in implementation phase
17	17	Improper intervention of government during contract phase
18	18	Instability of national politics during operation phase
19	19	Poor performance of consultant during design phase
20	20	Difficulty to find suitable plant due to special geotechnical conditions of region
21	21	Lack of experienced contractor in project region
22	22	Design team is unfamiliar with new technology
23	23	Available technical design solutions are not sufficiently proved or reliable
24	24	Design team has not enough experience
25	25	Contractor/ Subcontractor has not enough experience or good performance on previous relevant projects.
26	26	Change of design because of poor understanding of customer needs
27	27	Poor communication between stakeholders of the project to manage the project schedule
28	28	Change of lows during implementation phase
29	29	Complexity of project time management due to complex nature of the project
30	30	Imposed unrealistic time planning for project due to insufficient or incorrect information
31	31	Delay access to plant of the project in feasibility phase
32	32	Poor or incomplete exchange of information between designers (in different stages of design)
33	33	Project funding difficulties during feasibility phase due to bad financial situation of financier(s)
34	34	Poor performance of contractor in health and safety of work
35	35	Unavailability of needed information, code and standards in feasibility phase
36	36	Poor planning of site and ground investigation during feasibility phase by owner
37	37	Delay in approving the contractor work by consultant or owner of the project during implementation phase
38	38	Contractual failure (bankruptcy)
39	39	Incorrect definition of type and quantity of needed materials by designer(s)
40	40	Poor time Management due to change of manager or management strategies of the project
41	41	Social, racial or cultural conflicts during implementation phase
42	42	Inadequate monitoring of tasks by contractor manager(s)
43	43	Strike during implementation phase
44	44	Public concerns related to health and safety of the project due to poor communication
45	45	Earthquake, flood, land slid, fire or wind damage during implementation phase
46	46	Restriction of public funding, budgetary cuts, delay during implementation phase
47	47	Changes in exchange rates, convertibility during implementation phase



48	48	Economic slowdown, economic crisis during implementation phase
49	49	Lack of needed infrastructures during implementation phase (Telephone, ...)
50	50	Power context during operation phase
51	51	Power context during implementation
52	52	Poor performance of supplier(s) during implementation phase (long distance between production place and project)
53	53	National political conflict during feasibility phase
54	54	Litigation conflict with other projects during implementation phase
55	55	Improper intervention of government during implementation phase
56	56	Delay of other projects (third party, which have interaction with the project) during implementation phase
57	57	Delay of neighbor of the project during implementation phase
58	58	Change in management system or manager of the consultant
59	59	Change in management system or manager of the contractor(s)/ subcontractor(s)
60	60	Change in management system or manager of the designer(s)
61	61	Change in management system or manager of the financier(s)
62	62	Change in management system or manager of the supplier(s)
63	63	Change of construction techniques during implementation phase (available technologies are not convenient)
64	64	Instability of macro politics during operation phase
65	65	Macro political conflict during implementation phase
66	66	Change of macro politics during implementation phase
67	67	Low competition in internal market during feasibility phase
68	68	Complexity of internal management of consultant(s)
69	69	Complexity of internal management of Contractor(s)/ subcontractor(s)
70	70	Complexity of internal management of designers
71	71	Complexity of internal management of financiers
72	72	Complexity of internal management of owner of the project
73	73	Complexity of internal management of suppliers
74	74	Type and number of needed equipments (analyzed by designers) are not convenient with project scale
75	75	Contractor(s) are not able to use the equipments defined by designers
76	76	Defined equipments by designer(s) are not compatible with natural conditions of the project
77	77	Design standards are not consistent
78	78	Conflict of laws related to one of contract clauses (laws are not consistent)
79	79	Conflict of designer(s) with contract
80	80	Conflict of consultant(s) with contract
81	81	Conflict of financier(s) with contract
82	82	Conflict of supplier(s) with contract
83	83	Conflict of contractor(s)/ subcontractor(s) with contract
84	84	Conflict of owner(s) with contract
85	85	Disturbance of other projects' operation during operation phase of the project due to poor performance of owner of the project
86	86	Environmental pollution during operation phase of the project due to poor performance of owner of the project
87	87	Inconsistency of contract clauses
88	88	Contractor with lack of requirement equipments
89	89	Skill deficiency in cost management of the project
90	91	Delay in presenting design results by designers
91	92	Delay in contract issue by owner of the project
92	93	Type of contract between owner and contractor is not allowed by laws regarding special type of the project
93	94	Decrease of demand in future external market during implementation phase
94	95	Increase of supply in current internal construction market during implementation phase
95	96	Skill deficiency of project manager(s) in environmental protection
96	97	Poor quality management of the project due to frequent change of management strategies
97	98	Unpredicted increase of needed equipment price in implementation phase
98	99	Difficulty in manpower supply due to unpredicted increase of salaries during implementation phase
99	100	Difficulty to find suitable plant, because of high prices
100	101	Unpredicted increase of power price during implementation phase



