

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Supérieure de Management
Koléa



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة الوطنية العليا للمناجنت
القلية

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES En vue de l'obtention d'un Master professionnel en « Entrepreneuriat et Management de projet »

**L'apport de l'étude topographique dans la
documentation des risques à l'aide de l'outil
AMDEC : Cas du projet métro d'Alger**

Elaboré par :

BOUZIANI Abderraouf

OUAOUA Heythem

Encadré par :

Pr. FERROUKHI Amine

Année Universitaire 2024/2025

RÉSUMÉ

Cette recherche appliquée s'intéresse aux comportements des acteurs engagés dans les projets topographiques, confrontés à divers risques. Dans ce contexte, ils mobilisent leurs pratiques et expériences afin de mieux les atténuer et de garantir l'atteinte des objectifs du projet.

Les résultats issus de notre matrice AMDEC révèlent que les risques associés au projet du métro d'Alger sont majoritairement d'ordre technique, humain et organisationnel. Ils concernent notamment les accidents en zone de travaux, les erreurs de lecture et de saisie des données, ainsi que les dysfonctionnements en matière de communication et d'archivage.

Les résultats soulignent l'importance d'une gestion rigoureuse et structurée des risques topographiques, s'appuyant sur des outils tels que l'AMDEC, pour garantir la sécurité des opérateurs, la fiabilité des données et le succès global du projet.

Mots clés : Gestion des risques, Projets topographiques, AMDEC, Sécurité.

ABSTRACT

This applied research focuses on the behavior of stakeholders involved in topographic projects, who are faced with various risks. In this context, they draw on their practices and experience to better mitigate these risks and ensure the achievement of project objectives.

The results from our FMEA matrix reveal that the risks associated with the Algiers metro project are mainly technical, human, and organizational in nature. These include worksite accidents, data reading and entry errors, as well as communication and archiving issues.

The findings highlight the importance of rigorous and structured risk management in topography, relying on tools such as FMEA to ensure operator safety, data reliability, and overall project success.

Keywords: Risk management, Topographic projects, FMEA, Safety.

ملخص

تركز هذه الدراسة التطبيقية على سلوك الفاعلين المشاركين في المشاريع الطبوغرافية، والذين يواجهون مخاطر متنوعة. وفي هذا السياق، يعتمد هؤلاء الفاعلون على خبراتهم وممارساتهم من أجل التخفيف من تلك المخاطر وضمان تحقيق أهداف المشروع. تكشف نتائج مصفوفة AMDEC التي أعدناها أن المخاطر المرتبطة بمشروع مترو الجزائر تتعلق بشكل أساسي بجوانب تقنية وبشرية وتنظيمية، وتشمل حوادث منطقة العمل، أخطاء في قراءة وإدخال البيانات، إضافة إلى اختلالات في التواصل والأرشفة. وتبرز النتائج أهمية اعتماد إدارة دقيقة ومنظمة للمخاطر الطبوغرافية، بالاعتماد على أدوات مثل AMDEC ، من أجل ضمان سلامة العاملين، موثوقية البيانات، ونجاح المشروع بشكل عام.

الكلمات المفتاحية: إدارة المخاطر، المشاريع الطبوغرافية، AMDEC، السلامة.

REMERCIEMENTS

À travers ces quelques lignes, nous tenons à exprimer nos plus sincères remerciements et notre profonde gratitude à toutes les personnes qui nous ont soutenus et accompagnés dans la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Tout d'abord, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage nécessaires pour mener à bien ce travail, malgré les difficultés rencontrées. À Lui seul reviennent toute notre reconnaissance.

Nous exprimons notre gratitude à notre encadrant académique, Monsieur FERROUKHI Amine, pour la qualité de son encadrement, ses conseils avisés, sa disponibilité ainsi que pour son appui indéfectible tout au long de ce projet. Son accompagnement a été d'une grande richesse et a largement contribué à l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions également notre tuteur de stage, Monsieur FERKOUS Azzedine, pour son accueil, ses orientations pratiques, ainsi que pour les connaissances qu'il nous a transmises avec générosité et professionnalisme durant notre stage.

Nous exprimons notre reconnaissance à nos familles respectives, en particulier nos parents, pour leur soutien moral, leur patience et leur encouragement sans faille.

Enfin, nous remercions chaleureusement tous nos amis et camarades qui nous ont accompagnés de près ou de loin durant cette aventure, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué, de quelque manière que ce soit, à la réalisation de ce mémoire, Merci à tous.

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	II
ABSTRACT	III
ملخص	IV
REMERCIEMENTS	V
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES	XIII
INTRODUCTION GENERALE	XV
CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE CONCEPTUEL	1
Section 1 : Revue de littérature	4
1.L’AMDEC dans le management des risques :	4
2.Le rôle de la topographie dans le management des risques :	10
Section 2 : Cadre conceptuel	15
A. Un projet topographie :	15
1. Généralités :	15
1.1 La science géodésique :	15
1.2 La topographie :	16
1.3 Topométrie	17
1.4 La cartographie	17
1.5 La géodésie :	18
1.6 La photogrammétrie	18
1.7 L’astronomie géodésique :	19
1.8 Le levé topographique	19
1.9 Les implantations	20
1.10 La polygonation.....	20
1.11 Monitoring.....	20
1.12 Un plan	21
1.13 Une carte.....	22
1.14 Systèmes d’Information Géographique	23
2. Les applications de la topographie :	23
3. Les différents appareils de mesure topographique	23

3.1 Vocabulaire des appareils topographiques :	23
3.2 Matériels et Instruments topographiques.....	25
4. Les fautes et les erreurs :	26
4.1 Les fautes.....	26
4.2 Les erreurs	26
4.3 Distinction entre fautes et erreurs.....	27
B. Management des risques	27
1. Historique	27
2. Concepts clé	29
2.1 Le risque	29
2.2 La gestion des risques :.....	31
2.3 La cartographie des risques	32
3. Concepts liés au sujet	32
3.1 risques.....	32
3.2 Management du risque	32
3.3 Partie prenante	32
3.4 Source de risque	32
3.5 Événement	32
3.6 Conséquence.....	33
3.7 Vraisemblance	33
3.8 Moyen de maîtrise	33
3.9 Acceptation des risques	33
3.10 Analyse des risques	33
3.11 Appréciation des risques.....	33
3.12 Communication des risques.....	33
3.13 Décideur(s)	33
3.14 Détectabilité.....	33
3.15 Évaluation des risques	33
3.16 Exigences.....	33
3.17 Gestion des risques liés à la qualité.....	33
3.18 Gravité.....	33
3.19 Identification des risques	33
3.20 Intervenant.....	34
3.21 Maîtrise (ou contrôle) des risques	34
3.22 Préjudice.....	34

3.23 Réduction des risques	34
3.24 Examen des risques	34
4. La démarche de la gestion des risques	34
4.1 Lancement du processus	35
4.2 Appréciation du risque	35
4.3 La maîtrise (ou contrôle) des risques :	37
4.4 Communication des risques :	38
4.5 Revue du risque :	39
5. Les méthodes et les outils de la gestion des risques :	39
5.1 Le diagramme de Pareto	40
5.2 Diagramme d'ISHKAWA	41
5.3 Hazop.....	41
5.4 APR	42
5.5 MOSAR.....	42
5.6 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)	43
5.7 Arbre des Causes	44
5.8 Arbre des conséquences	44
5.9 Nœud de papillon	45
5.10 AMDEC.....	45

CHAPITRE II : CADRE METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE ORGANISATIONNEL

.....**4**

Section 1 : Cadre méthodologique

1. Notre positionnement épistémologique	54
2. La thématique de la recherche	55
3. La question de la recherche	55
3. Méthodologie suivie	56
5. Les personnels ciblés.....	56
6. Les méthodes de recherches	57
6.1 Les outils de collecte de données	57
6.2 Les outils d'analyse	59
7. Contexte de la recherche :	61

Section 2 : Contexte organisationnel.....

1. Présentation de l'entreprise	65
2. Structures de l'entreprise.....	65
3. Organigramme :.....	66

4. Cartographie des processus	67
5. Les missions de l'entreprise	68
6. Objectifs de l'entreprise	68
7. Réalisations en Algérie.....	69
7.1. Les études menées	69
7.2 Dans le domaine du contrôles et surveillance des travaux :	70
8. SAETI à l'international	71
8.1 MAURITANIE.....	72
8.2 NIGER.....	72
8.3 MALI.....	72
8.4 TCHAD	72
8.5 TOGO.....	73
8.6 TUNISIE :	73
CHAPITRE III : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS	53
Section 1 : La mise en place de l'outil AMDEC.....	70
1. La démarche de l'AMDEC.....	70
1.1 Construire le groupe de travail	70
1.2 L'analyse fonctionnel	70
1.3 Identifier les modes de défaillances	72
1.4 Identifier les effets et les causes	74
1.5 Évaluer les défaillances	75
1.6 Hiérarchiser les défaillances.....	76
1.7 La recherche des actions préventives et correctives	77
1.8 Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité.....	77
Section 2 : Résultats	78
1. Résultats du focus groupe.....	78
2. Résultats des entretiens.....	79
2.1 Analyse descriptive	80
2.2 Approche lexicale.....	80
2.3 L'approche linguistique.....	82
2.4 Cartographie cognitive	83
2.5 L'analyse thématique.....	84
3. Les tableaux AMDEC :	86
Section 3 : Discussion des résultats	87
CONCLUSION GENERALE	90

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....105
ANNEXES.....109

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Définitions du risque selon les organisations les plus accréditées au monde.	29
Tableau 2: Tableau de la Planification des outils de collecte de données	57
Tableau 4: Application de l'outil QQQQCP à l'étude.	71
Tableau 5: L'analyse fonctionnelle de l'étude topographique.	71
Tableau 6: Liste des participants au focus groupe	73
Tableau 7: Liste des personnes interrogées dans le cadre des entretiens.....	73
Tableau 8: Grille d'évaluation de l'occurrence.....	75
Tableau 9: Grille d'évaluation de la gravité	75
Tableau 10: Grille d'évaluation de la détectabilité.....	76
Tableau 11: Grille d'évaluation de l'indice de criticité	76
Tableau 13: Le pourcentage de couverture de chaque expert.....	84

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Définitions du risque selon les organisations les plus accréditées au monde.....	19
Figure 2: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring.....	21
Figure 3: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring.....	22
Figure 4: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring.....	22
Figure 5: Appréciation du niveau de risque selon la probabilité de survenue d'un danger et sa gravité.....	30
Figure 6: Définitions et exemples de danger, risque et dommage	31
Figure 7: Démarche général de la gestion des risques	35
Figure 8: Classification des méthodes d'analyse des risques	40
Figure 9: méthodes inductives et déductive de l'analyse risque qualitative	40
Figure 10: Diagramme d'ISHKAWA	41
Figure 11: Arbre des causes	44
Figure 12: Arbre des conséquences.....	44
Figure 13: Nœud de papillon.....	45
Figure 14: La démarche AMDEC	48
Figure 15: Tableau AMDEC.....	51
Figure 20: L'extension de la ligne 1 du Metro d'Alger	61
Figure 21: Moyens humaines, matériels et logiciels	63
Figure 22: Des travaux topographiques du métro	64
Figure 16: Coordonnées de SAETI.....	65
Figure 17: Localisation de la Direction Générale de SAETI	66
Figure 18: L'organigramme général de la SAETI	66
Figure 19: Cartographie des processus SAETI	67
Figure 23: Des modes de défaillance rencontrés dans le projet	74
Figure 24: nuage de mots	81
Figure 25: Analyse de similarité lexicale.....	82
Figure 26: Cartographie cognitive	83

LISTE DES ABRÉVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

- **AMDEC** : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
- **APD** : Avant-Projet Détaillé
- **APS** : Avant-Projet Sommaire
- **APR** : Analyse Préliminaire des Risques
- **COSO** : Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission
- **DG** : Direction Générale
- **EMA** : Entreprise du Métro d'Alger
- **FMEA** : Failure Mode and Effects Analysis
- **GEICA** : Groupe d'Études et d'Ingénierie des Constructions Algériennes
- **GPS** : Global Positioning System
- **HAZOP** : Hazard and Operability Study
- **HSE** : Hygiène, Sécurité, Environnement
- **IC** : Indice de Criticité
- **IRM** : Institute of Risk Management
- **ISO** : International Organization for Standardization
- **LSP** : Land Surveying Project
- **MOSAR** : Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques
- **PMSM** : Permanent Magnet Synchronous Motor (Moteur synchrone à aimants permanents)
- **PV** : Puits de Ventilation
- **QSE** : Qualité, Sécurité, Environnement
- **QOQCP** : Qui, Quoi, Où, Quand, Comment, Pourquoi
- **RBS** : Risk Breakdown Structure
- **RN** : Route Nationale
- **SAETI** : Société Algérienne d'Études d'Infrastructures
- **SIG** : Système d'Information Géographique

- **VBSS** : (Nom de l'entreprise partenaire spécialisée en topographie)

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

« La topographie est le fondement de toute entreprise d'ingénierie, car elle fournit les données essentielles pour comprendre et représenter le terrain, préalable indispensable à toute conception ou construction. » (Wolf & Ghilani, 2012)

La topographie constitue une discipline essentielle pour la réalisation de projets d'ingénierie, en fournissant des données précises et indispensables à la représentation fidèle du terrain. Ces relevés, qu'ils soient réalisés en milieu urbain, industriel ou naturel, exigent une rigueur méthodologique afin de garantir la qualité des informations collectées, condition sine qua non de la réussite des ouvrages à construire ou aménager. Cette activité s'exerce dans un environnement soumis à de multiples aléas, tant d'ordre technique, humain que géographique, qui exposent les opérateurs à des risques variés.

Les opérations topographiques, notamment sur le terrain, se déroulent souvent dans des contextes contraignants, caractérisés par des conditions météorologiques défavorables, des terrains accidentés ou instables, ainsi que la présence d'équipements lourds ou de chantiers en activité. Ces facteurs augmentent considérablement la vulnérabilité des géomètres-topographes face aux accidents et aux erreurs de mesure. Les contraintes physiques et organisationnelles, telles que la nécessité d'une coordination étroite avec d'autres corps de métier, la manipulation d'instruments sensibles, et la mobilité sur des sites difficilement accessibles, accroissent la complexité de la gestion de ces risques.

Dans cette perspective, la gestion proactive des risques constitue un enjeu majeur pour assurer la sécurité des personnels, la fiabilité des données topographiques et la pérennité des projets. La mise en œuvre d'outils méthodologiques rigoureux, à l'instar de l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC), permet d'identifier, d'évaluer et de hiérarchiser les risques inhérents aux processus topographiques. Cette approche contribue à prévenir les incidents et à améliorer en continu les pratiques, en proposant des actions correctives ciblées et en consolidant la culture de sécurité au sein des équipes.

Le présent mémoire s'inscrit dans cette démarche en permettant de valoriser l'apport de l'étude topographique à la documentation et à la gestion des risques, à travers l'application concrète de l'outil AMDEC dans le projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. Cette approche vise à mieux comprendre les risques spécifiques aux activités topographiques, à identifier les défaillances potentielles et à proposer des leviers d'amélioration pour garantir la sécurité des opérateurs et la qualité des données recueillies. Dans ce cadre, la problématique de cette étude s'articule autour

INTRODUCTION GENERALE

d'une question centrale : comment l'outil AMDEC permet-il d'analyser les risques topographiques dans un projet ?

En Algérie, la prévention des risques majeurs et la gestion des catastrophes, est encadrée par la loi n° 24-04 du 26 février 2024. Cette dernière remplace la loi n° 04-20 du 25 décembre 2004, portant sur la prévention, l'intervention et la réduction des risques de catastrophes dans une logique de développement durable. Par ailleurs, la loi impose l'intégration de la gestion des risques dans toutes les phases des projets d'infrastructure, de l'étude à la réalisation, en passant par l'exploitation.

Dans le cadre du projet du métro d'Alger, cette loi trouve une application concrète, notamment à travers l'étude topographique, qui constitue une phase stratégique pour anticiper les aléas du terrain. En effet, la loi insiste sur l'adoption de méthodes structurées d'identification et de hiérarchisation des risques, comme l'AMDEC, outil central de notre travail.

