

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEN

FACULTE DE TECHNOLOGIE

Département de Génie Civil

Mémoire pour l'obtention du

Diplôme de Master en Génie Civil

Option **Civil Engineering Management**

Intitulè

**MANAGEMENT DES RISQUES DANS UN PROJET TUNNEL PAR LA
METHODE AMDEC; CAS DU TUNNEL FERROVIAIRE TRONÇON
(OUED TELLELAT -TLEMCEN)**

Présenté par

HAMIDOU MOHAMMED ILYES

Soutenu en juin 2014 devant le jury composé de

BEZZAR ABDELLILAH

Maître de Conference A

Président

ALLAL M. Amine

Professeur

Encadreur

BENACHENHOU Kamila A. ép. HAKIKI

Maître assistante A

Encadreur

Boucif Nesrine

Maître assistante A

Examinatrice

BENAMAR Abderrahmane

Maître assistant A

Examineur

MANAGEMENT DES RISQUES
DANS UN PROJET TUNNEL PAR LA METHODE
AMDEC;
CAS DU TUNNEL FERROVIERE TRONÇON
(OUED TELLELAT -TLEMCEN)

« IL FAUT TOUJOURS PRENDRE LE MAXIMUM DE RISQUES AVEC LE
MAXIMUM DE PRECAUTION. »

-RUDYARD KIPLING-

REMERCIEMENTS

A travers ces quelques lignes, je tiens à exprimer mes remerciements et l'expression de mon profond respect et gratitude pour tous ceux et celles qui m'ont aidé à la concrétisation de ce mémoire de projet de fin d'études.

Je tiens tout d'abord à exprimer mon profond respect et ma reconnaissance à mon encadreur, Monsieur ALLAL M. A, Professeur à l'université de Tlemcen, pour sa confiance, sa disponibilité et le grand intérêt qu'il m'a toujours manifesté, durant ma formation et la préparation de ce mémoire. Son enthousiasme et optimisme communicatif m'ont été fort précieux. J'adresse mes remerciements à Madame BENACHENHOU K. A. ép. HAKIKI, Maître-Assistante A à l'Université de Tlemcen, pour son encadrement, sa disponibilité, son soutien et son aide qui m'a été forte précieuse.

Mes plus vifs remerciements s'adressent à Monsieur M.BEZZAR Abdelillah, Maître de Conférences A à l'université de Tlemcen d'avoir accepté de présider mon jury. Je remercie également Monsieur MELOUKA Smail, Maître Assistant A à l'université de Tlemcen et Madame Boucif Nesrine, Maître-Assistante A à l'Université de Tlemcen, reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'être examinateurs de ce travail.

Je remercie du fond du cœur mes parents, de m'avoir encouragé, soutenu, cru en mes capacités et d'être de tout temps à mes côtés le long de ces années d'études, ainsi que mes amis et tous ceux et celles qui m'ont aidé, que chacun trouve ici l'expression de ma reconnaissance.

RESUME

Ce travail fait partie d'une série de recherches consacrée au management des risques dans les projets de tunnel, avec une mise en œuvre d'outils et de méthodes spécifiques de maîtrise des risques. Tout d'abord, on présente une synthèse des différentes classifications des risques, et le processus de management du risque selon la norme ISO31000. Par la suite, nous passerons en revue les différentes méthodes et outils de gestion des risques, après on définira les principaux modes de réalisation des tunnels ainsi que les risques rencontrés qu'ils soient d'origine naturelle et/ou humaine. En dernier lieu on applique la méthode AMDEC au cas du tunnel 'OUED TLELAT-TLEMEN', en faisant appel à la modélisation systémique, l'analyse fonctionnelle et le R.B.S.

Mots clé : Risque ; Tunnel ; AMDEC ; ISO 31000 ; RBS

ABSTRACT

This work is part of a series of research devoted to risk management in tunnel projects with implementation of specific tools and methods for risk control. First, we present a synthesis of the different classifications of risks, and the process of risk management according to the ISO31000 standard. Subsequently, we will review the different methods and tools for risk management, then we define the main embodiments of the tunnels and the risks they faced both natural and / or human. Finally the FMEA method is applied to the case of tunnel Oued Tlelat-TLEMCEN ', are calling for systemic modeling, functional analysis and RBS

Keywords: Risk; tunnel; FMEA; ISO 31000; RBS

ملخص

للحد وأساليب . العمل هذا هو جزء من سلسلة الأبحاث المكرسة لإدارة لمخاطر أدوات تنفيذ مع نفق مشاريع افي من لمعيار وفقا المخاطر إدارة وعملية المخاطر من مختلفة تصنيفات من توليفة نقدم فإننا الأولى . المحددة المخاطر من الرئيسي تجسيد نحدد بعد المخاطر لإدارة مختلفة وأدوات أساليب نستعرض وسوف لاحق وقت في . ISO31000 TLELAT- إلى FMEA طريقة تطبيق يتم أخيرا . الإنسان أو / و طبيعية كانت سواء تواجهها التي والمخاطر للأنفاق RBS وظيفي تحليل النظامي النمذجة' يطالبون ، قضية نفق TLEMCEN

الكلمات الرئيسية : FMEA؛ المخاطر النفق؛ ISO 31000؛ RBS

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT.....	III
RESUME.....	IV
ABSTRACT	V
لخص م ال.....	VI
TABLE DES MATIERES	VII
LISTE DES ABREVIATIONS ET ACRONYMES	XIV
LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX	XV
INTRODUCTION.....	2
CHAPITRE 1:LES RISQUES DANS LES PROJETS DE CONSTRUCTION	4
1. INTRODUCTION	5
2. GENERALITES ET DEFINITIONS.....	5
2.1 Le Risque	5
2.1.1 L'aléa.....	5
2.1.2 La vulnérabilité.....	5
2.1.3 Risque du projet.....	6
3. TYPOLOGIE DES RISQUES DANS LES PROJETS DE CONSTRUCTION	6
3.1 Risques naturels	6
3.1.1 Les risques climatiques.....	6
3.1.1.1 Les inondations.....	6
3.1.1.2 Les ruissellements	6
3.1.1.3 Les tempêtes	7
3.1.2 Les risques lithosphériques	7
3.1.2.1 Les glissements de terrain.....	7
3.1.2.2 Effondrements de terrain	7
3.1.2.3 Les éboulements.....	7
3.2 Risques d'origine anthropique	7
3.2.1 Risques technologiques et environnementaux.....	8
3.3 Les risques économiques.....	8
3.4 Les risques professionnels.....	8
4.IDENTIFICATION DES RISQUES SELON LE CYCLE DE VIE DU PROJET	8
5. les risques du projet liés à l'environnement.....	10
6. PROCESSUS MANAGEMENT DU RISQUE SELON ISO 31000	11

6.1 Etablissement de contexte	12
6.2 Appréciation Des Risques (Risk Assessment)	12
6.2.1 Identification du risque.....	12
6.2.2 Analyse du risque	13
6.2.3 Evaluation du risque	13
6.2.4 Stratégie de réponse au risque(traitement du risque)	13
6.2.4.1 Notion de prévention et de protection.....	14
6.2.4.2 Limite d'acceptabilité.....	15
6.2.5.Communication et concertation	15
6.2.6 Surveillance et revues de risques	15
7. AVANTAGES DE LA GESTION DU RISQUE	16
8. CONCLUSION.....	16
CHAPITRE 02:OUTILS ET METHODES DE MAITRISE DES RISQUES.....	17
1. INTRODUCTION	18
2. CLASSIFICATION DES PRINCIPALES METHODES D'ANALYSE DE RISQUE.....	18
2.1 Méthodes inductives.....	19
2.2 Méthodes déductives.....	19
3. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (A.P.R)	20
3.1 Définition de l'A.P.R.....	21
3.2 Démarche A.P.R.....	21
3.3 Objectif de la méthode	21
3.4 Principe de l'A.P.R.....	21
3.5 Les Avantages de l'A.P.R.....	23
3.6 Les inconvénients de l'A.P.R.....	24
4. A.M.D.E.(C).....	24
4.1 Principe de l'A.M.D.E.(C)	24
4.2 Types d'AMDE(C).....	26
4.2.1 AMDEC-Produit.....	26
4.3 Place de L'AMDE(C) dans une démarche de maitrise des risques.....	27
4.4 Méthodologie De L'AMDE(C)	27
4.4.1 L'analyse fonctionnelle.....	27
4.4.2 Etude qualitative.....	27
4.4.3 Etude quantitative.....	29
4.4.4 Hiérarchisation par criticité.....	29
4.4.5 La recherche et la prise d'action préventives.....	29

4.4.7 La Présentation Des Résultats.....	29
5. METHODE MADS-MOSAR.....	30
5.1 Modèle MADS.....	30
5.2 MOSAR (Méthode Organisée Systémique D'analyse Des Risques).....	31
5.2.1 Structure générale de la Méthode MOSAR: Les deux modules et les dix étapes	32
5.3 Mise en œuvre de MADS-MOSAR	34
5.3.1 Modélisation	34
5.3.2 Identification des sources	35
5.3.3 Association des événements	35
5.3.4 Construction des processus	35
5.3.5 Construction des scénarios	35
5.3.6 Construction des arbres logiques	36
5.3.7 Identification des mesures de maîtrise des risques.....	36
5.4. Avantages & Inconvénients De La Méthode.....	37
6. ARBRES DE DEFAILLANCE, DES CAUSES ET D'EVENEMENT	37
6.1 Arbre de défaillance.....	37
6.1.1 Principe.....	38
6.1.2 Caractéristiques	38
6.2 Arbre des causes.....	39
6.2.1 Principe.....	40
6.2.2 Caractéristiques	40
6.2.3 Objectifs.....	40
6.3 Arbre d'événement.....	41
6.3.1 Principe.....	41
6.3.2 Objectif.....	42
7. CRITERES DE CHOIX D'UNE METHODE D'ANALYSE DE RISQUE	42
8. CONCLUSION.....	44
CHAPITRE 03:LES RISQUES DANS LES PROJETS DU TUNNEL.....	45
1. INTRODUCTION	46
2. GENERALITEES ET DEFINITIONS.....	46
2.1 Description d'un tunnel.....	46
2.2 Projet tunnel	46
2.3 Classifications des ouvrages souterrains (Tunnels).....	47
3. LES DIFFERENTS TYPES DE CREUSEMENT.....	49
3.1.Creusement a pleine section.....	49

3.2 Creusement en demi-section.....	49
3.3 Creusement en section divisée.....	49
3.4 Méthodes de réalisation d'un tunnel	50
3.4.1 Méthode conventionnelle.....	50
3.4.1.1 Attaque à l'explosif	50
3.4.1.2 Machines à attaque ponctuelle.....	50
3.4.2 Le Creusement Au Tunnelier	50
4. LES DIFFERENTS TYPES DE SOUTÈNEMENT	51
4.1 Les soutènements actifs par confinement.....	51
4.2 Les Soutènements agissant à la fois par confinement et comme armature du terrain encaissant.....	51
4.3 Le soutènement agissant par supportage.....	51
4.4 Le soutènement agissant par consolidation	52
5. LES DIFFERENTS TYPES DE REVÈTEMENT	52
5.1 Revêtement en béton coffre-non arme	52
5.2 Revêtement en béton projeté.....	52
5.3 Revêtement en béton coffre-arme	52
5.4 Revêtement en voussoirs préfabriqués.....	53
6. DIFFERENTS TYPES D' ETANCHEMENT	53
7. L'APPROCHE SYSTEMIQUE & FONCTIONNEL.....	53
7.1 L'approche systémique.....	54
7.1.1 Etape de l'approche systémique.....	54
7.2 L'analyse Fonctionnelle.....	57
7.2.1 Caractéristiques des différents types de Fonctions	57
7.2.1.1 Fonction principale (ou fonction d'usage)	57
7.2.1.2 Fonction contrainte.....	57
7.2.1.3 Fonction complémentaire	57
7.2.1 Etape de l'analyse fonctionnelle.....	57
8. RISQUES LIES AUX TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS.....	59
8.1 classification des risques tunnel.....	59
8.1.1 Les Risques Géotechniques Et Géologiques	59
8.1.2 Les risques hydrologiques	60
8.1.3 Les risques d'étude	60
8.1.4 Les risques de construction ou de creusement.....	60
8.1.5 Les risques opérationnels.....	60

8.1.6 Les Risques financiers	61
8.2 Les Principales Instabilités Dans Les Tunnels :.....	61
8.2.1 Effondrement	61
8.2.2 Les Désordres Locaux.....	62
8.2.3 Les Inondations.....	62
8.2.4 Tassement en surface ou tassement différentiel.....	62
8.2.5 Fortes Déformations,(Convergences Extrêmes)	62
8.2.6 Les Incendies.....	62
9. DIFFERENTS EXEMPLES DE TYPES D'INSTABILITES	63
9.1 Effondrements du terrain.....	63
9.2 Défaillance du soutènement.....	64
9.3 Effets nuisibles pour l'environnement.....	65
10. CONCLUSION	65
CHAPITRE 04:MANAGEMENT DES RISQUES	(APPLICATION DE L'AMDEC SUR LE TUNNEL
FERROVIAIRE(-OUEDTLELAT/TLEMCEN-).....	66
1. INTRODUCTION	67
2. Description du projet la nouvelle double voie électrifiée.....	67
2.1 caractéristiques du tunnel ferroviaire	68
3. RBS (RISK BREAKDOWN STRUCTURE).....	72
4. APPLICATION DE L'AMDE(C) SUR LE TUNNEL FERROVIAIRE	72
4.1 Analyse fonctionnelle	72
4.2 Décomposition du système.....	72
4.3 Modes de défaillance	76
4.4 Effets et criticité.....	76
5. CONCLUSION.....	93
CONCLUSION.....	94
BIBLIOGRAPHIE.....	96
ANNEXES	
ANNEXES A Information sur letunnel	99
ANNEXES C Séquencement du projet de fin d'étude	100
ANNEXES D Work breakdown structure du projet de fin d'étude	104

ACRONYMES ET ABREVIATION

(ADD);Arbre De Défaillance

(ANESRIF); Agence Nationale d'Etudes Et De Suivi De La Réalisation Des Investissements Ferroviaires

(AMDEC); Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effet et de leur Criticité

(AFNOR); Association Française de Normalisation

(BT);Barrière Technologique

(BRH);Brise-Roche Hydraulique

(BU);Barrière d'Utilisation

(EI);Evènement Initial

(EIE); Evénements Initiateurs Externes

(EII) ;Evénements Initiateurs Internes

(ENS);Evènement Non Souhaité

(EP);Evénements principaux

(FMECA);Failure Modes, Effects and Criticaly Analysis

(ISO);International Standard Organisation

(MADS);Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnements des systèmes

(MOSAR);Méthode Organisé Systémique d'Analyse des Risques

(SS);Sous-systèmes

(TBM);Tunnel Boring Machines

(SNTF);Société Nationale des Transports Ferroviaires de l'Algérie

(HSE);Hygiènes Sécurité Environnement

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

1. LISTE DES FIGURES

Figure 1.1:le Processus de management du risque selon l'ISO 31000:2009.....	11
Figure 1.2:Traitements des risques.....	14
Figure 1.3:Limite d'acceptabilité du risque.....	15
Figure 2.1:Classification des principales méthodes d'analyse de risque.....	19
Figure 2.2:démarche inductive et déductive.....	20
Figure 2.3 : Principe del'APR.....	22
Figure 2.4:L'APR dans le processus de management des risques(ISO31000).....	23
Figure 2.5:Principe de l'A.M.D.E(C).....	25
Figure 2.6:Différents types de l'AMDEC.....	26
Figure 2.7: Méthodologie de l'AMDEC.....	28
Figure2.8: Le modèle MADS ou l'univers du danger. (Perilhon2012).....	31
Figure 2.9: Les modules et les dix étapes de MOSAR : le parcours complet de MOSAR (Y.Mortureux, 2012).....	33
Figure 2.10:les étapes de la méthode MADS-MOSAR.....	34
Figure 2.11: Événements associés à la source (P.Perilhon 2012).....	35
Figure 2.12: Exemple de scénario.....	36
Figure 2.13: Avantages et inconvénients de MADS-MOSAR.....	37
Figure 2.14:schéma représentatif d'arbre de défaillance.....	38
Figure 2.15: Exemple d'arbre de défaillance.....	39
Figure2.16:schéma représentatif d'un arbre de cause.....	39
Figure2.17: schéma représentatif d'arbre d'événement.....	41
Figure 3.1: Etapes successives de l'étude et de la réalisation d'un tunnel.....	47
Figure 3.2: Classification globale des tunnels.....	48
Figure 3.3decomposition d'un tunnel ferroviaire.....	56
Figure 3.4:Etapes de la démarche systémique (Groupe AFSCET, 2003).....	55
Figure3.5:Analyse fonctionnel du tunnel	58
Figure 3.6: étapes de l'analyse fonctionnelle.....	59
Figure 3.7: principales instabilités dans les tunnels.....	61
Figure 4.2:section courante tunnel 'OUED TLELAT/TLEMCEN'	69
Figure 4.1:représentation géographique du tunnel OUED TLELAT/TLEMCEN.....	70
Figure 4.3:représentation des deux portail du tunnel OUED TLELAT/TLEMCEN.....	71
figure 4.4:R.B.S du tunnel 'OUED TLELAT/TLEMCEN'	73
figure4.5: L'analyse fonctionnelle du tunnel 'OUED TLELAT/TLEMCEN'.....	74
figure4.6:Décomposition du système tunnel 'OUED TLELAT/TLEMCEN'.....	75
figure4.7:Matrice de gravité des risques(événement a risques)(E.R).....	92

2. LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1:Exemples de risques dans les différentes phases de vie de projet.....	9
Tableau 1.2:Différents risques liés a l'environnement	10
Tableau 2.1 ;synthétique des principales méthodes.....	43
Tableau 3.1 :type d'effondrement, les cause liées.....	63
Tableau 3.2 :type de soutènement ,causes liées	64
Tableau 3.3 :effets nuisibles a l'environnement, les causes liées	65
Tableau 4.1 : Différentes parties du tunnel.....	71
Tableau 4.2: AMDEC ;S-s-1-revêtement	77
Tableau 4.3 :AMDEC ;S-s-2-soutènement.....	79
Tableau 4.4 :AMDEC ;S-s-3- (étanchéité/Drainage).....	81
Tableau 4.5:AMDEC ;S-s-4 Voie de circulation.....	83
Tableau 4.6: AMDEC ;S-s-5 équipements (éclairage).....	85
Tableau 4.7: AMDEC ;S-s-5. equipments (ventilation).....	86
Tableau 4.8: AMDEC ;S-s-5 équipements (sécurité).....	87
Tableau 4.9 : Les événements a risque.....	89

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

Depuis des décennies, les projets de construction ont été soumis à de nombreux risques, naturels ou technologiques. Ces risques peuvent être déterminants quant à la réussite du projet en ayant des conséquences importantes sur les aspects économiques, temporels et techniques.

La maîtrise de ces risques est l'un des enjeux centraux de la gestion de projet de construction. En effet si on se réfère à l'historique des tunnels, il s'est avéré un nombre important de désastres et de catastrophes meurtrières tant pendant leur réalisation que pendant leur exploitation. A titre d'exemple l'incendie du tunnel du Mont-blanc (France) qui a causé la mort de 39 personnes et la fermeture du tunnel pendant une durée d'environ 3 ans. Un bilan encore plus lourd et plus spectaculaire est celui de l'effondrement du tunnel de Vierzy (France), 108 morts et 111 blessés. Donc pour répondre à cette problématique due essentiellement aux incertitudes sur la réponse du terrain à l'effet du creusement, et aussi sur les conditions hydrologiques ainsi que d'autres incertitudes géologiques, géotechniques, géo mécaniques, l'ingénieur doit faire face à ces problèmes majeurs dès la première phase du projet avec une identification et une analyse des risques potentiels afin de mettre en place des actions de préventions et de protections adéquates.

De nombreux outils et méthodes, existent pour l'analyse des risques, développés initialement surtout dans le secteur de l'industrie, et des finances tels que l'A.P.R, l'AMDEC, MADS-MOSAR, arbre de défaillance, etc. Ainsi, l'objectif modeste de ce mémoire est donc d'utiliser la méthode AMDEC sur le tunnel ferroviaire de la nouvelle double voie électrifiée 'OUED TLELAT-TLEMCEN' en cours de réalisation situé dans la zone de 'EL-MEDIG TLEMCEN'.

Le mémoire présenté comprend, après une introduction générale quatre chapitres :

Le premier chapitre introduit les différentes classifications des risques dans la construction, ainsi que le processus management des risques suivant la norme ISO 31000.

Le deuxième chapitre détaillera l'ensemble des outils de maîtrise des risques, principe, historique, domaine d'application et condition de mise en œuvre tout en donnant leur avantages et inconvénients.

Le troisième chapitre s'articule autour des différentes classifications des tunnels, ainsi que les modes opératoires, et étapes pour leur réalisation. Une approche systémique et une analyse fonctionnelle y seront développées, en vue de faciliter notre identification des risques. Puis on fera le point sur l'ensemble des risques qui impactent le projet de tunnel.

Le quatrième et dernier chapitre de ce mémoire présentera brièvement le cas étudié le tunnel ferroviaire de la nouvelle double voie ferrée électrifiée 'OUED TLELAT-TLEMCEN', ainsi que l'identification des différents risques en réalisant un RBS et enfin l'application de la méthode AMDEC.

Ce travail est finalisé avec une conclusion qui présente des recommandations pour la prise en compte des risques dans le projet tunnel, ainsi que quelques perspectives à développer dans cette thématique.

CHAPITRE 01

LES RISQUES DANS LES PROJETS DE CONSTRUCTION

1. INTRODUCTION

Dans les projets de construction, le risque est potentiellement présent sous de multiples formes et cela durant toutes les phases du projet.

La complexité des projets de construction étant en pleine croissance, la présence de risques et d'incertitudes demeure présente avec des conséquences pouvant être désastreuses, selon le type de projet de construction de par sa grandeur ou sa fonctionnalité.

Les risques peuvent être de plusieurs ordres: naturel, anthropique, technologique ou financier; ces constructions elles mêmes comportent un certain lot de risques, comme elle peuvent avoir été réalisées pour protéger d'autres ouvrages qui eux mêmes comportent un risque d'accident.

Dans tout projet de construction il faudra toujours avoir à l'esprit une évaluation objective d'anticipation des différents risques pour pouvoir assurer au maximum la sécurité de l'ouvrage tant pendant sa réalisation, que par la suite lors de l'exploitation.

2. GENERALITES ET DEFINITIONS

2.1 Le Risque

Dans le langage courant, le risque est « un danger éventuel plus ou moins prévisible » (petit robert, 2010) ou « un danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé » (petit Larousse, 2010).

Selon afnor - fd x50-117/version 2003, le risque est défini comme la possibilité qu'un projet ne s'exécute pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécifications ; ces écarts par rapport aux prévisions étant considérés comme difficilement acceptables, voir inacceptables.

La norme 'iso 31000';version 2009 ,définit le risque comme l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs, c'est-a-dire la possibilité qu'il y ait un écart positif (opportunité) ou négatif (menace) par rapport à une attente .

«Le risque combine la probabilité d'un événement et ses conséquences » (selon guide 73 de l'iso, 2002) ,à partir de ces définitions on conclut que le risque est défini et mesuré comme le produit d'un aléa par une vulnérabilité.

*risque= aléa * vulnérabilité.*

2.1.1 L'aléa

Un événement physique potentiellement dommageable, un phénomène et/ ou une activité humaine, peuvent être la cause de blessés et/ou de pertes de vies , de dommages aux biens, de dysfonctionnement social et économique ou de dégradation environnementale.

La probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements peuvent conduire à une situation dangereuse.

2.1.2 La vulnérabilité

La vulnérabilité est la mesure des conséquences dommageables de l'évènement sur les enjeux en présence (par exemple le patrimoine construit ou la population).

Elle peut être physique ou fonctionnelle, humaine, socio-économique et environnementale.

Selon la norme 'ISO Guide 73/2009'; la vulnérabilité est définie comme suit :

« Propriétés intrinsèques de quelque chose entraînant une sensibilité à une source de risque pouvant induire une conséquence. »

2.1.3 Risque du projet

Le risque du projet correspond à un événement ou une situation dont la concrétisation, incertaine, aurait un impact positif ou négatif sur au moins un objectif du projet tel que les délais, le coût, le contenu ou la qualité (Guide PMBOK, 3ème édition, 2004).

selon 'AFNOR - FD X50-117'; c'est l'événement dont l'apparition n'est pas certaine et dont la manifestation est susceptible d'affecter les objectifs du projet.

3. TYPOLOGIE DES RISQUES DANS LES PROJETS DE CONSTRUCTION

Les projets de construction peuvent se présenter en plusieurs types :

3.1 Risques naturels

La notion de risque naturel est représentée par les phénomènes naturels, qui peuvent être de nature atmosphérique (froid, chaleur, orages violents, tempêtes, rayonnement solaire, inondations, avalanches...), ou géologique (séismes, activités volcaniques, inondations, mouvements de terrain, raz de marée...). Les risques naturels sont de deux ordres:

3.1.1 Les risques climatiques

Ils sont aussi appelés risques hydrologiques, ils peuvent être dus à plusieurs phénomènes:

3.1.1.1 Les inondations

Dues à la crue d'un fleuve ou à la saturation des nappes phréatiques, elles sont souvent liées au débordement d'un cours d'eau (le cours d'eau sort de son lit mineur pour occuper son lit majeur) et aux remontées des nappes souterraines.

3.1.1.2 Les ruissellements

Désignent le phénomène d'écoulement des eaux à la surface des sols, ils s'opposent au phénomène d'infiltration, et sont aussi un des moteurs de l'érosion (l'eau qui s'écoule entraîne avec elle des particules plus ou moins grosses en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente, ce qui peut avoir un effet abrasif sur le terrain soumis au ruissellement), notamment sur des pentes fragilisées par la déforestation, les raz de marée et les tsunamis, les pluies diluviennes, ou celles qui résultent de l'influence du courant tropical.

3.1.1.3 Les tempêtes

Sont des phénomènes météorologiques violents à large échelle , avec un diamètre compris en général entre 200 à 1 000 km, caractérisé par des vents rapides (tourbillons) et des précipitations intenses. Elles peuvent être accompagnées d'orages donnant des éclairs et du tonnerre ainsi que de la grêle et des tornades. Certaines tempêtes ont un nom particulier comme les typhons, les ouragans, les tempêtes tropicales ou extratropicales, les tempêtes de pluie verglaçantes ou de neige.

3.1.2 Les risques lithosphériques

Ils sont aussi appelés risques d'origine géophysique, on retrouve :

3.1.2.1 Les glissements de terrain

C'est le déplacement vers le bas de matériaux géologiques sur une pente. Il peut s'agir de roches, ou de matériaux plus meubles comme l'argile, le sable et le gravier. A ces débris peuvent s'ajouter de l'eau ou des arbres Les glissements de terrain ont deux causes principales qui sont l'infiltration de l'eau dans les sols (lors de la fonte des neiges ou de fortes pluies) et l'érosion des berges à cause de cours d'eau ou d'interventions humaines.

3.1.2.2 Effondrements de terrain

Ce sont des écroulements subverticaux entraînés par des ruptures brusques de toits de cavités naturelles résultant de dissolutions de roches, calcaire ou gypse, ou creusées, tunnels, carrières souterraines ou mines. Souvent ils sont limités par des fractures coniques, ils aboutissent en surface à des dépressions, des cuvettes, des avens, après s'être propagés à travers toutes sortes de matériaux, entre la cavité et le sol, en les fracturant et en les faisant foisonner. Ils peuvent être dangereux dans les zones urbaines denses, et c'est malheureusement là que le risque est le plus souvent remarqué .

3.1.2.3 Les éboulements

Désignent un mouvement d'une masse rocheuse, dans lequel les blocs ne se déplacent pas seulement en glissant, mais peuvent aussi tomber en chute libre, rebondir ou rouler. Il en résulte que les vitesses atteintes sont très rapides.

En géologie, c'est une désolidarisation soudaine d'une structure géologique sur une vaste surface et qui s'accompagne d'une chute massive de matériaux .

On retrouve aussi, comme risques lithosphériques, les séismes, dans la proximité des zones de friction des plaques tectoniques, les éruptions volcaniques, et les tsunamis engendrés par les séismes sous marins.

3.2 Risques d'origine anthropique

Ce sont les risques provoqués par l'être humain, on cite les plus importants, qui représentent un danger pour l'humanité et l'environnement:

3.2.1 Risques technologiques et environnementaux

Ils sont la conséquence directe et perverse d'une industrialisation peu réglementée mais aussi des systèmes de transport de matières premières, de produits dangereux, et d'endommagement comme :

- Les explosions ,les incendies;
- Les accidents routiers ou maritimes;
- Le risque industriel;
- Le risque nucléaire;
- Le risque du transport de matières dangereuses.