101 102 Lack of needed materials in project region or country during feasibility phase  
 102 103 Lack of needed equipments in project region or country during implementation phase  
 103 104 Consultant receive the technical design plans with delay  
 104 105 Financial difficulties of designer(s)  
 105 106 Financial difficulties of owner of the project during implementation phase  
 106 107 Financial difficulties of supplier(s) during implementation phase  
 107 108 Financial difficulties of consultant(s) during implementation phase  
 108 109 Poor internal management of designers due to incorrect or insufficient information  
 109 110 Poor internal management of financiers due to incorrect or insufficient information  
 110 111 Poor internal management of clients due to incorrect or insufficient information  
 111 112 Poor internal management of consultants due to incorrect or insufficient information  
 112 113 Poor internal management of suppliers due to incorrect or insufficient information  
 113 114 Unpredicted change of interest rate during implementation phase  
 114 115 Unpredicted change of inflation rate during implementation phase  
 115 116 Local political conflict during implementation phase  
 116 117 Material handling solution (designed by designers) is not convenient with specific conditions of the site  
 117 118 Material storage solution (designed by designers) is not convenient with specific conditions of the site  
 118 119 Concrete type is not compatible with specific conditions of soil  
 119 120 Mistake in calculation of quantity of needed materials  
 120 121 Difficulties of access and work on site due to specific geographical constraint of region  
 121 122 Designed elements are not executable (including health and safety consideration)  
 122 123 Poor quality of operation process due to financial problems of financier  
 123 124 Poor performance of owner of the project in operation phase  
 124 125 Poor performance of financier during implementation phase  
 125 126 Poor exchange of information between contractors/ subcontractors  
 126 127 Poor internal communication of consultants  
 127 128 Poor exchange of information between financiers  
 128 129 Poor internal communication of clients  
 129 130 Poor internal communication of suppliers  
 130 131 Intervention of pressure group during implementation phase  
 131 132 Poor project maintenance due to financial problems of owner  
 132 133 Mistake of designer in calculation of quantity of needed manpower  
 133 134 Skill deficiency of consultant in internal time management  
 134 135 Skill deficiency of designers in internal management  
 135 136 Skill deficiency of financier in internal management  
 136 137 Internal management difficulties of inexperience owner  
 137 138 Skill deficiency of suppliers in internal management  
 138 139 Poor performance of consultant during implementation phase  
 139 140 Terms and qualification of needed experts in project are not defined clearly by designers  
 140 141 Unavailability of needed technology to execution of owners' goal  
 141 142 Designers receive the order by delay  
 142 143 Delay payment to suppliers during project implementation phase  
 143 144 Delay in delivery of the project by clients due to poor performance of other stakeholders during implementation phase  
 144 145 Financier difficulties due to delay of owner in documents approval during implementation phase  
 145 146 Consultant is not informed about the changes in project during implementation phase  
 146 147 Change of design because of change of order or scope vagueness by owner of the project  
 147 148 Environmental pollution during implementation phase due to poor inspection of site  
 148 149 Executed elements are not consistent with design plans due to poor performance of contractor  
 149 150 Damage to persons or property or materials due to poor safety and health management of the project  
 150 151 Project design does not comply with building regulations standards and criteria  
 151 152 Unproven design solutions accepted by consultant  
 152 153 Consultant lacks in adequate number of staff (insufficient human resources) during implementation phase  
 153 154 Delay of contractor in final billing presentation due to poor performance of personnel  
 154 155 Technical mistakes during construction stage by contractor  
 155 156 Irregular or inadequacy of site inspection by consultant during implementation phase