Cette recherche appliquée est structurée en trois chapitres principaux, chacun organisé en sections spécifiques, selon une logique progressive allant du cadre théorique à l'analyse des données de terrain.

Le premier chapitre est dédié au cadre théorique. Il comprendra deux sections : la première proposera une revue de la littérature, afin de contextualiser notre sujet à travers les recherches antérieures sur le management des risques et les projets topographiques. La seconde section définira le cadre conceptuel de l'étude, en précisant les notions clés, notamment celles relatives à la gestion des risques, à la topographie en contexte souterrain, et à la méthode AMDEC.

Le deuxième chapitre porte sur le cadre méthodologique. La première section est consacrée à la présentation du contexte organisationnel de l'étude, à savoir l'entreprise SAETI, chargée du contrôle topographique dans le projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. La seconde partie décrit la méthode de recherche retenue, les outils de collecte des données ainsi que le traitement prévu.

Le troisième chapitre est consacré à l'analyse des résultats et à leur interprétation. Ce chapitre permet de présenter le contexte opérationnel du projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger et des missions topographiques effectuées. L'application de la méthode AMDEC est ensuite approfondie en identifiant et en hiérarchisant les principales défaillances. Les données recueillies lors des entretiens et du focus groupe complètent cette analyse technique. Enfin, une discussion

INTRODUCTION GENERALE

approfondie met ces résultats en relation avec le cadre théorique, afin de formuler des recommandations pertinentes pour l'entreprise.

**CHAPITRE I : LA REVUE DE LA
LITTERATURE ET LE CADRE
CONCEPTUEL**

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord les études précédentes en lien avec notre thème de recherche, avant de définir les principaux concepts utilisés dans ce travail.

Section 1 : Revue de littérature

Pour structurer notre revue de la littérature et approfondir notre compréhension des concepts et éléments clés liées à notre thématique, intitulée « L'apport de l'étude topographique dans la documentation des risques à l'aide de l'outil AMDEC », nous avons exploré plusieurs travaux traitant des concepts associés. En raison du nombre restreint de publications directement liées à notre sujet, nous avons divisé notre recherche en deux principaux domaines : l'AMDEC dans la gestion des risques et le rôle de la topographie dans cette même gestion.

1.L'AMDEC dans le management des risques :

L'AMDEC est un outil clé dans le management des risques, permettant d'identifier, d'évaluer et de hiérarchiser les risques. En analysant les causes et les impacts des défaillances potentielles, elle aide à mettre en place des actions préventives et correctives.

Dans leur article intitulé "Le management des risques : Cadre théorique", publié en 2022, Maryem Alaoui et Youssef Dhiba explorent les fondements théoriques de la gestion des risques, en mettant l'accent sur son développement, ses meilleures pratiques, et son impact sur les organisations en termes de résilience et de performance. L'objectif principal de cet article est de clarifier les bases de la gestion des risques à travers une revue de littérature approfondie, tout en proposant un cadre référentiel et un processus type pour les managers. La définition du management des risques dans l'article s'appuie sur des références telles que l'Institute of Risk Management (IRM), qui décrit le management des risques comme un processus visant à aider les organisations à comprendre, évaluer et agir sur leurs risques pour augmenter la probabilité de succès et réduire celle d'échec. L'article adopte une méthode qualitative, basée sur une analyse documentaire et une revue de littérature. Les conclusions de l'article mettent en évidence l'importance de la gestion des risques comme un processus continu et structuré, essentiel pour la prise de décision éclairée dans un environnement économique complexe et incertain. Les auteurs soulignent que la gestion des risques contribue à réduire au maximum les pertes éventuelles, mais aussi de saisir des opportunités d'amélioration. Ils passent en revue les principales méthodes de mesure des risques, telles que la Value-at-Risk et la variance, et présentent un processus de gestion des risques en six étapes, inspiré de la norme ISO 31000. En conclusion, les auteurs insistent sur la nécessité pour les

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

organisations de mettre en place des programmes de gestion des risques intégrés, alignés sur leurs objectifs stratégiques. Ils appellent à une plus grande implication des chercheurs pour approfondir les connaissances dans ce domaine, notamment en ce qui concerne les risques émergents et les situations d'incertitude profonde (ALAOUI & DHIBA , 2022)

Theingi Aung, Sui Reng Liana, Arkar Htet et Amiya Bhaumik, dans leur article intitulé "Risk Management in Construction Projects : A Review of Literature" publié en 2023, proposent une revue de littérature sur la gestion des risques managant de la quales projets de construction. L'objectif principal de l'article est de fournir une vue d'ensemble des stratégies actuelles de gestion des risques dans le secteur de construction, en mettant l'accent sur les risques techniques, financiers, juridiques et environnementaux. Les auteurs soulignent l'importance de la gestion des risques pour minimiser les pertes, assurer le succès des projets et maintenir la satisfaction des parties prenantes. Le management des risques est défini dans l'article comme un processus systématique d'identification, d'évaluation, de hiérarchisation et d'atténuation des risques afin de réduire leurs impacts négatifs sur les objectifs du projet. Cette définition s'appuie sur des références telles que le PMI (Project Management Institute) et d'autres auteurs spécialisés dans le domaine. L'étude adopte une méthode qualitative basée sur une revue de la littérature existante. Les auteurs analysent et synthétisent les travaux antérieurs pour identifier les types de risques, les processus de gestion des risques, et les stratégies d'atténuation. Les conclusions de l'article mettent en évidence quatre catégories principales de risques dans les projets de construction : les risques techniques, financiers, juridiques et environnementaux. Les auteurs détaillent également les processus de gestion des risques, notamment l'identification, l'évaluation, l'atténuation et la surveillance des risques. Ils soulignent l'importance de techniques telles que la matrice des risques, l'analyse probabiliste, et les simulations de Monte Carlo pour une gestion efficace des risques. En conclusion, les auteurs insistent sur l'importance d'une gestion proactive des risques pour améliorer la performance des projets de construction. Ils suggèrent que l'intégration de la gestion des risques avec les processus de gestion de projet, ainsi que l'utilisation de technologies avancées comme l'intelligence artificielle et l'analyse de données, pourraient constituer des pistes prometteuses pour des recherches futures. Enfin, ils appellent à une meilleure prise en compte des facteurs humains et des contextes culturels spécifiques dans la gestion des risques, ainsi qu'à l'intégration des principes de durabilité et de résilience dans les pratiques de gestion des risques. (Aung, et al., 2023)

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Dans l'article intitulé "Risk Management in Residential Projects", publié en 2024, Keyur Patel, Jayraj V Solanki, Ankit Kumar S. Patel, et Hiral Kumar V Patel explorent la gestion des risques dans les projets de construction résidentielle. L'objectif principal de cette étude est d'identifier, d'évaluer et de proposer des stratégies pour atténuer les risques liés à ces projets, notamment les risques techniques, socio-politiques, commerciaux, organisationnels, financiers et de sécurité. La définition du management des risques dans l'article est présentée comme le processus de reconnaissance, d'évaluation et d'atténuation des menaces pour les actifs, les profits et les activités d'une organisation. La méthode employée est mixte, combinant des approches qualitatives et quantitatives. Les auteurs ont réalisé une revue de littérature pour identifier les risques potentiels, suivi d'une collecte de données via des questionnaires distribués à des professionnels de la construction (gestionnaires de projet, entrepreneurs, ingénieurs de chantier, et consultants). Les données ont été analysées à l'aide de deux méthodes principales : l'indice de fréquence et l'indice d'importance relative, en utilisant le logiciel SPSS. Les résultats montrent que les risques les plus importants dans les projets résidentiels sont la chute d'objets lourds, les chutes depuis les échafaudages, les dépassements de coûts, et les défis liés aux contrats et aux fournisseurs. Le risque le moins probable identifié est celui de guerre. Les auteurs concluent que l'adoption de cadres de gestion des risques robustes, intégrés dès les premières étapes de planification, peut améliorer significativement la performance dans la gestion de projets, réduire les incertitudes et assurer une livraison dans les délais et le budget prévus. En conclusion, cette étude met en lumière l'importance d'une approche proactive de la gestion des risques dans les projets résidentiels, en soulignant la nécessité de formations spécialisées, de mesures de sécurité renforcées et d'une adaptation aux avancées technologiques pour faire face à la complexité croissante de ces projets. (KEYUR, ANKIT, HIRAL, & JAYRAJ, 2024)

Dans son article intitulé "La contribution du management de la qualité dans la gestion des risques : application des outils la qualité", publié en 2021, Safia Benmehdi examine l'utilisation des outils de management de la qualité, tels que la méthode AMDEC la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), le diagramme de Pareto et le diagramme d'Ishikawa, pour la gestion des risques au sein d'une entreprise de travaux publics en Algérie. L'objectif principal de l'article est de démontrer comment ces outils peuvent contribuer à une meilleure gestion des risques, en réduisant leur occurrence et en améliorant la qualité des projets

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Dans l'article, l'AMDEC est présentée comme une méthode inductive permettant de réaliser une analyse à la fois qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système. Elle est utilisée pour identifier les modes de défaillance, leurs causes potentielles, et les effets engendrés, en calculant la criticité pour hiérarchiser les risques. L'étude adopte une méthode qualitative basée sur l'analyse de contenu, appliquée à un projet spécifique de construction d'un tribunal par l'entreprise KECHROUD. L'échantillon de l'étude est constitué des données et des documents internes de l'entreprise, ainsi que des observations sur les risques rencontrés lors de la réalisation du projet. Les résultats montrent que les outils de qualité, notamment l'AMDEC, permettent de hiérarchiser les risques et de proposer des actions correctives et préventives. Par exemple, les risques liés au manque de ressources matérielles, ainsi qu'aux retards dans l'approvisionnement, ont été identifiés comme les plus critiques. Le diagramme de Pareto a permis de déterminer que 20 % des causes étaient responsables de 80 % des effets, tandis que le diagramme d'Ishikawa a mis en évidence les origines multiples des défaillances. En conclusion, l'article confirme que l'intégration des outils de management de la qualité dans la gestion des risques permet de maîtriser des risques et d'améliorer la performance dans la gestion de projets. L'étude souligne également l'importance de la gestion des risques dans la stratégie globale de l'entreprise pour éviter des retards et des dépassements de budget. Des recommandations sont proposées, notamment l'analyse approfondie des risques antérieurs, la formation du personnel, et l'intégration de la gestion des risques dans la planification stratégique. (BENMEHDI, 2021)

Dans leur article intitulé "Application de la méthode AMDEC pour gérer les risques du processus sinistre Automobile : casanalyse des d'une compagnie d'assurance marocaine", publié en 2023, les auteurs Anass ALBEZ, Mohamed Taha ABRAOUI, et Fatima Zahra ALAMI explorent l'utilisation de la méthode AMDEC pour évaluer et gérer les risques opérationnels dans le processus de sinistre automobile d'une compagnie d'assurance marocaine. L'objectif principal de l'article est de démontrer comment la méthode AMDEC peut remplacer les outils traditionnels de gestion des risques pour offrir une évaluation plus précise et chiffrée des risques opérationnels, en particulier dans le secteur de l'assurance automobile. La méthode AMDEC est défini dans l'article comme une méthode très efficace permettant d'anticiper les risques qui impactent les objectifs d'un processus donnée. L'étude adopte une méthode qualitative basée sur des entretiens semi-directifs avec des responsables de la compagnie d'assurance, des enquêtes en présentiel ou à distance (via les outils numériques), ainsi que l'analyse de documents internes. L'échantillon comprend des responsables

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

du processus sinistre automobile, de l'organisation, et du contrôle interne et gestion des risques. Les résultats de l'étude mettent en évidence trois risques majeurs dans le processus sinistre automobile : la double ouverture d'un dossier de sinistre, l'acceptation d'un sinistre non couvert, et le non-respect des règles de gestion pour le règlement des honoraires. L'application de la méthode AMDEC a permis de quantifier ces risques en termes d'impact, de fréquence et de détectabilité, révélant des niveaux de criticité variés et des points de contrôle insuffisants dans certains cas. En conclusion, les auteurs soulignent que la méthode AMDEC est un outil efficace pour une meilleure évaluation et gestion des risques opérationnels dans les compagnies d'assurance. Ils recommandent son adoption pour améliorer la cartographie des risques et prendre des décisions éclairées, tout en reconnaissant la complexité de sa mise en œuvre, qui nécessite une compréhension approfondie des risques et de leurs variables. (ALAMI, ALBEZ , & MOHAMED, 2023)

Chao Zhang, Boyuan Chen et Xiangzhi Li, dans leur article intitulé "Fuzzy Failure Modes, Effect and Criticality Analysis on Electromechanical Actuators" (2024), proposent une méthode améliorée d'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité pour les actionneurs électromécaniques utilisés dans les avions. L'objectif principal de cette étude est de surmonter les limitations de l'AMDEC traditionnelle, qui est souvent influencée par des facteurs subjectifs, en introduisant une approche basée sur l'évaluation floue pour quantifier les indicateurs qualitatifs et classer les risques de défaillance des composants des EMA. L'AMDEC est définie dans l'article comme Un mode d'analyse qui analyse chaque mode de défaillance possible des produits, détermine l'impact du mode de défaillance sur le produit et le produit supérieur, et classe chaque mode de défaillance selon la gravité de son impact, la probabilité d'occurrence et le degré de danger de la défaillance. Cette méthode est couramment utilisée pour analyser les défaillances dans divers secteurs industriels. L'étude utilise une méthode mixte, combinant des approches qualitatives et quantitatives. D'abord, une analyse AMDEC traditionnelle est réalisée pour obtenir une évaluation préliminaire des défaillances du moteur synchrone à aimant permanent, un composant clé des EMA. Ensuite, une évaluation floue est appliquée pour quantifier les indicateurs qualitatifs et construire un modèle AMDEC par la logique floue. Ce modèle permet de classer les risques de défaillance de manière plus précise et quantitative. Les données utilisées proviennent de statistiques expérimentales et de l'expérience d'experts industriels. L'échantillon étudié comprend neuf modes de défaillance courants du PMSM, tels que les courts circuits entre spires, les défaillances des roulements et les défauts de démagnétisation. Les résultats montrent que le court-circuit entre

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

spires est le mode de défaillance le plus critique, suivi par d'autres défaillances comme les défauts de démagnétisation et les courts circuits phase-phase. L'analyse floue permet d'obtenir un classement plus précis des risques par rapport à l'AMDEC traditionnelle. En conclusion, les auteurs démontrent que l'AMDEC par la logique floue offre une évaluation plus précise et quantitative des risques de défaillance des EMA, en particulier pour les PMSM. Cette méthode permet d'identifier les composants les plus vulnérables et de proposer des mesures correctives pour améliorer la fiabilité des systèmes. Les auteurs suggèrent également des recherches futures pour intégrer des techniques d'apprentissage profond dans le diagnostic et la prédiction des défaillances des EMA. (Zhang, Chen, & Li, 2024)

Le premier article présente le management des risques comme un processus organisé permettant de comprendre, évaluer et agir sur les risques afin d'optimiser les chances de réussite. Le deuxième article reprend cette idée, mais l'applique particulièrement aux projets de construction, en insistant sur l'identification, l'évaluation et la réduction des risques techniques, financiers et environnementaux. Quant au troisième article, il élargit cette perspective en intégrant des risques propres aux projets résidentiels, comme ceux liés à la sécurité ou aux contrats. Bien que les trois articles partagent une vision commune du management des risques, chacun l'adapte à son contexte spécifique, en mettant en avant des dimensions et des outils adaptés à son domaine d'étude.

Quant à l'AMDEC, le troisième article la définit comme une méthode permettant d'identifier les modes de défaillance, leurs causes et leurs effets, en calculant la criticité pour hiérarchiser les risques, avec un accent sur l'amélioration de la qualité des projets. Le quatrième article la présente comme un outil efficace pour évaluer les risques opérationnels, en quantifiant leur impact, leur fréquence et leur détectabilité, notamment dans le secteur de l'assurance. Le cinquième article propose une version améliorée de l'AMDEC, intégrant une approche floue pour surmonter les limites de la méthode traditionnelle, en particulier dans l'analyse des défaillances techniques des systèmes électromécaniques. Ainsi, les trois articles s'accordent sur l'AMDEC comme outil d'analyse des risques, mais diffèrent dans leur application : gestion de projet, risques opérationnels ou défaillances techniques.