3.3 Les risques économiques

Les risques économiques ou risque financiers sont des risques de perdre de l'argent, suite à une opération financière sur un actif financier, ou à une opération économique ayant une incidence financière.

Ils peuvent être liés aux crises monétaires et financières ou bien dus aux taux de crédit qui évoluent défavorablement, ou à la variation des cours des monnaies due à l'offre et la demande.

3.4 Les risques professionnels

Ce sont st les risques qui concernent les accidents de travail aussi bien que les maladies professionnelles comme:

- Les chutes en hauteur;
- Le bruit et les vibrations des machines ou engins;
- La salubrité de l'air pendant les travaux en galerie;
- Les risques d'incendie ou d'explosion (les brûlures);
- L'emploi de substances chimiques;
- L' émission de poussières;

4. IDENTIFICATION DES RISQUES SELON LE CYCLE DE VIE DU PROJET

Un cycle de vie d'un projet est l'enchaînement dans le temps des étapes et des validations entre l'émergence du besoin et la livraison de l'ouvrage.

Tout projet se caractérise par son cycle de vie qui est généralement constitué de quatre phases :

- Etude préalable (Planification);
- Conception;
- Réalisation;
- Clôture;

Les risques sont présents à chacune de ces phases; le tableau ci dessous (tableau 1.1),présente quelques risques liées aux différentes étapes du cycle de vie d'un projet.

Tableau 1.1:Exemples de différents risques dans les différentes phases de vie de projet

ETAPES CYCLE DE VIE PROJET DIFFERENTS RISQUES	PLANIFICATION	CONCEPTION	EXECUTION	CLOTURE
-Conception inadaptée au programme		✓	✓	
-Expression des besoins	✓	✓	✓	
-Servitudes non identifiées, (conduit de gaz)	✓	✓		
- Données, investigations géotechniques insuffisantes	✓			
-Modifications importantes à la portée du projet par les hommes politiques		✓	✓	
-Mauvaise qualité de réalisation (entreprises incompetentes)			✓	✓
-Effondrement important d'un ouvrage d'art / bâtiment ou d'une partie de celui-ci			✓	✓
-Conditions climatiques défavorables aux travaux			✓	✓
- Qualité d'estimation des délais	✓	✓	✓	✓
-faillite de l'entreprise			✓	✓

5. les risques du projet liés à l'environnement

Les risques sont multiples et affectent un ensemble de contexte dans notre environnement comme le contexte social, financier, légal...etc. ; le tableau 1.2 décrit quelques risques liés à l'environnement.

Tableau 1.2: Différents risques liés à l'environnement

ENVIRONNEMENT	RISQUES
Ecosystème	<ul style="list-style-type: none"> -défaut du fournisseur de se conformer aux exigences environnementales . -pollution
Contexte Social	<ul style="list-style-type: none"> -acceptation du public -opposition du public et contestations judiciaires -politiques et réglementation -grèves des employés -modifications des activités économiques affectant le milieu -les travaux effectués affectent négativement les activités économiques et commerciales autour du site -relogement de la population
Site	<ul style="list-style-type: none"> -expropriation des terrains -accords des services publics -incompatibilité du milieu géotechnique -terrain accidenté
Santé et sécurité	<ul style="list-style-type: none"> -problèmes liés à la santé des employés -problèmes liés à la sécurité sur le chantier
Contexte Politique/Légal et réglementation	<ul style="list-style-type: none"> -instabilité politique -interruption ou annulation suite à une élection présidentielle . -non-respect des contrats -non-respect des permis (construire/démolir/lotir)

<p>Marché</p>	<ul style="list-style-type: none"> -inflation non métrisée -absence de saine concurrence(concurrence déloyale) -le marché parallèle (marché noir) -variation du taux d'intérêt de base avant la clôture du projet -non-disponibilité de fournisseur certifié
---------------	---

6. PROCESSUS MANAGEMENT DU RISQUE SELON ISO 31000

La norme ISO 31000 est la norme internationale fournissant les principes et lignes directrices sur le management des risques. Cette norme est consacrée au management du risque .Elle préconise de dresser une liste exhaustive des risques auxquels l'organisme est exposé en identifiant puis en évaluant l'ensemble des événements redoutés ; c'est à dire les menaces potentielles pesant sur l'atteinte des objectifs , que ces menaces soient endogènes ou exogènes et quel que soit le niveau de maîtrise du risque que l'organisme possède ou peut espérer posséder.

La (figure 1.1) démontre le processus de management du risque selon l'ISO 31000:2009

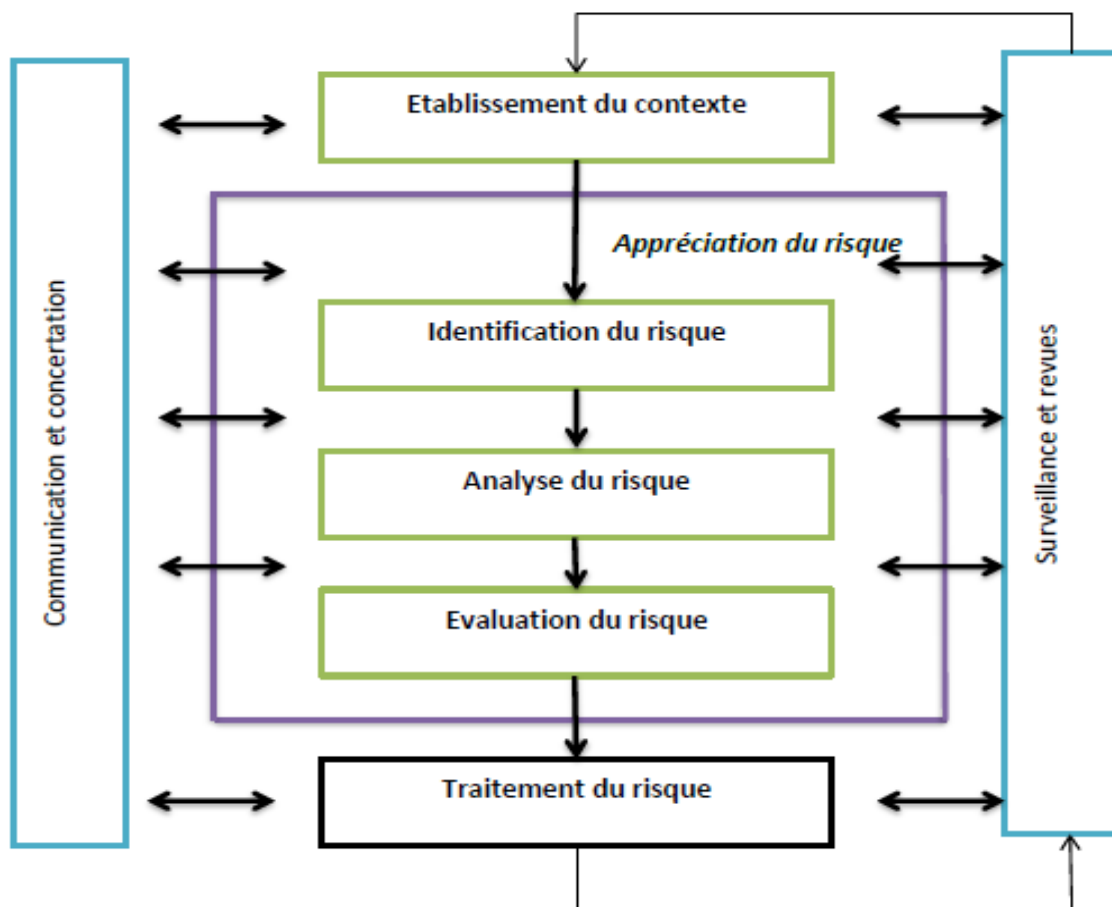


Figure1.1:le Processus de management du risque selon l'ISO 31000:2009

Cette norme s'applique à toute activité dans une entreprise qui prend en compte la stratégie et les prises de décisions, les opérations, les processus, les fonctions, les projets, les produits, les services et les actifs. Elle s'applique également à tout type de risque, quelle que soit sa nature, que ses conséquences soient positives ou négatives.

6.1 Etablissement de contexte

Le contexte permet d'appréhender les objectifs de l'organisme, l'environnement dans lequel il poursuit ces objectifs qu'il soient internes ou externes, ainsi que les parties prenantes et la diversité des critères de risques

Contexte externe: Dans lequel se réalise le projet, pour comprendre les aspects qui peuvent influencer sur l'organisation du management des risques:

- l'environnement social, culturel, politique, linguistique;
- l'environnement légal et réglementaire;
- l'environnement naturel;
- l'environnement concurrentiel;
- les relations avec les autres parties prenantes externes au projet.

Contexte interne : qui nécessite d'être pris en compte dans le processus :

- les parties prenantes internes au projet, leurs valeurs, la perception de leur rôle dans le projet, le poids des usages et des cultures;
- Le mode de gouvernance des parties prenantes au projet, les rôles et responsabilités des acteurs, leurs objectifs,
- Les systèmes de management préexistants;
- Les modes de communication des parties prenantes entre elles;
- Les ressources et compétences des parties prenantes.

6.2 Appréciation Des Risques (Risk Assessment)

Elle s'articule autour de trois étapes : identifier, analyser, évaluer.

6.2.1 Identification du risque

Cette étape vise à identifier les risques qu'il faudra gérer, elle implique l'identification des sources, des événements et des conséquences potentielles qui perturbent le déroulement de projet ou d'affecter ses objectifs.

Elle se fait par :

- Une analyse des caractéristiques du projet où on doit tout savoir, en ce qui concerne le projet, sa taille et sa durée, ses objectifs, les techniques et processus de réalisation et sa cible (clients).
- La recherche de tous les risques en utilisant les méthodes qui peuvent nous indiquer les risques qui affectent le projet.
- L'analyse systémique et fonctionnelle ainsi que l'analyse de chaque élément de processus.
- Le classement des risques qui se fait par la nature du ;dysfonctionnement, ainsi les mauvaises conceptions

6.2.2 Analyse du risque

Cette étape vise à comprendre le mécanisme du risque, les véritables causes, les conséquences envisageables. L'événement redouté peut-il entraîner des réactions en chaîne, ou provoquer l'apparition de nouveaux risques peu identifiables à première vue. En d'autres termes il s'agit de modéliser les causes et les conséquences d'un événement ayant un impact sur les objectifs, c'est-à-dire:

- Déterminer qualitativement ou quantitativement la vraisemblance du risque;
- Déterminer la gravité du risque et l'ampleur des conséquences possibles.

La représentation hiérarchique des risques constitue un support utile pour les échanges entre les différents acteurs. Les outils d'analyse dépendant grandement des risques et du contexte considéré, il convient de choisir le type d'outils adapté aux spécificités du projet.

6.2.3 Evaluation du risque

L'évaluation du risque consiste à comparer le niveau de risque déterminé au cours du processus d'analyse, aux critères de risque établis lors de l'établissement du contexte.

La valeur d'un risque s'exprime très simplement en multipliant deux facteurs, à savoir sa vraisemblance et sa gravité.

La vraisemblance exprime la probabilité de survenance du risque, autrement dit la probabilité que l'accident se produise.

La gravité mesure l'importance des impacts envisagés en cas de survenance du risque, c'est-à-dire en cas d'accident.

Le résultat de cette multiplication est la criticité du risque qu'on assimile souvent au risque lui-même : $\text{Risque} = \text{Criticité} = \text{Vraisemblance} \times \text{Gravité}$

La représentation graphique de cette mesure est donc une matrice. A l'issue de son observation, l'évaluateur viendra indiquer sur cette matrice le niveau de risque constaté.

6.2.4 Stratégie de réponse au risque (traitement du risque)

Les risques ayant été identifiés, analysés et évalués, on peut envisager différentes solutions pour procéder à leur traitement. Pour cela plusieurs possibilités sont envisageables, plus ou moins radicales, et classifiables comme suit : accepter le risque, réduire le risque, partage du risque, transfert du risque et les moyens permettant d'éviter le risque.

Les solutions de réduction du risque sont :

- Supprimer la source de risque, le danger, ou la cible ;
- Mettre le risque sous surveillance ;
- Réduire la vraisemblance par la prévention ou la gravité par la protection.

Les solutions de financement du risque sont :

- Partager le risque avec une autre partie (exemple : partage contractuel) ;
- Transférer la gestion du risque à une partie (exemple : assurance).

Le traitement des risques interagit avec le management du projet proprement dit et alimente, entre autres, les processus de maîtrise des coûts du projet :

- Les risques acceptés, pour lesquels la nécessité d'un traitement n'est pas justifiée, ou pour lesquels le coût de traitement n'est pas en rapport avec la gravité des impacts peuvent être provisionnés ;
- La surveillance de certains risques peut nécessiter des coûts spécifiques (par exemple instrumentation, veille, gardiennage, etc.) ;
- Des plans de réponse à certains risques acceptés peuvent être établis et valorisés.

6.2.4.1 Notion de prévention et de protection

Le traitement des risques, est l'effet de la prévention et de la protection, l'organisme met en œuvre des dispositifs de protection et/ou de prévention, qui constituent au final les éléments de maîtrise des risques, on distingue deux nouvelles notions qui apparaissent : le risque inhérent (ou risque brut) et le risque résiduel (ou risque net).

-Le risque inhérent (ou risque brut):c'est le risque existant en l'absence de toute maîtrise, de toutes dispositions de prévention ou de protection. Il n'évolue jamais, sauf à traiter l'origine même du danger.

-Le risque résiduel (ou risque net): est le risque qui subsiste après la mise en œuvre des dispositions de prévention ou de protection ; il évolue après toute action de réduction du risque.

Dans tous les cas, il faudra définir un objectif, c'est-à-dire un niveau de risque résiduel à atteindre, planifier les actions à entreprendre pour atteindre cet objectif puis évaluer le résultat obtenu.(figure 1.2).

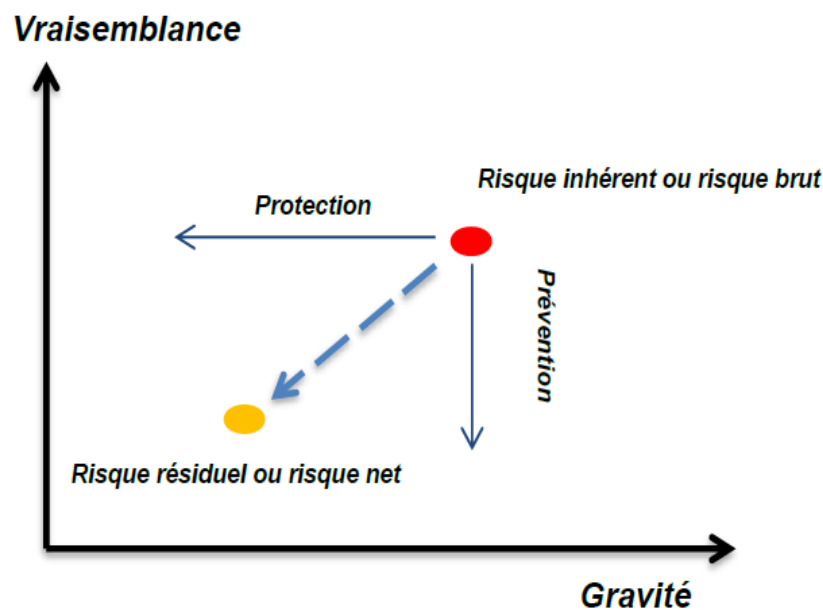


Figure 1.2:Traitements des risques

6.2.4.2 Limite d'acceptabilité

La limite d'acceptabilité. Il s'agit de la frontière, dessinée par la direction de l'organisme et parfaitement formalisable (figure 1.3), entre une zone dite « de risques inacceptables » et une zone dite « de risques acceptables »

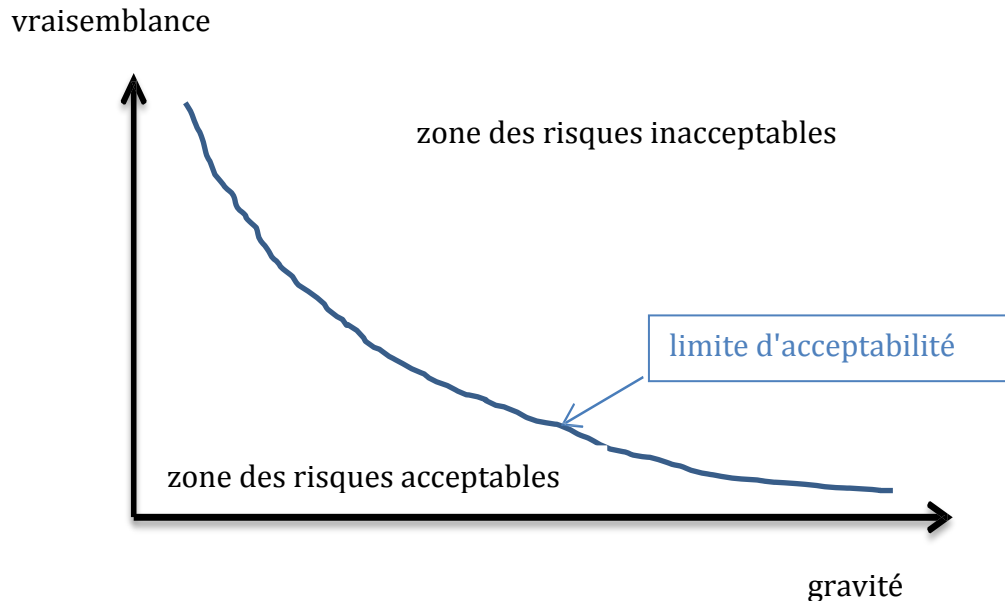


Figure 1.3: Limite d'acceptabilité du risque

6.2.5. Communication et concertation

La norme ISO 31000 : 2009 insiste beaucoup sur la nécessité de concertation et de la communication. Pour cela des processus itératifs sont mis en œuvre par l'organisme afin de fournir, partager ou obtenir des informations et d'engager un dialogue avec les parties prenantes et autres parties, concernant le management du risque.

6.2.6 Surveillance et revues de risques

Le contexte du projet peut évoluer et de nouvelles sources de risques peuvent apparaître. Des modifications peuvent intervenir dans le contenu du projet. Certains risques vont se concrétiser, des risques potentiels vont disparaître.

Cette étape implique une amélioration continue du processus de management. Il est donc nécessaire de mettre en place une surveillance et d'effectuer de manière régulière des revues de risques pour s'assurer de l'efficacité des traitements mis en œuvre, de l'évolution du contexte et pour analyser les événements, les succès ou les échecs, y compris dans l'application du processus. Cette surveillance permet aussi d'identifier les nouveaux risques et d'affiner l'appréciation des risques, de modifier leur vraisemblance ou de réévaluer leurs impacts. Les revues des risques sont planifiées régulièrement.

7. AVANTAGES DE LA GESTION DU RISQUE

La gestion du risque permet de recenser les risques de façon claire et structurée. Une organisation qui comprend clairement tous les risques auxquels elle est exposée peut les jauger et les classer en ordre de priorité et prendre les mesures appropriées pour réduire les pertes.

La gestion du risque comporte d'autres avantages pour l'entreprise ou l'organisme, notamment :

- Economiser les ressources : le temps, l'actif, le revenu, les biens et les personnes sont toutes d'importantes ressources que l'on peut économiser en réduisant au minimum les sinistres.
- Protéger la réputation et l'image publique de l'entreprise.
- Prévenir ou réduire la responsabilité légale et accroître la stabilité des opérations.
- Protéger l'environnement.
- Améliorer la capacité de l'entreprise et l'organisme à se préparer à diverses situations.
- Réduire la responsabilité civile et professionnelle.
- Contribuer à définir clairement les besoins d'assurance.

Une gestion efficace du risque n'élimine pas complètement le risque. Cependant, elle se soucie de la réduction et de la prévention des risques, de sorte qu'elle représente un meilleur risque à assurer.

8. CONCLUSION

Les projets de construction sont soumis à de nombreux risques, qu'ils soient d'ordre naturel, humain ou économique, ces risques peuvent être déterminants quant à la réussite du projet, en ayant des conséquences importantes sur les aspects économiques et temporels.

L'analyse du risque permet, avant tout, d'identifier les causes et les conséquences potentielles d'évènements indésirables. Elle anticipe les risques redoutés, et met en œuvre des mesures visant à modifier le risque et à décider de son acceptabilité.

on peut conclure que le management des risques a une grande place dans les projets de construction.

CHAPITRE 02

OUTILS ET METHODES DE MAITRISE DES RISQUES

1. INTRODUCTION

La phase d'identification des risques est cruciale dans tout processus de gestion et de maîtrise des risques. Les experts, les managers, les bureaux d'études s'engagent vers une vision managériale pour conduire toutes sortes de travaux en mode projet et risque projet.

L'analyse des risques permet d'identifier et de réaliser une première évaluation des risques. Pour cela, une quantité d'outils et de méthodes d'analyse des risques ont été mis en place afin de permettre, à travers l'étude des systèmes, d'identifier les principaux scénarios de danger et d'accident probables. Les résultats de ces études permettent de hiérarchiser les risques et facilitent la mise en place des moyens de protection et/ou de prévention nécessaires à la maîtrise des risques.

L'utilisation de ces méthodes est particulièrement recommandée dans le cadre de l'analyse des risques d'une étude des dangers, puisqu'elles permettent de viser à plus d'exhaustivité pour l'identification des risques et tendre ainsi vers la maîtrise des risques majeurs.

2. CLASSIFICATION DES PRINCIPALES METHODES D'ANALYSE DE RISQUE

L'application des méthodes d'analyse de risque qualitatives fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction (Monteau & Favaro, 1990).

Il existe plusieurs manières de classer les méthodes d'analyse des risques, nous retiendrons ici trois de ces classements :

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

Dans notre étude, on va s'intéresser beaucoup plus aux méthodes inductives et déductives.

L'application des méthodes de sécurité des systèmes fait appel aux raisonnements par induction et par déduction. Cette terminologie désigne deux procédures complémentaires d'identification et d'analyse du risque, qui s'expriment concrètement par l'utilisation de techniques particulières. Les plus connues sont les méthodes inductives et déductives (figure 2.2).

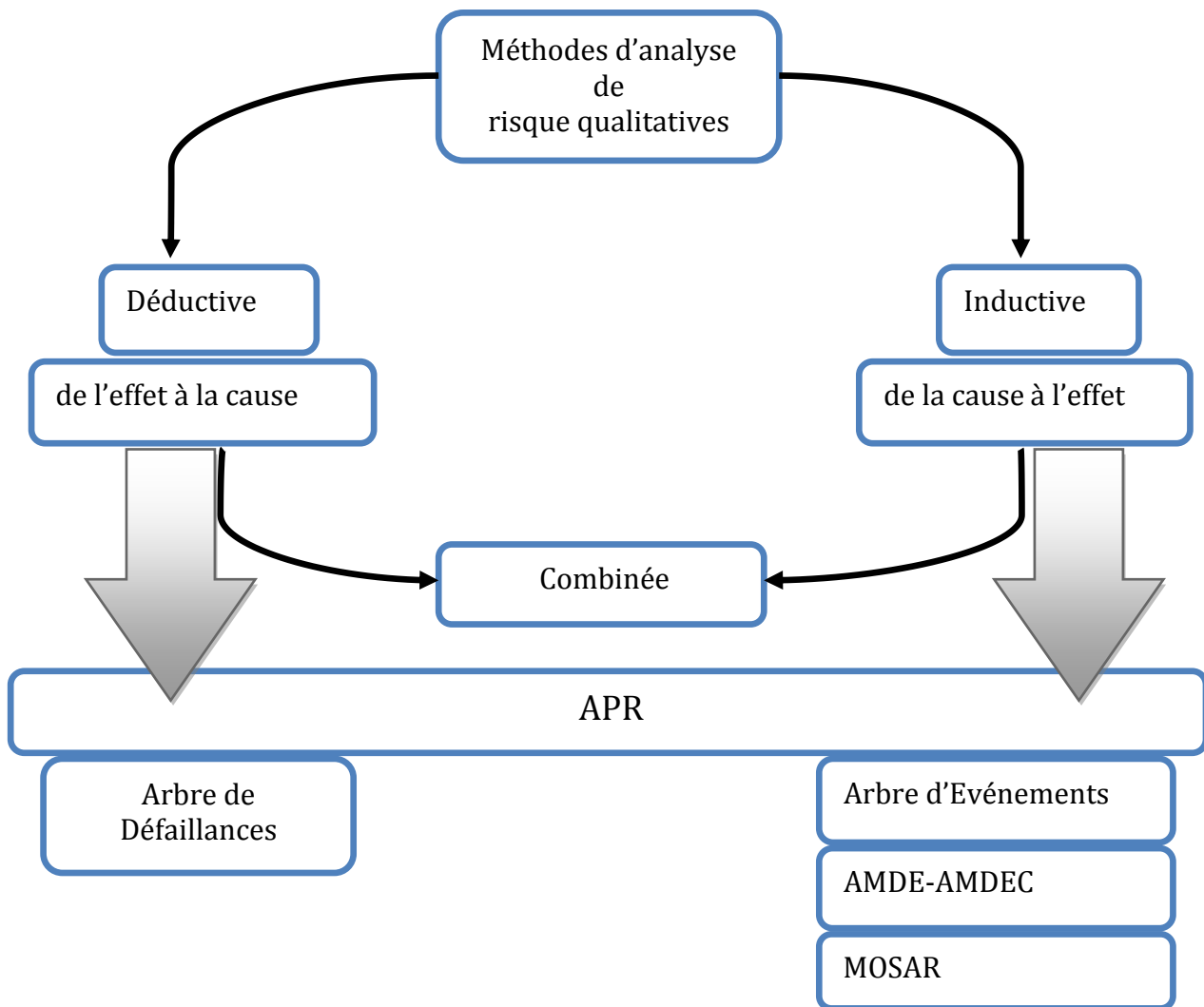


Figure 2.1: Classification des principales méthodes d'analyse de risque

2.1 Méthodes inductives

Des méthodes sont initiées à partir des causes d'une situation à risque pour en déterminer les conséquences.

Ces méthodes sont aussi appelées montantes. Car, à partir des événements causes définis au niveau éléments, elles permettent d'induire les événements conséquences au niveau sous-système ou système.

2.2 Méthodes déductives

Ces méthodes sont aussi appelées descendantes car, à partir des événements conséquences définis au niveau système ou sous-système, elles permettent de déduire les événements causes combinés au niveau élémentaire.

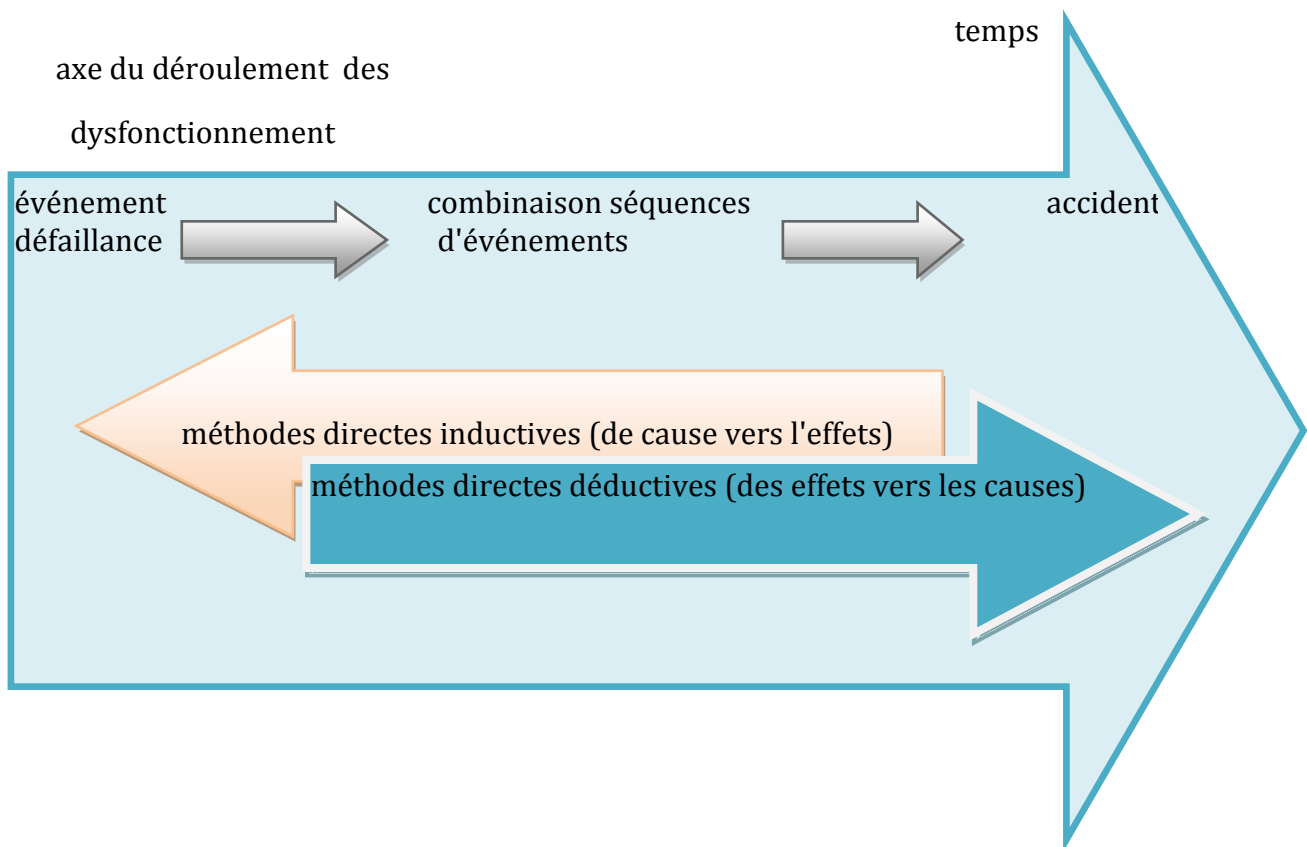


Figure 2.2: démarche inductive et déductive

3. L'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (A.P.R)

3.1 Définition de l'A.P.R

L'A.P.R est une démarche, un processus dont l'objectif est d'évaluer les problèmes à résoudre en matière de maîtrise des risques.