156 157 Inconsistency in time schedule of different stakeholders due to poor communication management  
 157 158 Delay of bank in project fund allocation during feasibility phase  
 158 293 Not finding a bank to finance the project  
 159 294 Changing of mind of bank before finalizing the contract  
 160 295 Interruption of project funding by bank during the project execution  
 161 296 Poor or defective design due to disregarding to environmental effect of the project (poor environmental analysis)  
 162 297 Project schedule is not respected by contractor  
 163 298 Need to change the design, demanded by public or neighbor of the project  
 164 299 Change of design demanded by architect  
 165 300 Delay of government to issue the project permission  
 166 301 Poor performance of contractor in security of site (theft of equipments and materials)  
 167 302 Contractor doesn't respect the labor regulations on site  
 168 303 Poor performance of contractor in hazardous waste disposal  
 169 304 Skill deficiency of contractor in time management of work  
 170 305 Unpredicted increase of power price during operation phase  
 171 306 Landowners do not want to sell their land  
 172 307 Objection of local authorities with project due to local political conflict during operation phase  
 173 308 Change of environmental laws during the implementation phase  
 174 309 Delay to issue permission because the environmental organization requires the examinations more than usual  
 175 310 Designer with Lack of specialized staff  
 176 311 Delay in internal procedures and decision making by inexperienced owner of the project  
 177 312 The new priorities are applied to the project schedule  
 178 313 The authorities try to change the existing execution program of project  
 179 314 Applied schedule by inexperienced manager is not consistent with the desired cost and quality of the project  
 180 315 Pressure to deliver project by an accelerated schedule (modified schedule)  
 181 316 Very Complex geology and geotechnical conditions of site – feasibility phase

## Liste de la base des données des RC [Mehdizadeh et al ,2012 c]

No.	RC Code	Risk Category
1	1	Advanced technology
2	2	Archaeology
3	3	Change in Laws and standards
4	4	Change in management strategy (Consultants view)
5	5	Change in management strategy (Contractors\ Sub-contractors view)
6	6	Change in management strategy (Designers view)
7	7	Change in management strategy (Financiers view)
8	8	Change in management strategy (Owner/ Client view)
9	10	Change in management strategy (Project view)
10	11	Change in management strategy (Suppliers view)
11	12	Change in technology
12	13	Change of policy
13	14	Competition
14	15	Complexity of task or project management (Consultants view)
15	16	Complexity of task or project management (Contractors\ Sub-contractors view)
16	17	Complexity of task or project management (Designers view)
17	18	Complexity of task or project management (Financiers view)
18	19	Complexity of task or project management (Owner/ Client view)
19	21	Complexity of task or project management (Project view)
20	22	Complexity of task or project management (Suppliers view)
21	23	Condition of equipment
22	24	Conflict in contract documents
23	25	Conflict of laws and standards
24	27	Conflict with contract (Consultants)
25	28	Conflict with contract (Contractors\ Sub-contractors)
26	29	Conflict with contract (Designers)
27	30	Conflict with contract (Financiers)
28	31	Conflict with contract (Owner/Client)
29	32	Conflict with contract (stakeholder)
30	33	Conflict with contract (stakeholders- Designers)
31	34	Conflict with contract (Suppliers)
32	35	Consistency with Environment
33	36	Consistency with Other projects
34	37	Consultants
35	38	Context
36	39	Contract (phase)
37	40	Contract documents
38	41	Contractor/ subcontractor with lack of equipment
39	42	Contractor/ subcontractor with lack of labor and expert
40	43	Contractor/sub-contractor Incompetence
41	44	Contractors / Sub-contractors
42	45	Contractual
43	46	Cost management
44	47	Country Risks
45	48	Currency exchange rate
46	49	Current market
47	50	Poor or defective design
48	51	Deficiency in Design drawings
49	52	Delay in contract issue
50	53	Delay in design
51	54	Delay to plant access