2. Le rôle de la topographie dans le management des risques :

Les travaux topographiques sont exposés à des risques comme les conditions météorologiques extrêmes, les terrains instables et les erreurs de mesure. Ces défis peuvent compromettre la précision des données et retarder les projets.

Dans leur article intitulé "Qualitative Analysis of Risks Affecting the Delivery of Land Surveying Project Activities", publié en 2021, Usama Issa, Muwaffaq Alqurashi et Ibrahim Salama explorent les risques qui affectent les activités des projets de topographie terrestre (LSPs). L'objectif principal de cette étude est d'identifier les principaux facteurs de risque qui influencent le temps et la précision des projets de topographie, ainsi que de classer ces risques et de déterminer les responsabilités associées. Les auteurs ont identifié quatre groupes d'activités principales dans les LSPs : les travaux de reconnaissance, les travaux de planification, les travaux de collecte de données et les travaux d'ajustement des données. Quarante-trois facteurs de risque ont été recensés, affectant ces activités. L'étude utilise une méthode mixte, combinant une revue de littérature, des entretiens semi-structurés avec des professionnels du domaine, et des sessions de brainstorming pour élaborer un questionnaire. Ce questionnaire a été distribué à des professionnels expérimentés dans la conception et l'exécution de projets de topographie. Les données collectées ont été analysées qualitativement et quantitativement, en utilisant des indices tels que l'indice de probabilité, l'indice d'impact sur le temps et l'indice d'impact sur la précision. Les résultats montrent que les travaux de collecte de données sont l'activité la plus risquée, avec environ 25% des projets confrontés à des dépassements de temps et ne répondant pas aux spécifications requises. Les facteurs de risque les plus critiques incluent la prise de mesures à des moments inappropriés et le transfert d'instruments entre points de contrôle. L'étude révèle également que le géomètre est responsable de la majorité des facteurs de risque, tandis que l'ingénieur de bureau a la responsabilité la plus faible. Les auteurs concluent que les risques identifiés dans les projets de topographie terrestre ont un impact significatif sur le temps et la précision des projets. Ils soulignent que la plupart des risques critiques se trouvent dans les travaux de collecte de données, et que le géomètre est le principal responsable de ces risques. L'étude met en avant l'importance de la gestion des risques pour améliorer l'efficacité des projets de topographie et recommande une meilleure formation des équipes ainsi qu'une planification rigoureuse pour atténuer ces risques. Les résultats de cette étude peuvent servir de base pour développer des plans de gestion des risques dans les futurs projets de topographie. (Issa, Alqurashi, & Salama, 2021)

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Dans sa thèse intitulée "Developing Health and Safety Guidance for Geodetic Engineering Surveyors", Oisín Patrick Kearns (2018) explore les risques professionnels auxquels sont exposés les géomètres-topographes dans le secteur de la construction, en mettant l'accent sur l'éducation et la formation en matière de santé et de sécurité. L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'étendue de la formation en santé et sécurité dispensée aux étudiants en géodésie dans les programmes d'enseignement supérieur en Irlande, et de proposer des mesures correctives si des lacunes sont identifiées. L'étude identifie plusieurs risques spécifiques aux géomètres-topographes, notamment les dangers physiques (comme le port de charges lourdes, le travail en hauteur, et l'exposition à des environnements difficiles), les risques chimiques (utilisation de peinture en aérosol), les risques ergonomiques (postures contraignantes lors de l'utilisation d'instruments de mesure), et les risques psychosociaux (travail isolé). La méthodologie employée dans cette étude est mixte, combinant une approche qualitative (étude de cas détaillée sur un chantier de construction irlandais) et une approche quantitative (enquête par questionnaire auprès des directeurs de cours et des enseignants dans les universités et instituts technologiques). L'échantillon comprend 45 répondants issus d'établissements d'enseignement supérieur en Irlande. Les résultats ont révélé que la majorité des programmes de géodésie et d'ingénierie topographique incluent une certaine formation en santé et sécurité, bien que de justesse (+5 %). Cette formation est dispensée en tant que composante d'un module dans 73 % des cas. Lorsque le sujet est proposé de manière indépendante, une moyenne de cinq crédits ECTS (European Credit Transfer Accumulation System) est attribuée. En ce qui concerne l'approche pédagogique, 75 % des répondants ont indiqué que la formation en santé et sécurité proposée n'est pas spécifiquement conçue pour les praticiens de la géodésie. La recherche conclut qu'en République d'Irlande, l'enseignement supérieur en santé et sécurité varie considérablement dans les programmes de géodésie et d'ingénierie topographique. Dans la majorité des cas, cette formation est de courte durée et très générique. Pour remédier à cette situation, une application électronique de Safe System of Work Plan a été proposée, conçue pour être utilisée à la fois dans un cadre académique et professionnel. (Kearns, 2018)

L'article intitulé "Identification and assessment of risk factors affecting construction projects", publié en 2017 par Mohamed Sayed Bassiony Ahmed Abd El-Karim, Omar Aly Mosa El Nawawy et Ahmed Mohamed Abdel-Alim, explore les facteurs de risque qui influencent les dépassements de coûts et de délais dans les projets de construction. L'objectif principal de cette recherche est d'identifier, d'étudier et d'évaluer les facteurs de risque affectant les contingences de coût et de

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

temps dans les projets de construction, en mettant l'accent sur le contexte égyptien. Les risques identifiés dans cette étude sont liés aux travaux topographiques, tels que les conditions géotechniques imprévues, les aléas climatiques et les difficultés d'accès au site. Ces facteurs, influencés par la nature du terrain, peuvent entraîner des retards et des surcoûts importants, notamment dans les zones rurales ou complexes. Une mauvaise évaluation de ces risques topographiques, comme des études géotechniques insuffisantes, peut perturber la planification et l'exécution des projets, nécessitant ainsi des contingences de temps et de coût pour en atténuer l'impact. La méthode utilisée dans cette étude est mixte, Les données ont été collectées auprès de 16 entreprises de construction en Égypte, avec un total de 59 questionnaires remplis par des professionnels expérimentés dans le domaine de la construction. Les résultats montrent que certains facteurs, comme les conditions météorologiques imprévues, les retards dans les permis et les changements politiques, ont un impact significatif sur les dépassements de coûts et de délais. En conclusion, l'article souligne l'importance de l'estimation des contingences de coûts et de temps pour la réussite des projets de construction. Les auteurs recommandent une gestion proactive des risques, notamment en transférant ou en atténuant les impacts des facteurs à haut risque, afin d'améliorer la prévisibilité des budgets et des délais. (Abd El-Karim, Mosa El Nawawy, & Abdel-Alim, 2017)

L'article intitulé "Risk assessment of construction safety accidents based on association rule mining and Bayesian network" par Hui Yao, Jianjun She, et Yilun Zhou, publié en 2024 dans le Journal of Intelligent Construction, vise à évaluer les risques d'accidents de sécurité dans le secteur de la construction en utilisant des techniques d'apprentissage automatique (machine learning) et des réseaux bayésiens (Bayesian networks). L'objectif principal de cette étude est de fournir une méthodologie systématique pour identifier les facteurs causals d'accidents, analyser leurs corrélations, et évaluer leur impact sur la probabilité d'occurrence d'accidents, afin de mettre en place des mesures préventives et de contrôle. Les risques traités dans cette étude incluent les facteurs humains (comme la violation des règles de travail), techniques (comme l'utilisation d'équipements défectueux), environnementaux (comme les conditions météorologiques), et de gestion (comme le manque de formation en sécurité). Ces risques sont liés aux travaux topographiques, notamment dans des environnements de construction complexes et dynamiques où les conditions du site peuvent influencer la sécurité. L'étude adopte une méthode mixte. Les données sont collectées à partir de 166 rapports d'accidents de construction à l'aide de techniques

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

de web scraping et de text mining. Les facteurs causals sont extraits et analysés à l'aide de l'exploration de règles d'association pour identifier les corrélations entre les facteurs. Un modèle de réseau bayésien est ensuite construit pour évaluer les risques et effectuer des raisonnements inverses afin d'identifier les chemins probables d'accidents et les facteurs sensibles. Les résultats montrent que les facteurs de gestion sont les principaux déclencheurs d'accidents, avec des éléments tels que le manque de formation en sécurité et la négligence dans la gestion des risques. L'analyse de sensibilité révèle que des facteurs comme la non-conformité aux responsabilités de sécurité et le manque de qualifications ont un impact significatif sur la survenue d'accidents majeurs. En conclusion, cette étude propose une méthodologie innovante pour l'évaluation des risques dans la construction, en combinant des techniques avancées de ML et de BN. Les résultats soulignent l'importance d'une gestion proactive des facteurs de risque, en particulier ceux liés à la gestion et aux comportements humains, pour réduire la probabilité d'accidents. Cependant, des limites sont identifiées, notamment la complexité des algorithmes utilisés et le besoin d'améliorer les technologies de traitement des données pour une évaluation dynamique des risques. (Yao, She, & Zhou, 2024)

Dans leur article intitulé "Safety Risk Assessment Model for Bridge Construction", publié en 2025, Hartono et al. Proposent un modèle d'évaluation des risques visant à améliorer la sécurité dans les projets de construction de ponts en Indonésie. L'objectif principal de cette étude est de développer un cadre systématique pour identifier, évaluer et prioriser les risques liés à la construction de ponts, en intégrant la structure de découpage du travail (WBS), la structure de découpage des risques (RBS), le processus analytique hiérarchique (AHP) et une méthode de notation. Les risques traités incluent les chutes de travailleurs, les défaillances d'équipement, les effondrements de matériaux et les accidents liés à l'installation des poutres et des diaphragmes, qui sont souvent associés à des facteurs humains, matériels et environnementaux. Dans le cadre des travaux topographiques, ces risques sont particulièrement présents lors des relevés en hauteur, des implantations sur des terrains instables ou en zones de construction, où l'utilisation d'instruments sensibles comme les stations totales et les niveaux peut être compromise par des conditions difficiles. De plus, la nécessité d'un positionnement précis expose les topographes à des zones dangereuses, augmentant le risque de chutes et de heurts avec des équipements en mouvement. Cette étude adopte une méthode mixte, combinant des analyses qualitatives (entretiens avec des experts) et quantitatives (calculs d'indices de risque et pondérations via AHP). L'échantillon comprend 48 professionnels du secteur de la

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

construction, dont des entrepreneurs, des consultants et des représentants gouvernementaux. Les résultats révèlent que les activités les plus risquées sont l'installation des poutres et des diaphragmes, avec un indice de risque élevé, suivi par les travaux de renforcement des piles. En conclusion, l'étude souligne l'importance d'une planification proactive de la sécurité, d'une meilleure sensibilisation aux risques et de l'application stricte des procédures de sécurité pour réduire les accidents dans la construction de ponts. Le modèle proposé offre un outil efficace pour les gestionnaires de projet afin d'identifier et de prioriser les risques, améliorant ainsi la sécurité et la gestion des projets. (Hartono, Kristiawan, Handayani, & Sutopo, 2025)

Les risques diffèrent selon les domaines, mais tous peuvent affecter les travaux topographiques. Le premier article met en avant les risques liés aux erreurs de mesure, aux retards et aux conditions météorologiques défavorables, qui compromettent la précision des données. La thèse souligne les dangers physiques, chimiques et ergonomiques auxquels sont exposés les géomètres, ainsi que les lacunes dans leur formation en santé et sécurité. Le deuxième article aborde les risques géotechniques, climatiques et d'accès au site, qui peuvent entraîner des dépassements de coûts et de délais dans les projets. Le troisième article identifie les risques d'accidents de sécurité, notamment lors de travaux en zones complexes, où les facteurs humains et environnementaux jouent un rôle clé. Enfin, le quatrième article se concentre sur les risques spécifiques à la construction de ponts, comme les chutes de travailleurs et les défaillances d'équipement, souvent aggravés par des conditions topographiques difficiles. Ainsi, bien que variés, ces risques montrent que les travaux topographiques sont exposés à des défis multiples, nécessitant une gestion proactive pour en minimiser les impacts.

La revue de la littérature montre que les risques topographiques sont encore peu étudiés. Bien que l'AMDEC soit largement utilisée dans d'autres secteurs, son application spécifique au domaine topographique demeure très limitée. Ces lacunes mettent en évidence un besoin urgent de recherches approfondies pour combler ces vides. Ainsi, notre étude propose d'explorer l'utilisation de l'AMDEC pour la documentation des risques dans un projet topographique.

Section 2 : Cadre conceptuel

Dans tout mémoire de fin d'étude, certains concepts-clés reviennent fréquemment et leur définition constitue une base essentielle pour comprendre l'ensemble du travail. Il est donc primordial, dans le cadre de notre étude, de commencer par définir les concepts pivots autour desquels s'articulera l'ensemble de l'étude. Nous allons donc définir la topographie et les concepts qui lui sont liés, le Management des risques et la méthode AMDEC.

A. Un projet topographie :

Un projet topographique est une mission essentielle dans tout projet d'infrastructure ou d'aménagement, où le topographe intervient pour effectuer des mesures précises du terrain à l'aide d'instruments spécialisés, afin d'établir des plans détaillés et de fournir des données fiables aux autres ingénieurs. Il permet de représenter fidèlement la réalité du terrain, de préparer la conception, de suivre l'exécution et de garantir la conformité des travaux. Cette phase intervient en amont de tout projet, qu'il s'agisse de construction, de voirie, de réseau ou d'aménagement urbain. Les livrables principaux incluent des plans topographiques (2D/3D), des rapports de mission et des fiches de coordonnées ou d'implantation. Les éléments constitutifs du projet comprennent l'étude préalable, le levé terrain, le traitement des données et la production des livrables. Les principaux acteurs sont l'ingénieur topographe, le technicien topographe, le bureau d'études, le maître d'ouvrage, les entreprises de travaux et, dans certains cas, le géomètre-expert. L'expertise du topographe est donc déterminante pour assurer la précision, la sécurité et la réussite globale du projet.

1. Généralités :

1.1 La science géodésique :

La science géodésique est la discipline qui regroupe l'ensemble des méthodes d'acquisition et de traitement des dimensions physiques de la Terre et de son environnement. Cette science est indispensable, notamment pour :

- Cartographier la terre, tant au-dessous du sol, et au fond des mers ;
- Dresser des cartes de navigation aérienne, terrestre et maritime ;
- Etablir les limites de propriétés tant publiques que privées ;
- Créer des banques de données relatives aux ressources naturelles ;

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- Déterminer la forme et les dimensions de la terre, de même que l'étude de la gravité et du champ magnétique ;
- Dresser des cartes de notre satellite naturel et des autres planètes.

La science géodésique joue un rôle majeur dans les domaines du génie. Indispensable en amont, durant et après la réalisation de projets d'infrastructures (routes, voies ferrées, tunnels, etc.), elle regroupe la topographie, la topométrie, la cartographie, la géodésie, la photogrammétrie et l'astronomie géodésique. (Tsvetanov, 2021)

1.2 La topographie :

La topographie, emprunté au grec au XVe siècle, signifie littéralement la description (graphia) d'un lieu (topo).

Il s'agit de l'art de représenter, sur une surface plane, une portion déterminée du sol terrestre, en y incluant tous les détails naturels et artificiels, ainsi que son relief. Ainsi, une carte topographique est une reproduction géométriquement semblable de la zone représentée, respectant les angles et les distances selon une échelle donnée.

La topographie, parfois appelée géodésie inférieure ou géodésie complémentaire, se distingue par le fait qu'elle considère les effets de la courbure terrestre comme négligeables. Ses résultats sont traduits par des points dont les coordonnées peuvent être exprimées de différentes manières.

- Géographiques : latitude et longitude (valeurs angulaires).
- Cartésiennes : exprimées dans un référentiel géocentrique (valeurs métriques).
- En projection : représentation cartographique plane (valeurs métriques).

(BOUKHIAR, 2022)

1.3 Topométrie :

Les termes grecs « topo » (lieu) et « métrie » (mesure) donnent son sens à la topométrie.