L'analyse préliminaire de risques, a été développée aux États-Unis au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires et dans des nombreuses autres industries. Au début des années 1983, l'union des industries chimiques recommande son utilisation en France.

Cette méthode d'usage très général, couramment utilisée pour l'identification des risques dès le stade préliminaire de la conception d'un système ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée du système étudié.

Plus précisément, il s'agit d'identifier les divers éléments dangereux d'un procédé ou d'un système et d'évaluer le potentiel de chacun à engendrer un accident plus ou moins grave.

Cette méthode vise ainsi à mettre en évidence rapidement les plus importants problèmes susceptibles d'être rencontrés et la façon de les traiter.

3.2 Démarche A.P.R

La démarche APR consiste à définir les besoins en études de risques ,de construire un consensus sur la démonstration de sécurité de répartir les tâches et les responsabilités et de préparer la structure de la documentation.

Pour réaliser cette démarche APR, on utilise très couramment une méthode et une présentation spécifique à cette démarche qui présente les caractéristiques comme suit:

—l'espoir d'identifier tous les risques raisonnablement imaginables qui peuvent faire penser à tous les scénarios d'accidents;

le repérage des risques exigeant des mesures repose sur l'évaluation usuelle du risque dans ses deux dimensions fréquence et gravité repérées sur des échelles simples de 3 ou 4 niveaux.

—la présentation de la démarche dans des tableaux types qui, en même temps, guident un peu l'utilisateur ou le rédacteur, et lui facilitent la tâche. La méthode APR repose:

-Sur les enchaînements : élément dangereux + événement = situation dangereuse;

-Situation dangereuse + événement = accident;

-Sur les cotations des fréquences des événements à l'origine des situations dangereuses ou des accidents;

-Sur la gravité des conséquences des accident

3.3 Objectif de la méthode

L'objectif général d'une démarche APR est d'évaluer les problèmes à résoudre en matière de maîtrise des risques. Une APR doit permettre :

—De se rendre compte si le projet pourrait devoir être abandonné parce que certains risques inacceptables se révéleraient irréductibles ;

—De dimensionner a priori les efforts d'études et de réduction de risques ;

—De localiser les domaines du système qui demanderont le plus d'efforts et donc, les compétences requises en matière de maîtrise des risques.

3.4 Principe de l'A.P.R

Son principe est de déterminer des situations de dangers, déterminer les causes et les conséquences d'une situation de dangers, mettre en lumière les barrières de protection existantes et proposer des améliorations .la démarche de l'A.P.R se déroule en 4 points essentiels tels qu'il est schématisé dans la (figure2.3).

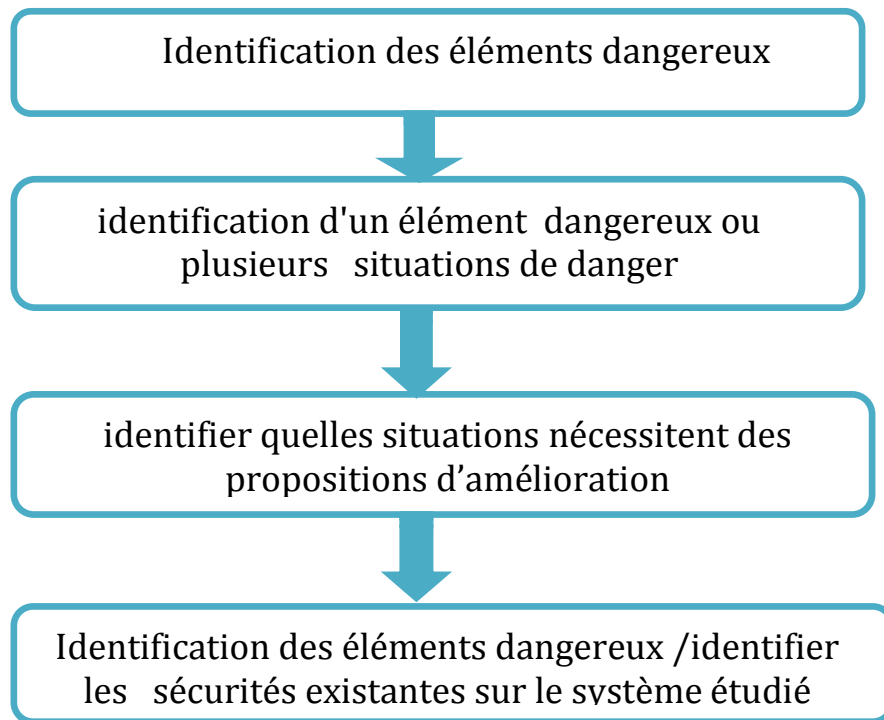


Figure 2.3 : Principe de l'APR

Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode. À partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour chaque élément dangereux, une ou plusieurs situations de dangers.

Il va y avoir l'identification des sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'améliorations doivent alors être envisagées.

(La figure 2.4);représente L'APR dans le processus de management des risques (ISO31000).

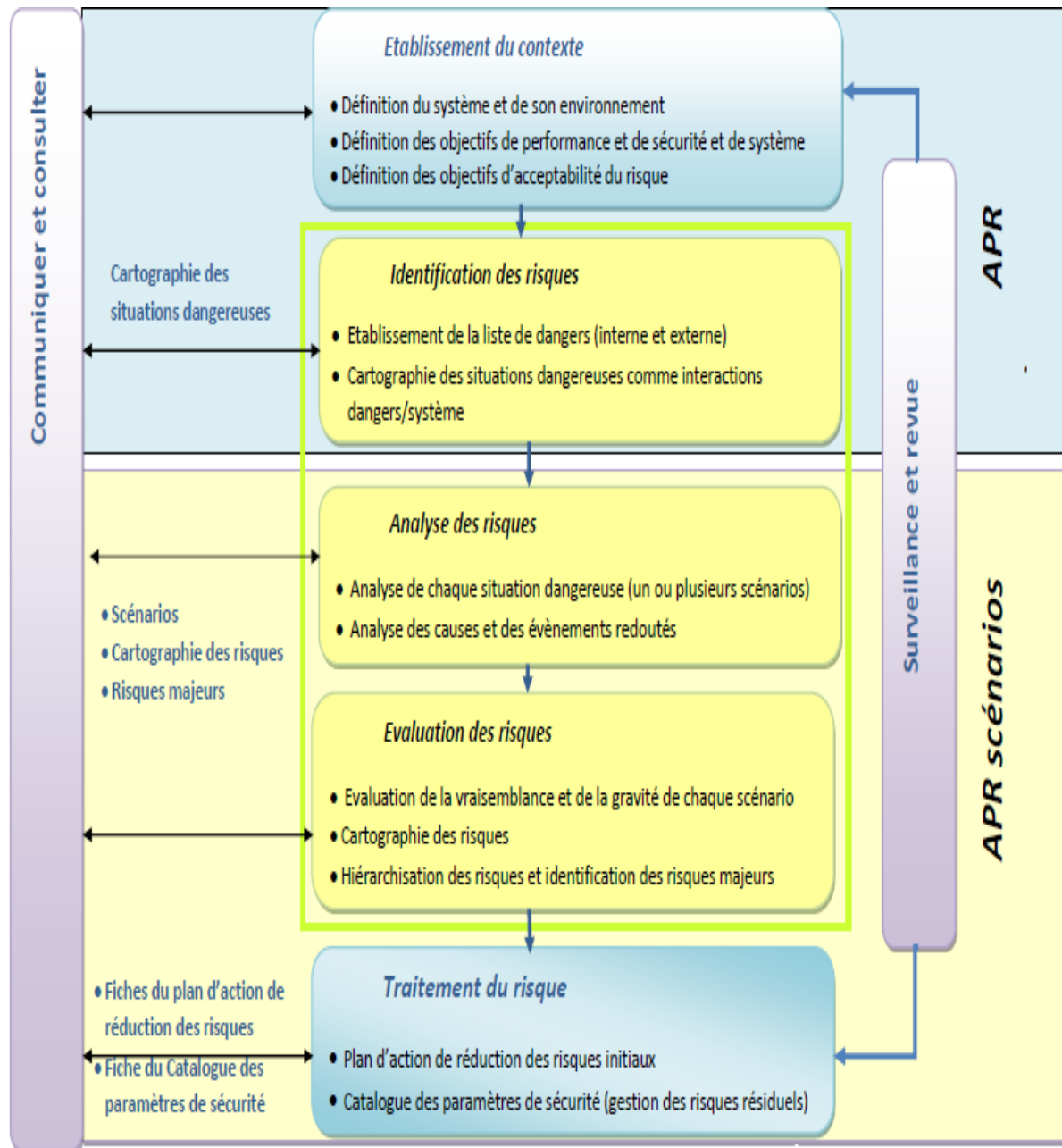


Figure 2.4:L'APR dans le processus de management des risques(ISO31000)

3.5 Les Avantages de l'A.P.R

Les principaux avantages de l'A.P.R sont :

- Permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations.
- D'ordre économique en termes de temps.
- La méthode ne nécessite pas un niveau de description du système étudié très détaillé.

3.6 Les inconvénients de l'A.P.R

La méthode préliminaire d'analyse a aussi des inconvénients qui pourrait se résoudre en :

- La difficulté de définir une situation de danger,
- La non possibilité de décrire finement les enchaînements qui conduisent à un accident majeur (système complexe)
- La difficulté de combiner les défaillances.
- La nécessité d'utilisation ultérieure d'AMDEC ou Arbre de défaillances

4. A.M.D.E.(C)

La méthode a été développée ,dans les années 1960 et était initialement utilisée dans le secteur de l'aéronautique pour accroître la fiabilité des appareils. L'AMDE(C) est essentiellement une démarche déductive qui consiste à définir au niveau d'un système les effets des défaillances des éléments de ce système (les défaillances des éléments doivent être connues).

la méthode a fait ces preuves dans les industries suivantes :spatiale ,armement, mécanique,electronique,électrotechnique,automobile,nucleaire,aéronautique,...et a ce jour on commence a s'y intéresser dans les services.

L'AMDE (analyse des modes de défaillance et de leurs effets) est incluse dans L'AMDE(C) (analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité).

Selon la norme CEI-300-3-9 (CEI 300-3-9, 1995), l'AMDE est une technique fondamentale d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui analyse tous les modes de défaillances d'un équipement donné et leurs effets tant sur les autres composants que sur le système lui-même.

La méthode permet une analyse systémique et très complète des modes de défaillance des composants, de leurs causes et de leurs effets sur le système; on évalue ainsi l'importance des modes de défaillances vis-à-vis de la sûreté de fonctionnement; les résultats de l'analyse sont présentés sous forme de tableau, par contre L'AMDEC est l'extension de l'étude AMDE quand il est question d'évaluer la criticité des défaillances.

4.1 Principe de l'A.M.D.E.(C)

l'AMDE:la méthode consiste a considérer systématiquement, l'un après l'autre, chacun des composants du système étudier et a analyser les causes et les effets de leur défaillances potentielles.

(la figure 2.5); nous donne un aperçu sur le principe général de l'A.M.D.E

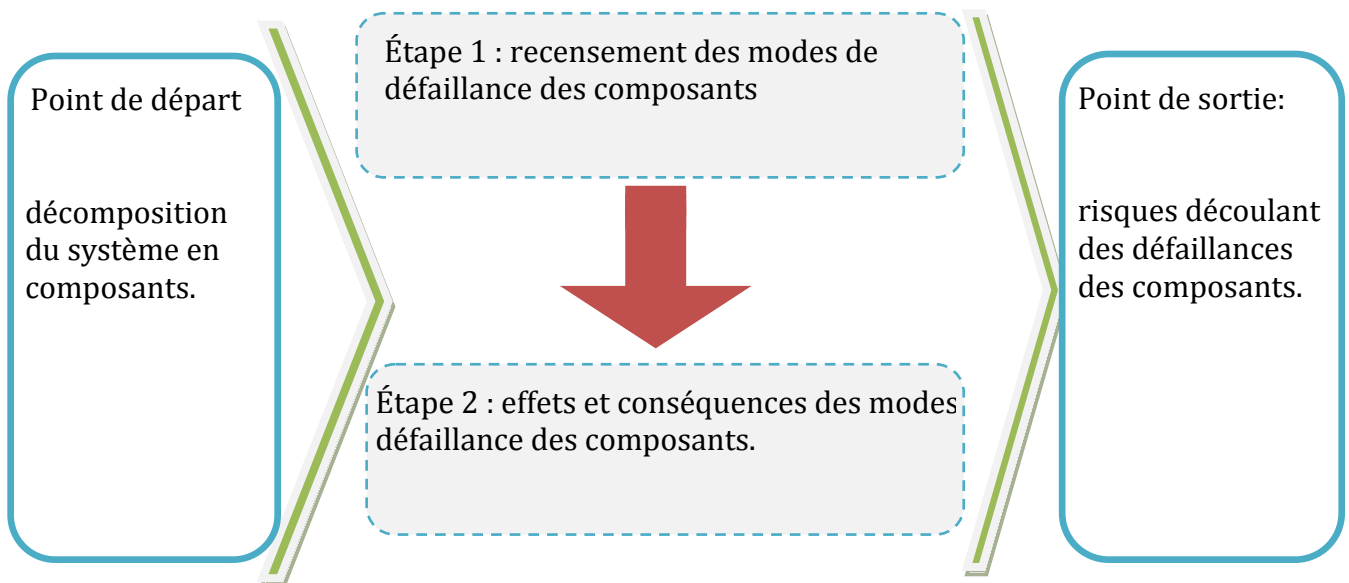


Figure 2.5:Principe de l'A.M.D.E(C)

La méthode consiste d'aller d'un point de départ qui est de faire une décomposition du système en composants, ensuite de recenser les modes, les effets et les conséquences de la défaillance des composants, pour arriver aux risques inhérents aux défaillances des composants.

L'AMDE(C) ajoute une dimension d'évaluation de la gravité de ces situations, consiste à identifier et évaluer l'impact des défaillances des éléments du système sur celui-ci, ses fonctions, son environnement.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système. Elle contient quatre parties primaires :

- Identification des modes de défaillance;
- Identification des causes potentielles de chaque mode;
- Estimation des effets engendrés;
- Evaluation de la criticité de ces effets

L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels. Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle.

4.2 Types d'AMDE(C)

Il existe 6 types de l'AMDEC mais les plus fréquentes sont: produit, process et machine. (La figure 2.6) présente les différents types de l'AMDEC.

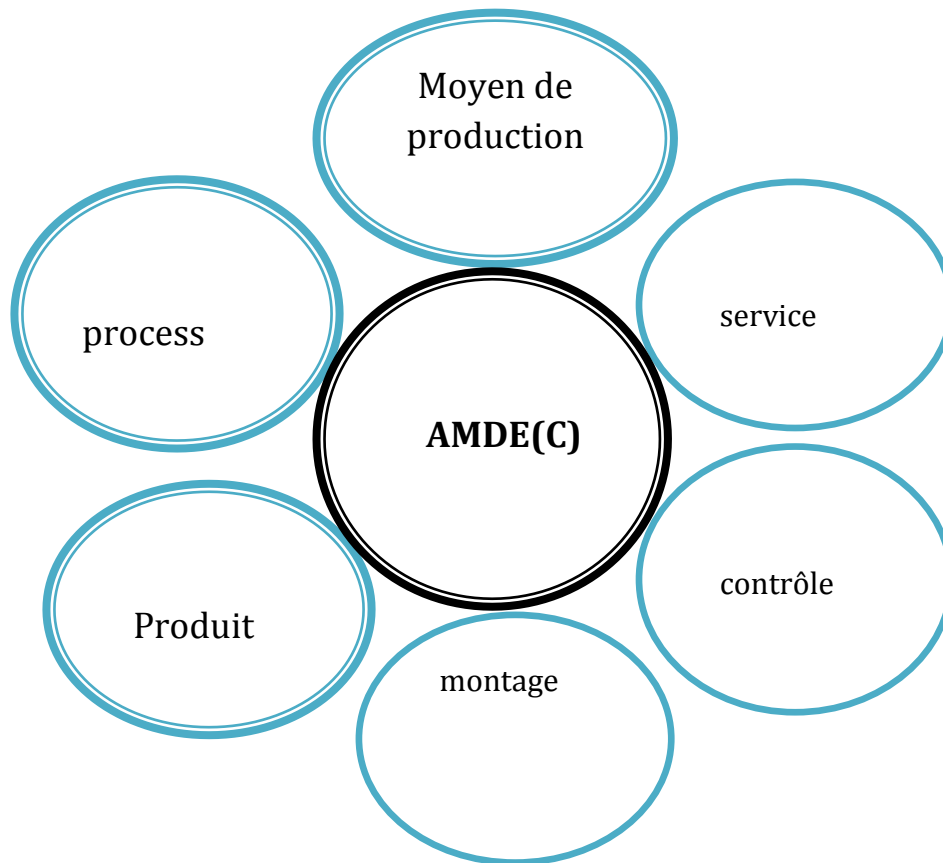


Figure 2.6: Différents types de l'AMDEC

4.2.1 AMDEC-Produit

Est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation.

4.2.2 AMDEC Process ou procédé

Est utilisé à l'analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de production, par conséquent la qualité du produit ou du service rendu. Cette analyse a pour objectif :

-Identifier assez tôt les éventuels points critiques du procédé ;

- Apporter les modifications nécessaires pour l'améliorer;
- Prévoir le plan de contrôle ou de surveillance;

4.2.3 AMDEC- Moyen de production

Plus souvent appelée AMDEC-Moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

4.3 Place de L'AMDE(C) dans une démarche de maîtrise des risques

Si on fait le bilan des expériences réussies ici et là, on trouvera l'AMDE(C) à pratiquement tous les stades du cycle de vie d'un système. Toutefois, on peut souligner le caractère à peu près incontournable de l'AMDE(C) à la fin de la conception, à la charnière avec la réalisation ou l'exploitation et la maintenance. En effet, quand le système est décrit de façon précise, les composants choisis, l'AMDE(C) s'applique pour compléter la connaissance des fonctionnements (fonctionnements souhaités décrits par la conception) avec les fonctionnements non souhaités, mais inévitables du fait qu'aucun composant n'est infallible. Il faut bien prendre en compte ce qui peut résulter des défaillances des composants choisis. (Y. Mortureux, 2012).

Ainsi, en présence d'un système complexe, L'AMDE(C) revient généralement plusieurs fois dans le cycle d'étude du système. Chaque projet doit déterminer les revues (articulations entre phases du projet) pour lesquelles une AMDEC sur telle ou telle partie du projet serait nécessaire. Les normes ayant essayé de donner des critères généraux identifient trois niveaux de décomposition pour un système important et trois sujets d'AMDEC :

- le niveau « système » (d'où l'intérêt de l'approche systémique qui se fera par la suite)
- le niveau « sous-système » ;
- le niveau « composants » ;

4.4 Méthodologie De L'AMDE(C)

La méthode s'inscrit dans une démarche de huit étapes(représentées dans la figure 2.7); il y a une phase préparatoire qui consiste en une collecte des données pour réaliser l'étude et l'organisation du groupe de travail.

4.4.1 L'analyse fonctionnelle

Le but d'une analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

- Les fonctions principales sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu ,donc pour satisfaire les besoin de l'utilisateur.
- Les fonctions contraintes répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- Les fonctions élémentaires assurent les fonctions principales ,ce sont les différentes composantes élémentaires du système.

4.4.2 Etude qualitative

Celle-ci consiste à identifier toutes les défaillances possibles afin :

-de déterminer les modes de défaillance, identifier les effets relatifs à chaque mode de défaillance,

-A analyser et trouver les causes les plus possibles et les plus probables des défaillances potentielles.

Pour réaliser cette objectif on s'appuie sur l'analyse fonctionnelle dans l'étape précédente ,à partir des fonctions définies et on recherche directement les défaillances potentielles

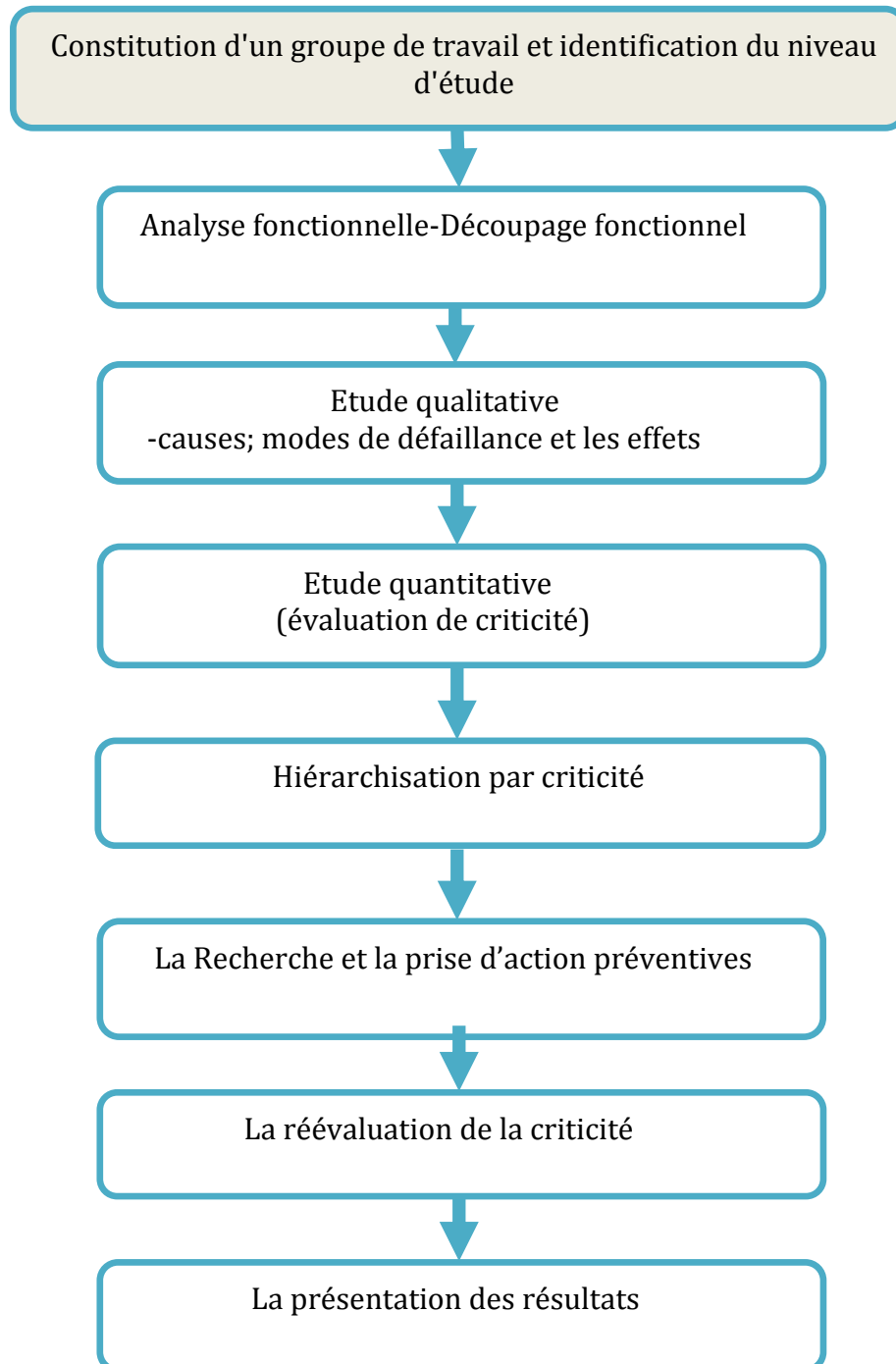


Figure 2.7: Méthodologie de l'AMDEC

4.4.3 Etude quantitative

La criticité est définie par le produit des trois indices : Fréquence(F), Gravité (G) et Non détection (D)

$$\text{CRITICITE(C)} = \text{FREQUENCE(F)} \times \text{GRAVITE(G)} \times \text{NON DETECTION (D)}$$

F : l'indice de fréquence est une valeur associée à l'éventualité de voir apparaître le mode de défaillance. Il a été défini avec le groupe de travail, en fonction du retour d'expérience des utilisateurs.

G : l'indice de gravité représente les conséquences que peut avoir un mode de défaillance sur :

- L'homme et son environnement selon le critère de sécurité
- La machine selon le critère de fiabilité
- L'installation selon le critère de « maintenabilité ».

D : l'indice de non détection représente la probabilité que la cause atteigne l'utilisateur.

C : l'indice de criticité est l'expression de l'importance globale d'une défaillance donnée.

Il permet de hiérarchiser les défaillances selon leur influence sur le système, le procédé, vis-à-vis de la fiabilité, la maintenance, la sécurité. Globalement, cet indice donne une mesure du niveau de risque associé à un évènement redouté.

Dans cette phase, on s'attache à l'analyse de la criticité et à distinguer des pistes possibles de diminution de criticité par des actions correctives ou bien par des propositions de maintenance préventive et ou de détection initialement non prévues.

4.4.4 Hiérarchisation par criticité

Cette étape sert à hiérarchiser les risques par niveau de la criticité pour les attaquer de plus critiques aux acceptables

4.4.5 La recherche et la prise d'action préventives

En cherchant de la diminution de la criticité et faire des propositions d'amélioration.

4.4.6 La réévaluation de la criticité

Dans cette étape un nouvelle indice de criticité est calculer de la même façon que lors de la première évaluation, en prenant en compte les actions prise .Cette valeur du nouvel indice de criticité est appelé parfois risque résiduel.

l'objectif de la réévaluation de la criticité est de déterminer l'impact et l'efficacité des actions prises.

4.4.7 La Présentation Des Résultats

La conduite d'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets sur un système réel conduit normalement à un volume très important de documentation.

Ceci peut être une des explications du fait que tant d'AMDE(C) encomrent des locaux d'archives sans avoir été lues et réellement utilisées, c'est une étape qui sollicite fortement l'expérience et l'expertise du responsable de l'analyse doit à la fois :

- Refléter le contenu des analyses réalisées ;
- Répondre aux questions initialement posées.

5. METHODE MADS-MOSAR

5.1 Modèle MADS

Le modèle MADS (Méthodologie de dysfonctionnement des systèmes), ce modèle appelé aussi univers du danger est un outil initialement à vocation pédagogique qui permet de construire et de comprendre la problématique de l'analyse des risques.

Il est construit sur les bases des principes de la modélisation systémique développés par Jean-Louis Le Moigne dans « La Théorie du Système général » .

L'univers du danger est formé de deux systèmes appelés système source de danger et système cible, en interaction et immergés dans un environnement dit actif.

Le modèle MADS est une conceptualisation d'une approche systémique du risque d'accident. Le danger est représenté comme un ensemble de processus conduisant à un processus principal représentant le flux de danger pouvant être généré par un système source de danger.(figure2.8).

Selon B. Saoulé (Saoulé, 2002) : «Le flux de danger peut être constitué d'énergie, de matière ou d'information. Il est généré par un événement (ou processus) initiateur d'origine interne ou externe. Ceci se déroule en plusieurs phases, d'abord l'occurrence d'un facteur de déclenchement (événement initiateur) qui génère un flux de danger entre les constituants du système global faisant de l'un d'eux une source et d'un autre une cible de danger. Un Événement Non Souhaité (ENS) se produit alors et peut générer un dommage subi par la ou les cibles, qui peut être de surcroît accru par un processus renforçateur ».