52	55	Demand
53	56	Design (phase)
54	57	Design change
55	58	Design team Incompetence
56	59	Designers
57	62	Economic slowdown
58	63	Economic/Financial
59	64	Environmental protection
60	65	Environmental Risks
61	66	Equipment (Price & Availability)
62	67	Equipments context
63	68	Equipments definition
64	69	External Market
65	70	External Risks (Contract phase)
66	71	External Risks (Design phase)
67	72	External Risks (Feasibility phase)
68	73	External Risks (Implementation phase)
69	74	External Risks (Of Consultants) in design phase
70	75	External Risks (Of Consultants) in implementation phase
71	76	External Risks (Of Contractors\ Sub-contractors)
72	77	External Risks (Of Designers)
73	78	External Risks (Of Financiers)
74	79	External Risks (Of Owner/Clients)
75	81	External Risks (Of Suppliers)
76	82	External Risks (Operation phase)
77	83	External Risks (Project phases and project view)
78	84	External risks of stakeholders (Implementation phase)
79	85	Fault in law and standards
80	86	Feasibility (phase)
81	89	Finance & Credibility (Internal resources) in feasibility phase
82	90	Finance & Credibility (Internal resources) in implementation phase
83	91	Financial (External Resources)
84	93	Financial of Contractors\ Sub-contractors (Internal Resources)
85	94	Financial of Consultants (Internal Resources)
86	95	Financial of Designers (Internal Resources)
87	96	Financial of Financiers (Internal Resources)
88	97	Financial of Owner/Client (Internal Resources)
89	98	Financial of stakeholders (Internal Resources)
90	99	Financial of Suppliers (Internal Resources)
91	100	Financiers
92	101	Force majeure
93	102	Future market
94	103	Government (Improper Intervention)
95	104	Health and safety of work
96	105	Implementation (phase)
97	106	Incorrect or poor estimations
98	108	Incorrect or insufficient information (Consultants view)
99	109	Incorrect or insufficient information (Contractors\ Sub-contractors view)
100	110	Incorrect or insufficient information (Designers view)
101	111	Incorrect or insufficient information (Financiers view)
102	112	Incorrect or insufficient information (Owner/ Client view)
103	113	Incorrect or insufficient information (Project view)
104	114	Incorrect or insufficient information (Suppliers view)
105	115	Inexperience design team
106	116	Inexperienced contractor/ subcontractor
107	117	Inflation Rate



108	118	Information/Codes& Standard context
109	119	Infrastructures context
110	120	Interest Rate
111	121	Internal Market
112	122	Internal Risks
113	123	Internal Risks (Of Consultants)
114	124	Internal Risks (Of Contractors\ Sub-contractors)
115	125	Internal Risks (Of Designers)
116	126	Internal Risks (Of Financiers)
117	127	Internal Risks (Of Owner/Clients)
118	129	Internal Risks (Of Suppliers)
119	130	Labor and experts context
120	131	Legal and regularities
121	132	Litigation conflict with third party
122	133	Local politics
123	134	Macro economical context
124	135	Macro politics
125	136	Management
126	137	Management (Consultants view)
127	138	Management (Contractors\ Sub-contractors view)
128	139	Management (Designers view)
129	140	Management (Financiers view)
130	141	Management (Owner/ Client view)
131	143	Management (Project view)
132	144	Management (Stakeholders view)
133	145	Management (Suppliers view)
134	146	Manpower (Price & Availability)
135	147	Manpower and experts definition
136	148	Market
137	149	Material (Price & Availability)
138	150	Material context
139	151	Material Handling
140	152	Material Storage
141	153	Materials definition
142	154	National politics
143	155	Natural Constraints of site
144	156	Natural hazards
145	157	Neighbors
146	158	Non standard contract form
147	159	Operability of design
148	160	Operation (phase)
149	161	Operation consistency
150	162	Operation performance
151	163	Operation quality
152	164	Other projects
153	165	Owner/Clients
154	166	Performance and characteristics of Consultant in design phase
155	167	Performance and characteristics of Consultant in implementation phase
156	168	Performance and characteristics of Contractors\ Sub-contractors
157	169	Performance and characteristics of Designers
158	170	Performance and characteristics of Financiers
159	171	Performance and characteristics of Owner/Client
160	172	Performance and characteristics of stakeholder
161	173	Performance and characteristics of stakeholders
162	174	Performance and characteristics of Suppliers
163	175	Performance of contractor/ subcontractor in task execution