Il s'agit d'une technique permettant de recueillir, directement sur le terrain, les données nécessaires pour calculer les dimensions précises de tous les éléments représentés sur un plan à grande ou très grande échelle (comme dans le cas d'un levé de détails).

La topométrie trouve des applications dans plusieurs domaines, notamment :

1. **Topométrie de construction** : Elle fournit les alignements et les cotes nécessaires à la réalisation d'ouvrages tels que bâtiments, réseaux d'assainissement, voirie et autres infrastructures.
2. **Topométrie routière** : Elle intervient dans le tracé et le contrôle des infrastructures linéaires comme les routes, les voies ferrées et les pipelines, souvent sur de longues distances.
3. **Topométrie cadastrale** : Elle détermine les limites et subdivisions des propriétés foncières, une mission exclusivement réservée aux géomètres-experts.
4. **Topométrie souterraine** : Elle concerne le relevé des tunnels, cavités et galeries, ainsi que le calcul de leurs dimensions et volumes.
5. **Topométrie hydrographique** : Elle cartographie les zones aquatiques, incluant côtes, lacs, cours d'eau et fonds marins.
6. **Topométrie industrielle** : Elle assure l'implantation et le contrôle des installations industrielles à l'aide d'instruments de mesure optiques. (TALEB, 2023)

1.4 La cartographie :

La cartographie a pour objectif de représenter la Terre ou une autre planète de manière géométrique et graphique à travers la conception, la préparation et la réalisation de cartes. Elle est à la fois une science, un art et une technique. La carte, son produit final, vise à approcher la réalité tout en alliant une certaine esthétique :

- C'est une science, car elle s'appuie sur des fondements mathématiques, notamment pour déterminer la forme et les dimensions de la Terre, ainsi que pour transposer sa surface courbe sur un plan (la carte) à l'aide de systèmes de projections. Elle permet également

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

l'établissement d'un canevas planimétrique et altimétrique. L'enjeu réside dans la précision et la fiabilité de la représentation.

- C'est un art, car en tant qu'expression graphique, la carte doit posséder des qualités formelles (esthétiques et didactiques), reposant sur la clarté du trait, son expressivité et sa lisibilité, afin d'optimiser la perception visuelle du lecteur. Cela implique, pour le concepteur et le réalisateur, des choix réfléchis dans la représentation.
- C'est enfin une technique, car elle requiert, de l'amont à l'aval, l'utilisation d'outils dont les évolutions ont révolutionné toute la filière cartographique (photographies aériennes, satellites, ordinateurs, impression, diffusion, etc.). (CHADLI, 2022).

1.5 La géodésie :

La géodésie est la science qui mesure les dimensions et la forme de la Terre. Elle s'est développée selon deux axes fondamentaux :

- **Axe théorique** : étude de la forme et des dimensions terrestres, analyse du champ de pesanteur, et développement de techniques de mesure spatiale précises (pour le repérage et le guidage des satellites).
- **Axe pratique** : établissement de points de repère permanents permettant la réalisation de cartes et plans précis, ainsi que la fourniture de données géométriques pour les grands travaux de génie civil. Cette discipline détermine la position exacte de points fixes, nécessitant des mesures terrestres (angles et distances entre points distants de plusieurs dizaines de kilomètres) et des mesures astronomiques (détermination des coordonnées géographiques en longitude et latitude). (KAID, 2015/2016)

1.6 La photogrammétrie :

La photogrammétrie est la science permettant d'acquérir des informations à la fois quantitatives et qualitatives à partir de photographies. Selon sa définition, cette discipline se structure autour de deux champs d'application principaux :

- **Le champ métrique** : il consiste à effectuer des mesures, directement ou indirectement, sur des photographies aériennes ou terrestres, dans le but de déterminer avec précision la forme et les dimensions des objets étudiés.
- **Le champ interprétatif** : il permet d'extraire des informations spécifiques par l'examen d'images produites par des capteurs optiques ou non optiques (tels que les capteurs

infrarouges, les radars, etc.). Cette dimension exige impérativement que l'interpréteur dispose de compétences spécialisées dans le domaine d'application concerné (géologie, foresterie, etc.).

La photogrammétrie trouve des applications dans de multiples domaines : topographie, foresterie, géologie, génie civil, architecture, archéologie, urbanisme, médecine, géographie et balistique. (Tsvetanov, 2021)

Figure 1:Définitions du risque selon les organisations les plus accréditées au monde



Source : polycopié de Dr. KAID Nouria USTOMB

1.7 L'astronomie géodésique :

L'astronomie géodésique, fondée sur les principes de l'astronomie et de la trigonométrie sphérique, permet de déterminer, à partir d'observations des astres, la position exacte de points ainsi que la direction précise de lignes à la surface de la Terre. La position exacte s'exprime en latitude et longitude, par rapport à l'équateur et au méridien de Greenwich, tandis que la direction est définie par l'angle formé entre la ligne considérée et le méridien local.

Basée sur les principes de l'astronomie et de la trigonométrie sphérique, l'astronomie géodésique permet, grâce à l'observation des astres, de déterminer la position exacte ainsi que l'orientation précise des points et des lignes à la surface de la Terre. La position absolue est exprimée par les coordonnées géographiques, à savoir la latitude par rapport à l'équateur et la longitude par rapport au méridien origine de Greenwich, tandis que la direction absolue d'une ligne est donnée par l'angle qu'elle forme avec le méridien du lieu. (Tsvetanov, 2021)

1.8 Le levé topographique :

Un levé topographique est l'ensemble des opérations réalisées sur le terrain pour recueillir les éléments nécessaires à l'établissement d'un plan ou d'une carte. Il comprend deux phases : la mise

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

en place des canevas géodésiques et le relevé des détails. Contrairement aux levés de limites, qui se concentrent sur les mesures horizontales, le levé topographique inclut les variations d'altitude. Il représente la hauteur, la profondeur, la taille et la position des éléments naturels ou artificiels d'un terrain, ainsi que les changements d'élévation sur toute la parcelle.

1.9 Les implantations :

Les projets d'aménagement s'appuient généralement sur des données topographiques obtenues par des relevés terrain. Pour cela, le topographe procède à l'implantation, c'est-à-dire qu'il matérialise sur le terrain les éléments planimétriques et altimétriques nécessaires à la réalisation du projet.

1.10 La polygonation :

La polygonation regroupe les opérations de mesure et de calcul d'une polygonale, en s'appuyant sur des méthodes de coordonnées issues de la géométrie analytique.

Son objectif principal est de réaliser un levé topographique, c'est-à-dire relever, pour une zone donnée, tous les détails naturels et artificiels, tant en planimétrie qu'en altimétrie. Pour assurer une représentation graphique précise, il est nécessaire d'implanter sur le terrain des lignes de contrôle servant de référence pour relier les différents détails. Ces lignes forment la structure polygonale.

La polygonation est également utilisée pour densifier les points géodésiques et les points de contrôle en photogrammétrie, ainsi que pour effectuer des rattachements dans un système de coordonnées défini. (MELOUKA, 2023/2024)

1.11 Monitoring :

De nos jours, les projets de construction sont de plus en plus complexes, ce qui engendre de nouveaux défis. Le processus de planification de la procédure du monitoring est l'une des bases les plus importantes pour la réussite d'un tel projet. Le monitoring de déformation représente dans ce cas un instrument très important pour le contrôle de la qualité et surtout pour la sécurité des travaux et des personnes travaillant dans les infrastructures souterraines ou en surface.

Le monitoring de déformation peut être exploité, entre autres, pour détecter des mouvements et des changements dans les objets suivants :

- Tunnels.
- Ponts.
- Routes.

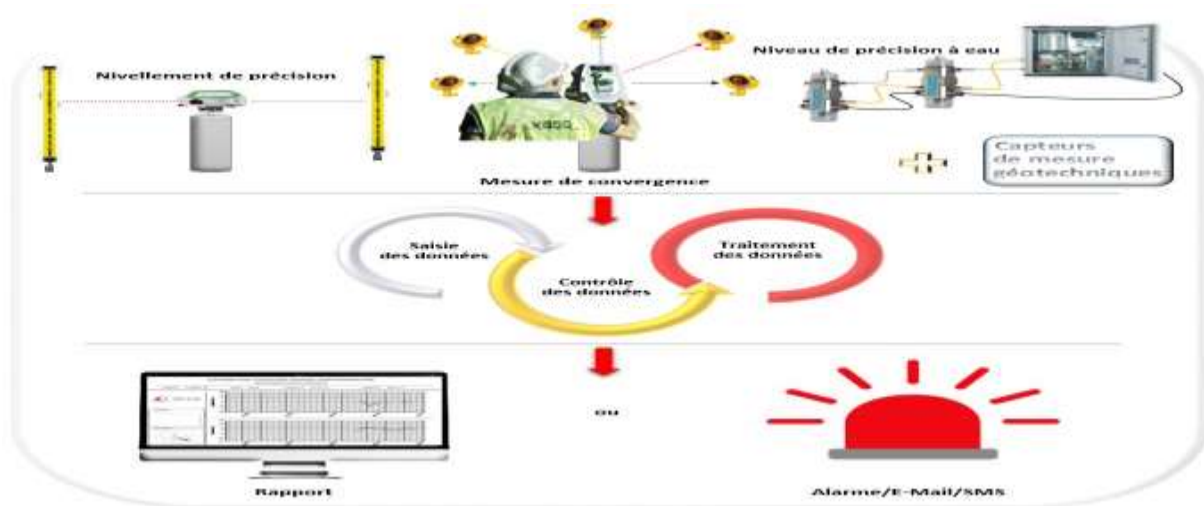
CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- Fondations et bâtiments.
- Chantiers de construction.
- Zones de tassements et les barrages.

Ce n'est que lorsque l'excavation du tunnel ou lorsque l'exécution des travaux de construction commencent, que la mise en service coordonnée des équipements installés trouve lieu et que le monitoring devient alors un processus continu et permanent qui contribue à prouver les mouvements attendus dans la vie pratique.

En fonction des circonstances sur le terrain et des exigences du projet, les dispositifs de mesure géodésiques et géotechniques appropriés seront sélectionnés avec soin. On utilise généralement des stations totales, des niveaux de précisions digitales, des niveaux de précision à eau, des inclinomètres et des extensomètres. Bien entendu, cela inclut aussi le logiciel d'acquisition et d'évaluation des données et la gestion des alarmes. (VBSS, 2025)

Figure 2: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring



Source : Le site web de VBSS

1.12 Un plan :

Un plan est une représentation graphique, à l'échelle, d'une zone limitée de la surface terrestre, obtenue par projection orthogonale des éléments sur une surface plane.

Figure 3: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring



Source : Bureau d'étude VBSS

1.13 Une carte :

Une carte est une représentation conventionnelle et réduite d'une portion de terrain à petite échelle, comme les cartes géographiques, topographiques ou routières. Elle permet également d'illustrer l'évolution des phénomènes dans le temps, ainsi que leurs facteurs de déplacement et de mouvement dans l'espace. (KAID, 2015/2016)

Figure 4: Quelques services de la VBSS dans le domaine du monitoring



Source : Les cours de Mr. Nabad Abdelkader Nadir, Enseignant chercheur UHBC

1.14 Systèmes d'Information Géographique :

Un SIG, dans sa définition technique, est un système informatique permettant la saisie, la manipulation, le stockage et la visualisation de données spatiales numériques. Dans une perspective plus large, il s'agit d'un système numérique complet dédié à l'acquisition, la gestion, l'analyse, la modélisation et la visualisation de données spatiales numériques, servant à la planification, à la gestion administrative, au contrôle de l'environnement naturel et aux applications socio-économiques. (BOUKHIAR, 2022)

2. Les applications de la topographie :

La topographie intervient dans de nombreuses activités, parmi lesquelles les plus courantes sont les suivantes :

- La topographie de construction qui consiste à donner des altitudes servant à la construction des réseaux, des poteaux d'éclairage public...etc.
- La topographie routière qui est liée aux autoroutes aux chemins de fer et aux travaux s'étendant sur des grandes distances par exemple : Implanter l'axe de la route, piqueter les courbes routières.
- La topographie cadastrale qui consiste à déterminer la délimitation et le morcellement des propriétés foncières. Par exemple : Subdiviser ou piqueter des lots, rétablir d'anciennes lignes de propriété.
- La topographie souterraine qui s'intéresse à la détermination de l'orientation et des dimensions des galeries de calcul des volumes. Par exemple : Localiser les puits ou bien faire la relevée de la galerie.
- La topographie industrielle qui s'oriente vers les aménagements des installations industrielles au moyen d'instruments optiques. (KAID, 2015/2016)

3. Les différents appareils de mesure topographique :

3.1 Vocabulaire des appareils topographiques :

Ces clarifications terminologiques s'appliquent aussi bien aux instruments qu'aux techniques utilisées en topographie.

- **Axe de visée, axe de collimation** : ligne passant par les foyers de l'objectif d'une lunette et par le point de mesure correspondant au réticule.

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- **Basculement** : rotation de la lunette du théodolite de 200 gr autour de l'axe horizontal afin de corriger les erreurs instrumentales.
- **Calage et mise en station** : opérations réalisées par l'opérateur pour positionner l'axe vertical de l'appareil exactement à l'aplomb d'un repère au sol.
- **Correction** : valeur algébrique ajoutée à une mesure ou un calcul pour éliminer des erreurs systématiques connues.
- **Croisée du réticule** : croix tracée sur le réticule qui représente un point précis de l'axe de visée.
- **Erreur de fermeture** : différence entre une valeur mesurée en topométrie et la valeur théorique ou attendue.
- **Fils stadimétriques** : lignes horizontales symétriquement tracées sur la croisée du réticule, utilisées pour estimer des distances à partir d'une échelle graduée positionnée sur la station.
- **Hauteur de l'appareil** : distance verticale entre l'axe horizontal de l'appareil et celui de la station.
- **Implantation** : mise en place de repères et de lignes définissant la position et le niveau des éléments à construire.
- **Levé** : relevé de la position d'un point existant.
- **Lunette** : instrument optique équipé d'un réticule ou d'une croisée de réticule, servant à établir un axe de visée en observant un objet de mesure.
- **Mesurage** : opérations visant à déterminer la valeur d'une grandeur.
- **Nivelle** : tube en verre scellé, rempli d'un liquide (alcool), dont la surface intérieure est bombée de manière à former une bulle d'air qui change de position selon l'inclinaison du tube.
- **Nivellement** : opération consistant à placer une ligne ou une surface dans une position horizontale ou à mesurer des différences de niveau.
- **Repères** : points dont les coordonnées sont connues.
- **Réticule** : disque transparent portant des traits ou des graduations permettant des lectures précises.
- **Signal, balise** : dispositif auxiliaire indiquant l'emplacement d'une station (par exemple un jalon).

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- **Station** : point à partir duquel ou vers lequel une mesure est effectuée, pouvant être situé sur un bâtiment ou dans la zone d'étude.
- **Tolérance** : variation admissible pour une dimension. (KAID, 2015/2016)

3.2 Matériels et Instruments topographiques :

3.2.1 La roulette :

La roulette, montée dans un boîtier avec un système "sans marche", est pratique et utilise un ruban plastifié ou en acier (10 à 50 m). Bien que populaire, elle est moins précise que les rubans classiques, qui permettent des mesures "bout à bout" avec des poignées articulées et cannelées pour plus de précision.

3.2.2 Le jalon– Le trépied de jalon :

Le jalon est une tige, en bois ou en métal, parfaitement droite et exempte de défauts, généralement peinte en rouge et blanc, et graduée en décimètres ou en demi-mètres. Sa longueur varie généralement entre 2 et 4 mètres.

3.2.3 Le niveau :

Le niveau est un instrument utilisé pour mesurer les altitudes des points.

3.2.4 Mire verticale et de topographie :

Il s'agit d'une mire verticale généralement graduée en centimètres, dont les chiffres peuvent être orientés à l'endroit ou à l'envers selon que l'instrument produit une image droite ou inversée de l'objet. La mire est mise parfaitement à la verticale à l'aide d'une nivelle. Sa longueur varie généralement entre 3 et 5 mètres.

3.2.5 La Boussole :

La boussole est un instrument qui indique la direction du nord magnétique grâce à une aiguille aimantée.