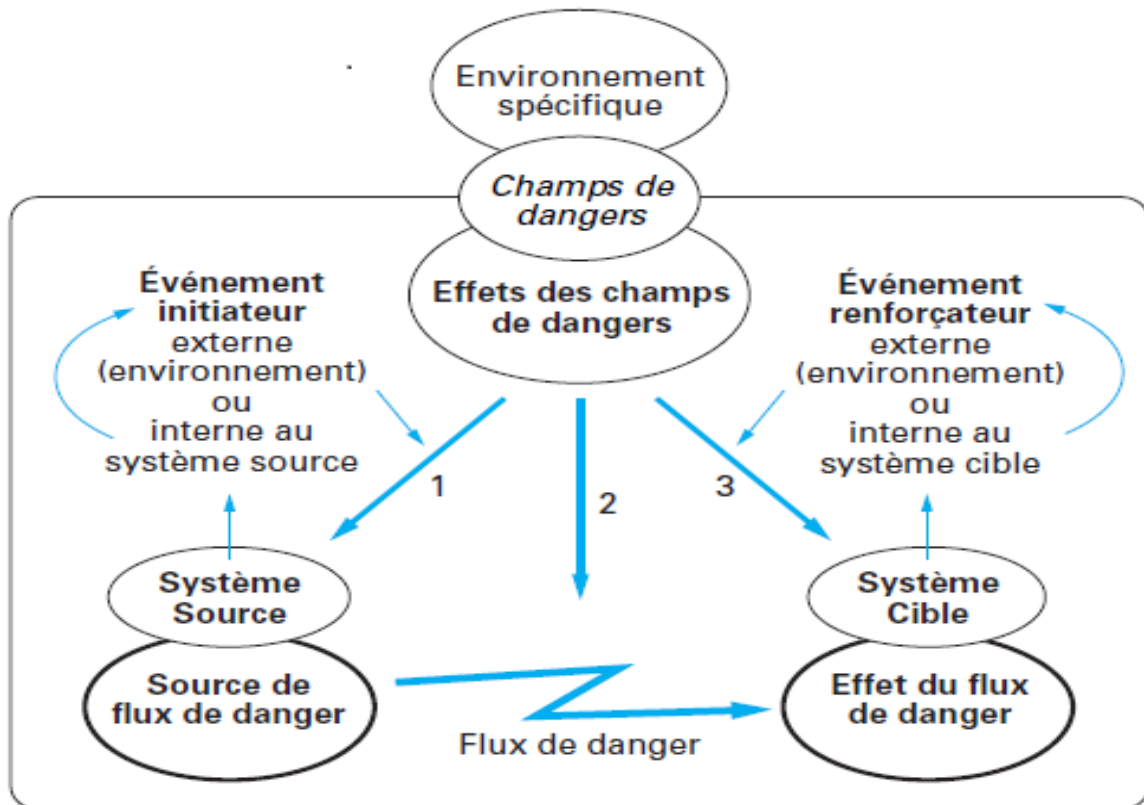


Figure2.8: Le modèle MADS ou l'univers du danger (P. Perilhon 2012)

5.2 MOSAR (Méthode Organisée Systémique D'analyse Des Risques)

C'est une méthode générique qui permet d'analyser les risques techniques d'une installation humaine et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser.

Elle est basée sur le modèle MADS (Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement des systèmes). Son objectif est de trouver les dysfonctionnements et de gérer les risques dans un système complexe. La méthode propose un programme structuré ; exhaustive, progressive et quantitative si nécessaire.

MOSAR méthode est une approche qui fournit une analyse des risques du système et en même temps, permet d'identifier les moyens de prévention, de protection et d'atténuation nécessaires pour réduire au minimum les risques.

Cette méthode permet l'identification des sources de risques en distinguant des scénarios d'événements indésirables. Les sources de risques peuvent être énumérées dans une liste, définie par (Périlhon), fondée sur le retour d'expérience, il est structuré en fonction des typologies de risques dans le modèle MADS.

5.2.1 Structure générale de la Méthode MOSAR: Les deux modules et les dix étapes

La méthode s'articule autour de deux visions, d'où les deux modules qui la composent; la figure 2.9 nous démontre l'articulation de mosar sur les deux visions (Y.Mortureux, 2012):

-Une vision macroscopique qui consiste à faire une analyse des risques de proximité ou analyse principale de sécurité ou analyse des risques principaux. et cette vision nous conduit à un module A qui consiste à faire une analyse des risques principaux. Cela consiste à modéliser les éléments du projet en système ce qui va permettre d'identifier en quoi ils peuvent être sources de danger. On recherche ensuite comment ils peuvent interférer entre eux et avec leur environnement pour générer des scénarios d'accidents. Ce travail nécessite la mise en œuvre du modèle MADS (Méthodologie d'Analyse de Dysfonctionnement des Systèmes).

Ce module comporte aussi une phase de négociation avec les acteurs concernés, qui va permettre d'établir un consensus sur les risques acceptables sous forme d'une grille Gravité-Vraisemblance. Le module A comprend cinq étapes qui sont :

1. Identifier les sources de dangers ;
2. Identifier les scénarios de dangers ;
3. Evaluer les scénarios de risques ;
4. Négocier des objectifs et hiérarchiser les scénarios ;
5. Définir les moyens de prévention et les qualifier.

-Une vision microscopique qui consiste à faire une analyse détaillée et complémentaire des dysfonctionnements techniques et opératoires identifiés dans le module précédent. 'module A', cette vision nous conduisant à un module B qui consiste à faire une analyse détaillée et complémentaire des dysfonctionnements techniques et opératoires identifiés dans le module A.

Dans les scénarios établis dans le module A, on va développer les dysfonctionnements et c'est à ce niveau que l'on mettra en œuvre les outils comme les AMDEC, et les arbres logiques.

Le module se termine par le rassemblement et l'organisation de l'information acquise pour la gestion des risques c'est-à-dire des scénarios identifiés s'ils surviennent. Le Module B comprend cinq étapes qui sont :

1. Identifier les risques de fonctionnement ;
2. Evaluer les risques en construisant des ADD (arbres de défaillance) et en les quantifiant;
3. Négocier des objectifs précis de prévention ;
4. Affiner les moyens de prévention ;
5. Gérer les risques.

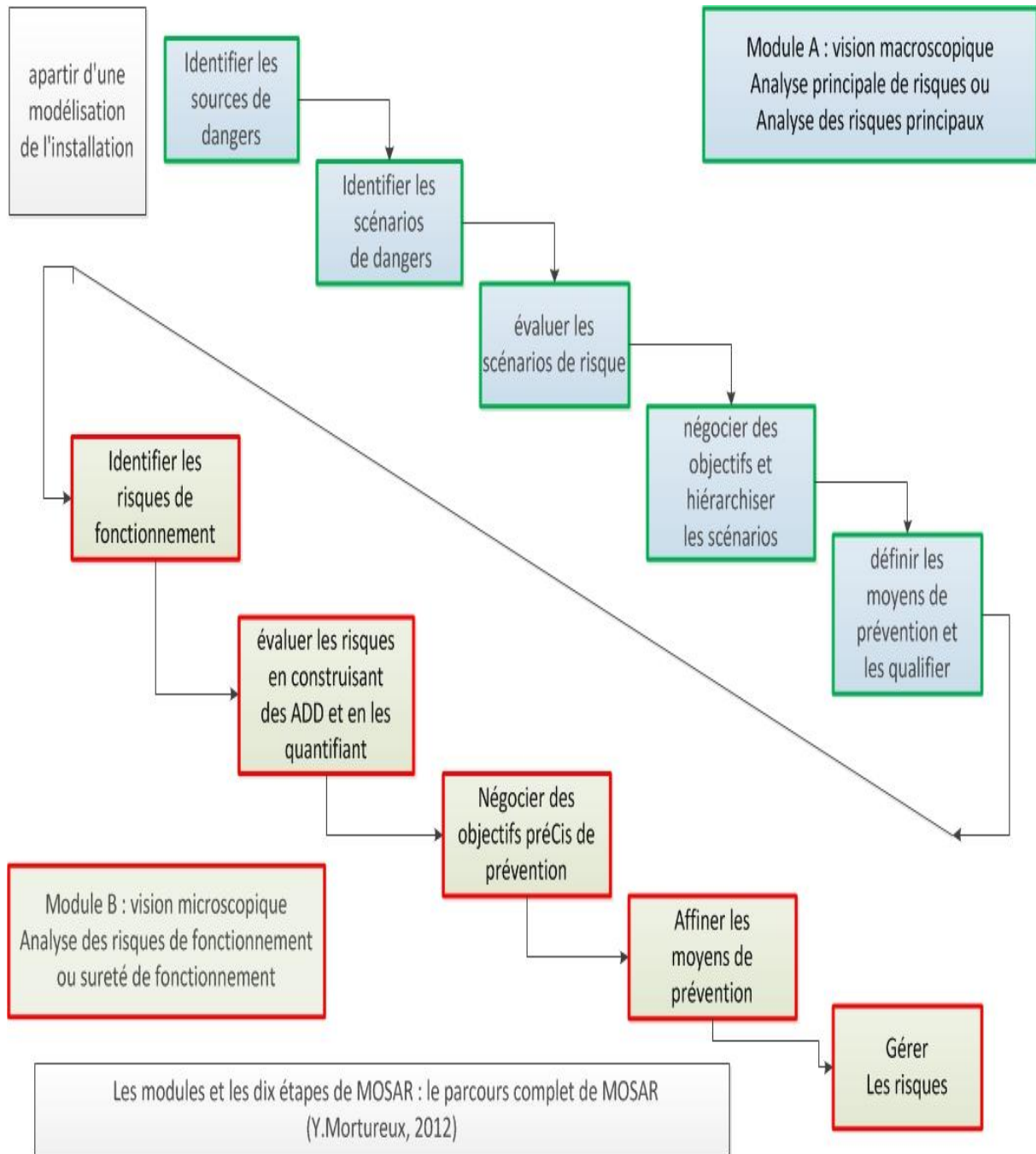


Figure 2.9: Les modules et les dix étapes de MOSAR : le parcours complet de MOSAR (Y.Mortureux, 2012)

5.3 Mise en œuvre de MADS-MOSAR

Pour appliquer la méthode MADS-MOSAR, il est nécessaire de procéder étape par étape selon l'ordre ci dessous:

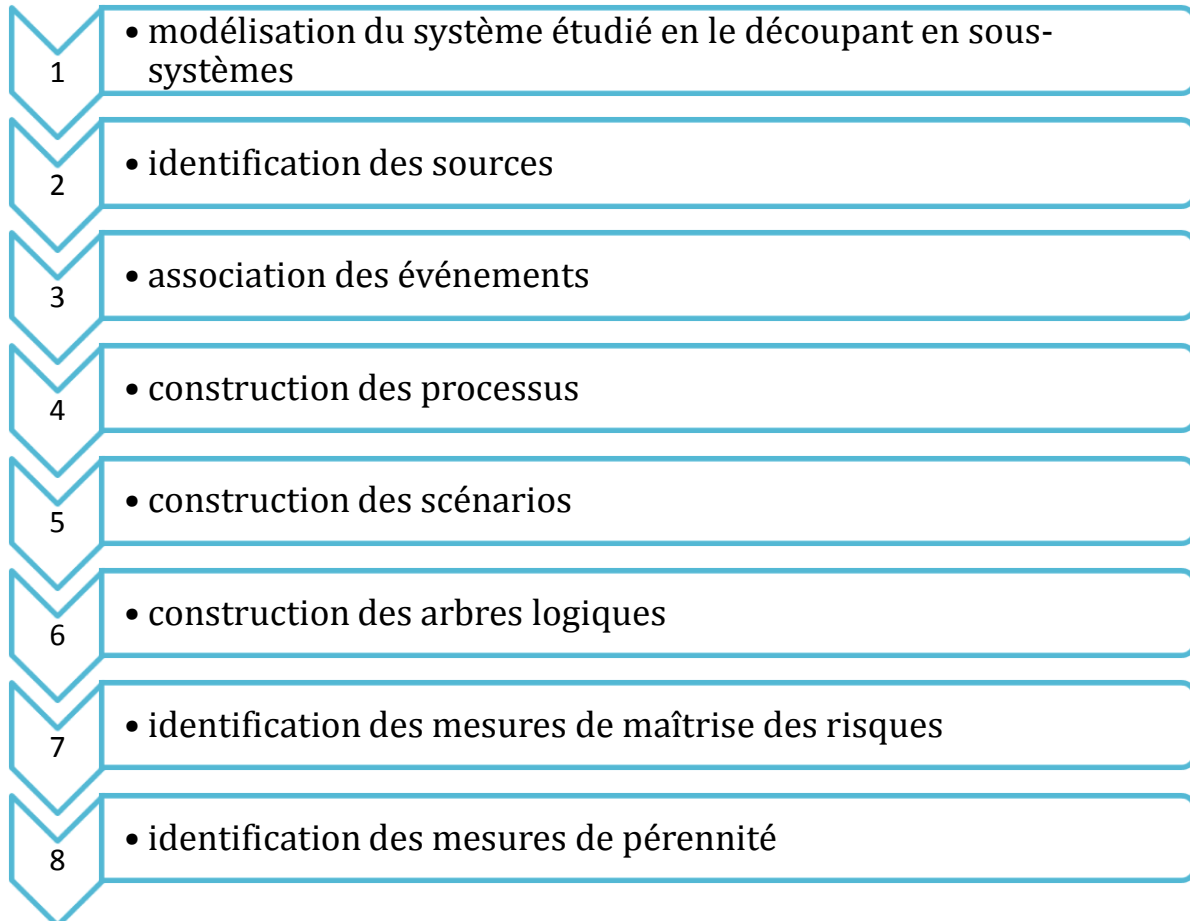


Figure 2.10:les étapes de la méthode MADS-MOSAR

5.3.1 Modélisation

La modélisation du système à étudier consiste en une décomposition sous forme de sous-systèmes à partir:

- Une représentation du système (descriptions, schémas, plans ,etc.).
- Une visite du système.
- Une échange avec les acteurs du système.

La modélisation du système étudié permet d'atteindre deux objectifs cruciaux en analyse de risques : 'l'exhaustivité et l'optimisation'.

Le fait de ne pas oublier de sous-systèmes est primordial ; Cette étape sert à ressortir et visualiser toutes les sources et les cibles qui permettent une analyse des risques plus efficace.

Quant à l'optimisation, elle est liée au simple fait que des sous-systèmes physiquement éloignés ne pourront pas être à l'origine de flux susceptibles de les impacter.

La méthode MADS-MOSAR n'impose pas de règle de modélisation. La personne qui utilise la méthode MADS-MOSAR est libre de modéliser comme bon lui semble.

5.3.2 Identification des sources

La première étape dans la construction des processus source-flux-cible est bien évidemment l'identification des sources à l'origine potentielle des flux susceptibles d'impacter une cible, la source est le potentiel de danger susceptible de générer un flux pouvant impacter une cible.

La méthodologie MADS-MOSAR consiste à identifier toutes les sources, sous-système par sous-système. Cette identification peut être réalisée de différentes manières : en groupe de travail, à travers des documents (fiches de données de sécurité), par retour d'expérience, etc

5.3.3 Association des événements

Une fois les sources identifiées dans la précédente étape, il faut leur associer des événements, conformément au modèle MADS. (figure4.3.3) :

- L'événement initial (EI):qui est l'événement redouté lié à la source
- Les événements initiateurs internes (EII): ce sont les événements internes propres à la source et qui peuvent initier à eux seuls l'occurrence EI.
- Les événements initiateurs externes (EIE): ce sont les événements extérieurs à la source de danger et qui peuvent initier à eux seuls l'occurrence EI.
- Les événements principaux (EP): ce sont les flux générés par l'occurrence de l'EI et qui peuvent produire des effets sur des cibles.

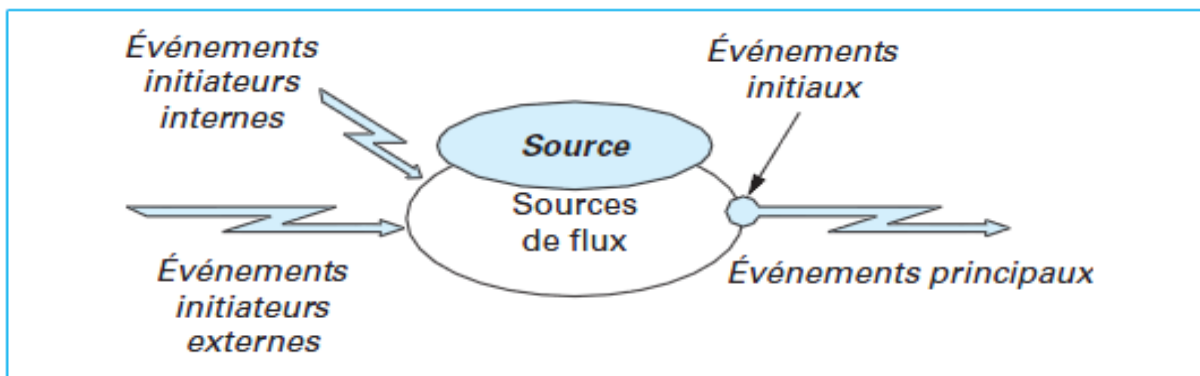


Figure 2.11: Événements associés à la source (P.Perilhon 2012)

5.3.4 Construction des processus

Construire un processus, c'est associer une source à une cible via un flux.

Dans l'application de MADS-MOSAR, cette association doit être automatique, réalisée par simple lecture des processus. En effet, il est bien précisé que les (EIE) sont des flux, tout comme les (EP).Le vocabulaire utilisé pour les EIE et les EP est donc identique. De ce

fait, l'association source-flux-cible se fait par simple concordance de vocabulaire entre les EIE et les EP.

5.3.5 Construction des scénarios

on distingue sur la figure :schéma représentatif d'un exemple de scénario.

Un scénario est un enchaînement de processus. Construire des scénarios à partir de l'application de MADS-MOSAR, c'est mettre bout à bout des processus avec le simple principe qu'une cible devient source et ainsi de suite.

L'étude des scénarios et des effets domino, tels que réglementairement demandés, se fait par simple lecture.(figure2.12).

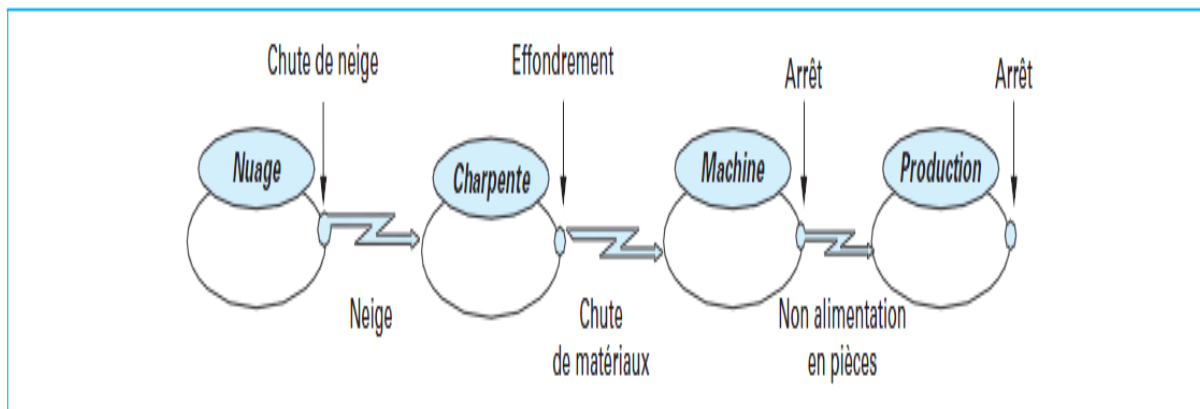


Figure 2.12: Exemple de scénario

5.3.6 Construction des arbres logiques

A partir du principe d'un scénario, est un enchaînement de processus, il est possible d'appliquer la méthode MADS-MOSAR, et construire des arbres logiques.

Un arbre logique est l'ensemble des scénarios qui aboutissent à une même cible (arbre des causes) et l'ensemble des scénarios qui sont générés à partir de cette cible qui devient alors source (arbres des conséquences).

Il s'agit toujours d'une simple lecture des processus validés. De ce fait, MADS-MOSAR est la seule méthodologie d'analyse de risques qui permet de lier toutes les données de l'analyse pour produire automatiquement ce type d'arbre. (P. Perilhon 2012).

5.3.7 Identification des mesures de maîtrise des risques

À ce stade de la mise en œuvre de MADS-MOSAR, on a une vision la plus exhaustive possible des scénarios redoutés. Cette étape de l'analyse a pour objectif de les maîtriser. Pour ce faire, on va associer des mesures de maîtrise des risques ou « barrières » à chaque source.

Sur une source de danger à l'origine d'un flux de danger, les barrières peuvent être associées à la source de danger elle-même ;aux EII ; aux EIE ;ou aux EP.

5.3.8 Identification des mesures de pérennité

L'application de MADS-MOSAR peut s'arrêter à l'étape précédente.

Les mesures de maîtrise des risques nécessaires à la maîtrise des risques identifiés ont été répertoriées, de manière la plus logique, la plus cohérente et la plus exhaustive possible.

Il est alors possible d'analyser la pérennité de cette maîtrise des risques. Il suffit pour cela d'associer des mesures de pérennité (ou barrières de pérennité) aux mesures de maîtrise des risques.

L'objectif est alors de pérenniser ces mesures de maîtrise des risques en leur associant des mesures qui doivent en garantir l'opérationnalité dans le temps.

Par cette étape, on crée un lien logique et cohérent entre l'analyse des risques et la gestion de la sécurité sur le système étudié. On associe également une typologie aux barrières de pérennité.

5.4. Avantages & Inconvénients De La Méthode

la méthode est d'ôter d'avantages ainsi des inconvénients,(figure2.13)

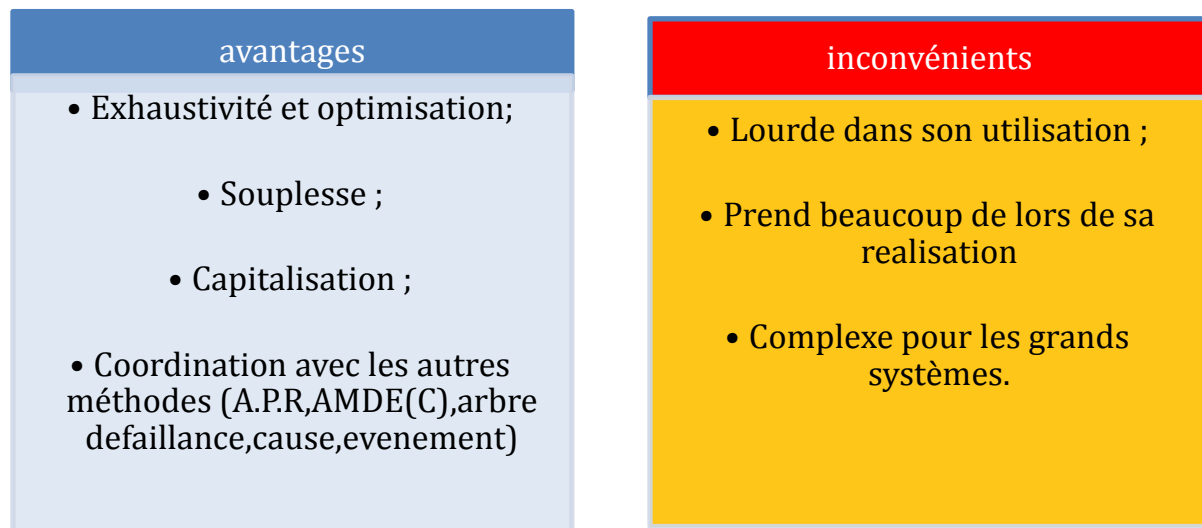


Figure 2.13: Avantages et inconvénients de MADS-MOSAR

6. ARBRES DE DEFAILLANCE, DES CAUSES ET D'EVENEMENT

6.1 Arbre de défaillance

L'arbre de défaillance est une méthode qui part d'un événement final pour remonter vers les causes et conditions dont les combinaisons peuvent le produire. Il vise à représenter l'ensemble des combinaisons qui peuvent induire l'événement étudié d'où sa représentation schématique donnée à titre d'exemple (figure2.14)

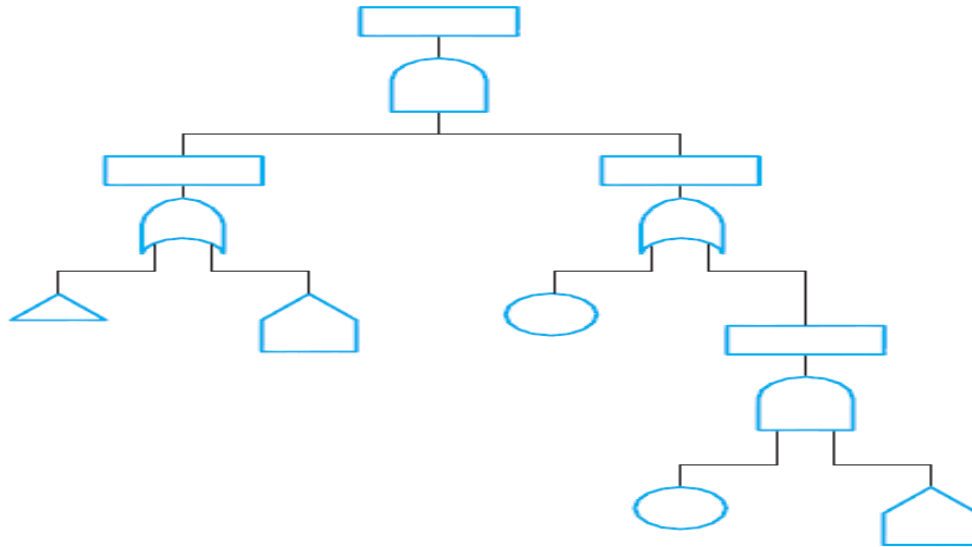


Figure 2.14:schéma représentatif d'arbre de défaillance

6.1.1 Principe

Un arbre de défaillance représente de façon synthétique l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions produisent un événement donné, point de départ de l'étude. Construire un arbre de défaillance revient à répondre à la question « comment tel événement peut-il arriver ? », ou encore « quels sont tous les enchaînements possibles qui peuvent aboutir à cet événement ? ».

6.1.2 Caractéristiques

Un arbre de défaillance est généralement présenté de haut en bas (figure 2.15). La ligne la plus haute ne comporte que l'événement dont on cherche à décrire comment il peut se produire. Chaque ligne détaille la ligne supérieure en présentant la combinaison ou les combinaisons susceptibles de produire l'événement de la ligne supérieure auquel elles sont rattachées. Ces relations sont représentées par des liens logiques OU ou ET.

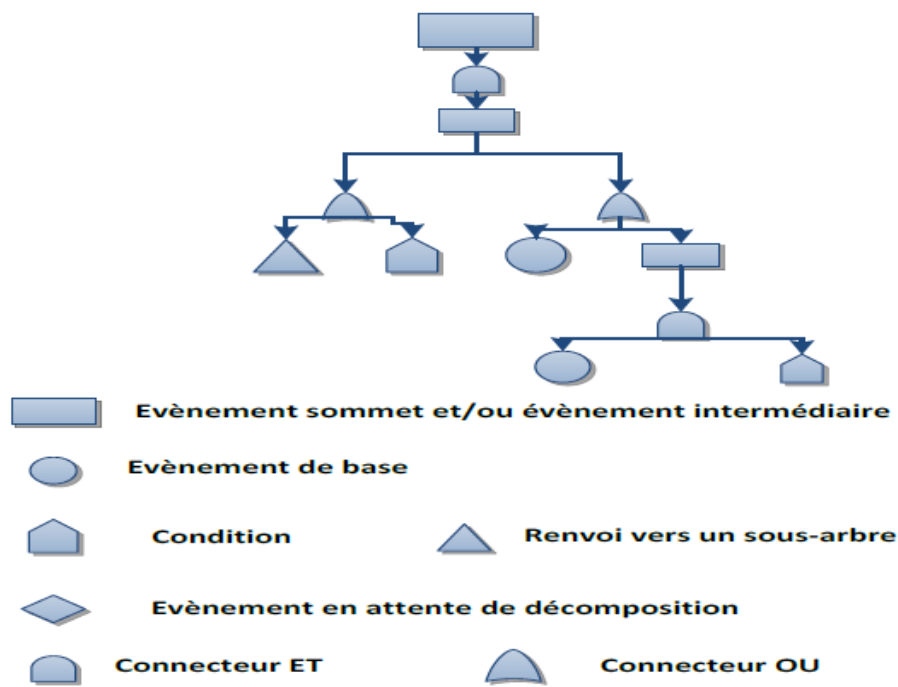


Figure 2.15: Exemple d'arbre de défaillance

6.2 Arbre des causes

L'arbre des causes part d'un événement qui s'est produit et organise l'ensemble des événements ou conditions qui se sont combinés pour le produire. Il repose sur un raisonnement dans le même sens que l'arbre de défaillance mais ne décrit qu'un scénario. Sa représentation est illustrée à titre d'exemple (figure 2.16).