164	176	Performance of other stakeholders
165	177	Performance of other stakeholders (-Consultants)
166	178	Performance of other stakeholders (-Contractors\ Sub-contractors)
167	179	Performance of other stakeholders (-Designers)
168	180	Performance of other stakeholders (-Financiers)
169	181	Performance of other stakeholders (-Owner/ Client)
170	182	Performance of other stakeholders (-Suppliers)
171	183	Plant (price & availability)
172	184	Plant context
173	185	Political
174	186	Political conflict
175	187	Political instability
176	188	Poor Communication (Consultants view)
177	189	Poor Communication (Contractors\ Sub-contractors view)
178	190	Poor Communication (Designers view)
179	191	Poor Communication (Financiers view)
180	192	Poor Communication (Owner/ Client view)
181	194	Poor Communication (Project view)
182	195	Poor Communication (Suppliers view)
183	196	Power (Price & availability)
184	197	Power context
185	198	Pressure Group
186	199	Professional network Context
187	200	Project maintenance
188	201	Project risks
189	202	Project stakeholders
190	203	Quality management
191	204	Quantity of manpower
192	205	Resource definition
193	206	Resources (Price & Availability)
194	207	Resources Context
195	208	Site context
196	210	Skill Deficiency in management (Consultants view)
197	211	Skill Deficiency in management (Contractors\ Sub-contractors view)
198	212	Skill Deficiency in management (Designers view)
199	213	Skill Deficiency in management (Financiers view)
200	214	Skill Deficiency in management (Owner/ Client view)
201	215	Skill Deficiency in management (Project view)
202	216	Skill Deficiency in management (Suppliers view)
203	217	Social and cultural
204	218	Suitability of equipment
205	219	Suppliers
206	220	Supply
207	221	Technical Design
208	222	Technology Availability
209	223	Technology Context
210	224	Terms & Qualification of manpower
211	225	Third party
212	226	Third party Delay
213	227	Third Party Interference
214	228	Time management
215	229	Type and quantity of materials
216	230	Unexpected weather
217	231	Unfamiliar with new technology
218	232	Usability of equipment

---

Modèle de la fiche REX

MANAGEMENT DES RISQUES PROJET	
<b>FICHE RETOUR D'EXPERIENCE (REX)</b>	<b>N°</b> .....
Intitulé de la fiche REX: .....	Rédigée par : .....
Projet : .....	Fonction du rédacteur (dans le projet) : .....
Chef de projet : .....	Date de création : .....
Localisation du projet : .....	Validée par : .....
Date de l'événement : ..... Lieu de l'événement : .....	
Phase du projet/Etat d'avancement : .....	
Description de l'événement/Constat : .....	
.....	
.....	
.....	
Causes prouvées : .....	
Causes possibles : .....	
Conséquences	
Cout : ..... Délais : .....	
Contenu (technique) : .....	
.....	
Types d'action associée : <input type="checkbox"/> Préventive <input type="checkbox"/> Protection <input type="checkbox"/> Plan de substitution <input type="checkbox"/> Aucune	
<input type="checkbox"/> Accepter <input type="checkbox"/> Transférer <input type="checkbox"/> Traiter <input type="checkbox"/> Partager	
Description de l'action associée : .....	
.....	
.....	
Enseignements/ Recommandations:	
.....	
.....	
.....	
.....	



## RESUME

De grands projets dans le secteur de la construction sont lancés en Algérie durant les plans quinquennaux successifs (2005-2009) et (2010-2014), mais les retards et surcoûts accusés jusqu'ici n'étaient pas seulement dus à des problèmes financiers mais plutôt par l'inexistence d'une véritable stratégie de management de projet, d'une prise en compte sérieuse du REX pour faire émerger des pistes de progrès utiles, afin de capitaliser sur les bonnes pratiques et améliorer la maîtrise des risques dans nos projets. Nous commencerons cette thèse par une étude de l'environnement du secteur de la construction, par une analyse SWOT, l'objectif est d'identifier les facteurs de risque et d'opportunité dont l'origine réside dans l'environnement du projet, nous présenterons aussi un état de l'art sur le management des risques de construction. Nous présenterons ensuite une méthode innovante qui passe par la modélisation de ces risques. Le RBS (Risk Breakdown Structure) apparaît donc comme une solution pertinente de modélisation hiérarchisée des risques projet. Elle est composée de catégories de risque et d'événements risqués, qui explicitent les différents domaines pouvant être source de risque. Ce type de représentation présente de nombreux avantages, la rendant ainsi adaptée à la gestion des risques dans les projets de construction : elle offre une vision synthétique des risques, elle est compatible avec la nature dynamique et évolutive des risques et elle permet à chaque acteur du projet d'avoir sa propre vision des risques. Cela permet de poser les bases d'une approche dynamique, dans laquelle chaque acteur, peut, dans chacune des phases, se concentrer sur certains risques par une décomposition adaptée de son RBS. Cela permet d'identifier et de gérer les risques liés au projet de construction d'une façon plus formelle, plus efficace et plus systématique. Ce cadre théorique sert de fondement à une étude de cas, qui concerne le projet de la ligne de chemin de fer "Mecheria-Béchar" dans le sud Algérien. Notre approche est de développer un cadre méthodologique, des outils spécifiques d'analyse et une base de connaissances métier alimentée par la création d'une fiche de retour d'expérience qui va certainement cadrer méthodologiquement la conduite, de projets réels de l'entreprise de construction en Algérie.