3.2.6 Les Equerres :

C'est un petit instrument permettant de mesurer un angle droit. On distingue l'équerre à prisme simple et l'équerre à prisme double.

3.2.7 Le Trépied :

Il s'agit du support sur lequel sont placés les appareils de géodésie avant de réaliser des mesures.

3.2.8 Le piquet :

Repère physique en bois ou métal planté dans le sol, servant à matérialiser un point topographique ou une limite.

3.2.9 Le Niveau :

Le niveau est un instrument utilisé pour déterminer les altitudes des points.

3.2.10 Le Théodolite :

Le théodolite est un instrument conçu pour mesurer des angles horizontaux et verticaux.

3.2.11 Station totale :

La station totale, instrument topographique, associe un théodolite électronique et un carnet électronique pour mesurer angles et distances, permettant le calcul de coordonnées précises.

3.2.12 GPS :

C'est un système de positionnement par satellites permettant d'obtenir des coordonnées géographiques en temps réel, utilisé pour les levés topographiques. (NOURI, 2017-2018)

4. Les fautes et les erreurs :

La mesure consiste à comparer une grandeur à une référence de même nature (étalon ou gabarit). Toute mesure comporte une inexactitude, provenant soit d'une erreur, soit d'une faute. En topographie, la rigueur des travaux repose précisément sur l'analyse des erreurs potentielles, leur détection, et leur correction par des méthodes appropriées afin d'en minimiser l'impact.

4.1 Les fautes :

Une faute est commise par l'opérateur lorsqu'il ne respecte pas les procédures établies, entraînant une erreur de mesure, que ce soit intentionnellement ou non. Ces fautes résultent généralement de facteurs humains tels que la maladresse, la négligence, l'oubli, l'incompétence ou parfois même la mauvaise foi. Bien que la distinction entre les trois causes (maladresse, négligence et oubli) soit souvent délicate à établir, ces fautes sont normalement identifiées et corrigées au cours des mesures de contrôle.

4.2 Les erreurs :

Les erreurs sont de petites imprécisions résultant des défauts des instruments et des perceptions humaines. Bien qu'inévitables, elles peuvent être réduites en sélectionnant soigneusement les instruments et les méthodes appropriées.

4.3 Distinction entre fautes et erreurs :

Les fautes sont des imperfections évitables, généralement grossières, dues à des négligences opératoires qu'une organisation judicieuse et un suivi strict des procédures eussent permis de déceler et d'éliminer. Les erreurs, quant à elles, constituent des écarts systématiques inévitables, générés par les limitations des instruments de mesure et des imperfections des sens. Ce sont ces dernières seules qui entrent dans le cadre des lois statistiques des probabilités. La connaissance des lois de leur combinaison est fondamentale pour le géomètre topographe et les responsables en métrologie, car ce sont celles qui conditionnent l'organisation même de leurs travaux. Aussi, connaissant les procédés et les instruments de mesure, il ne sera possible de juger d'une méthode opératoire, qu'à la lumière des règles d'appréciation de l'influence des erreurs. (KAID, 2015/2016)

B. Management des risques :

Le management des risques en topographie est une démarche proactive visant à anticiper, évaluer et maîtriser les risques liés aux opérations topographiques. Cette approche systématique permet d'identifier les dangers potentiels, qu'ils soient d'origine naturelle, technique, humaine ou réglementaire, afin de mettre en place des mesures préventives adaptées.

1. Historique

Les origines de l'étude du risque remontent à la Renaissance, marquées par l'émergence de la théorie des probabilités. Blaise Pascal et Pierre de Fermat, deux éminents scientifiques, en sont considérés comme les pionniers, établissant les bases mathématiques fondamentales de cette discipline. Leurs travaux, réalisés en 1654 et initialement motivés par des problématiques liées aux jeux de hasard, ont révolutionné la compréhension de l'incertitude, du risque et des processus décisionnels. Ces avancées ont ainsi jeté les fondements du développement ultérieur de la science du risque. Au cours des siècles suivants, les mathématiciens ont perfectionné la théorie des probabilités, en faisant un outil essentiel pour l'analyse de l'information et l'optimisation des décisions. La maîtrise de ces concepts a par ailleurs favorisé l'évolution de la gestion des risques en tant que discipline structurée.

Si les premières traces d'une gestion consciente des risques remontent à l'Antiquité, avec l'apparition de formes primitives d'assurance, c'est véritablement au XXe siècle que cette discipline s'est structurée, en réaction à une série d'événements marquants sur les plans économique, militaire et politique, ainsi qu'aux catastrophes naturelles et à l'essor accéléré des

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

sciences et des technologies. Pendant plusieurs siècles, la gestion des risques, souvent confondue avec la gestion des assurances, s'est principalement cantonnée à l'utilisation de polices d'assurance pour couvrir les pertes liées à divers aléas (attaques, vols, dommages matériels, intempéries, etc.). Il a fallu attendre le milieu des années 1950 pour voir émerger des nouvelles approches dans la gestion des menaces potentielles.

Les risques émergents, souvent coûteux ou non assurables, ont rendu certaines couvertures peu rentables, voire indisponibles. Face à cette contrainte, de nouvelles approches d'auto-assurance et de mitigation des risques ont été développées pour atténuer les impacts négatifs des événements adverses. La méthode la plus simple d'auto-assurance consistait à constituer des réserves ou des fonds spéciaux, aussi liquides que possible, afin de couvrir d'éventuelles pertes. Parallèlement, les mesures de protection mises en œuvre poursuivaient un triple objectif : prévenir la survenance d'accidents, en limiter les conséquences dommageables, et optimiser la répartition des pertes potentielles.

L'ouvrage intitulé "Risk Management in the Business Enterprise" (Mehr et Hedges, 1963) a marqué un tournant décisif dans l'évolution de la discipline du risk management. Dans ce travail pionnier, les auteurs ont formalisé une méthodologie structurée en cinq phases distinctes : l'identification des menaces potentielles, l'évaluation de leur ampleur, l'analyse des réactions possibles, le choix d'une réponse appropriée et le suivi des effets. Cet ouvrage a également établi le cadre conceptuel des trois paradigmes fondamentaux en gestion des risques : l'acceptation, le transfert et la réduction du risque.

En 1963, Doug Barlow, chez Massey Ferguson, est devenu le premier professionnel à porter officiellement le titre de « risk manager ». Trois ans plus tard, en 1966, Barlow a conceptualisé la notion de coût du risque, intégrant non seulement les coûts directs mais aussi ceux associés à l'évitement, à la réduction et à la rétention des risques. Ces innovations marquèrent le début d'une transformation profonde dans l'approche du risk management, qui connaîtrait une véritable révolution conceptuelle et pratique au cours des années 1970. (Przetacznik, 2022)

2. Concepts clé :

2.1 Le risque :

Dans le cadre de leurs activités, toutes les entreprises sont exposées à divers risques. De même, dans notre vie quotidienne, le risque se manifeste constamment, souvent sans que nous en ayons conscience. Pourtant, si ce concept semble a priori clair, il est rarement défini avec la précision requise. Or, une définition rigoureuse du risque et une compréhension fine de ses mécanismes constituent un prérequis indispensable pour toute démarche efficace de gestion des risques.

Tableau 1:Définitions du risque selon les organisations les plus accréditées au monde.

Organisation	Définition
ISO Guide 73 ISO 31000	L'incertitude peut influencer les objectifs de différentes manières : elle peut avoir un effet positif, négatif ou entraîner un écart par rapport aux résultats attendus. Par ailleurs, le risque est généralement défini comme un événement, une modification des conditions ou une conséquence susceptible d'impacter ces objectifs.
Institute of Risk Management (IRM)	Le risque résulte de la combinaison entre la probabilité qu'un événement se produise et l'impact de ses conséquences, lesquelles peuvent être positives ou négatives.
"Orange Book" de HM Treasury	L'incertitude du résultat, située dans une plage d'exposition, résulte de la combinaison de l'impact et de la probabilité d'exposition à des événements potentiels.
Institute of Internal Auditors	L'incertitude quant à la survenue d'un événement pouvant affecter la réalisation des objectifs. Le risque se mesure par l'évaluation de ses conséquences et de sa probabilité.
Paul Hopkin (2010)	Un événement susceptible d'influencer la mission, la stratégie, les projets, les opérations courantes, les objectifs, les processus essentiels, les dépendances clés et/ou la satisfaction des attentes des parties prenantes.

Source : (ALAOUI & DHIBA , 2022)

Le mot « risque » est défini dans le dictionnaire comme :

- « (une) possibilité, probabilité d'un fait, d'un évènement considéré comme un mal ou un dommage ».
- « (un) danger, inconvénient plus ou moins probable auquel on est exposé ».

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Les définitions courantes associent indûment le « risque » au « danger » et à la « probabilité », à tel point que la seconde définition les considère comme synonymes, ce qui est inexact. Le « danger », quant à lui est défini dans le dictionnaire comme « ce qui constitue une menace, un risque pour quelqu'un, quelque chose ; situation où l'on se sent menacé ».

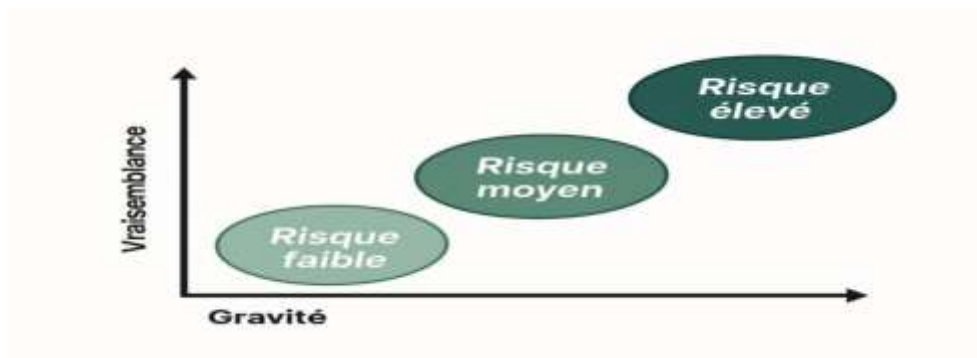
On constate ainsi que les notions de risque et de danger, bien que liées, restent distinctes. Il est donc essentiel de les différencier et de ne pas les confondre. En gestion des risques, réduire le risque ne revient pas à éliminer le danger lui-même, mais à agir sur l'exposition ou la probabilité d'occurrence d'un événement dangereux. Le risque englobe à la fois la présence d'un danger et la probabilité de son occurrence, tandis que le danger existe indépendamment de toute évaluation probabiliste.

Selon l'ISO/Guide 73 :2009 « Management du risque – Vocabulaire », un risque correspond à la combinaison entre la probabilité de survenue d'un danger (appelée fréquence ou vraisemblance) et sa gravité (également appelée criticité).

Le risque est généralement obtenu grâce à la formule suivante :

$$\text{Risque} = \text{Fréquence} \times \text{Gravité}$$

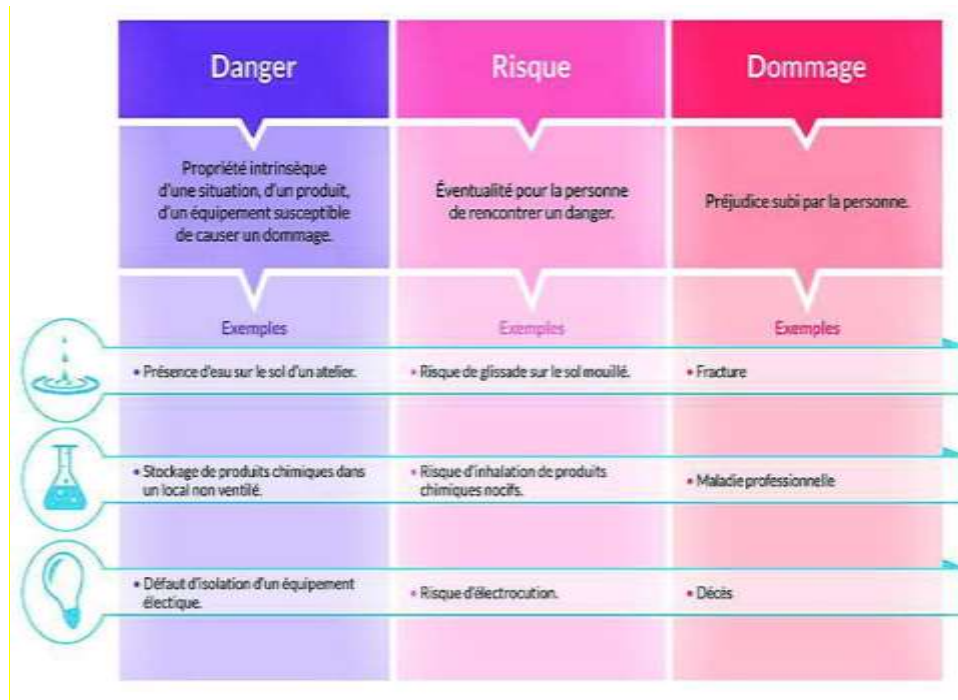
Figure 5: Appréciation du niveau de risque selon la probabilité de survenue d'un danger et sa gravité



Source : (Roix, 2020)

Le « dommage » complète les notions de danger et de risque : il désigne les répercussions physiques et morales subies par une personne exposée à un danger. (Roix, 2020)

Figure 6:Définitions et exemples de danger, risque et dommage



Source : (Roix, 2020)

2.2 La gestion des risques :

La gestion des risques se définit comme un processus structuré, planifié et continu, conçu pour aider les managers à prendre des décisions éclairées au bon moment, en leur permettant d'identifier, de classer, de quantifier, puis de gérer et de maîtriser les risques. (Voir Annexe H : Définitions de la gestion des risques)

La gestion des risques peut être considérée comme un processus décisionnel qui repose sur une compréhension approfondie des risques identifiés, ainsi que des actions à entreprendre pour accroître les chances de succès tout en réduisant la probabilité d'échec et le niveau d'incertitude liés à l'atteinte des objectifs organisationnels. Elle constitue ainsi une approche méthodique adoptée par les organisations pour gérer les risques associés à leurs activités.

Elle peut être définie plus précisément comme :

- La communication des risques
- La prise de décisions fondée sur le risque
- La gouvernance du risque.

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Pour maîtriser ces risques, les organisations utilisent des outils préventifs (agissant en amont) et curatifs (intervenant après l'événement). La gestion des risques basée sur des instruments de nature préventive est considérée stratégique pour l'organisation. (ALAOUI & DHIBA , 2022)

2.3 La cartographie des risques :

La cartographie des risques est un outil qui permet d'identifier les aléas pouvant impacter financièrement une entreprise, affecter son capital humain ou nuire à sa réputation. Son rôle consiste à dresser un inventaire exhaustif et à évaluer les risques des entités. La cartographie des risques constitue un système d'alerte qui renforce la capacité de l'entreprise à naviguer dans un environnement complexe et instable. Ce système a pour but d'identifier, gérer les risques et des opportunités au niveau de toute l'entreprise.

La création d'une cartographie des risques est un processus collaboratif visant à identifier les vulnérabilités de sécurité d'une organisation et à illustrer les différents types de risques auxquels elle peut être exposée. Établir une cartographie des risques répond à différents objectifs :

- Répondre à l'obligation réglementaire de communiquer sur les risques ;
- Identifier et évaluer les risques liés à la non-conformité ;
- Réduire les risques ;
- Elaborer le plan d'audit, identifier et piloter les couples risques/opportunités ;
- Hiérarchiser les risques recensés dans le cadre de l'élaboration de ladite cartographie ;
- Décider des mesures prioritaires. (Dionne, 2013)

3. Concepts liés au sujet :

3.1 risques : Effet de l'incertitude sur les objectifs.

3.2 Management du risque : Ensemble d'actions organisées visant à orienter et gérer un organisme face aux risques.

3.3 Partie prenante : Individu ou entité pouvant influencer, être impacté, ou percevoir un impact lié à une décision ou une action.

3.4 Source de risque : Tout facteur, isolé ou en association avec d'autres, pouvant provoquer un risque.

3.5 Événement : Survenue ou modification d'un ensemble spécifique de conditions.