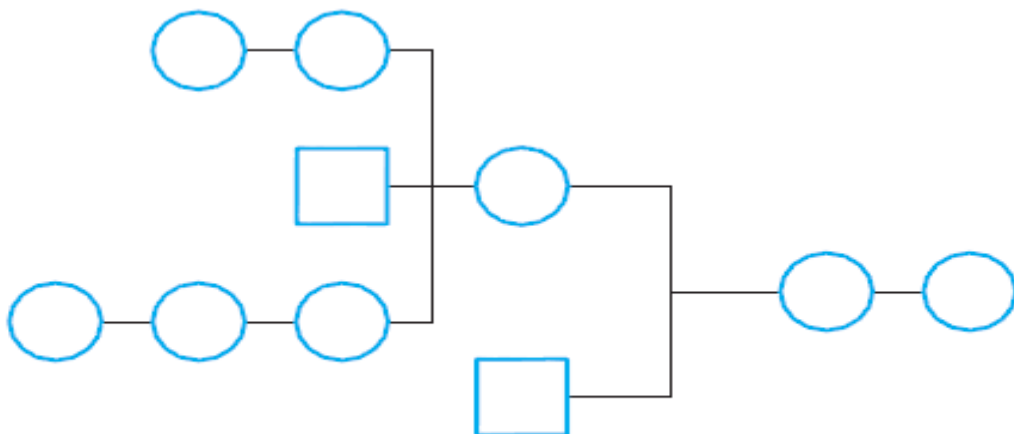


Figure 2.16: schéma représentatif d'un arbre de cause

On construit un arbre des causes dans une démarche de retour d'expérience, ou, de façon isolée, pour apprendre le maximum d'un accident. L'arbre des causes est très utilisé pour décrire le scénario d'un incident ou accident, pour soutenir la démarche d'analyse de l'accident.

6.2.1 Principe

Le principe de l'utilisation des arbres des causes est de mettre en pratique cette maxime en réunissant les éléments ayant joué un rôle dans un événement et en restituant à chacun sa place dans le déroulement de l'événement. La compréhension de tout événement sortant du strictement prévu, normal, habituel est une source de progrès. Il faut pour cela en produire une analyse rigoureuse, objective en recherchant tous les éléments de compréhension. Cette démarche doit être assez éloignée de la démarche de recherche de responsabilités.

6.2.2 Caractéristiques

la méthode arbre des causes est très répandue et recommandée car elle présente des caractéristiques très favorables :

- Par sa simplicité en mise en œuvre, et sa clarté (elle aide beaucoup à aller plus loin que des méthodes usuelles reposant sur des questionnaires);
- Elle aide à mettre en évidence ce qui différencie le scénario étudié du scénario « normal » de référence.
- Elle vise à représenter tout ce qui contribue à expliquer l'événement sans favoriser ou hiérarchiser les éléments, en particulier, les éléments permanents, «normaux », qui ont contribué à l'accident doivent apparaître au même titre que les événements particuliers ou « anormaux »;
- Elle favorise la recherche et l'évaluation de mesures de prévention ou de protection destinées à éviter le retour de l'événement ou de ses conséquences fâcheuses

6.2.3 Objectifs

L'utilisation ponctuelle ou systématique de la méthode de l'arbre des causes dans le cadre plus large d'une démarche de retour d'expérience doit permettre d'atteindre les objectifs suivants :

- Une prise en compte aussi complète que possible de tout ce qui a contribué à l'événement étudié au-delà de ce qui aurait été spontanément cité comme « causes » ;
- Un « apprentissage organisationnel », c'est-à-dire un progrès collectif des acteurs impliqués dans la conscience des fonctionnements et dysfonctionnements du système auquel ils participent ;
- Une production rationnelle et aussi créative que possible de propositions de mesures propres à réduire le retour de l'événement ou ses conséquences.

6.3 Arbre d'événement

L'arbre d'événement part d'un événement et décrit les différentes conséquences qu'il peut avoir en fonction des conditions dans lesquelles, il s'est produit et des événements avec lesquels il se combine.

Il repose sur un raisonnement inverse des arbres précédents ; de la cause vers les conséquences (d'où sa représentation donnée à titre d'exemple figure 2.17).

Comme l'arbre de défaillance, il vise à représenter l'ensemble des possibles, ici, des conséquences possibles de l'événement étudié.

On construit et on utilise un arbre d'événement dans une démarche d'évaluation à priori. Le point de départ est un incident, une défaillance, une erreur, une agression... dont on veut évaluer les conséquences possibles qui dépendent d'un certain nombre d'autres facteurs. Si on connaît les probabilités associées à ces facteurs on peut calculer en s'appuyant sur l'arbre d'événement la probabilité associée à chacune des conséquences possibles de l'incident initial.

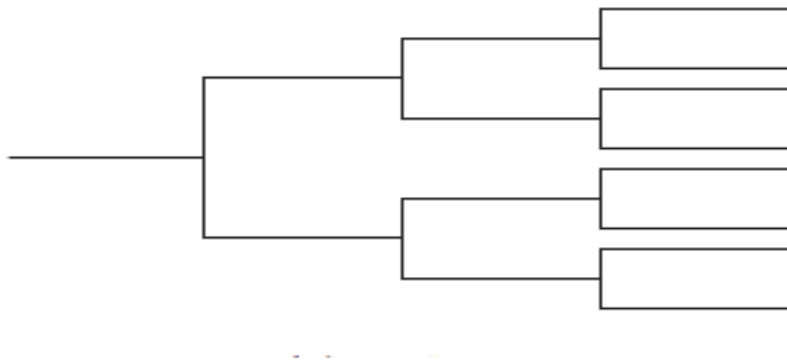


Figure 2.17: schéma représentatif d'arbre d'événement

6.3.1 Principe

L'arbre d'événement suit le cheminement logique inverse des précédents ; il vise à représenter les différentes conséquences auxquelles peut conduire un événement initiateur en fonction des conditions dans lesquelles il se produit.

Le point de départ est donc un événement initiateur. Généralement, on étudie une déviation ou une agression : une défaillance d'un composant ou d'un sous-système, une action humaine non prescrite (erreur, utilisation abusive, agression, sabotage...) ou une agression de l'environnement (foudre, champ électromagnétique, choc, gel, tremblement de terre, etc.).

On ne peut produire d'arbre d'événement que pour un système bien connu et dont la réponse à ces agressions a été prévue. L'arbre d'événement n'est pas une méthode d'investigation pour deviner, tester, découvrir les réactions d'un système aux agressions. C'est une méthode de représentation des chemins qui peuvent conduire d'une agression aux fonctionnements prévus en pareils cas (nominaux ou dégradés), ou à des fonctionnements non prévus (accidents). La logique de l'arbre est de se demander ce qui doit se passer et d'envisager que ça se produise ou que ça ne se produise pas.

6.3.2 Objectif

L'objectif de l'arbre d'événement est de bien prendre en compte les divers éléments qui influent sur le cours des choses à partir d'un événement initiateur (une panne, une erreur, une agression en général). Si on sait chiffrer la probabilité des divers événements ou conditions qui rentrent en ligne de compte, on pourra aussi évaluer les probabilités respectives des diverses conséquences trouvées.

7. CRITERES DE CHOIX D'UNE METHODE D'ANALYSE DE RISQUE

Les critères du choix de la méthode se font selon :

- La mise en œuvre d'une méthode plutôt qu'une autre, dans l'étude ou l'examen d'un système donné, et du stade de l'étude (spécification, conception,etc) ;
- La perception du risque dans le domaine approprié et les caractéristiques du problème à analyser ;
- Le niveau envisagé de la démonstration de la sécurité.
- Le savoir-faire des intervenants, nature et fiabilités des informations disponibles (spécifications du système et de ses interfaces, contraintes, etc.),
- Le retour d'expérience et les bases de données disponibles, moyens humains, logistiques et autres, la reconnaissance du délai et autres contraintes de management de projet.

Toutefois, l'utilisation séparée d'une seule méthode d'analyse de risque peut ne pas apporter une démonstration définitive de la réalisation des objectifs de sécurité.

En effet, il est nécessaire de combiner plusieurs méthodes pour une meilleure complémentarité et une bonne cohérence en termes de résultats.

le(tableau 2.1) nous démontre les types de méthodes ,leur intérêts et domaine d'application.

Tableau2.1 ;synthétique des principales méthodes

Méthodes	type	Objectif principal	Intérêt de la méthodes	Limite de la méthodes	Domaine d'application
Mads-mosar	inductive	Identifier les risques techniques d'une installation humaine et les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser	Méthode exhaustif. Adaptable à tous type de système et pour tout objectif. Analyse des risques pleinement adaptés	Complexe pour les grands systèmes. Lourd dans son utilisation. Nécessite du temps	Installations Industrielles
AMDEC	inductive	Identifier les effets des modes de défaillance des composants sur le niveau système	Permet d'objectiver par des valeurs chiffrées les risques potentiels, et de mesurer ensuite les améliorations apportées	méthodologie lourde et contraignante. Ne permet pas d'avoir une vision croisée des pannes possibles et de leurs conséquences	Tout type d'industrie
A.P.R	Inductive	Identifier les scénarios d'accident en présence de danger	Outil adapté pour l'identification et la hiérarchisation des risques. Approche globale de la gestion des risques	Ne permet pas de décrire finement les enchaînements qui conduisent à un accident majeur (système complexe)	Tout type d'industrie

8. CONCLUSION

L'appréciation et le traitement des risques d'un système qui soit plus ou moins complexe nécessite la mise en œuvre d'une ou plusieurs méthodes d'analyse des risques.

Une bonne gestion des risques nécessite l'utilisation des méthodes basées sur l'analyse systémique qui ont pour objectif l'exhaustivité et l'optimisation. Le choix de la méthode dépend de l'objectif recherché au sein de l'organisation, de la complexité et de la spécificité de système étudié. N'oublions pas que dans des projets complexes la complémentarité de deux ou plusieurs méthodes apporte une meilleure analyse des risques.

Ces outils pris individuellement ou combinés permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques portant sur un procédé ou une installation. Néanmoins, pour faire appel à des méthodes possédant un domaine d'application spécifique c'est le cas par exemple pour la prise en compte des effets dominos entre installations ou l'examen des erreurs humaines.

CHAPITRE 03

LES RISQUES DANS LES PROJETS DE TUNNELS

1. INTRODUCTION

Dans les chapitres précédents, nous avons vu la définition du risque et ses dimensions, ainsi que les outils et méthodes qui vont être utilisés par la suite. On sait que la réalisation d'un tunnel fait appel à un ensemble d'activités de plus en plus nombreuses et complexes qui demandent des efforts importants et soutenus en matière de gestion de projet.

La solution souterraine s'avère être la meilleure d'un point de vue purement urbanistique, mais apporte aussi son lot d'inconvénients : dont le surcout engendré par les techniques de réalisation et d'autres aspects tels que la sécurité, la maintenance, l'environnement.

L'histoire des tunnels mentionne en effet des effondrements spectaculaires, inondation et autres désastres qui démontrent l'existence d'un grand nombre d'accidents et de risques à grande échelle pendant le creusement et l'exploitation d'un tunnel.

Dans ce chapitre on parlera des différents modes de réalisation de tunnel, ainsi que les risques rencontrés durant les différentes étapes de réalisation, ou on sera ramené à faire des analyses, systémique et fonctionnelle.

2. GENERALITES ET DEFINITIONS

2.1 Description d'un tunnel

Origine du mot « tunnel » est apparu tardivement dans la langue française, emprunté à l'anglais « tunnel » qui dériverait lui-même du français « tonnelle » évoquant la forme du tonneau.

Le tunnel est un ouvrage d'art, un passage, une voie de communication en réduisant un itinéraire sous une montagne pour éviter un sommet, sous un plan aquatique ou une rivière pour éviter un long détour. Dans les grandes zones urbaines, les tunnels assurent une harmonie de transport, limitent les nuisances et pollution du trafic et économisent des espaces dans les grandes villes.

Dans le langage courant, le mot 'tunnel' désigne un ouvrage linéaire souterrain ouvert à la circulation, le plus souvent ferroviaire ou routière; Le terme 'galerie' désigne au mieux les ouvrages hydrauliques.

2.2 Projet tunnel

Plusieurs études sont exigées afin de décider de la faisabilité d'un projet tunnel. L'organigramme de la figure ci-dessous nous fournit les différentes études indispensables, pour discuter la faisabilité ou la non-faisabilité du tunnel, si les résultats sont favorables à la faisabilité du tunnel, à ce moment, les ingénieurs seront confrontés à suivre une série d'études afin de réaliser le projet dans les meilleures conditions.

La figure 3.1, représente les étapes successives de l'étude et de la réalisation d'un tunnel.

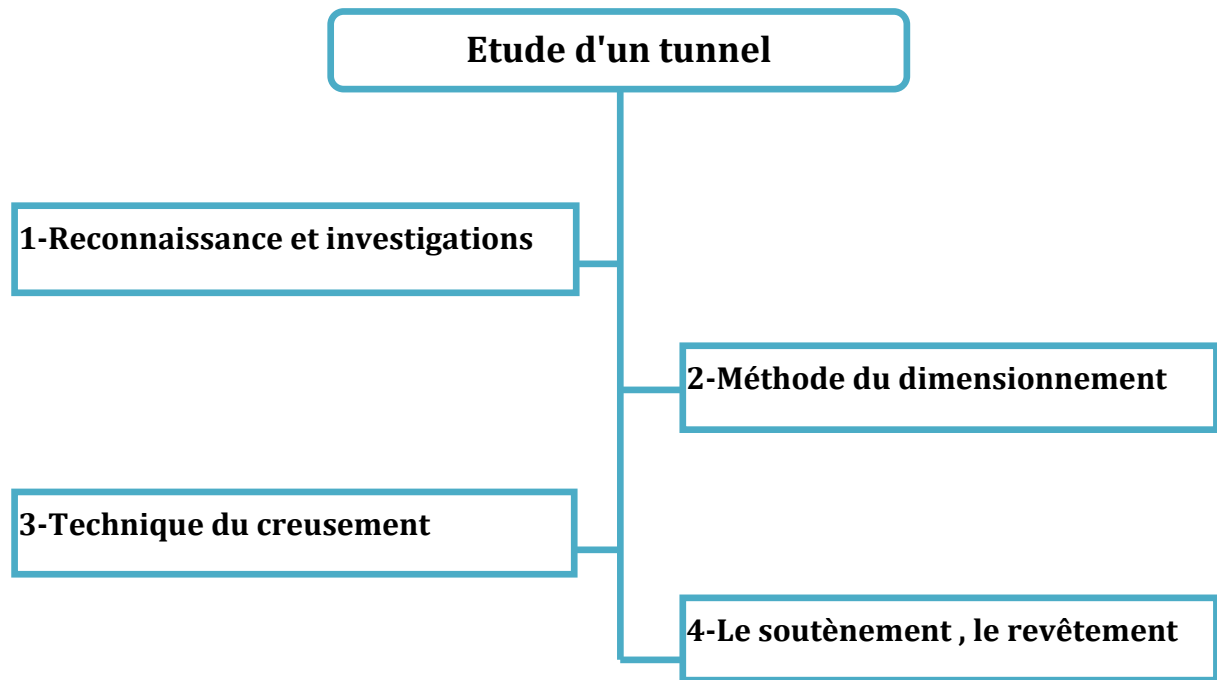


Figure 3.1: Etapes successives de l'étude et de la réalisation d'un tunnel

2.3 Classifications des ouvrages souterrains (Tunnels)

Les tunnels ont des caractéristiques spécifiques dues à leur fonctionnement , à leur destination ,à leur milieu de construction, aux méthodes techniques et de creusements (figure3.2).

Selon le point de vue de toutes ces caractéristiques , le classement varie selon quatre critères :

- Le positionnement du tunnel par rapport à la surface du terrain
- Le fonctionnement du tunnel
- La forme de la section
- La topographie adjacente selon les emplacements que le tunnel relie

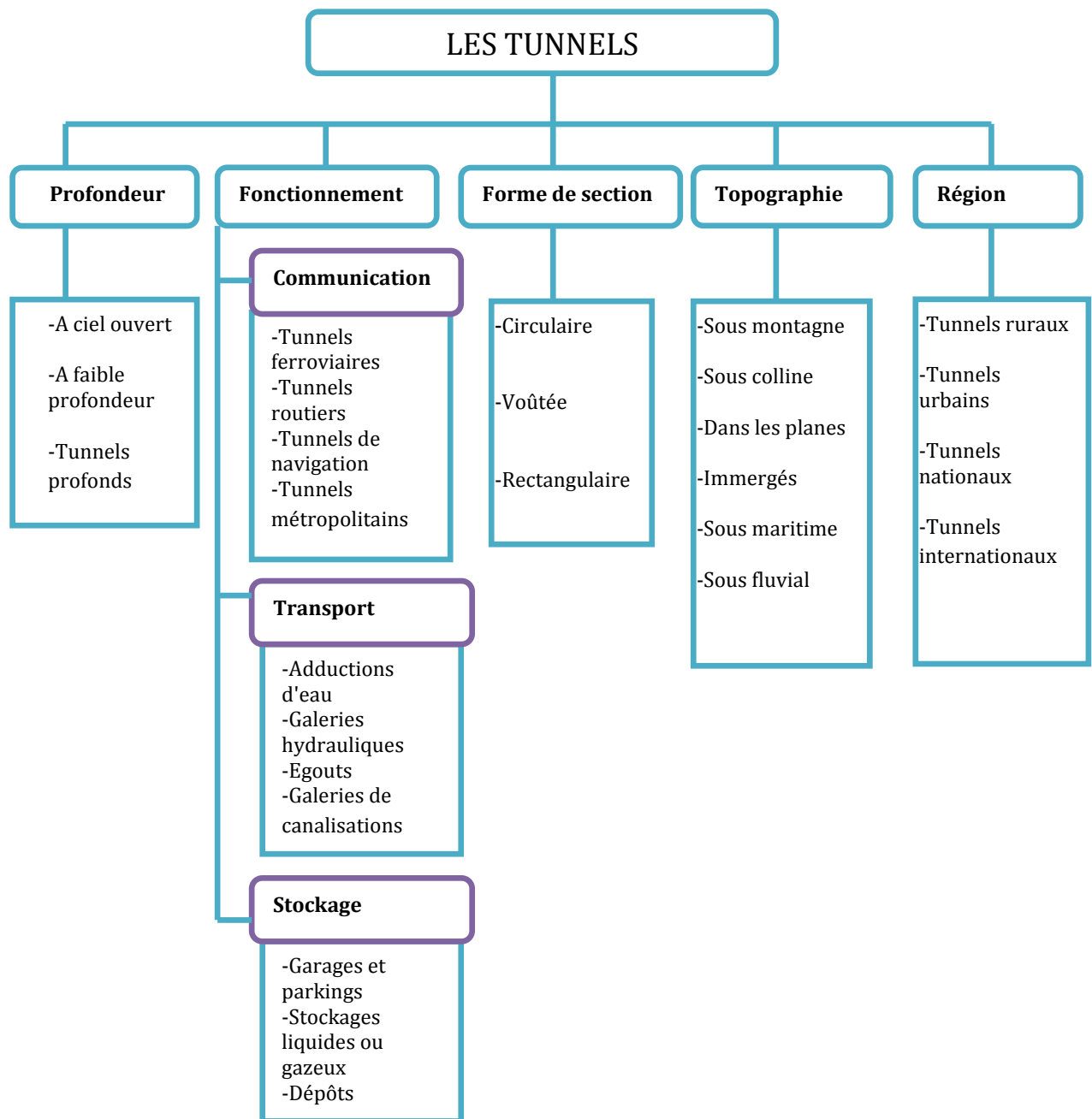


Figure 3.2: Classification globale des tunnels

Si l'on se réfère à leur objet, on peut distinguer plusieurs types de tunnels :

—Les tunnels de communication parmi lesquels on retrouve les tunnels ferroviaires, les tunnels routiers, les tunnels de navigation .

-les tunnels de transport :catégorie dans laquelle on retrouve les adductions d'eau, les galeries hydrauliques, les égouts, ainsi que les galeries de canalisations .

—Les tunnels et cavités de stockage : on y retrouve les garages et parkings, les stockages liquides ou de gaz ,et aussi les dépôts.

Si l'on se réfère à leur mode d'exécution :

- Les tunnels ou cavités construits à ciel ouvert ;
- Les tunnels construits en souterrain à faible ou forte profondeur;
- Les tunnels construits par éléments immergés.

Si l'on se réfère à la forme des ouvrages:

- Les tunnels proprement dits et les puits qui sont des ouvrages à grand développement linéaire et dont la section est constante ou peu variable.
- Les cavités aux formes où aucune des dimensions n'est prépondérante. Cette distinction est importante, notamment lorsque l'on cherche à traiter des conditions d'équilibre de la cavité ; car on peut, sous certaines réserves, ramener pour les tunnels un équilibre à deux dimensions alors que ce n'est généralement pas possible dans le cas des cavités.

3. LES DIFFERENTS TYPES DE CREUSEMENT

Depuis la plus haute antiquité, les hommes construisent des tunnels. Autrefois creusés au pic et à la main, les techniques de construction se sont depuis progressivement développées. Les techniques de creusement ont beaucoup évolué ces dernières années. Le choix de la méthode de creusement est un point décisif du projet d'un point de vue financier et planification.

Les différents procédés d'excavation peuvent se faire suivant différents modes d'attaque, en fonction de la qualité du terrain rencontré:

3.1. Creusement à pleine section

Est bien adapté aux terrains homogènes sur une grande longueur, nécessitant un soutènement léger tel que le boulonnage et le béton projeté.

3.2 Creusement en demi-section

Plutôt adapté en présence de terrains hétérogènes nécessitant l'emploi d'un soutènement important. Pour ce type de creusement, on réalise d'abord le creusement de la partie supérieure de la section, la partie inférieure étant réalisée avec un décalage dans le temps.

3.3 Creusement en section divisée

Est choisi quand les caractéristiques du terrain sont insuffisantes pour assurer un soutènement du front de taille dans une ouverture en pleine ou demi-section. Cette technique consiste en l'ouverture préalable d'une ou de plusieurs galeries de petite section dont une partie du soutènement participe au soutènement final. Il consiste en l'ouverture préalable d'une ou de plusieurs galeries de petite section dont une partie du soutènement participe au soutènement final. Cette méthode a pour conséquence importante de retarder le moment où toute la section du tunnel sera exécutée. Chaque étape du creusement doit être parfaitement contrôlée de façon à maîtriser l'évolution du terrain. Plusieurs manières de diviser la section sont possibles.

3.4 Méthodes de réalisation d'un tunnel

On distingue deux grandes tendances dans la réalisation de tunnels :

- Le creusement conventionnel (ou traditionnel) ;
- Le creusement au tunnelier.

3.4.1 Méthode conventionnelle

dans le creusement conventionnelle on distingue l'attaque à l'explosif et l'attaque ponctuelle.

3.4.1.1 Attaque à l'explosif

La technique de l'excavation à l'explosif est très ancienne mais reste encore, dans de nombreuses situations, la plus économique, et le plus utilisée.

La poudre noire fut longtemps utilisée, avant l'apparition des produits plus performants tels que la dynamite et les émulsions, qui sont plus efficaces, et à la fois très contrôlées, où les explosifs actuels sont dits de sûreté car ils ne peuvent détoner sous l'action d'un simple choc ou d'une élévation de température. Mais comme toute attaque à l'explosif on ne peut se méfier des nuisances à l'environnement, la géologie, la topographie et la densité d'habitations autour du tunnel. Les nuisances causées par les tirs sont plus ou moins importantes tels que les projections de blocs, bruits, et vibrations transmises au terrain et peuvent engendrer des désordres sur les habitations voisines, à plusieurs centaines de mètres du front de taille.

3.4.1.2 Machines à attaque ponctuelle

Dans les roches tendres (craies, marnes, schistes altérés...), l'usage de l'explosif est efficacement remplacé par l'emploi de machines à attaque ponctuelle.

Elles s'inspirent directement du travail du mineur, un bras articulé vient "gratter" et abatte le terrain du front. Progressivement l'engin excave la section entière par un cheminement adapté. Ces machines mobiles peuvent être une adaptation directe des haveuses à pics de l'industrie minière, un Brise-Roche Hydraulique (BRH) ou bien simplement une pelle retro de chantier. le rendement de cette méthode est bien meilleur que l'explosif.

Ce procédé de creusement apporte toutefois son lot d'inconvénients comme le bruits, les poussières et chaleur dégagée difficiles à combattre dans un milieu confiné.

3.4.2 Le Creusement Au Tunnelier

Apparus à la fin du XIXème siècle, les tunneliers ou TBM (Tunnel Boring Machines) regroupent sous le même terme l'ensemble des machines permettant une excavation mécanique à pleine section.

La puissance, l'avancement journalier, l'aisance et la précision du pilotage, ainsi que l'adaptation à tous les types de terrains rencontrés sont autant d'atouts qui font l'objet d'améliorations continues depuis les premiers modèles archaïques. Chaque machine

est un prototype, conçu pour un ouvrage précis, mais qui peut être réutilisé sur un autre chantier pour peu que la géométrie et la géologie conviennent.

Le tunnelier assure l'excavation des terrains, l'évacuation des déblais et fournit le soutènement provisoire avant l'installation d'un soutènement final. Cette méthode assure un très faible endommagement du massif comparativement au creusement à l'explosif.

Le creusement par un tunnelier assure que les travaux sont de très grande qualité et sont réalisés dans des conditions de sécurité optimales.

4. LES DIFFERENTS TYPES DE SOUTÈNEMENT

Le soutènement est un système de protection et d'assurance de la stabilité du tunnel contre tout les incidents d'instabilité survenue pendant l'excavation des travaux en exerçant une certaine pression contre le terrain et en supportant le poids de la galerie creusé. Le rôle du soutènement est de permettre l'établissement de cette état d'équilibre dans de bonne conditions, en limitant l'extension du volume du terrain décomprimé autour de la cavité.

4.1 Les soutènements actifs par confinement

On compte trois types de soutènement actif:

-les soutènements en béton projeté seul : est très souvent utilisé en complément du soutènement métallique (boulons, cintres réticulés) ou en remplacement du blindage métallique. Il peut être renforcé par des fibres métalliques ou par des treillis. Le pré-revêtement en béton coffré est utilisable soit sur de très courtes longueurs, soit en complément d'un soutènement par cintres métalliques.

-le béton projeté associé à des cintres légers

-le béton coffré.

4.2 Les Soutènements agissant à la fois par confinement et comme armature du terrain encaissant

Il s'agit du boulonnage sous ses diverses formes, qu'il soit ou non-associé au béton projeté, aux cintres légers ou aux deux dispositifs simultanément. Il existe trois types de boulons :

-Boulons à ancrage ponctuel (à coquille ou à la résine) .

-Boulons à ancrage réparti (scellés à la résine ou au mortier) .

-Barres foncées.

4.3 Le soutènement agissant par supportage

Ce type de soutènement consiste à utiliser d'avantages des anneaux en bétons ou des anneaux métalliques. Les éléments employés sont essentiellement les cintres métalliques et les voussoirs:

-Cintres lourds

-Cintres légers

-Plaques métalliques assemblées

-Voussoirs en béton

- Tubes perforés (voute parapluie)
- Boucliers.

L'utilisation des cintres lourds, cintres légers ou des cintres réticulés .Ces derniers sont souvent mis en œuvre pour les soutènements en grande sections, pour la facilité de mise en œuvre et de très bonne compatibilité avec le béton projeté

4.4 Le soutènement agissant par consolidation

Ce type de soutènement consiste a une modification des caractéristiques géotechniques ou hydrologiques du terrain par l'injection d'aire comprimé ou la congélation permettant leur consolidation :

- Injection de consolidation
- Congélation

5. LES DIFFERENTS TYPES DE REVETEMENT

Dans les terrains résistants, une fois que l'excavation a été stabilisée par le soutènement, et qui ne montre aucune réaction contre l'effet de creusement, la stabilité de l'ouvrage est assurée. Un revêtement peut être mis en place afin d'assurer la fonctionnalité du tunnel et de recouvrir , protéger les installations d'exploitations ou participer à l'esthétique de l'ouvrage .

Les principales fonctions du revêtements sont les suivantes :

- Fonction mécanique qui aide à assurer la stabilité du tunnel à long terme ,augmenter l'efficacité du système de la ventilation et de l'illumination(tunnel routier),ou de la capacité hydraulique (tunnel pour circulation de fluide).
- Fonction d'esthétique et d'imperméabilisation

Parmi les revêtements les plus courants on retrouve :

5.1 Revêtement en béton coffre-non arme

il constitue souvent la meilleure solution technique et économique pour satisfaire à l'ensemble des fonctions attendues ,dans le domaine routier essentiellement et pour les tunnels réalisés de manières séquentielle ,ou le revêtement est exécuté indépendamment des opérations d'excavations et de soutènements.