**Mots-clés :** Management des risques, Projet, construction, Retour d'expérience, Parties prenantes, RBS

## ABSTRACT

Major projects in the construction sector are launched in Algeria during the successive five-year plans (2005-2009) and (2010-2014), but delays and extra costs charged to date were not only due to financial problems but rather to the lack of a real project management strategy, a serious consideration in REX to bring out useful progress runs to capitalize on good practice and improve risk control in our projects. We begin this thesis with a study of the construction sector environment, a SWOT analysis, the objective is to identify risk factors and opportunity whose origin lies in the project environment, we will also present a state of the art on the management of construction risks. We will then present an innovative method which involves the modeling of these risks. The use of RBS (risk breakdown structure) which consists of hierarchical tree picture of project risks provides an efficient solution for risks modeling. It is arranged by risk categories and risks events identifying the various areas and causes of potential risks. This type of representation has many advantages and is a suitable tool especially for risk management of construction projects since: it offers a synthetic view on risks, each stakeholder can have his own view on the project and it is compatible with evolutionary and dynamic nature of project risks. This makes it possible to establish a dynamic, approach in which each partner, at each desired stage, can focus on selected specific risks and divide the RBS's up into a greater number of subcategories in specific fields. It allows to identify and manage the construction project risks in a more formal, efficient and systematic way. This theoretical framework is used as a basis for a case study: The project of the railway line "Mecheria-Béchar" in the Algerian south. Our approach is to develop a methodological framework, specific analytical tools and a knowledge base business fueled by the creation of a feedback form that will definitely fit methodologically the control of real projects of the construction company in Algeria.

**Keywords :** Risk Management, Project, construction, Experience Feedback, Stakeholders, RBS

## الملخص

تم إطلاق مشاريع كبرى في قطاع البناء والتشييد في الجزائر خلال المخططات الخماسية المتتالية (2005-2009) و(2010-2014)، ولكن التأخر الحاصل و التكاليف الإضافية لا تعود فقط إلى المشاكل المالية، ولكن إلى عدم وجود استراتيجية حقيقية لإدارة المشاريع، والنظر بجديّة في REX لإبراز مسارات التقدم التاجعة من أجل الاستفادة من الممارسات الجيدة و تحسين السيطرة على المخاطر في مشاريعنا.

نبدأ هذه الأطروحة بدراسة لبيئة قطاع البناء والتشييد، من خلال تحليل SWOT، الهدف منها هو تحديد عوامل الخطر و الفرص الموجودة في بيئة المشروع، كما سنقدم أحدث ما تم التوصل إليه في مجال إدارة المخاطر في مشاريع البناء و سنقوم بعدها بتقديم طريقة مبتكرة تتطوي على وضع نماذج لهذه المخاطر.

يظهر هيكل تصنيف المخاطر (RBS) كحل مناسب لمخاطر النماذج الهرمية في المشاريع و هو يتألف من أنواع المخاطر و الأحداث التي تتطوي و تفسر مختلف المجالات التي يمكن أن تكون مصدرا للخطر يظهر هذا النوع من التمثيل العديد من المزايا، مما يجعلها مناسبة لإدارة المخاطر في مشاريع البناء : إذ يوفر نظرة شاملة عن المخاطر، كما أنّها متوافقة مع الطبيعة الديناميكية و المتغيرة للمخاطر وتسمح لكل عنصر فاعل في المشروع بتكوين وجهة نظره الخاصة عن المخاطر. كلّ هذا من شأنه وضع الأسس لمنهج ديناميكي يكون بإمكان كل عنصر فاعل فيه، في كل مرحلة من المراحل، أن يركّز على بعض المخاطر من خلال التحليل المناسب لهيكل تصنيف المخاطر RBS و منه بالإمكان المساعدة على تحديد و إدارة المخاطر المرتبطة بمشروع للبناء بطريقة فعالة و أكثر كفاءة و منهجية.

يوفر هذا الإطار النظري الأساس لدراسة حالة مشروع خط السكك الحديدية "المشرية-بشار" في جنوب الجزائر. يرتكز أسلوبنا على وضع إطار منهجي و أدوات تحليلية خاصة و على وضع قاعدة معارف مهنية تغذيها وضع بطاقات ردود فعل من شأنها التأثير المنهجي لسير المشاريع الحقيقية لشركات البناء في الجزائر.

**كلمات البحث :** إدارة المخاطر، مشروع، البناء، ردود الفعل، أصحاب المصلحة، هيكل تصنيف المخاطر RBS