3.6 Conséquence : Effet d'un événement affectant les objectifs.

3.7 Vraisemblance : Possibilité que quelque chose se produise.

3.8 Moyen de maîtrise : Action qui maintient et/ou modifie un risque. (ISO 31000, 2018)

3.9 Acceptation des risques : Décision d'accepter un risque

3.10 Analyse des risques : Évaluation du risque lié aux dangers identifiés.

3.11 Appréciation des risques : Processus structuré de collecte et d'analyse des informations visant à soutenir une décision relative à un risque dans le cadre de sa gestion ; il comprend l'identification des dangers ainsi que l'analyse et l'évaluation des risques liés à l'exposition à ces dangers.

3.12 Communication des risques : Transmission ou partage d'informations sur les risques et leur gestion entre le décideur et les parties prenantes.

3.13 Décideur(s) : Individu(s) disposant des compétences et de l'autorité requises pour prendre des décisions appropriées et en temps utile concernant la gestion des risques qualité.

3.14 Détectabilité : Capacité de déceler ou de déterminer l'existence, la présence ou un fait du hasard.

3.15 Évaluation des risques : Estimation du niveau de risque en fonction de critères prédéfinis, à l'aide d'une échelle quantitative ou qualitative, afin d'évaluer la gravité du risque.

3.16 Exigences : Les besoins ou attentes, qu'ils soient explicites ou implicites, des patients ou de leurs représentants (par exemple, professionnels de santé, autorités réglementaires et législateurs). Dans ce document, le terme « exigences » englobe non seulement les obligations légales, statutaires ou réglementaires, mais aussi ces besoins et attentes.

3.17 Gestion des risques liés à la qualité : Processus organisé et continu d'évaluation, de contrôle, de communication et de suivi des risques associés à la qualité du médicament (produit médical) durant l'ensemble de son cycle de vie.

3.18 Gravité : Mesure des conséquences possibles d'un danger.

3.19 Identification des risques : Emploi méthodique des informations pour identifier les sources potentielles de préjudice (dangers) mentionnées dans la description des problèmes ou des risques.

3.20 Intervenant : Individu, groupe ou organisation pouvant influencer un risque, être affecté par ce risque, ou se considérer comme concerné par celui-ci. Les décideurs peuvent aussi être des parties prenantes. Pour les besoins de cette directive, les principaux intervenants sont le patient, le professionnel de santé, l'autorité réglementaire et l'industrie.

3.21 Maîtrise (ou contrôle) des risques : Actions concrètes pour la mise en œuvre des décisions relatives à la gestion des risques.

3.22 Préjudice : Préjudice porté à la santé, incluant également tout dommage pouvant résulter de la diminution de la qualité ou de la disponibilité du produit.

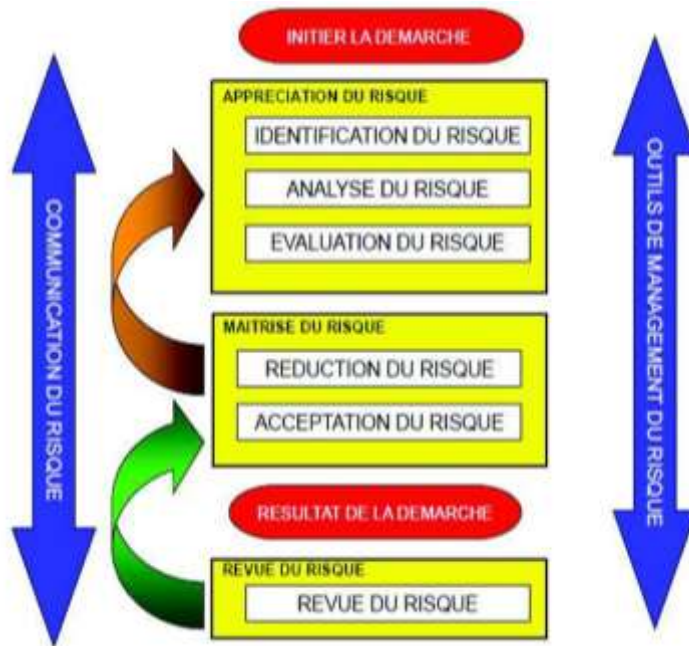
3.23 Réduction des risques : Mesures prises pour réduire la probabilité d'un préjudice et la gravité de ce préjudice.

3.24 Examen des risques : Contrôle ou suivi du produit ou du résultat du processus de gestion des risques, en intégrant, lorsque cela est pertinent, les nouvelles informations et expériences relatives au risque. (ICH Q9, 2016)

4. La démarche de la gestion des risques :

La gestion des risques est un processus structuré en trois étapes clés : l'appréciation du risque (identification, analyse et évaluation), la maîtrise du risque (réduction ou acceptation) et la revue continue des risques. Cette approche cyclique, soutenue par des outils adaptés, permet d'anticiper et de contrôler efficacement les menaces potentielles tout au long d'un projet.

Figure 7:Démarche général de la gestion des risques



Source : (Roix, 2020)

4.1 Lancement du processus :

Toute démarche de gestion des risques repose sur un certain nombre de prérequis indispensables à sa mise en œuvre efficace. Dans un premier temps, il convient de définir avec rigueur le périmètre de l'analyse : cela implique d'identifier précisément le processus, le système ou l'équipement pouvant présenter un ou plusieurs risques en matière de qualité.

Il est également essentiel d'établir une chronologie claire et de structurer les étapes à suivre afin de garantir un déroulement méthodique et cohérent de la démarche.

Par ailleurs, une connaissance approfondie du sujet analysé est indispensable pour assurer la fiabilité et la robustesse de l'évaluation. À cet effet, la constitution d'une équipe pluridisciplinaire s'impose comme un levier stratégique. Cette équipe devra regrouper des experts métiers, des interlocuteurs clés sur le sujet traité ainsi que des spécialistes de la gestion des risques, afin d'assurer une approche globale et pertinente du processus étudié. (Roix, 2020).

4.2 Appréciation du risque :

L'appréciation du risque est le processus global d'identification, d'analyse et d'évaluation du risque. Il convient que l'appréciation du risque soit menée de façon systématique, itérative et collaborative, en s'appuyant sur les connaissances et les opinions des parties prenantes. Il convient

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

d'utiliser les meilleures informations disponibles, complétées si nécessaire par une enquête plus approfondie

L'évaluation des risques implique l'identification des dangers ainsi que l'analyse et l'estimation des risques liés à l'exposition à ces dangers. Pour évaluer les risques relatifs à la qualité, il est essentiel de commencer par une définition précise du problème ou du danger. Une fois le risque clairement défini, il devient plus simple de choisir l'outil de gestion des risques adapté et de déterminer les informations nécessaires pour examiner ce danger.

Les trois questions essentielles suivantes facilitent généralement la définition précise des risques en vue de leur évaluation :

- Quels problèmes pourraient apparaître ?
- Quelle est la probabilité d'occurrence de ces problèmes ?
- Quelle est la gravité des conséquences ?

A. L'identification des risques :

Elle consiste en l'utilisation méthodique d'informations pour identifier les dangers mentionnés dans la description des problèmes ou des risques. Ces informations peuvent inclure des données historiques, des analyses théoriques, des avis experts ainsi que les préoccupations des parties prenantes. L'identification des risques cherche à répondre à la question « Quels problèmes pourraient survenir ? » tout en évaluant les conséquences potentielles de ces problèmes. Cette étape constitue la base pour les phases suivantes du processus de gestion des risques.

B. L'analyse des risques :

L'analyse des risques consiste à évaluer le niveau de risque lié aux dangers identifiés. Ce processus, qui peut être qualitatif ou quantitatif, vise à établir une relation entre la probabilité d'occurrence d'un événement et la gravité des dommages potentiels. Certains outils de gestion des risques intègrent également la capacité à détecter ces dommages (détectabilité) dans l'évaluation globale du risque.

C. L'évolution des risques :

L'appréciation des risques consiste à évaluer un risque identifié en fonction de critères préétablis. Elle porte une attention particulière à la fiabilité des données répondant aux trois questions fondamentales du risque. Pour garantir une évaluation efficace, la solidité de l'ensemble des

informations est cruciale, car elle conditionne la qualité des conclusions. La transparence sur les hypothèses retenues et les sources raisonnables d'incertitude renforce la confiance dans les résultats et aide à définir leurs limites. L'incertitude provient à la fois d'une connaissance incomplète du processus et de la variabilité, qu'elle soit attendue ou non. Parmi les sources courantes d'incertitude figurent les lacunes dans les connaissances, une compréhension insuffisante des mécanismes, les origines des dommages (comme les modes de défaillance ou les facteurs de variabilité), ainsi que la probabilité de détection des problèmes.

Le résultat de cette appréciation peut prendre la forme d'une estimation quantitative du risque ou d'une description qualitative d'une fourchette de risques. Lorsqu'elle est quantitative, une valeur numérique de probabilité est attribuée. Dans le cas d'une approche qualitative, des termes comme « élevé », « moyen » ou « faible » sont employés, accompagnés de définitions aussi précises que possible. Un « score de risque » peut aussi être utilisé pour affiner la mesure du niveau de risque. En analyse quantitative, l'estimation reflète la probabilité d'une conséquence spécifique dans un contexte donné, prenant en compte les circonstances associées au risque.

L'évaluation quantitative se concentre généralement sur une conséquence particulière à la fois. Par ailleurs, certains outils de gestion des risques utilisent une mesure de risque relatif qui combine différentes gravités et probabilités pour produire une estimation globale du risque relatif. Dans certains cas, les étapes intermédiaires d'un système de notation peuvent inclure une estimation quantitative du risque.

4.3 La maîtrise (ou contrôle) des risques :

La maîtrise ou le contrôle des risques consiste à prendre des décisions visant à réduire ou à accepter les risques identifiés. L'objectif principal est d'abaisser le risque à un niveau jugé acceptable. L'ampleur des actions entreprises doit être proportionnelle à la gravité du risque. Pour déterminer le niveau optimal de maîtrise, les décideurs peuvent recourir à diverses approches, telles que des analyses coûts-avantages.

La maîtrise des risques s'articule souvent autour des questions clés suivantes :

- Le risque dépasse-t-il le seuil acceptable ?
- Quelles mesures peuvent être mises en œuvre pour réduire ou éliminer ces risques ?

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- Comment trouver un équilibre approprié entre les bénéfiques, les risques et les ressources disponibles ?
- La gestion des risques actuels peut-elle engendrer de nouveaux risques ?

A. Réduction des risques :

La réduction des risques vise principalement à diminuer ou éliminer les risques liés à la qualité lorsqu'ils dépassent un seuil acceptable. Elle inclut les actions destinées à réduire à la fois la gravité et la probabilité des dommages. Des méthodes visant à améliorer la détectabilité des dangers et des risques qualité peuvent également faire partie intégrante de la stratégie de maîtrise des risques.

Toutefois, la mise en œuvre de mesures de réduction des risques peut parfois générer de nouveaux risques au sein du système ou accentuer des risques existants. Il est donc recommandé de réévaluer l'appréciation des risques afin d'identifier et d'estimer les éventuels changements dans le profil des risques suite à l'application des actions de réduction.

B. Acceptation des risques :

L'acceptation des risques correspond à la décision de tolérer un risque donné. Cette décision peut être formelle, par laquelle les risques résiduels sont explicitement acceptés, ou bien passive, lorsque ces risques ne sont pas clairement définis.

Dans certains cas, même les meilleures pratiques de gestion des risques liés à la qualité ne permettent pas d'éliminer totalement le risque. Dans ces situations, on considère qu'une stratégie adéquate de gestion des risques a été mise en œuvre et que le risque a été réduit à un niveau jugé acceptable. Ce seuil acceptable varie selon de nombreux facteurs et doit être déterminé au cas par cas.

4.4 Communication des risques :

La communication des risques consiste à partager des informations relatives aux risques et à leur gestion entre les décideurs et les autres parties prenantes. Cette communication peut intervenir à n'importe quelle étape du processus de gestion des risques.

Le résultat de ce processus doit être communiqué de manière appropriée et documenté avec rigueur.

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Les informations transmises peuvent porter sur l'existence des risques, leur nature, leur type, leur probabilité, leur gravité, leur acceptabilité, les mesures de contrôle mises en place, leur traitement ainsi que leur détectabilité, ou encore d'autres aspects liés aux risques.

Cependant, ces échanges ne sont pas systématiquement nécessaires pour tous les cas d'acceptation des risques. (ICH Q9, 2016)

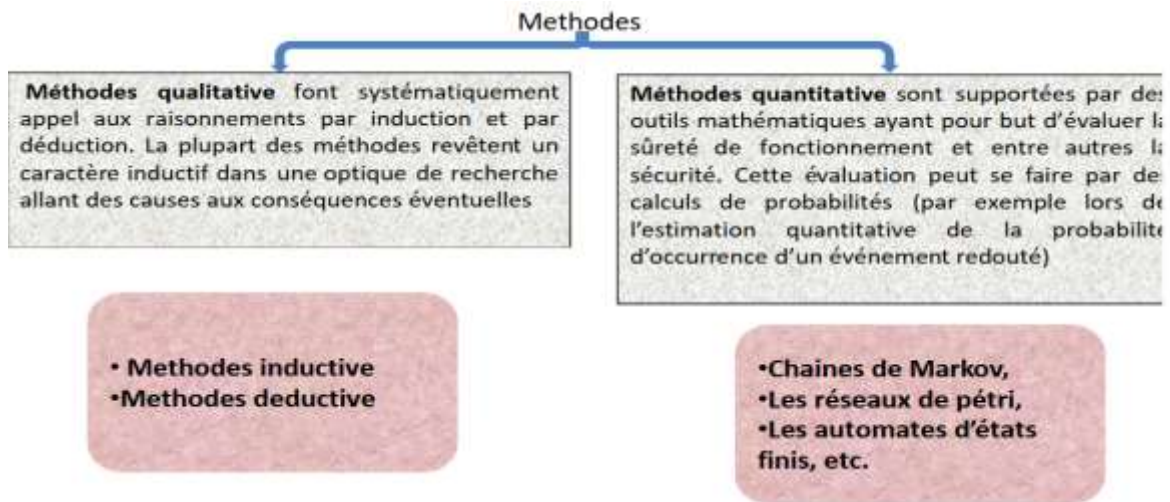
4.5 Revue du risque :

Une fois le risque contrôlé, il est essentiel de procéder régulièrement à une réévaluation systématique afin de vérifier l'efficacité des mesures mises en place pour réduire ou éliminer ce risque, tout en s'assurant qu'aucun nouveau risque n'est apparu. De plus, les nouvelles informations et connaissances concernant le risque doivent être intégrées pour, si besoin, ajuster la décision initiale d'acceptation ou de mitigation du risque. Cette étape de révision contribue à l'amélioration continue du système de gestion des risques, et par conséquent, du système qualité dans son ensemble. (Roix, 2020)