5.2 Revêtement en béton projeté

Utilisé que dans le cas ou ne se pose aucun problème lié à la stabilité du tunnel, à son étanchéité et à son confort d'utilisation ,il n'est pas économiquement envisageable pour les tunnel ou les dimensions imposent les épaisseurs de béton supérieur a 15 ou 20 cm. Il ne présente pas d'excellente qualité esthétique ni même sur le plan aéronautique.

5.3 Revêtement en béton coffre-arme

Généralement ,utilisé pour les ouvrages possédant un radier comportant des armatures, les zones les plus sollicitées se situent généralement en clé de voute.

5.4 Revêtement en voussoirs préfabriqués

Ils assurent à la fois une fonction de soutènement et de revêtement dans les ouvrages réalisés au tunnelier. Il s'agit en général de voussoirs préfabriqués en béton armé de 30 à 40 cm d'épaisseur, boulonnés entre eux, avec joints d'étanchéité entre voussoirs d'un même anneau et anneaux successifs.

Dans la solution des voussoirs universels, ces voussoirs sont légèrement pincés par rapport à l'axe du tunnel, ce qui permet de suivre le tracé dans toutes les directions :

Le vide subsistant entre voussoirs et terrain doit être rempli par un produit de bourrage : coulis actif ou coulis inerte.

Il est possible de placer un second anneau de revêtement à l'intérieur du premier.

L'utilisation de voussoirs métalliques est également possible.

6 . DIFFERENTS TYPES D' ETANCHEMENT

L'étanchéité des ouvrages souterrains est une opération qui vise à réduire et contrôler le débit d'eau pénétrant à l'intérieur d'ouvrage souterrain pendant et après son exécution ,souvent présents dans les terrains encaissants, l'eau endommage généralement les ouvrages souterrains qu'on y creuse ou perturbe leur réalisation ou leur exploitation .

Plusieurs techniques sont utilisées dans ce but dont les principales sont :

-La réalisations des barrières étanches (béton de revêtement éventuellement traités ,injections couches d'étanchéités).

-Le drainage qui permet de réduire la pression de l'eau et de la laisser circuler librement dans un système artificiel qui protège l'ouvrage de l'intérieur(voute parapluie).

7. L'APPROCHE SYSTEMIQUE & FONCTIONNEL

Les systèmes sont souvent conçus, construits et fonctionnent sous des conditions inévitables de risques et d'incertitudes et dont souvent supposés accomplir des objectifs multiples et conflictuels comme le cas des projets de construction.

Pour le maitre d'ouvrage et les parties prenantes, l'approche systémique et fonctionnelle a pour objectif de conduire un bon compromis entre les enjeux et contraintes concernant tant la solution que le projet (besoin, contraintes technique, cout, délais, risque, etc.).

L'identification, la quantification, l'évolution et les compromis des risques, bénéfice et coûts doivent constituer une composante intégrale et explicite de tout le processus de prise de décision managériale.

Pour la systémique, il faut définir le système en termes de fonction, c'est-à-dire, s'intéresser à la fonction avant la forme, et prévoir une approche efficace pour la révision, l'évaluation et le feed-back afin de progresser d'une façon efficace tout le long du cycle de vie d'un système.

Pour la suite des évènements, l'analyse fonctionnelle et l'approche systémique se révèlent indispensables pour l'utilisation des méthodes et outils cités précédemment, car la première étape de l'outil AMDEC découle de ces approches.

7.1 L'approche systémique

L'approche systémique appliquée dans les projets permet d'avoir une vision globale et d'identifier tous les éléments impactant le projet. Elle permet aussi une approche macroscopique des systèmes dans leur contexte général et de manière transversale. Il existe plusieurs façons de modéliser un système et cela sera fait en fonction du système et l'objectif recherché de cette modélisation ainsi l'anticipation des risques qui affectent le système. La (figure 3.3) représente un exemple de décomposition systémique d'un tunnel (ferroviaire).

7.1.1 Etape de l'approche systémique

La démarche peut paraître longue et théorique mais son apport dans la compréhension de systèmes complexes est loin d'être négligeable. L'élément déterminant de l'approche systémique restant l'identification du système à étudier et des sous-systèmes clés, le travail d'identification requiert beaucoup d'attention et doit se faire en toute objectivité, la figure 3.4 schématise les étapes pour établir la démarche.

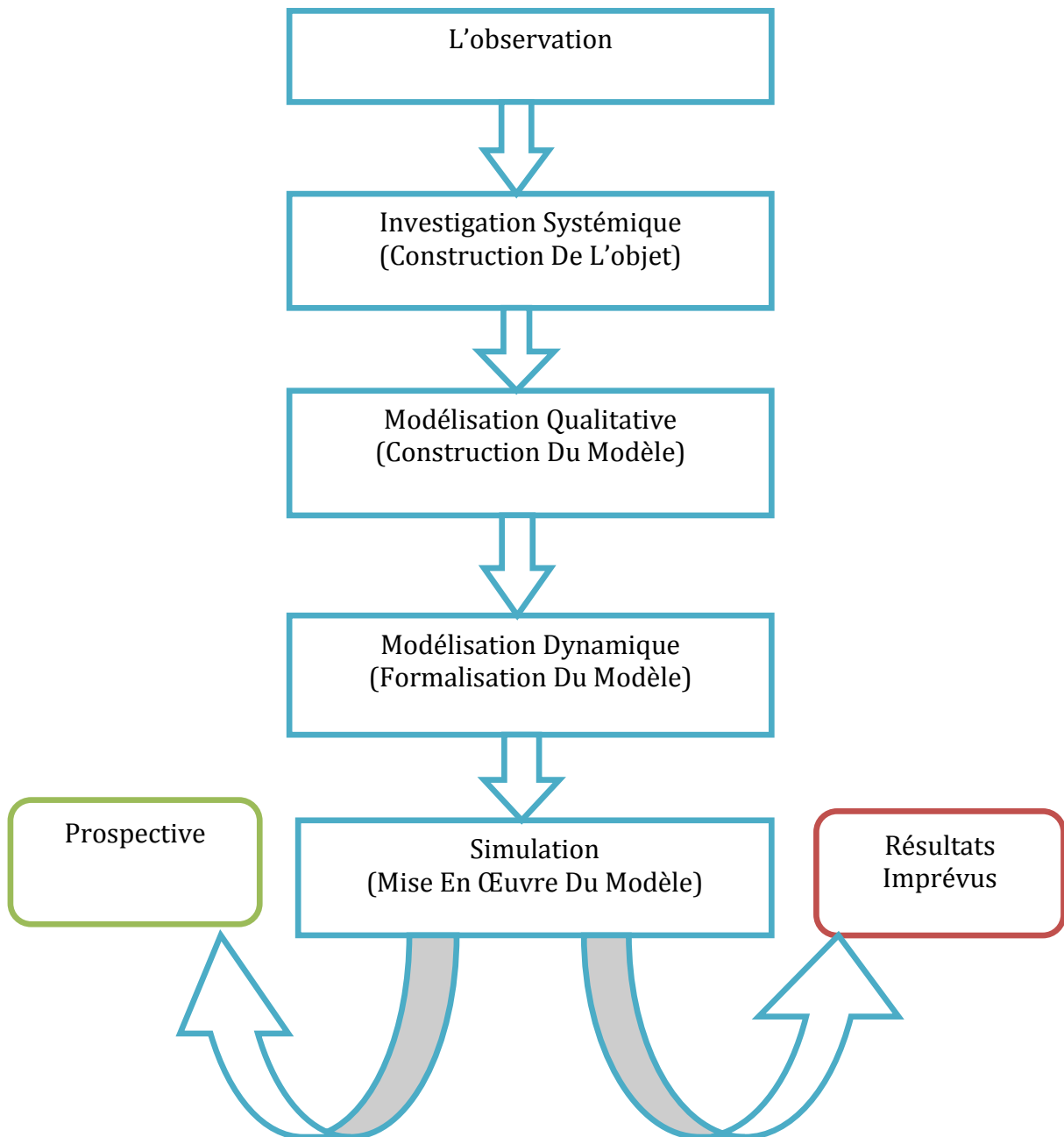


Figure 3.4:Etapes de la démarche systémique (Groupe AFSCET, 2003)

7.2 L'analyse Fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle est la première étape de nombreuses méthodes d'optimisation de solutions et d'analyse des risques (AMDEC). Sa spécificité tient dans la mise en œuvre d'une des questions centrales du raisonnement « valeur » : « à quoi ça sert ? », pour faciliter et guider l'expression des besoins des parties prenantes, indépendamment des solutions. Elle est subdivisée en deux parties : l'interne et l'externe:

L'analyse fonctionnelle externe s'agit d'une analyse qui part du besoin pour définir les fonctions, c'est-à-dire qu'on se met à la place du client. C'est une méthode qui a pour objet l'identification des fonctions attendues ou réalisées, l'expression de ces fonctions, leur caractérisation et leur hiérarchisation. Son but est d'optimiser la conception ou la reconception de l'ouvrage en s'appuyant sur les fonctions qu'il doit réaliser.

L'analyse fonctionnelle interne s'agit cette fois de l'étude des fonctions de service réalisées (et non plus attendues) à partir des solutions techniques proposées par l'entreprise pour réaliser l'ouvrage. On se place du point de vue de l'exploitant ou du concepteur. (La figure 3.5); schématise l'analyse fonctionnelle d'un tunnel.

7.2.1 Caractéristiques des différents types de Fonctions

7.2.1.1 Fonction principale (ou fonction d'usage)

C'est la fonction qui satisfait le besoin, elle assure la prestation du service rendu. C'est la raison pour laquelle le projet a été créé. Une fonction principale peut être répartie en plusieurs fonctions élémentaires (action attendue de l'ouvrage pour répondre à un élément du besoin, traduisant la raison d'être d'un sous-système de l'ouvrage).

7.2.1.2 Fonction contrainte

Il s'agit de recenser les conditions qui doivent être impérativement vérifiées par l'ouvrage, mais qui ne sont pas sa raison d'être.

7.2.1.3 Fonction complémentaire

Fonction qui facilite, améliore, ou complète le service rendu. Ce type de fonction ne résulte pas de la demande explicite du client, et n'est pas non plus une contrainte. Il s'agit de proposer au client des améliorations pour l'ouvrage.

7.2.1 Etape de l'analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle d'un produit ou service, est présentée par les normes AFNOR NF X50-100 et 151, elle se fera donc en cinq étapes. Pour chaque étape seront précisées les questions posées, les réponses recherchées, les sources de ces informations et les moyens de les collecter, ainsi que des outils aidant à leur collecte et leur analyse. La figure qui suit figure 3.6 schématise les étapes de l'analyse fonctionnelle.

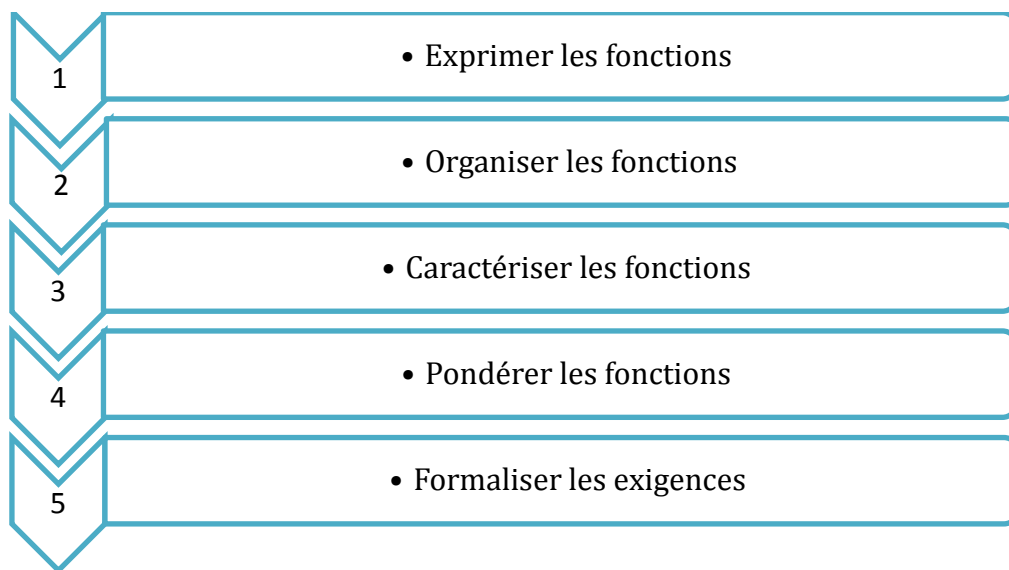


Figure 3.6: étapes de l'analyse fonctionnelle

8. RISQUES LIES AUX TUNNELS ET OUVRAGES SOUTERRAINS

La construction en souterrain, engendre des risques spécifiques pendant tous les stades du projet et en particulier durant sa construction, son exploitation et après son abandon. En raison des incertitudes inévitables, sur la réponse du terrain à l'effet du creusement, sur les conditions hydrologiques liées à la présence potentielle de l'eau souterraine, sur l'efficacité du soutènement et autres incertitudes géologiques, géotechniques ou géomécaniques.

Les ingénieurs, les ouvriers et les usagers et les riverains de l'ouvrage s'exposent à différents risques dont les impacts peuvent être considérables sur la sécurité des personnes et des biens.

L'histoire des tunnels mentionne en effet des effondrements spectaculaires et autres désastres qui démontrent l'existence d'un potentiel d'accidents à grande échelle pendant le creusement jusqu'à son exploitation du tunnel.

8.1 classification des risques tunnel

Les risques rencontrés dans la construction et l'exploitation de tels ouvrages souterrain ont plusieurs origines selon (Grasso et al., 2004) :

8.1.1 Les Risques Géotechniques Et Géologiques

Ces risques sont liés à l'insuffisance des informations obtenues à travers la campagne de reconnaissance, à la capacité de prévoir la réponse du terrain à l'action de creusement comme:

- Les zones sismiques et zones volcaniques (séismes et éruptions volcan)
- Les mauvaises investigations sur la roche et le terrain encaissant

- Nature de la roche excavée (discontinuités des massifs rocheux, propriétés physiques et mécaniques des roches)
- Les mouvements de terrains
- Les glissements de terrains
- Les effondrement
- Les gonflement de terrains

8.1.2 Les risques hydrologiques

Les risques hydrologiques sont associés à l'insuffisance des informations recueillies en ce qui concerne l'hydrologie souterraine dans la zone du projet comme:

- Les nappes phréatiques du massif rocheux
- Les cours d'eaux, ruissèlements, inondations
- Les gonflements de terrains

8.1.3 Les risques d'étude

Ce sont les risques liés surtout à la difficulté du projet à s'adapter aux conditions géo-mécaniques rencontrées réellement, aux défauts de construction, à l'expérience du bureau d'étude ainsi qu'aux contraintes contractuelles comme:

- Mauvaise étude et reconnaissance de sol
- Mauvaise investigation en topographie du tracé du tunnel
- Mauvaise planification/conception et gestions des risques appropriées à l'ouvrage

8.1.4 Les risques de construction ou de creusement

Ces risques sont liées aux choix de la méthode choisie non approprié ou mal maîtrisée, aux phénomènes d'instabilités, à l'expérience de l'équipe qui mène les travaux de construction et aux contraintes contractuelles comme :

- chute du haut (plus d'un mètre) de personnes ou matériaux
- collision de véhicules circulant dans l'aire de chantier
- électrocution
- bruit et vibrations causés par les activités de chantier
- l'emploi de substances chimiques, toxiques ou nuisibles pour la santé, par suite d'ingestion, contact cutané
- salubrité de l'air pendant les travaux en galerie
- stabilité des parois et de la voûte pendant les travaux en galerie

8.1.5 Les risques opérationnels

Ces risques sont liés aux défauts de fonctionnements et aux accidents comme :

- Les incendies
- Déraillement du véhicule
- Défauts de fonctionnalité des équipements du tunnel(ventilation ,éclairage ,signalisation..)

8.1.6 Les Risques financiers

Ces risques sont liées aux contraintes sociales et politiques, à la non-acceptation des responsabilités aux contentieux et à la sécurité comme:

- Les grèves des employés
- Allocation des budgets mince la sécurité et l'hygiène.

8.2 Les Principales instabilités dans Les Tunnels:

Parmi les analyses des accidents et des incidents répertoriés ont permis d'identifier six principaux phénomènes suivants(figure3.7):

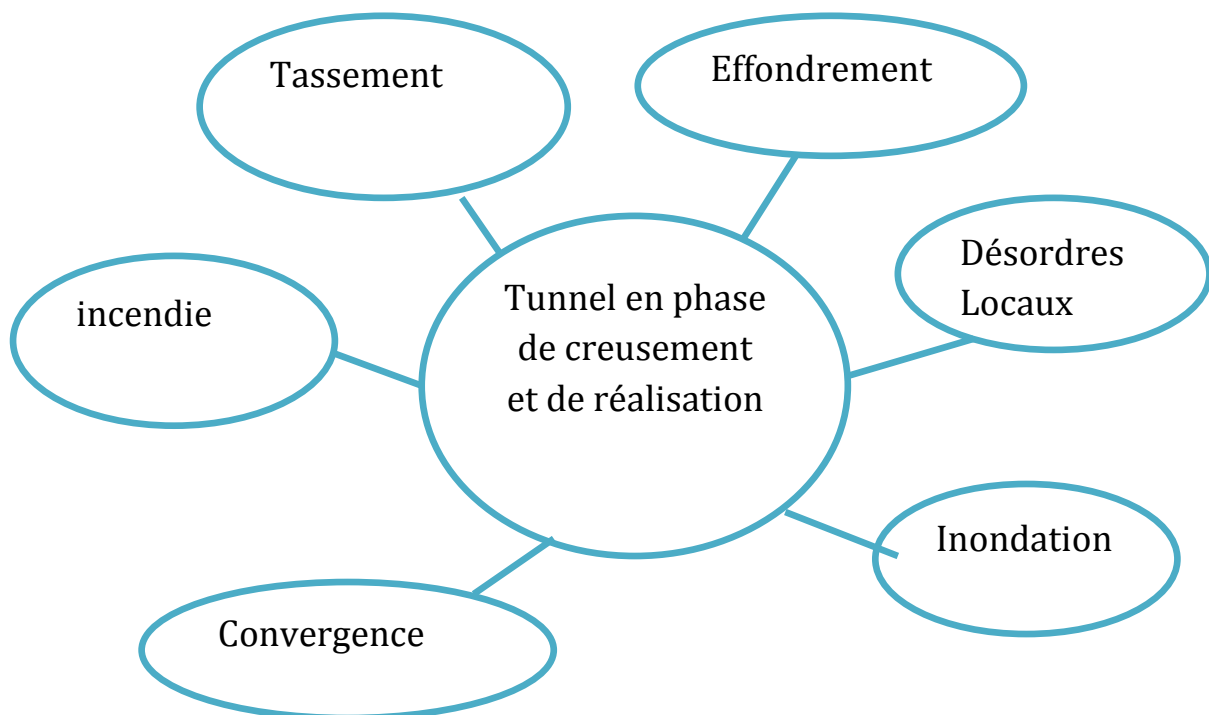


Figure 3.7: principales instabilités dans les tunnels

8.2.1 Effondrement

Un effondrement correspond à une rupture structurale, partielle ou totale, du tunnel. La rupture du recouvrement se propage parfois jusqu'en surface du sol formant une cuvette d'effondrement ou un cratère (fontis).

On parle d'un effondrement localisé lorsque cette rupture ne concerne qu'une zone d'extension limitée (les effondrements localisés peuvent être le résultat de la rupture du toit du tunnel) et d'un effondrement en masse ou généralisé lorsqu'il concerne, au contraire, une zone étendue en surface.

un effondrement condamne l'utilisation du tunnel, il nécessite des moyens considérables pour reprendre le projet ou l'exploitation du tunnel.

8.2.2 Les Désordres Locaux

Ils incluent plusieurs formes d'instabilités locale dans les ouvrages souterrains ,comme:

- les chutes de blocs ,
- les fissurations,
- les infiltrations faibles des eaux,
- le soulèvement du radier, (les dommages apparaissent sur les parois et/ ou sur le toit du tunnel)

8.2.3 Les Inondations

Sont une conséquence de l'envahissement de l'ouvrage souterrain par une grande quantité d'eau souterraine ou par une grande quantité d'eau pluviale, ces phénomènes entraînent des pertes matérielles importantes et des arrêts des travaux dans les ouvrage souterrains affectées.

8.2.4 Tassement en surface ou tassement différentiel

Le creusement des ouvrages souterrains urbains dans des terrains meubles engendre, souvent, un tassement du sol au-dessus du tunnel, pouvant endommager les infrastructures situées en surface.

Le tassement différentiel s'exprime par des déformations dues à la différence des valeurs des tassements des deux éléments structuraux successifs du tunnel. Nous l'avons relevé notamment dans des tunnels immergés.

le creusement de ces ouvrages engendre, souvent, un tassement du sol au-dessus du tunnel, pouvant endommager les infrastructures situées en surface.

8.2.5 Fortes Déformations,(Convergences Extrêmes)

Il s'agit de la réduction de section associée aux fortes convergences qui compromet l'utilisation du tunnel dans des condition de sécurité optimale .La forte déformation peut résulter de plusieurs facteurs comme :

- Le gonflement
- Le fluage les déformation plastiques ,les contraintes techtoniques.la conséquence de la convergence sont la fermeture de la section, la destruction du soutènement, parfois ce phénomène nécessite la réexcavation du tunnel.

8.2.6 Les Incendies

Sont le phénomène accidentel le plus redouté en tunnel. Les principaux effets en sont le rayonnement thermique, l'augmentation de la température mais aussi la dispersion des fumées. La présence de gaz toxiques dans les fumées peut en effet menacer la santé des usagers. Par ailleurs, la forte proportion de suies qu'elles contiennent les rend opaques, ce qui peut entraîner une baisse de la visibilité et gêner ainsi les procédures d'évacuation ou d'intervention des secours

9. DIFFERENTS EXEMPLES DE TYPES D'INSTABILITES

parmi les différentes instabilités rencontrées dans les tunnels on retrouve :

9.1 Effondrements du terrain

Tableau 3.1 :type d'effondrement, les cause liées

TYPE D'INSTABILITE	CAUSE
-Effondrement de la tête du tunnel	-augmentation de la pression d'eau interstitielle due à la pluie
-Effondrement de front de taille	-le terrain s'est effondré en raison de la présence d'une masse rocheuse fracturée au sommet du front de taille, et de la vibration provoquée par terrassement à l'explosif de la section inférieure.
-Effondrement d'une zone faillée fracturée	-la zone de faille au-dessus du front de taille a effondré en raison de terrassement à l'explosif ce qui a provoqué un effondrement par cisaillement du béton projeté
-Glissement de terrain près de la tête du tunnel	-l'excavation de la pente composée de strates a déstabilisé le sol, et l'excavation d'une galerie d'avancement latérale a mené à l'éboulement

9.2 Défaillance du soutènement

Tableau 3.2 :type de soutènement ,causes liées

TYPE D'INSTABILITE	CAUSE
-Défaillance du soutènement	-la résistance du terrain au fond du soutènement a diminué en raison de l'immersion par l'eau souterraine
-Défaillance du revêtement du a la pression asymétrique du sol	-l'éboulement s' est produit en raison de la topographie compliquée et de la pression asymétrique du terrain meuble, menant à une charge oblique sur le béton du revêtement
-Défaillance du soutènement du à la pression de gonflement	-une pression importante due de gonflement de terrain contenant de l'argile s'est produite
-Soulèvement du radier	-une zone faillée (contenant de l'argile gonflante)a été soumise au changement hydrothermique

9.3 Effets nuisibles pour l'environnement

Tableau 3.3 :effets nuisibles a l'environnement, les causes liées

TYPE D'INSTABILITE	CAUSE
-Effets de vibration dus aux terrassement a l'explosifs dans un tunnel adjacents	-Les vibrations de terrassement à l'explosif dans le nouveau tunnel, les vides derrière le tunnel existant peuvent provoquer des fissurations dans le revêtement
-Tassement du a l'excavation d'un tunnel au-dessous d'une zone urbaine	-Puisque les caractéristique du terrain étaient plus mauvaises que prévu ,le tassement du sol a été considérablement augmenté par la construction des tunnels

10. CONCLUSION

Dans ce chapitre on remarque que les tunnels sont des ouvrages à risques multiples potentiellement présents ou imprévisibles ; qu'ils soient d'ordre géologique, hydrologique ou bien humain. Une reconnaissance et une gestion des risques sont primordiales.

A partir d'une décomposition du projet de tunnel, des analyses systémique et fonctionnelle doivent avoir pour objectif principal de, viser et ressortir les différents risques pendant le déroulement du projet. Ces approches permettent une analyse exhaustive des risques, et feront l'objet d'une identification des sources de danger .Cela nous permet d'identifier et prévenir d ' éventuelles défaillances possibles pour le but de gérer et maîtriser ces risques.

Tout en sachant que les professionnels s'investissent beaucoup plus dans la première phase en cout et délais car elle se révèle cruciale pour le bon déroulement du projet.

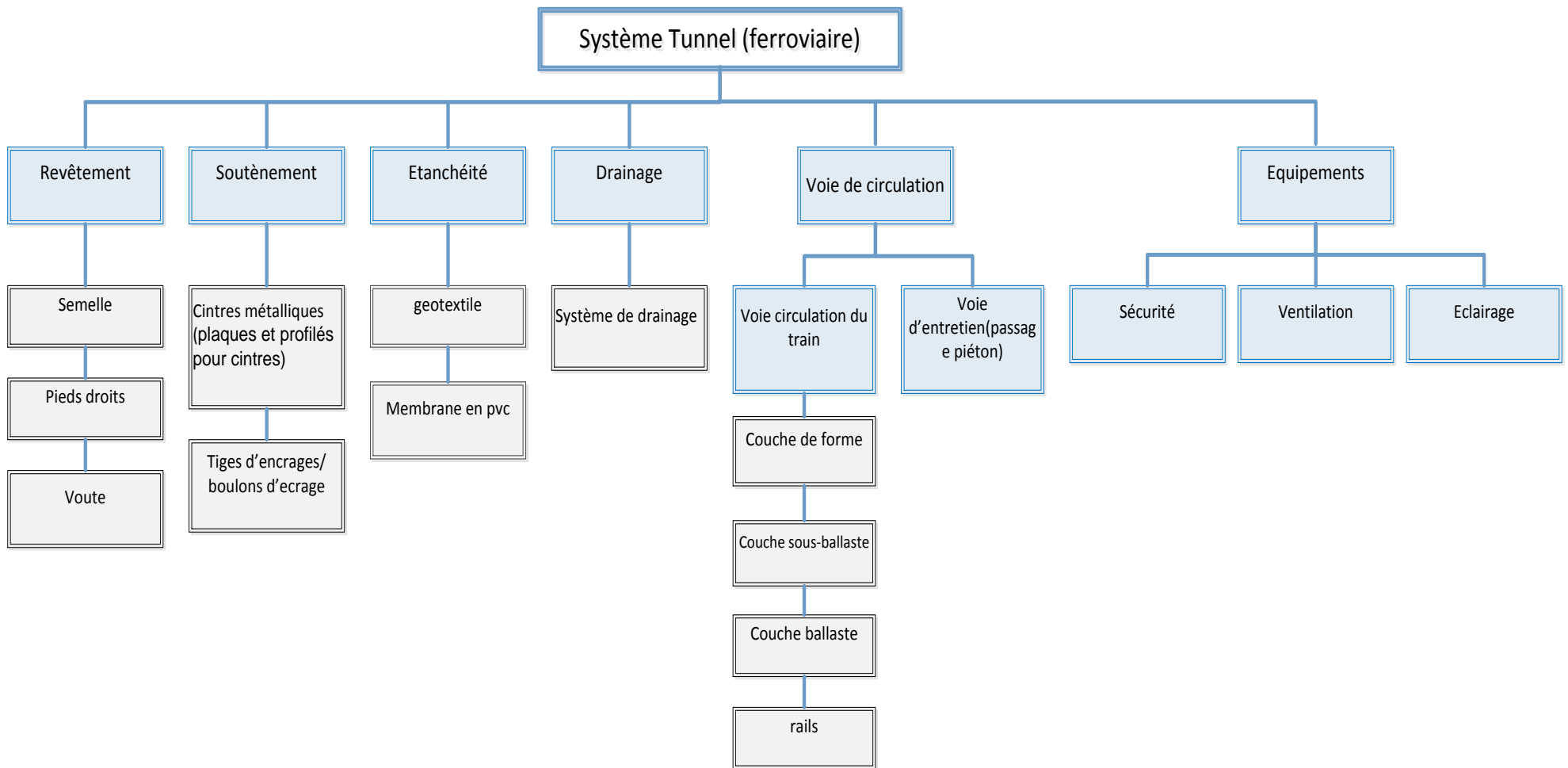


Figure3.3: Décomposition d'un tunnel ferroviaire

CHAPITRE 04

MANAGEMENT DES RISQUES (APPLICATION DE L'AMDEC SUR LE TUNNEL FERROVIAIRE -OUED TLELAT/TLEMCEN-)

1. INTRODUCTION

Les projets de tunnel sont soumis à de nombreux risques. La maîtrise de ces risques n'est pas forcément de les éviter totalement mais de diminuer de leur apparitions et leurs gravités, c'est l'un des enjeux les plus importants pour la réussite de ces projets, pour cela, de nombreux travaux se sont attachés à identifier et à évaluer ces risques.

Dans le chapitre précédent on a rencontré plusieurs types de tunnels et les risques liés selon sa nature anthropique ou naturelle, et les outils d'aide à la maîtrise de ces risques. Dans ce chapitre on effectuera une analyse des risques par la méthode AMDE(C) sur le cas étudié qui est un tunnel ferroviaire en cours de réalisation. Dans le cadre du projet de la ligne à double voie électrifiée, il faut analyser l'identification, l'évaluation et le contrôle des défaillances, pour gérer la survenue d'événements perturbateurs en vue d'atteindre les objectifs du projet.

2. Description du projet la nouvelle double voie électrifiée

Le projet de réalisation du tronçon ferroviaire est un des investissements planifiés par la Société Nationale des Transports Ferroviaires de l'Algérie (SNTF), gérés par l'Agence Nationale d'Etudes et de Suivi de la Réalisation des Investissements Ferroviaires (ANESRIF). La réalisation de la nouvelle voie de (OUED TLELAT /frontière MAROCAINE), se fera par le groupement d'entreprises constitué de la Società Italiana per Condotte d'acqua S.p.A. et Rizzani De Eccher S.p.A. (deux entreprises italiennes).

La réalisation du tronçon constitue la première partie de la nouvelle ligne à double voie électrifiée entre OUED TLELAT et la frontière marocaine, qui devrait se développer sur 200 km, lorsque toutes les sections seront réalisées. Le projet prévoit la réalisation du premier tronçon 'OUED TLELAT / TLEMCEN' de 130 Km, et d'un deuxième tronçon 'OUED TLELAT / FRONTIERE MAROCAINE' y compris la réalisation du Contournement de SIDI BEL ABBES et la réalisation d'une Nouvelle Gare Ferroviaire a SIDI BEL ABBES. La vitesse de projet est de 220 Km/h pour le trafic passagers et 100 Km/h pour le trafic des marchandises.

Pour une meilleure gestion du chantier, ce projet est divisé en trois tronçons:

-PK 0+0017 au PK 33+000 (OUED TLELAT-MAKEDRA): Ce tronçon sera géré par Rizzani de Eccher avec installation de la base de vie et industrielle au niveau de la localité de MAKEDRA (Wilaya de SIDI BEL ABBES)

-PK 33+000 au PK 95+000 (MAKEDRA- OUED ISSER) : Ce tronçon sera géré par l'entreprise Condotte d'Acqua avec installation de la base de vie et industrielle au niveau de la localité de SIDI LAHCENE (Wilaya de SIDI BEL ABBES).

-PK 95+000 au PK 132+000 (OUED ISSER- TLEMCEN) : Ce tronçon sera géré par l'entreprise Condotte d'Acqua avec installation de la base de vie et industrielle au niveau de TLEMCEN

La nature du marché est en cotraitance. Il a été constitué d'un groupement entre Società Italiana per Condotte d'acqua S.p.A. et Rizzani De Eccher S.p.A.

2.1 Caractéristiques du tunnel ferroviaire

Le tunnel étudié fait partie du tronçon 'OUED TLELAT/TLEMCEN' de la ligne ferroviaire. Il franchira des zones très collinaires et montagneuses de EL MEDIG wilaya de TLEMCEN, la (figure 4.1) est une représentation géographique du tunnel, et pour cela la réalisation de ce tunnel est nécessaires. Ces dimensions géométriques sont représentés sur la (figure 4.2).

Le tunnel ferroviaire est en cours de réalisation, il est composé de deux parties ; le tableau 4.1 ci dessous représente la localisation et la longueur de chaque partie du tunnel. :

Tableau 4.1 : Différentes parties du tunnel

Type de tunnel	Localisation	Longueur du tunnel (m)
-Partie foré(tunnel foré)	-entre les PK 125+838 et PK 126+482	576
-Partie artificiel (Tunnel artificiel)		
-Portail SIDI BEL ABBES	- PK 125+881.79 – PK 125+838.34	44 m
-Portail TLEMCEN	- PK 126+454.00 – PK 126+482.47	26 m

2.1.1 Le tunnel foré

C'est la partie creusée aux milieux de la colline, le creusement du tunnel est réalisé selon la méthode traditionnelle à pleine section, qui peut se faire au moyen d'une machine à attaque ponctuelle, ou par l'explosif .La méthode d'excavation peut être modifiée en cours de réalisation dans le but d'optimiser les cycles d'avancement.

Le soutènement est composé des cintres métalliques de section H, enfoncés avec des boulons de types Swellex, inclinés vers le haut dans la roche, puis enveloppés par une couche de béton projeté. Le système d'étanchéité est composé d'une membrane, et de géotextile de protection et des drains pour les eaux souterraines.

Le revêtement sera réalisé au début ; la réalisation des murettes, et ensuite l'ensemble de la voute se feront par coulage avec une machine de coffrage sur place pour des pièces de 12 m de longueur.

2.1.2 tunnel artificiel

Les deux tunnels jouxtant les extrémités du tunnel foré vont être réalisés avec le même mode opératoire pour le revêtement ; mais seulement il n'y aura pas de creusement et il y aura un remblayage au dessus des tunnels . la (figure 4.3) est une représentation géographique des deux portails.

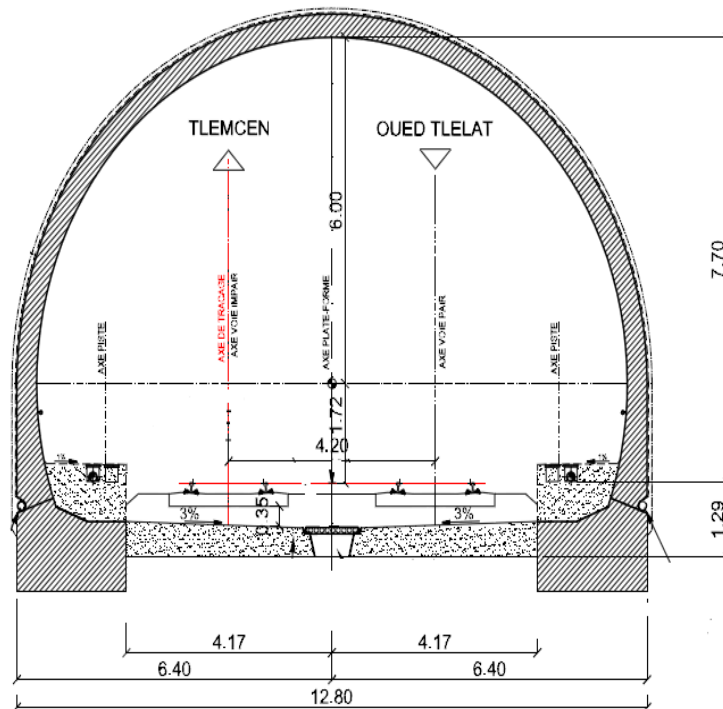


Figure 4.2:section courante tunnel 'OUED TLELAT/TLEMCEN'

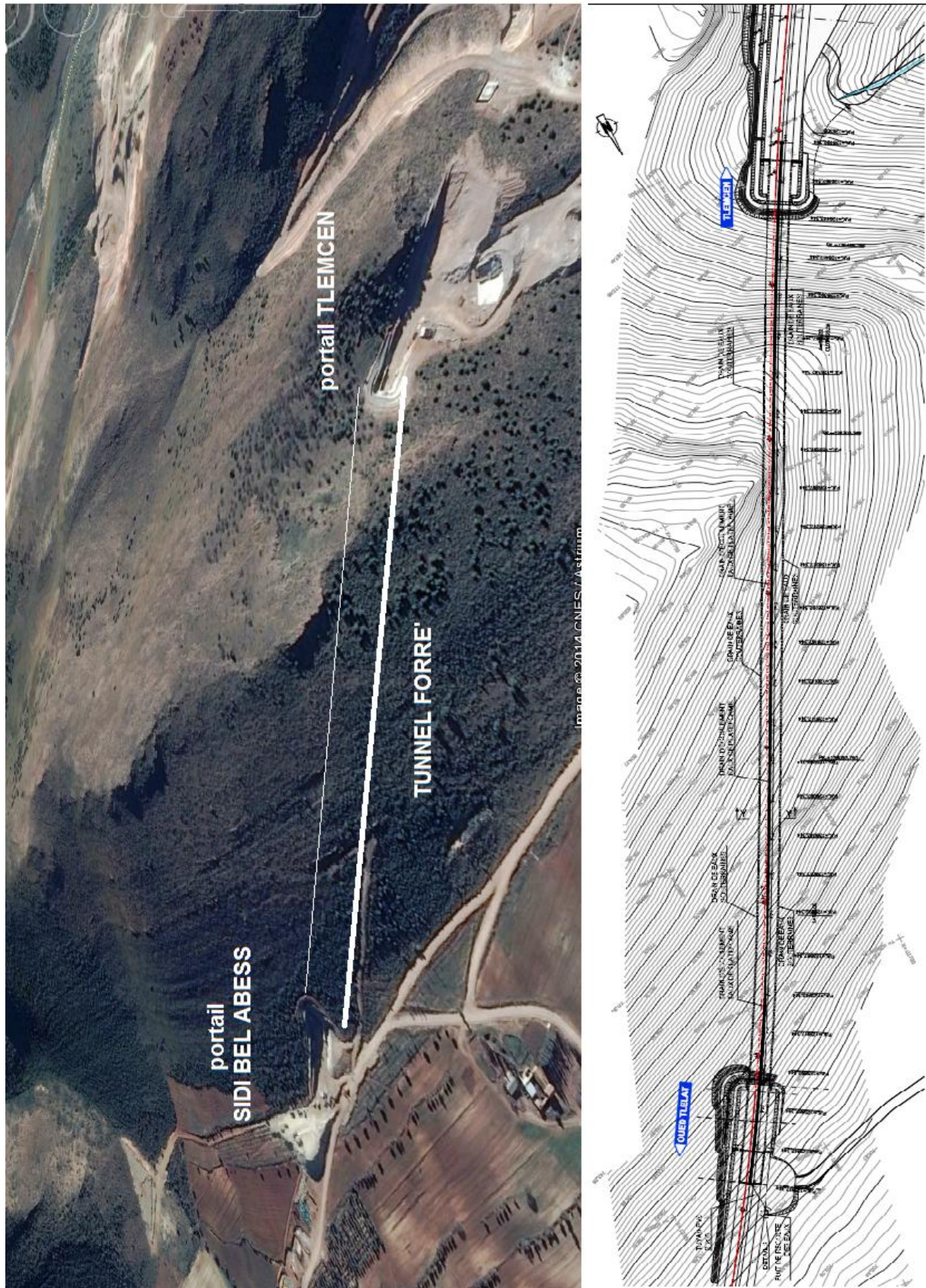


Figure 4.1:représentation géographique du tunnel OUED TLELAT/TLEMCEN



Figure 4.3:représentation des deux portail du tunnel OUED TLELAT/TLEMCCEN

3. RBS (RISK BREAKDOWN STRUCTURE)

Le RBS permet de faire une représentation des risques identifiés, qui pourraient créer des problèmes au déroulement des projets et de les disposer par catégorie.

Cette identification des risques peut être faite par plusieurs méthodes. Dans notre cas l'identification a été faite à partir d'un brainstorming ou on a pu ressortir plusieurs risques qui peuvent se présenter dans le projet de tunnel en phase de réalisation. Puis une classification a été faite selon la catégorie du risque interne ou externe, ensuite on a évalué la criticité de chaque risque et on les a classifiés dans la matrice des risques pour se concentrer sur les principaux risques dans le but d'une analyse de risques. Le R.B.S du tunnel est représenté dans la (figure 4.4).

4. APPLICATION DE L'AMDE(C) SUR LE TUNNEL FERROVIAIRE

L'application de la méthode sur le tunnel étudié se focalisera essentiellement sur la phase de la réalisation.

4.1 Analyse fonctionnelle

L'analyse fonctionnelle du tunnel est l'étape préparatoire à l'analyse des modes de défaillance (figure 4.5).

4.2 Décomposition du système

Il existe plusieurs manières de décomposer une installation en sous-systèmes:

- Décomposition hiérarchique en fonction des relations des éléments entre eux ;
- Décomposition topologique en fonction de la position des éléments dans l'espace ;
- Décomposition fonctionnelle de par la situation des éléments de l'installation dans la chaîne de fonctionnement de cette dernière.

La décomposition du système étudié en sous-systèmes n'est pas obligatoire. Il existe des installations pour les quelles une telle décomposition n'a pas d'intérêt, voire est impossible. (P. Perilhon 2012).

Dans notre cas, on cinq sous-systèmes (figure 4.6):

- S-s.1 Revêtement
- S-s.2 Soutènement
- S-s.3 (Étanchéité&Drainage)
- S-s.4 Voie de circulation
- S-s.5 Équipements

4.3 Modes de défaillance

L'identification des modes de défaillance, étape centrale, consiste à reprendre la décomposition, pour chaque composant de sous-système, le ou les mode(s) de défaillance qui peuvent affecter le tunnel.

4.4 Effets et criticité

Cette étape consiste à prédire les effets des modes de défaillance identifiés sur le système. D'une part, on considère les fonctions dans lesquelles la défaillance du composant est impliqué

D'autre part, on imagine les conséquences possibles du mode de défaillance étudié et c'est ainsi qu'on va repérer les conséquences sur la sécurité.

Les tableaux (4.2), (4.3), (4.4), (4.5), (4.6), (4.7)(4.8), qui présentent, et synthétisent cette AMDEC pour chaque sous-système.

Remarque

Les évaluations des événements a risques qui ont été définies n'apparaissent pas dans les tableau AMDEC , seront quantifiées et présentées dans le tableau et la matrice de criticité; (tableau 4.9), (figure4.7)

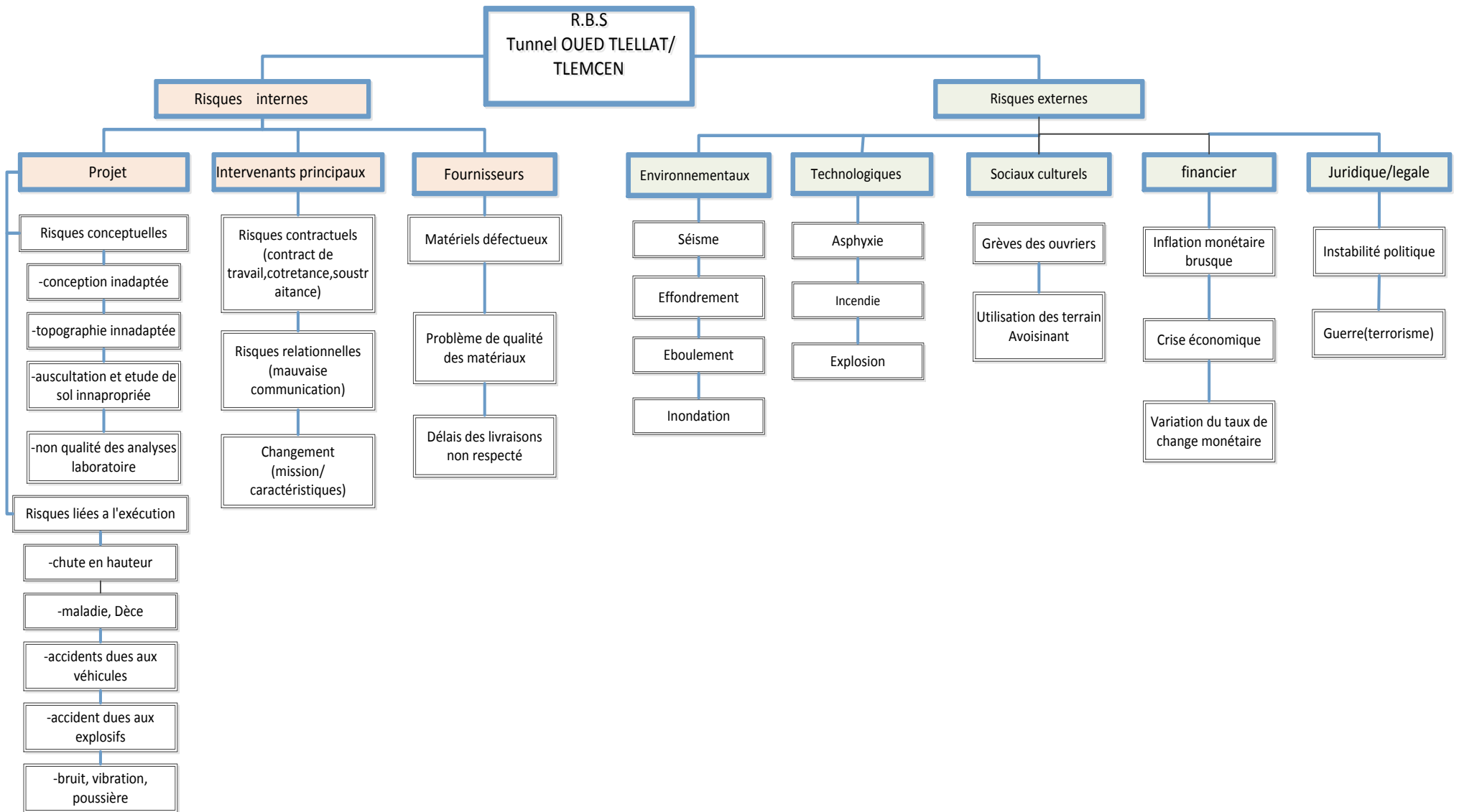


Figure 4.4; R.B.S du tunnel OUED TLELLAT/TLEMCEN

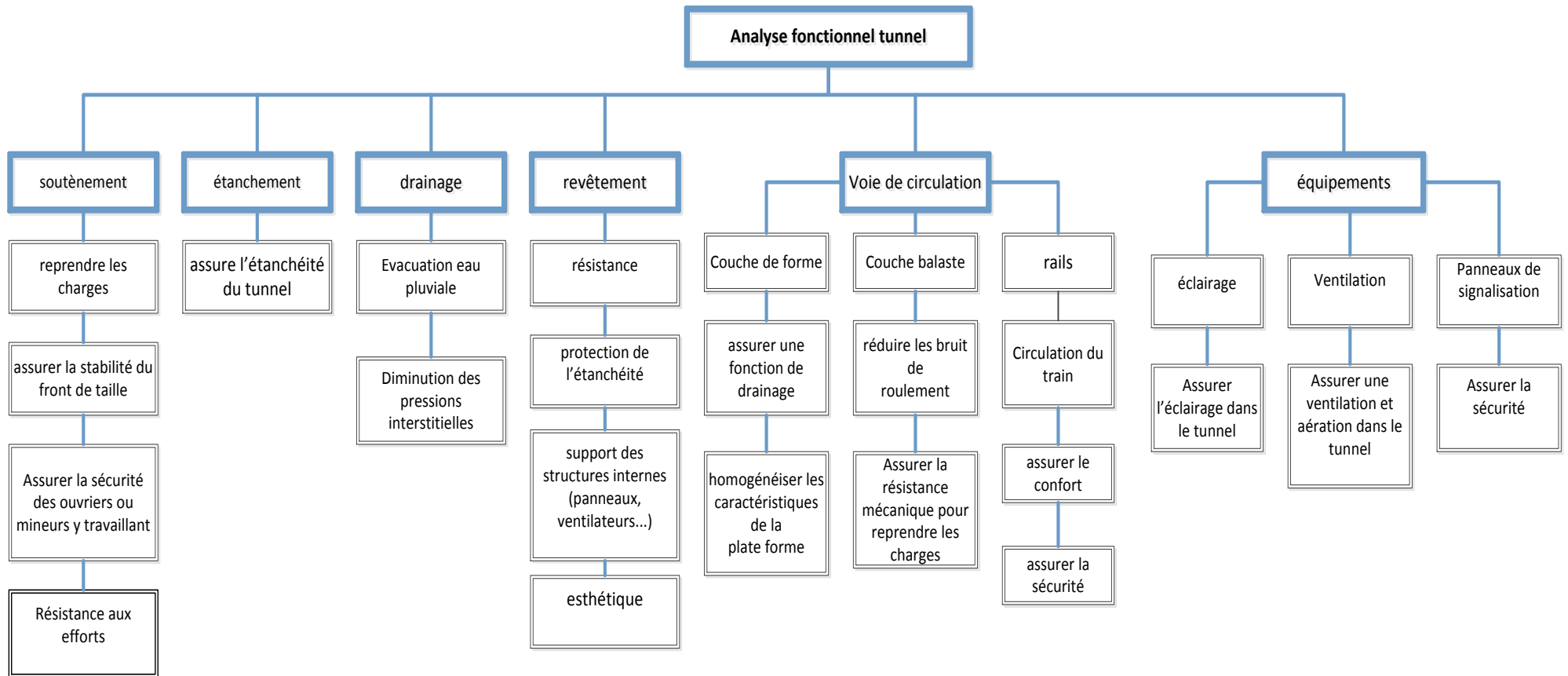


Figure4.5:Analyse fonctionnel du tunnel OUED TLELLAT-TLEMEN

5. CONCLUSION

A la fin ce chapitre on voit bien que les principes de la systémique nous démontrent que quel que soit le projet industrie ou construction, il est tout à fait possible d'utiliser la méthode AMDEC en y instruisant le système main d'œuvre(ressource humaine) avec les modifications nécessaires.

AMDEC ,R.B.S, la matrice de criticité sont des outils de maitrise des risques qui nous ont donnés une liste de défaillances des sous-systèmes, des risques et des moyens de préventions et/ou substitutions à mettre en place pour prévenir tous les risques répertoriés dans notre projet tunnel en phase de réalisation.

conclusion

CONCLUSION GENERALE

Les agglomérations urbaines se densifient de plus en plus, la réalisation d'ouvrages souterrains, tels que, tunnels ferroviaires, routiers, est devenue un enjeu prioritaire dans le cadre des politiques de réorganisation des espaces, d'amélioration de la viabilité et de développement des transports en commun. L'instabilité de ces ouvrages souterrains est une cause importante d'accidents tant pendant leur réalisation que pendant leur exploitation.

En effet les projets tunnels sont souvent soumis à des risques d'ordre naturels, anthropiques ou technologiques. Ces risques ont une incidence certaines sur l'ouvrage, impactant aussi bien sa pérennité que la sécurité des usagers et la protection de l'environnement.

Ainsi ce travail nous a permis de mettre en évidence la nécessité et l'importance de la mise en œuvre d'un système de gestion des risques dans tout projet de construction en général, et particulièrement pour les projets tunnels et ceci durant toutes les étapes du cycle de vie.

L'intérêt du management des risques a été souligné par de nombreux chercheurs dans différents domaines avec un souci majeur la réduction du risque à un niveau acceptable. Ce qui a induit le développement de plusieurs méthodes, issues très souvent du monde industriel

Notre démarche a été conçue en adoptant une vision systémique du cycle de vie du projet tunnel afin de lui donner plus de visibilité et aboutir à une identification efficace des risques inhérents à chaque étape du projet tunnel. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur la méthode d'analyse AMDEC qui se base sur une modélisation systémique, et une analyse fonctionnelle après une identification des risques structurée par une RBS (Risk Breakdown Structure).

L'application de la méthode AMDEC a été faite sur le cas du tunnel ferroviaire de la nouvelle double voie ferrée électrifiée 'OUED TLELAT-TLEMCEN' lors de la phase réalisation. Cette analyse nous a permis d'identifier différents risques dans le projet de tunnel avec leurs criticités ainsi que les stratégies de réponse et les plans de préventions et de substitution à mettre en œuvre pour assurer efficacement le management des risques dans le projet tunnel.

Enfin, on peut dire que la méthode AMDEC initialement développée dans le secteur de l'industrie est parfaitement adaptable au projet tunnel.

Cependant, il est possible d'envisager des perspectives ou des compléments à ce modeste mémoire par des travaux sur la mise en œuvre des outils de gestion de risque dans tout le cycle de vie d'un projet tunnel afin de valider leur pertinence.

BIBLIOGRAPHIE

-**ALLAL M. A., (2012)** « Management des risques du projet », Cours photocopié pour post graduation, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, (Algérie).

-**GROUPE AFSCET (2003)** « L'approche systémique : de quoi s'agit-il ? » Synthèse des travaux du groupe AFSCET. (France).

-**Grasso et al (2004)**

-**Guide PMBOK**, 3ème édition, (2004)

-**IDRIS Jamal (2007)** « accidents géotechniques des tunnels et des ouvrages souterrains- Méthodes analogiques pour le retour d'expérience et la modélisation numérique », Nancy université -institut national polytechnique de lorraine (France).

- **JANIN Jean-Pierre(2012)** «Tunnels en milieu urbain : Prévisions des tassements avec prise en compte des effets des pré-soutènements (renforcement du front de taille et voûte-parapluie) » ,thèse Doctorat ,École doctorale : École doctorale MEGA de Lyon. Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale de l'INSA de Lyon FRANCE.

-**LE MOIGNE, Jean-Louis** « La Théorie du Système général » (1994).

-**MORTUREUX Yves**, Analyse préliminaire des risques (se4010), technique de l'ingénieur, Paris 2012.

-**MORTUREUX Yves**, arbres de défaillance, des causes et d'évènement (se4353), technique de l'ingénieur, Paris 2302

-**MONTEAU & FAVARO**, (1990) «La sécurité dans les petites et moyennes entreprises française», Centre de recherche de l'INRS ,Nancy, PARIS

-**MORTUREUX Yves**, AMDE (C) (se4043), technique de l'ingénieur, Paris 2302

-**MEGNOUNIF A., (2012)** « Ingénierie des systèmes », Cours photocopié pour post graduation, Faculté de Technologie, Université de Tlemcen, (Algérie).

-**NF EN ISO/CEI 17025, (2005)** « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais », Norme française, AFNOR, (France).

-**SAUVANT D.** « Principes généraux de modélisation systémique ».

-**PERILHON Pierre**, MOSAR- Cas industriel (se4360), technique de l'ingénieur, Paris 2302

-**PIERRE PERILHON (2012)** « MOSAR-Cas industriel », Techniques de l'Ingénieur [se4061], (France).

-PIERRE PERILHON (2012) « MOSAR-Présentation de la méthode », Techniques de l'Ingénieur [se4060], (France).

-THIERRY VERDEL « Méthodologie d'évaluation globale des risques, application potentielles au génie civil », (France)

-YVES MORTUREUX (2012) « Arbres de défaillance, des causes et d'événement », Techniques de l'Ingénieur [se4050], (France).

-YVES MORTUREUX « AMDE (C) », Techniques de l'Ingénieur [se4040], (France).

ANNEXES

DESCRIPTION DU PROJET

ENONCE Titre du projet ou les mots clés doivent apparaitre	MANAGMENT DES RISQUES PAR LA METHODE MADEC ,ETUDE DE CAS DU TUNNEL FERROVIAIRE TRONÇON SOUED TELLELAT -TLEMCEN)
IDEE/BESOIN Facteurs déclencheurs du projet	-BESOIN: la préparation du PFE en vue d'obtention du diplôme de master en CIVIL ENGINEERING MANAGEMENT. -IDEE: proposition du thème choisie (titre du pfe),travailler sur un cas en cours de construction.
OBJECTIFS Décrire en quelques mots la finalité du projet ; utiliser des mots précis et compréhensibles	- Utiliser la méthode AMDEC pour le cas du tunnel de la nouvelle voix ferroviaire . -Achèvement du PFE en mois de juin (première session).
COUTS	50.000 DA.
DELAIS	5 MOIS.
CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DU PFE	-Mettre en place un outille de maitrise des risques sur le cas de tunnel du tronçon 'OUED TLELLAT - TLEMCEN'. -le PFE aborder est un PFE appliquer .