5. Les méthodes et les outils de la gestion des risques :

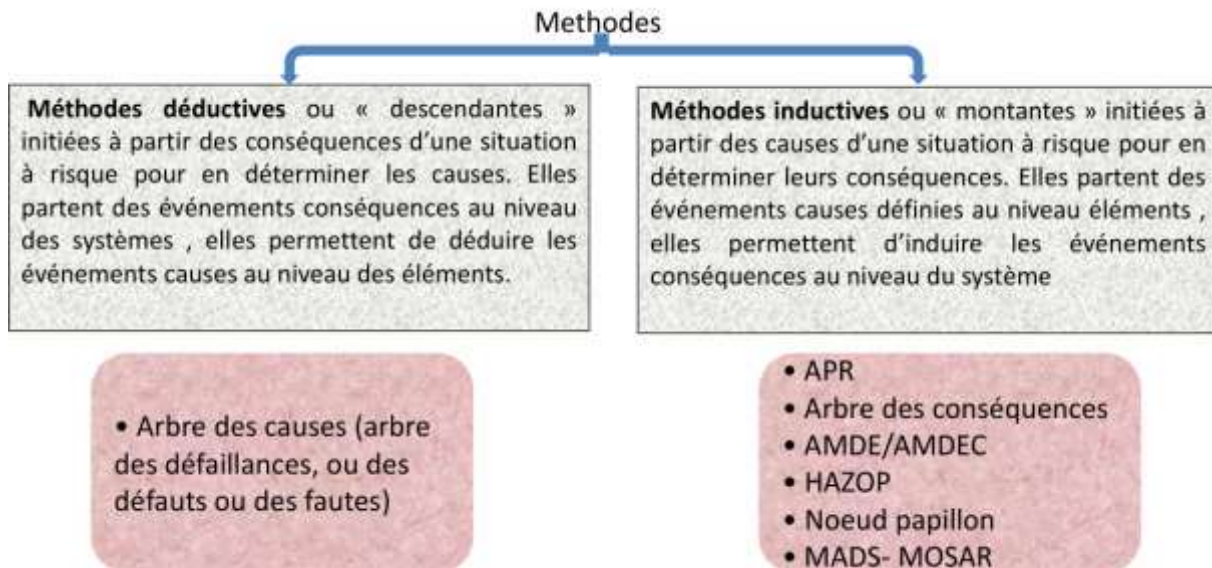
L'analyse des risques repose sur deux approches méthodologiques fondamentales qui se complètent. D'un côté, les méthodes qualitatives, basées sur des raisonnements inductifs et déductifs, permettent une évaluation raisonnée des risques à partir de l'expertise et de l'analyse systémique. De l'autre, les méthodes quantitatives s'appuient sur des outils mathématiques avancés pour calculer des probabilités et modéliser des scénarios risques. Cette dualité qualitative/quantitative offre aux professionnels de la gestion des risques un panel complet d'outils adaptables selon la nature du risque, la disponibilité des données et le niveau de précision requis. L'image suivante illustre clairement cette classification essentielle :

Figure 8:Classification des méthodes d'analyse des risques



Source : (Chettouh, 2024)

Figure 9:méthodes inductives et déductive de l'analyse risque qualitative



Source : (Chettouh, 2024)

5.1 Le diagramme de Pareto :

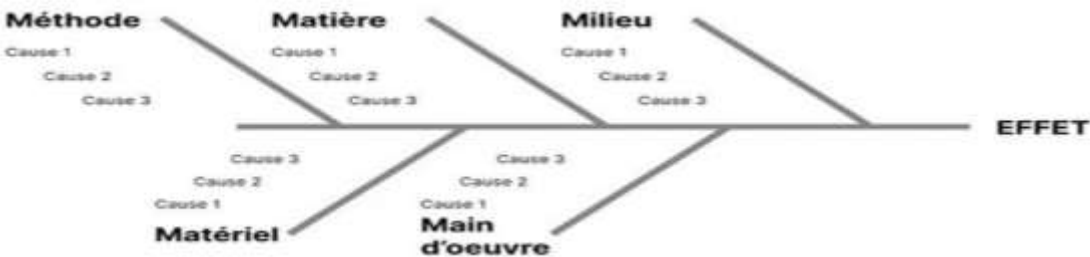
La règle des 80/20 stipule que 20 % des causes génèrent 80 % des effets. Elle consiste à classer, par ordre d'importance, la contribution de chaque élément à l'effet total, ce qui permet d'identifier les domaines à améliorer. Le diagramme de Pareto, un graphique à barres, présente les données de

manière décroissante, mettant en évidence les éléments clés qui expliquent un phénomène ou une situation.

5.2 Diagramme d'ISHKAWA :

Également appelé diagramme cause-effet, diagramme des 5M ou diagramme en arête de poisson en raison de sa forme, le diagramme d'ISHIKAWA permet de classer les causes en grandes catégories, les 5M : Matière, Matériel, Méthode, Milieu et Main d'œuvre. Cet outil de travail collaboratif est une méthode créative qui met en lumière l'ensemble des causes possibles d'un problème, en identifiant celles qui sont les plus probables. (BENMEHDI, 2021)

Figure 10:Diagramme d'ISHKAWA



Source : (Chettouh, 2024)

5.3 Hazop :

La méthode HAZOP repose sur l'idée que les risques émergent des écarts par rapport aux paramètres définis lors de la conception ou du fonctionnement d'un système. Elle consiste en une technique structurée de remue-méninges visant à détecter les risques à l'aide de « mots-guides » spécifiques.

Ces mots-guides (tels que « non », « plus », « autre que », « une partie de ») sont appliqués à des paramètres clés comme la contamination ou la température, afin de révéler d'éventuels écarts par rapport aux conditions normales de conception ou d'utilisation. Cette méthode implique généralement une équipe pluridisciplinaire composée de personnes expérimentées dans la conception du procédé, du produit et de leurs usages.

La méthode HAZOP peut être appliquée :

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- Aux procédés de fabrication, englobant les activités de production ainsi que les opérations de formulation externalisées,
- Aux fournisseurs en amont,
- Au matériel et aux installations utilisés, particulièrement dans le cadre des substances pharmaceutiques et des produits médicamenteux.

La méthode HAZOP est aussi couramment employée dans l'industrie pharmaceutique pour analyser les risques associés à la sécurité des procédés. À l'instar de l'approche HACCP, elle aboutit à l'élaboration d'une liste des opérations critiques essentielles à la gestion des risques. Cette liste permet un suivi régulier et structuré des points critiques tout au long du processus de fabrication. (ICH Q9, 2016)

5.4 APR :

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une démarche qui vise à identifier les problèmes potentiels liés à la maîtrise des risques dès les premières phases d'un projet. Elle consiste à estimer la probabilité d'apparition de situations dangereuses et d'accidents potentiels, ainsi que leurs conséquences. Cette estimation permet de mettre en place des mesures préventives ou correctives pour limiter les impacts.

L'objectif de cette méthode est d'établir une liste aussi complète que possible des événements redoutés pouvant survenir au cours du cycle de vie d'un système, afin de cibler ceux nécessitant une analyse de risques approfondie. (Dakkak, Guennoun, Chater, & Talbi, 2012)

5.5 MOSAR :

Cette approche globale permet une analyse progressive des risques, et se révèle particulièrement efficace pour examiner les conséquences d'accidents simultanés ou en cascade (effets « domino »). La méthode MOSAR étudie les risques en tenant compte de leur environnement, tout en proposant une démarche structurée pour leur évaluation, leur hiérarchisation, ainsi que leur gestion et leur traitement.

Cette méthode adopte une approche préventive visant à évaluer la pertinence des mesures de prévention face aux événements exceptionnels et aux risques identifiés, tout en intégrant des éléments d'interdépendance dans les processus de gestion des risques elle permet d'analyser

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

différents processus, procédures et protocoles afin de détecter les erreurs potentielles, les dysfonctionnements et les défaillances.

La méthode MOSAR intègre des critères de gravité et de probabilité dans l'évaluation des événements exceptionnels, des erreurs, des dysfonctionnements ou de tout autre facteur dangereux. Elle permet de déterminer les niveaux de fréquence et de sévérité des risques identifiés, tout en élaborant des scénarios d'atténuation adaptés aux événements critiques.

Elle associe également les risques les plus critiques à des mesures de protection adaptées dans le cadre de la gestion des risques, en tenant compte des barrières technologiques (obsolescence, mauvaise maintenance des équipements et processus), les déficiences organisationnelles ou les menaces externes. (Fošner, Bertoncej, Poznič, & Fink, 2024)

5.6 Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) :

L'AMDE (Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets) est une méthode permettant d'identifier les défaillances potentielles d'un procédé ainsi que leurs conséquences possibles sur les performances et/ou l'efficacité d'un produit. Une fois ces modes de défaillance identifiés, des actions de réduction des risques peuvent être mises en place afin de les éliminer, les limiter, ou les maîtriser.

Cette méthode repose sur une bonne compréhension du produit et du procédé, et permet de décomposer de manière structurée l'analyse de systèmes complexes en étapes plus simples à gérer. Elle constitue un outil précieux pour recenser les principaux modes de défaillance, leurs causes probables, ainsi que leurs impacts potentiels.

L'AMDE peut également être utilisée pour hiérarchiser les risques et évaluer l'efficacité des mesures de contrôle mises en place. Elle s'applique aussi bien aux équipements qu'aux installations, et peut servir à analyser une opération de fabrication en relation avec ses effets sur le produit ou le procédé. Elle permet ainsi de repérer les composants ou étapes critiques qui rendent le système vulnérable.

Enfin, les résultats issus de l'AMDE peuvent servir de base à la conception, à des analyses plus approfondies ou encore orienter l'allocation des ressources de manière stratégique. (ICH Q9, 2016)

5.7 Arbre des Causes :

Elle vise à analyser et à représenter toutes les combinaisons possibles de causes ayant conduit à un scénario de défaillance spécifique, dans le but de comprendre l'origine de cette défaillance. L'arbre des causes constitue ainsi un outil structuré permettant d'organiser et d'interpréter les informations collectées autour d'une défaillance. (Chettouh, 2024)

Figure 11:Arbre des causes

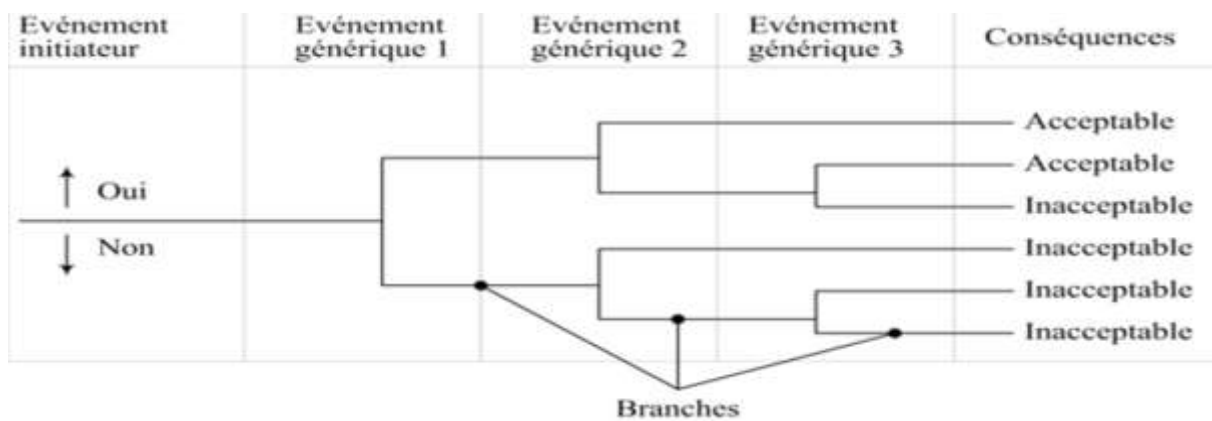


Source : (Chettouh, 2024)

5.8 Arbre des conséquences :

L'Arbre des Effets (ADE), également appelé arbre des conséquences, est une représentation graphique illustrant la chaîne logique des événements ayant conduit à un accident. Cette méthode d'analyse, de nature inductive, vise à identifier l'ensemble des séquences d'événements susceptibles de découler d'un événement déclencheur. Elle permet ensuite de représenter ces scénarios et de les évaluer à la fois de manière qualitative et quantitative. (Chettouh, 2024)

Figure 12:Arbre des conséquences

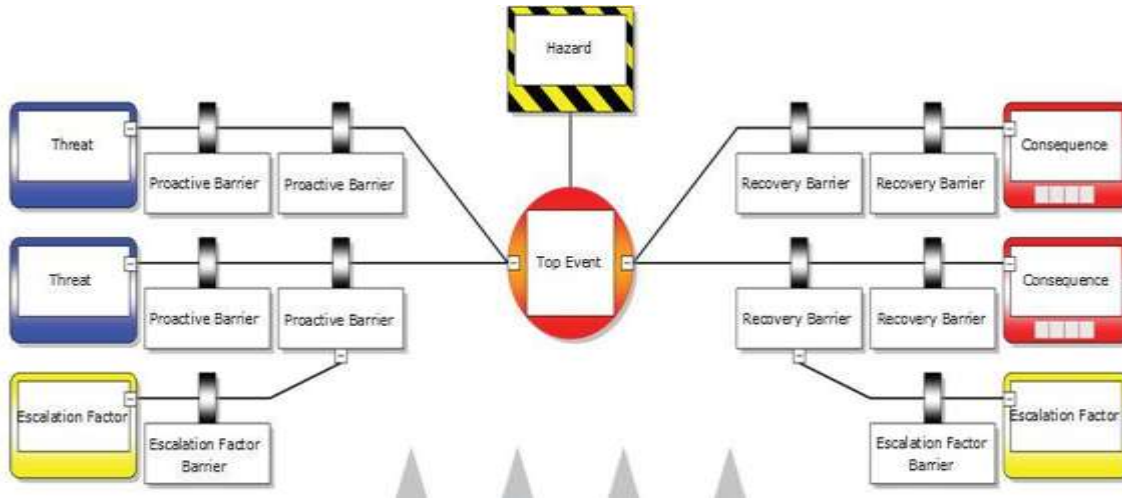


Source : (Chettouh, 2024)

5.9 Nœud de papillon :

Le Nœud de Papillon est une méthode arborescente couramment utilisée pour illustrer de manière claire les scénarios d'accidents potentiels. Elle permet de relier les causes initiales d'un accident aux conséquences possibles sur les cibles identifiées. Cette approche combine à la fois un Arbre des Causes (ou de Défaillance) et un Arbre des Événements. (Chettouh, 2024)

Figure 13:Nœud de papillon



Source : Les cours de Pr.Samia Chettouh université de Batna 2

5.10 AMDEC :

L'Association française de normalisation (Afnor) définit l'AMDEC comme une "méthode inductive qui permet de réaliser une analyse qualitative et quantitative de la fiabilité ou de la sécurité d'un système". Cette méthode consiste à analyser de façon méthodique les différentes façons dont un système peut tomber en panne (modes de défaillance), en identifiant leurs origines ainsi que l'impact de ces défaillances sur le fonctionnement général du système (effets). Après avoir hiérarchisé ces défaillances en fonction de la criticité, c'est-à-dire de l'évaluation du risque associé à chaque défaillance, des actions prioritaires sont mises en place et suivies. (Kélada, 1994)

5.10.1 Historique et domaines d'application :

L'AMDEC a été développée aux États-Unis en 1966 par la société McDonnell Douglas. Elle consistait à lister les composants d'un produit et à recueillir des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs impacts. La méthode a ensuite été perfectionnée par la NASA et l'industrie de l'armement sous le nom de FMEA, dans le but d'évaluer l'efficacité des systèmes.

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

Dans un contexte particulier, l'AMDEC est un outil de fiabilité utilisé pour les systèmes nécessitant des exigences strictes en termes de fiabilité et de sécurité. À la fin des années 1970, cette méthode a été largement adoptée par de grands constructeurs automobiles tels que Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler, et d'autres.

La méthode a démontré son efficacité dans divers secteurs tels que l'aérospatial, l'armement, la mécanique, l'électronique, l'électrotechnique, l'automobile, le nucléaire, l'aéronautique, la chimie, et l'informatique. Plus récemment, elle a suscité un intérêt croissant dans le secteur des services. Dans le domaine informatique, une approche spécifique appelée Analyse des Effets des Erreurs Logiciel (AEEL) a été développée, adaptée de l'AMDEC pour évaluer les risques liés aux logiciels. Aujourd'hui, dans le cadre de la qualité totale, la prévention ne se limite plus à la fabrication. Il est désormais possible d'anticiper les problèmes dans tous les systèmes d'un processus d'affaires et de mettre en place des solutions préventives à l'avance. Ainsi, l'application de l'AMDEC à différents systèmes au sein des processus d'affaires est non seulement utile, mais souvent indispensable. Elle est donc considérée comme un outil clé de la qualité totale.

Il convient de préciser que l'AMDEC est généralement utilisée en complément d'autres outils qualité, et que cette association renforce significativement l'efficacité de la méthode.