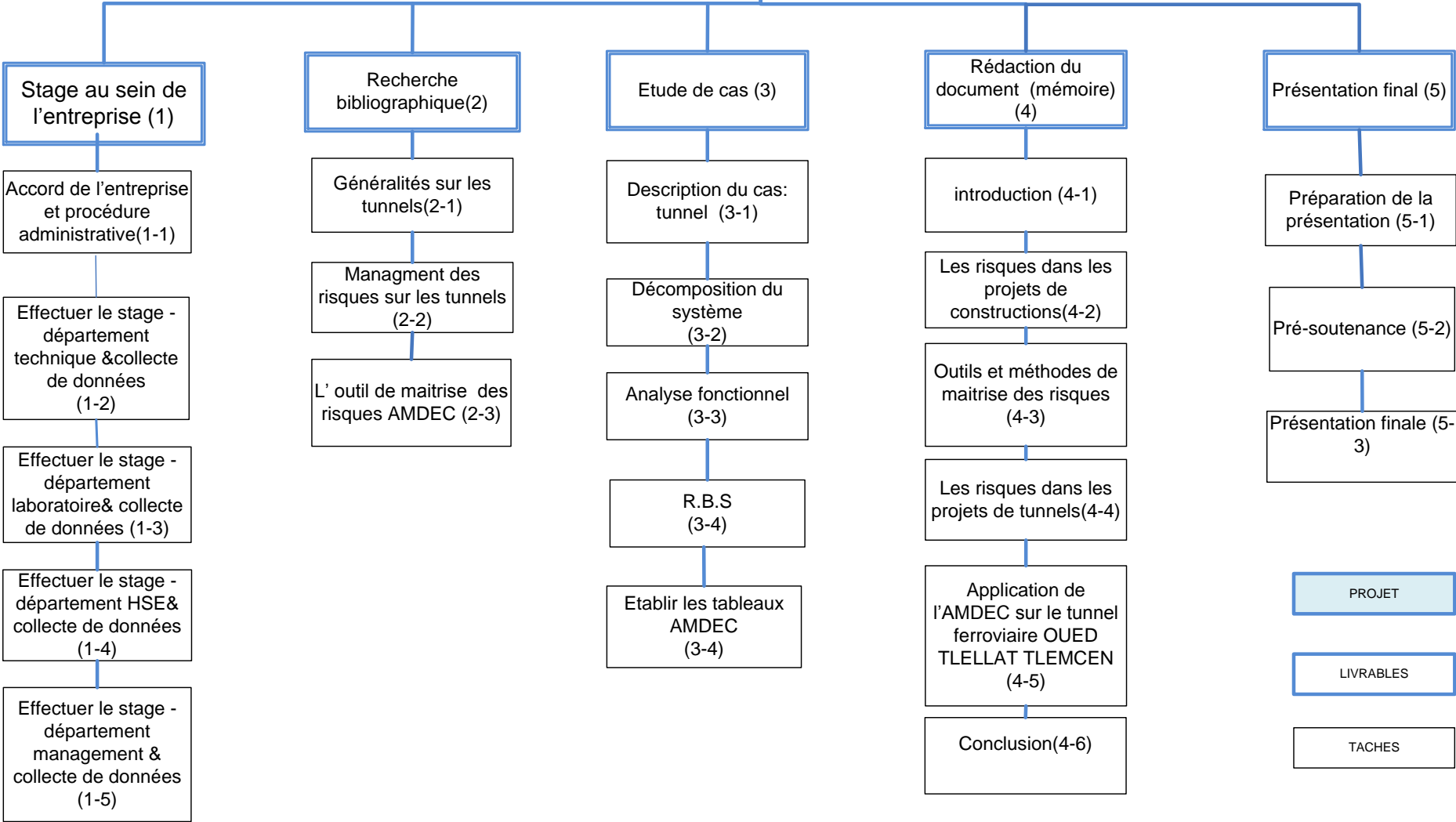
FAISABILITE TECHNIQUE DU PROJET	-Oui.	
STAKEHOLDERS (parties prenantes)	<ul style="list-style-type: none"> - HAMIDOU Mohammed Ilias. - les encadreurs (Mr ALLAL M.A & Mme HAKIKI K.A). - Le chef de département (Mr BENYELLES Z). - Entreprise réalisatrice :CONDOTTE s.p.a. - BCS: bureau de contrôle et de suivit. 	
Contexte politique et stratégique	Forces : <ul style="list-style-type: none"> - Connaissances en management - Encadrement - 	Opportunités : <ul style="list-style-type: none"> - le tronçon en cours de réalisation juste a proximité 'SEF-SAF,TLEMCEN'. - L'abonnement SNDL (Système National de Documentation en Ligne) qu'a fait l'Algérie pour les étudiants et chercheurs. - faire un stage pratique au sein de l'entreprise réalisatrice du projet.
	Faiblesses : <ul style="list-style-type: none"> - démotivation - Expérience en rédaction de thèses. - 	Menaces : <ul style="list-style-type: none"> - interruption du projet . - désaccord avec l'entreprise ou j'effectue mon stage.

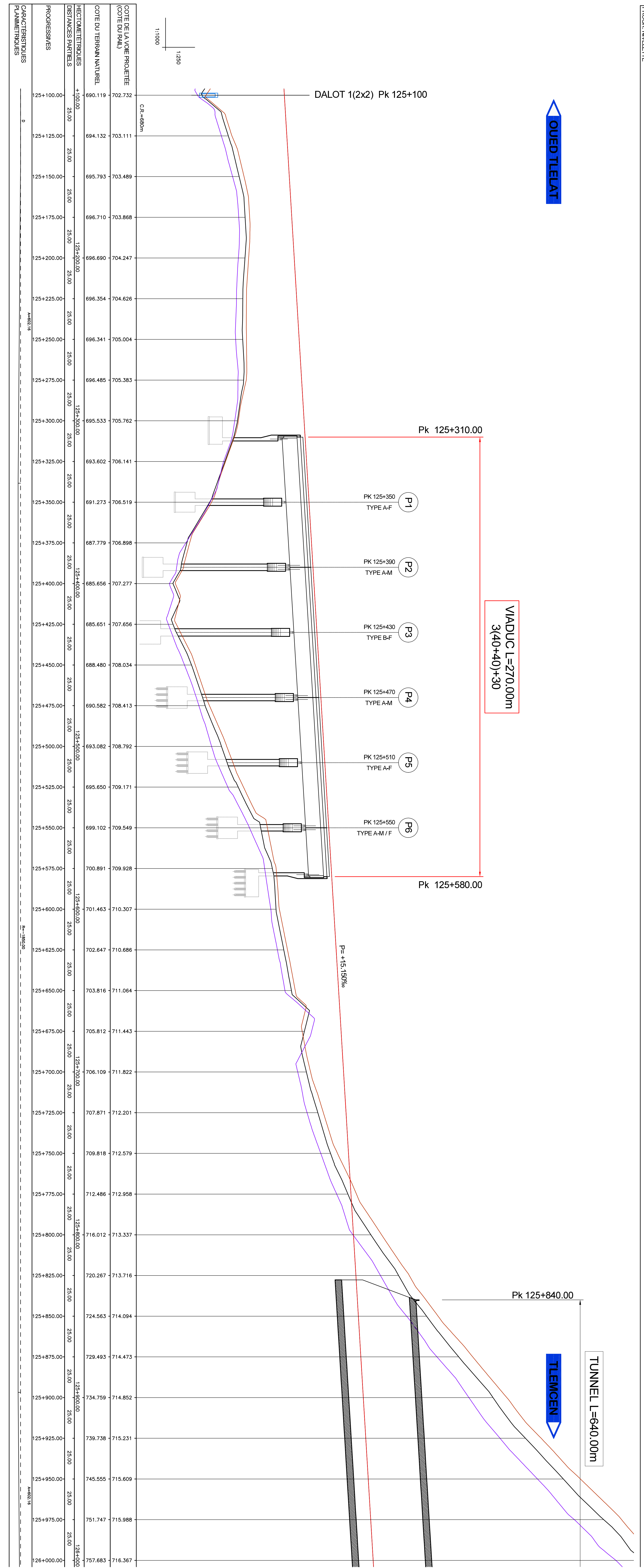
FAISABILITE ECONOMIQUE	<ul style="list-style-type: none">- Oui.- le lieux du stage du PFE juste a proximité .- fiancer par moi même.
ETUDE D'IMPACT	<ul style="list-style-type: none">- l'apprentissage des nouvelles techniques de réalisation .- insertion dans une organisation multiculturelle .- Les normes et règlements dans les projets de voix ferroviaires et tunnels- insertion dans le monde du travaille.
RISQUES PRINCIPAUX	<ul style="list-style-type: none">- risque de temps (dépasser le délais fixer sur MS-PROJECT) .- Perte d'informations (données du PFE, informatique & formelle).- risque de tomber malade .

MATRICE DES PRIORITES

	Couts	Délais	Contenu
Contraintes		X	
Acceptable	X		
A améliorer			X

MANAGEMENT DES RISQUES DANS UN PROJET DE TUNNEL PAR LA METHODE AMDEC, CAS DU TUNNEL FERROVIAIRE (OUED TLELLAT -TLEMCEN)





INVENTAIRE
PROGR. INVENTAIRE

PK	PROFIL	PROGR.	PROGR.
125+100.00	1	1	1
125+125.00	2	2	2
125+150.00	3	3	3
125+175.00	4	4	4
125+200.00	5	5	5
125+225.00	6	6	6
125+250.00	7	7	7
125+275.00	8	8	8
125+300.00	9	9	9
125+325.00	10	10	10
125+350.00	11	11	11
125+375.00	12	12	12
125+400.00	13	13	13
125+425.00	14	14	14
125+450.00	15	15	15
125+475.00	16	16	16
125+500.00	17	17	17
125+525.00	18	18	18
125+550.00	19	19	19
125+575.00	20	20	20
125+600.00	21	21	21
125+625.00	22	22	22
125+650.00	23	23	23
125+675.00	24	24	24
125+700.00	25	25	25
125+725.00	26	26	26
125+750.00	27	27	27
125+775.00	28	28	28
125+800.00	29	29	29
125+825.00	30	30	30
125+850.00	31	31	31
125+875.00	32	32	32
125+900.00	33	33	33
125+925.00	34	34	34
125+950.00	35	35	35
125+975.00	36	36	36
126+000.00	37	37	37

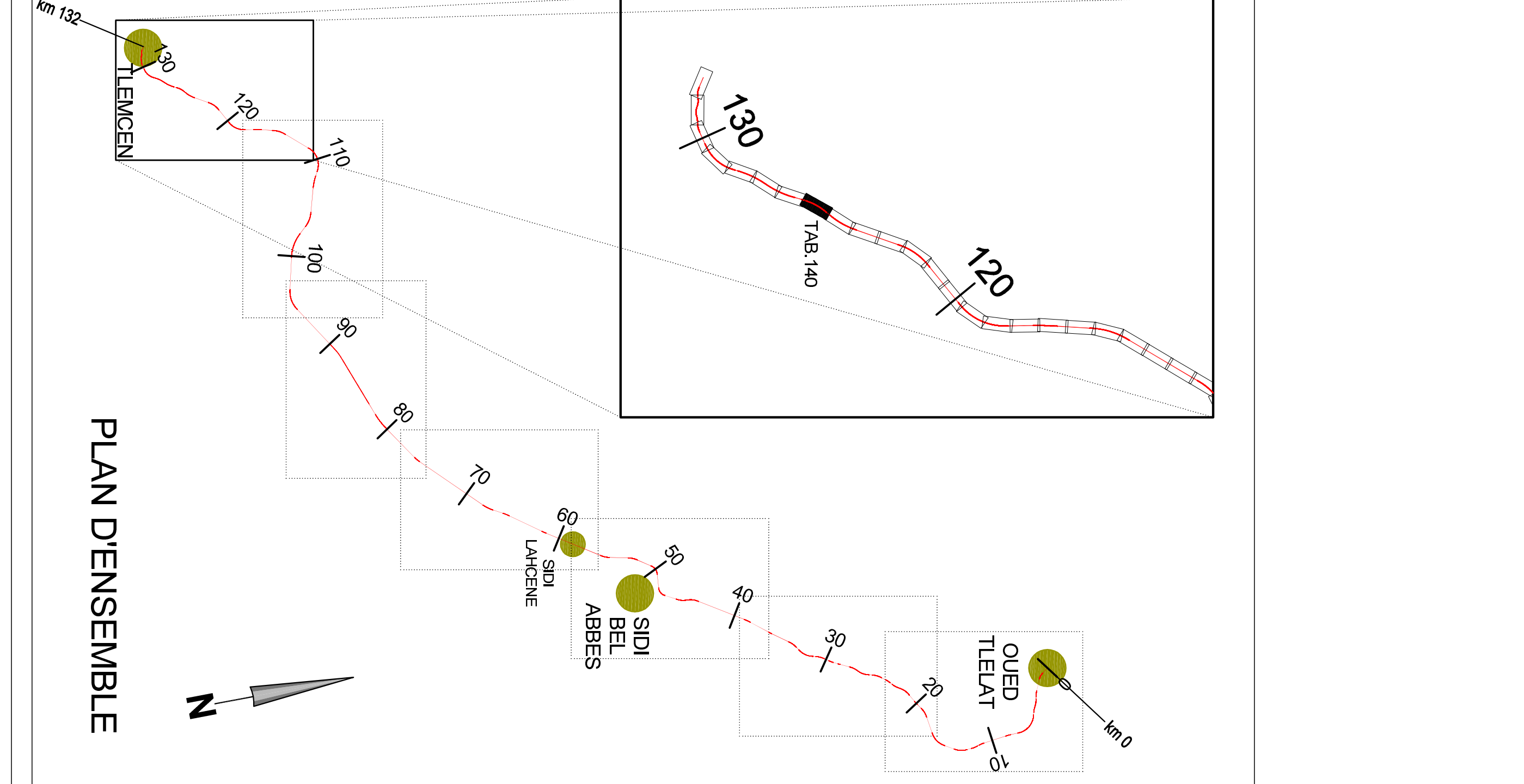
LEGENDE

PLAN

- PLATEFORME LIGNE NOUVELLE
- A DOUBLE VOIE
- VIADUC LIGNE NOUVELLE
- TUNNEL LIGNE NOUVELLE
- AUTOROUTE EST OUEST
- GAZODUC
- LIGNES HT

PROFIL

- TERRAIN
- TERRAIN EN GALIÈRE
- TERRAIN EN DROITE



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DES TRANSPORTS

ANESRIIF
AGENCE NATIONALE DES ETUDES ET DE SUITE DE
LA REALISATION DES INVESTISSEMENTS FERROVIAIRES
(130 KM) DE LA NOUVELLE LIGNE A DOUBLE VOIE
ELECTRIQUE OUED TLELAT/FRONTIERE MAROCAINE
GROUPEMENT MOMENTANE D'ENTREPRISE

par condotta diaacqua s.p.a.
Società di servizi s.p.a.

PROJET APD (15-12-2010)

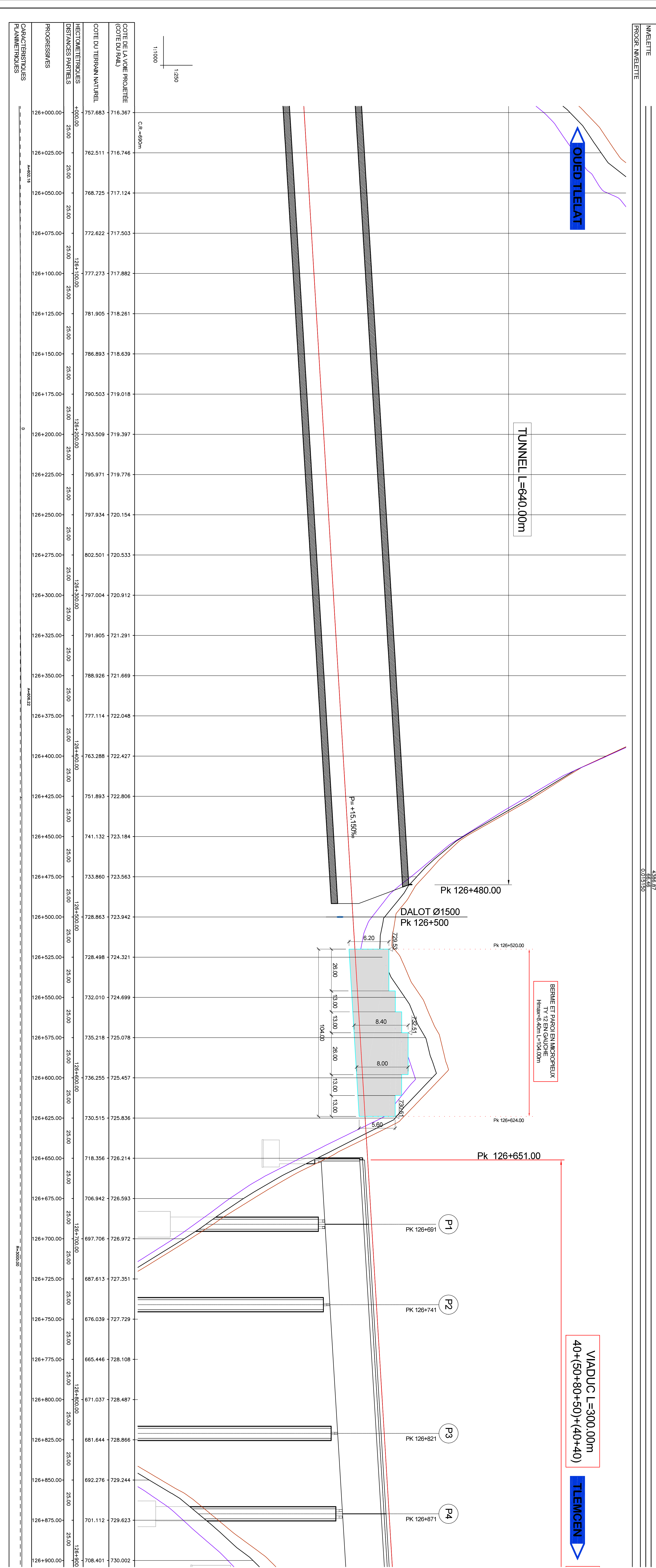
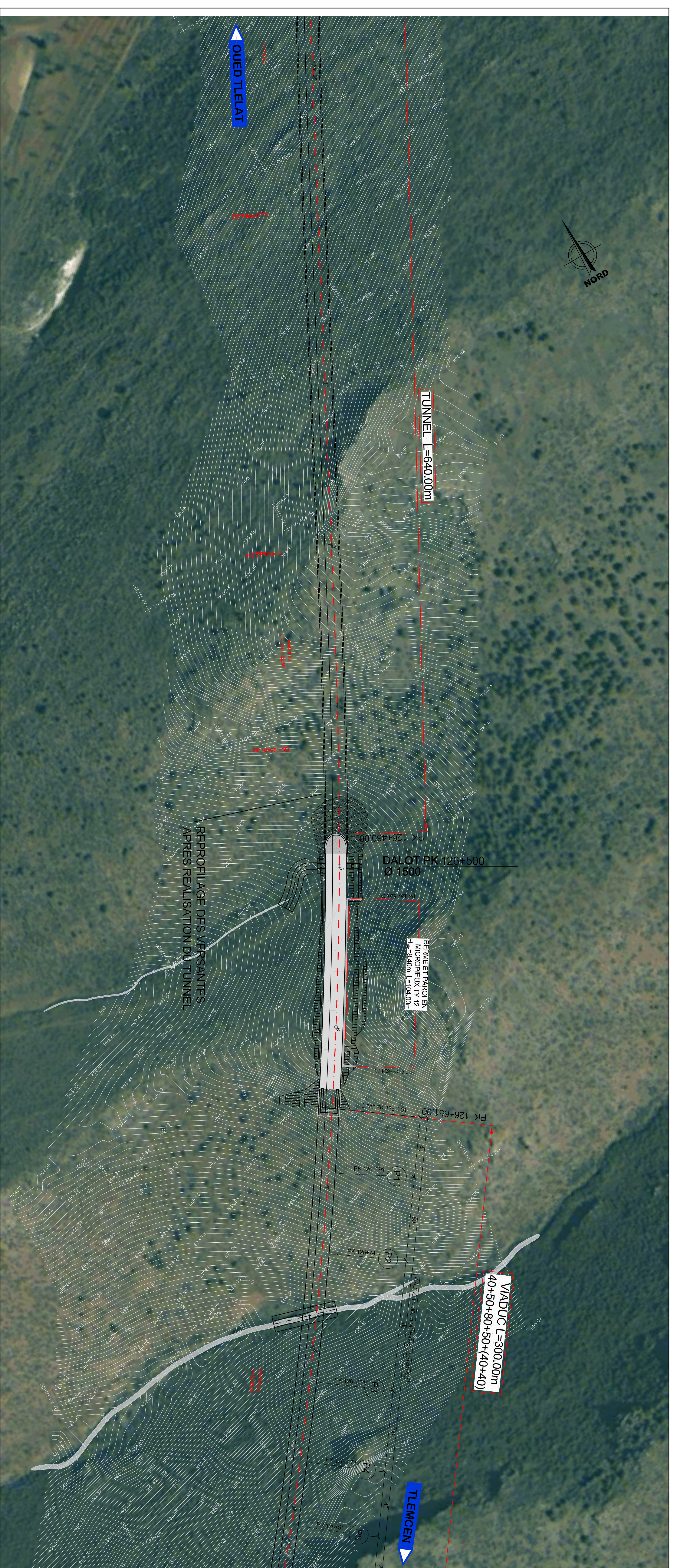
TRACÉ
de Pk 125+100 au Pk 126+000 – Tab. 140
MAÎTRE D'OUVRAGE

COUPE
COCHEMENT

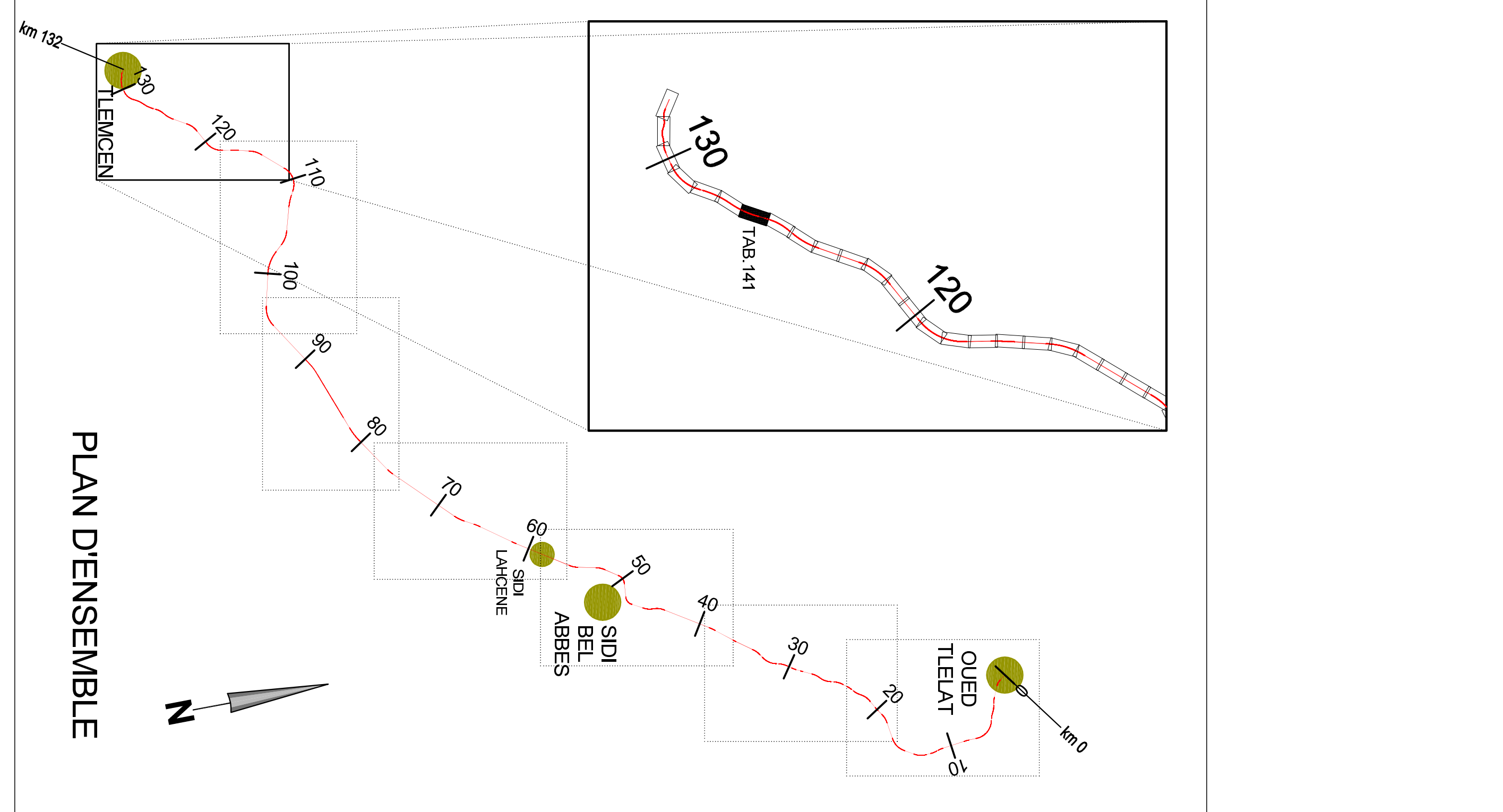
COUPE	0739	C	B	D	TR	00	00	00	P	140	C	ECHELLE
C	15/10/2010	Emission après démarrage de modifications jusqu'à 15/11/2010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	27/05/2009	Emission après la Réunion du 10/05/2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A	30/04/2009	Première émission	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rev. Date Description Rédigé Validé Approuvé

Nom du fichier: P:\ANAPROF\11\PK125+100.dwg



LEGENDE	
	PLATEFORME LIGNE NOUVELLE A DOUBLE VOIE
	VIADUC LIGNE NOUVELLE
	TUNNEL LIGNE NOUVELLE
	AUTOROUTE EST OUEST
	GAZODUC
	LIGNES HT
	TERRAIN EN GALCHE
	TERRAIN EN DROITE



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DES TRANSPORTS

ANESRIF
 AGENCE NATIONALE D'ETUDES ET DE SUIVI DE
 LA REALISATION DES INVESTISSEMENTS FERROVIAIRES
 (300 KM) DE LA NOUVELLE LIGNE A DOUBLE VOIE
 ELECTRIFIEE OUED TLELAT/FRONTIERE MAROCAINE
 GROUPEMENT MOMENTANE D'ENTREPRISE

società italiana
per condotte diaacqua s.p.a.
 Società di capitale 100%

PROJET APD (15-12-2010)
 TRACÉ
 Plan et Profil
 de Pk 126+000 au Pk 126+900 – Tab.141
 MAITRE D'OUVRAGE

CHEF DE FILE

COOR	DATE	DESCRIPTION	REDACTE	APPROUVE
A	27/05/2010	Emission après démarrage de modifications jusqu'à 15-11-2010	-	-
B	27/05/2010	Emission après la Réunion du 10/05/2010	-	-
C	15/10/2010	Emission après démarrage de modifications jusqu'à 15-11-2010	-	-
G	15/10/2010	Emission après démarrage de modifications jusqu'à 15-11-2010	-	-

Noms de fichier : P:\ANAPROFIL_P126PK126900.dwg

PROFONDITES	STATIONNEMENTS	ALTI	ALTI
126+000.00	25.00	757.683	716.367
126+025.00	25.00	762.511	716.746
126+050.00	25.00	768.725	717.124
126+075.00	25.00	772.622	717.503
126+100.00	25.00	777.273	717.882
126+125.00	25.00	781.905	718.261
126+150.00	25.00	786.893	718.639
126+175.00	25.00	790.503	719.018
126+200.00	25.00	793.509	719.397
126+225.00	25.00	795.971	719.776
126+250.00	25.00	797.934	720.154
126+275.00	25.00	802.501	720.533
126+300.00	25.00	797.004	720.912
126+325.00	25.00	791.905	721.291
126+350.00	25.00	788.926	721.669
126+375.00	25.00	777.114	722.048
126+400.00	25.00	763.288	722.427
126+425.00	25.00	751.893	722.806
126+450.00	25.00	741.132	723.184
126+475.00	25.00	733.860	723.563
126+500.00	25.00	728.863	723.942
126+525.00	25.00	728.498	724.321
126+550.00	25.00	732.010	724.699
126+575.00	25.00	735.218	725.078
126+600.00	25.00	736.255	725.457
126+625.00	25.00	730.515	725.836
126+650.00	25.00	718.356	726.214
126+675.00	25.00	706.942	726.593
126+700.00	25.00	697.706	726.972
126+725.00	25.00	687.613	727.351
126+750.00	25.00	676.039	727.729
126+775.00	25.00	665.446	728.108
126+800.00	25.00	671.037	728.487
126+825.00	25.00	681.644	728.866
126+850.00	25.00	692.276	729.244
126+875.00	25.00	701.112	729.623
126+900.00	25.00	708.401	730.002