5.10.2 Types :

On distingue plusieurs formes d'AMDEC, parmi les plus couramment utilisées, on peut citer

- **AMDEC-organisation** : s'applique à l'ensemble des niveaux de l'organisation, depuis les systèmes de gestion, d'information, de production, de ressources humaines, de marketing et de finance, jusqu'à l'organisation détaillée d'une tâche spécifique.
- **AMDEC-produit ou AMDEC-projet** : utilisée pour analyser en profondeur la phase de conception d'un produit ou d'un projet. Lorsqu'un produit est composé de plusieurs éléments, on recourt à l'AMDEC-composants.
- **AMDEC-processus** : concerne les processus de fabrication, permettant d'évaluer la criticité des défaillances potentielles susceptibles d'apparaître à cause du procédé. Elle peut également s'appliquer à l'analyse des postes de travail.
- **AMDEC-moyen** : destinée à l'étude des équipements tels que les machines, outils, instruments de mesure, logiciels, ainsi que les systèmes de transport internes.

- **AMDEC-service** : vise à s'assurer que la prestation de service apporte une réelle valeur ajoutée au client, tout en garantissant que le processus de réalisation du service ne génère pas d'erreurs ou de dysfonctionnements.
- **AMDEC-sécurité** : centrée sur la protection des opérateurs, notamment dans les procédés présentant des risques pour leur sécurité.

5.10.3 Deux aspects de la méthode :

A. L'aspect qualitatif et quantitatif :

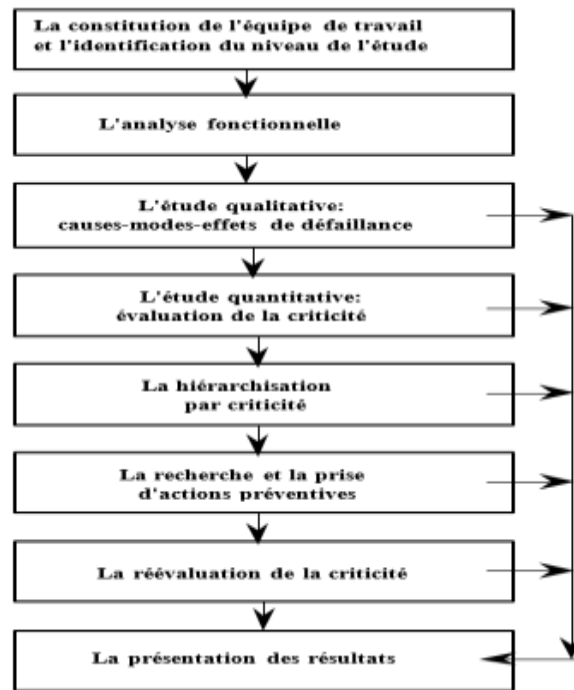
L'approche qualitative de l'analyse vise à identifier les possibles défaillances des fonctions du système analysé, à en déterminer les causes et à saisir leurs impacts sur les clients, les utilisateurs, ainsi que sur l'environnement interne et externe.

Quant à l'aspect quantitatif, il a pour objectif d'évaluer le niveau de risque associé à chaque défaillance identifiée. Cette évaluation permet ensuite de classer les défaillances par ordre de priorité, en se basant notamment sur leur impact potentiel sur le client. Cette hiérarchisation facilite la mise en place d'actions correctives ciblées, afin de réduire significativement leur impact ou de supprimer les causes des défauts potentiels. (Kélada, 1994)

5.10.4 Les étapes :

La méthode suit un processus structuré en huit étapes. Comme pour de nombreuses approches, elle débute par une phase préparatoire, comprenant la collecte des données nécessaires à l'analyse, la constitution d'une équipe de travail, ainsi que la préparation des documents, tableaux et outils informatiques requis pour mener l'étude.

Figure 14:La démarche AMDEC



Source : Pr. Joseph Kélada HEC Montréal

A. La constitution d'un groupe de travail :

Il convient de constituer une équipe pluridisciplinaire chargée de mener l'étude. Dans le cadre d'une AMDEC-processus, cette équipe regroupe par exemple des représentants issus de la recherche et développement, des achats, du marketing, de la maintenance, de la qualité, des méthodes et la production. La réussite de la démarche repose en grande partie sur la présence d'un animateur expérimenté, maîtrisant les techniques spécifiques à la méthode et au travail collaboratif.

B. L'analyse fonctionnelle :

Une défaillance correspond à la perte ou à l'altération d'une fonction. Ainsi, pour identifier les défaillances potentielles, il est essentiel de bien connaître les fonctions du système.

L'analyse fonctionnelle vise à recenser de manière exhaustive les différentes fonctions d'un produit, en distinguant :

- Les fonctions principales, qui représentent la raison d'être du système, c'est-à-dire les besoins essentiels qu'il doit satisfaire pour l'utilisateur.
- Les fonctions contraintes, qui prennent en compte les interactions du système avec son environnement extérieur.

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

- Les fonctions élémentaires, qui soutiennent les fonctions principales ; ce sont les fonctions assurées par les différents composants du système.

C. L'étude qualitative des défaillances :

Cette étape consiste à recenser l'ensemble des défaillances possibles, à identifier les différents modes de défaillance, à en analyser les effets, puis à rechercher les causes possibles, en mettant l'accent sur les causes les plus probables.

Pour atteindre cet objectif, l'analyse s'appuie sur les résultats de l'analyse fonctionnelle. À partir des fonctions définies, on déduit directement les défaillances potentielles. Ainsi, l'analyse fonctionnelle permet d'anticiper en amont les causes des défaillances et, en aval, d'en évaluer les effets.

D. L'étude quantitative :

Cette étape vise à évaluer l'indice de criticité associé à chaque trio cause - mode de défaillance - effet, en se basant sur plusieurs critères. En pratique, une défaillance est jugée d'autant plus critique :

- Si ses conséquences sont sévères,
- Si elle survient fréquemment,
- Elle se produit et on risque de ne pas la détecter

Pour chaque trio, trois notes sont attribuées sur une échelle de 1 à 10 :

- G (Gravité) : mesure l'impact des conséquences sur le client ou l'utilisateur,
- O (Occurrence) : évalue la probabilité d'apparition de la défaillance,
- D (Détection) : estime la probabilité que la défaillance ne soit pas détectée.

L'indice de criticité (C) est ensuite calculé à l'aide de la formule suivante :

$$C = G \times O \times D$$

E. La hiérarchisation des risques :

Consiste à classer les risques identifiés en fonction de leur criticité, afin de prioriser les actions correctives. Cette criticité est déterminée par la combinaison de trois critères : la gravité des conséquences, la probabilité d'occurrence, et la détectabilité du risque. Chaque critère est noté selon une échelle définie, puis les scores sont multipliés pour obtenir un indice de criticité (IC = Gravité × Probabilité × Détectabilité). Les risques ayant un indice élevé sont traités en priorité, car ils

présentent un danger plus important pour le projet ou le système analysé. Cette hiérarchisation permet ainsi une gestion proactive et ciblée des risques

F. La recherche des actions préventives/correctives :

Une fois les modes de défaillance potentiels classés selon leurs indices de criticité, le groupe de travail désigne les responsables chargés d'identifier les actions préventives ou correctives à mettre en œuvre. Pour mener cette recherche de manière efficace, il est recommandé d'utiliser des outils tels que le diagramme causes-effets, l'analyse de Pareto, le brainstorming, ainsi que le travail collaboratif.

En pratique, l'objectif du groupe est de réduire l'indice de criticité en mettant en place des actions ciblées visant à :

- Diminuer la probabilité que la défaillance se produise.
- Diminuer la probabilité que la défaillance ne soit pas détectée.
- Diminuer la gravité des conséquences liées à la défaillance.

G. Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité :

Cette étape constitue le moment clé de la méthode. Un nouvel indice de criticité est alors calculé en suivant le même principe que celui utilisé lors de l'évaluation initiale, en intégrant les actions correctives ou préventives mises en œuvre. Cette nouvelle valeur, parfois appelée risque résiduel, peut être représentée graphiquement à l'aide d'un diagramme de Pareto.

L'objectif de cette réévaluation est d'évaluer l'efficacité des mesures adoptées et de vérifier si le risque résiduel est désormais inférieur au seuil de criticité acceptable.

H. La présentation des résultats :

Pour mettre en œuvre l'AMDEC, les entreprises s'appuient sur des tableaux spécifiques, élaborés en fonction du système analysé et des objectifs visés. Ces tableaux, généralement organisés en colonnes, regroupent l'ensemble des informations indispensables à la réalisation de l'étude.

Figure 15:Tableau AMDEC

Opération du processus	mode de défaillance potentielle	effet de défaillance	cause possible de défaillance	Évaluation			criticité	Actions préventives		Résultats				
				occurrence	gravité	détection		recommandées	prises	détection	occurrences	gravité	nouveauté	
La distributrice de café remplit le verre	la distributrice de café ne remplit pas le verre et ne prend pas la monnaie	client insatisfait	• la distributrice est en panne	2	5	6	60	• suivi statistique des pannes • vérification mensuelle de l'état de la distributrice • inscrire le numéro de téléphone de l'entretien sur la distributrice	• vérification + • inscrire le numéro de téléphone de l'agence de l'entretien		1	3	5	15
			• manque d'eau	7	0	6	0							
	la distributrice de café remplit le verre avec de l'eau et ne rend pas la monnaie	client très insatisfait	• manque de café dans la distributrice	5	5	10	250	• chaque matin remplir la distributrice de café	• chaque matin remplir la distributrice de café		2	2	10	40
			• blockage dans la distributrice	5	2	10	100	• faire régulièrement l'entretien préventif	• un entretien préventif mensuel		2	1	10	20
	la concentration du café est faible	client insatisfait	• manque de café	7	1	8	56	• une vérification par jour	• 1 vérification par jour		1	1	5	5
			• la qualité du café	1	10	8	80	• sélectionner les marques, identifier le délai de conservation	• marquer et délai de conservation		1	1	8	8

Source : (Kélada, 1994)

En conclusion, cette section a permis de poser les bases théoriques essentielles pour notre étude sur l'analyse des risques pouvant affecter les études topographiques à l'aide de l'AMDEC. La clarification des trois concepts fondamentaux - la topographie, le management des risques et l'AMDEC - a établi un cadre solide pour comprendre les enjeux spécifiques aux études topographiques.

La topographie, en tant que science de la mesure et de la représentation des caractéristiques physiques d'un terrain, est exposée à divers risques pouvant compromettre la qualité et la fiabilité des études. Ces risques peuvent être d'ordre technique, environnemental ou humain.

Le management des risques apporte une approche systématique pour identifier, évaluer et contrôler ces menaces potentielles. Son application dans le contexte des études topographiques permet d'anticiper les défaillances et d'assurer la qualité des données recueillies.

L'AMDEC se positionne comme l'outil idéal pour analyser de manière proactive les risques spécifiques aux études topographiques. En examinant Les modes de défaillance (erreurs de mesure, équipements défectueux, conditions météorologiques défavorables), Leurs effets (données erronées, retards dans les projets, surcoûts) et Leur criticité (gravité et probabilité d'occurrence)

Ce chapitre a permis d'établir un cadre théorique solide pour analyser les risques affectant les études topographiques grâce à l'AMDEC. La revue de littérature a révélé que ces risques, souvent

CHAPITRE I : LA REVUE DE LA LITTERATURE ET LE CADRE THEORIQUE

techniques (erreurs d'appareils), environnementaux (conditions météo) ou humains (compétences des opérateurs), impactent significativement la qualité des données collectées. L'originalité de notre approche réside dans l'adaptation méthodique de l'AMDEC à ce contexte spécifique, permettant une identification systématique des modes de défaillance, une évaluation rigoureuse de leurs effets, et une hiérarchisation claire des risques par criticité. Ces fondements théoriques guideront notre analyse empirique visant à proposer des solutions concrètes pour optimiser la fiabilité des études topographiques. (Kélada, 1994)

**CHAPITRE II : CADRE
METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE
ORGANISATIONNEL**

Dans ce chapitre, nous présentons tout d'abord le cadre méthodologique adopté pour cette recherche, avant de décrire l'organisme d'accueil, SAETI.

Section 1 : Cadre méthodologique

La recherche se définit comme « une action organisée systématique, critique qui prend naissance par un questionnement scientifique concernant un problème sous investigation dans un objectif de trouver des réponses et de trouver des solutions ou bien de développer des nouvelles théories et connaissances à partir de l'analyse d'un objet de recherche. » (BOUYZEM & AL MERIOUH, 2017)

Le cadre méthodologique constitue une étape essentielle de notre recherche, car il définit les démarches et outils mobilisés pour répondre aux objectifs fixés. Il permet d'assurer une cohérence entre les choix théoriques et pratiques tout au long du projet.

Dans cette section, nous allons ainsi présenter et justifier notre approche méthodologique, en précisant notre positionnement épistémologique. Nous exposerons ensuite les méthodes retenues pour la collecte des données ainsi que les techniques d'analyse utilisées, afin de répondre à la problématique posée.

1. Notre positionnement épistémologique :

L'épistémologie est définie comme étant « une branche de la philosophie spécialisée dans l'étude des théories de la connaissance ».

Se positionner épistémologiquement adopter une posture épistémologique, ou encore définir son paradigme épistémologique, signifie que le chercheur adhère aux principes, croyances, techniques et valeurs d'une communauté scientifique. C'est-à-dire que « le chercheur ne construit pas sa propre conception de la connaissance isolément ni ex nihilo ». (BOUYZEM & AL MERIOUH, 2017).

Notre recherche s'inscrit dans le paradigme de l'interprétativisme au sein de l'approche qualitative. Ce positionnement repose sur l'idée que la réalité sociale est construite à travers les perceptions, les significations et les interprétations des acteurs concernés. Ainsi, nous avons privilégié des méthodes qualitatives comme les entretiens semi-directifs et l'observation, afin de comprendre en profondeur le sens que les professionnels attribuent aux défaillances et aux risques rencontrés dans leurs missions. L'objectif est d'interpréter ces représentations pour en extraire des connaissances

utiles à l'amélioration des pratiques et à la mise en œuvre de mesures préventives concrètes à travers l'outil AMDEC.

2. La thématique de la recherche :

Dans les projets d'infrastructure complexes, la gestion des risques constitue un enjeu majeur, notamment dans les études topographiques qui jouent un rôle essentiel dans la stabilité des ouvrages, la sécurité des travailleurs et la fiabilité des données. Ce projet vise à démontrer l'apport de l'AMDEC comme outil structuré pour identifier, analyser et prévenir les risques liés aux opérations topographiques dans le métro d'Alger.

La première phase du projet consiste à analyser les différentes étapes d'un projet topographique afin d'identifier les modes de défaillance potentiels (erreurs de mesure, défaillances d'équipements, facteurs humains ou environnementaux) et d'en déterminer les causes et effets. Ces informations permettront d'élaborer un tableau AMDEC initial. La deuxième phase repose sur l'évaluation de la criticité de chaque risque à l'aide des indices de gravité, fréquence et détection, pour ensuite hiérarchiser les risques et proposer des actions correctives et préventives adaptées. Ce travail permettra de renforcer la documentation des risques topographiques et d'enrichir la documentation sur la prévention des risques dans la gestion des projets.

3. La question de la recherche :

L'objet de toute recherche est de découvrir ou de vérifier la connaissance d'un phénomène. Selon (Velmuradova, 2004), la question générale représente la problématique à laquelle la recherche tente de répondre. Elle constitue un objectif global, traduisant le projet de connaissance du chercheur. Il s'agit d'une interrogation large et ouverte, qui se distingue des questions de recherche plus spécifiques et opérationnelles, dérivées de cette première formulation.

Notre recherche s'articule autour de la question suivante :

Comment l'outil AMDEC permet-il d'analyser les risques topographiques dans un projet ?

Afin de mieux cerner comment l'outil AMDEC permet d'analyser les risques topographiques dans un projet d'infrastructure, il est pertinent de décomposer cette problématique en trois sous-questions complémentaires :

- Quels sont les types de défaillances topographiques identifiables à travers l’outil AMDEC dans un projet d’infrastructure ?
- Comment l’outil AMDEC évalue-t-il la gravité, la fréquence et la détectabilité des risques topographiques ?
- Elle s’intéresse à la manière dont l’AMDEC structure l’analyse des risques à partir de critères quantifiables et hiérarchisables.

3. Méthodologie suivie :

La recherche qualitative « ne cherche pas à quantifier ou à mesurer, elle consiste le plus souvent à recueillir des données verbales permettant une démarche interprétative. C’est un terme générique qui regroupe des perspectives diverses en termes de bases théoriques, méthodes, techniques de recueil et analyse des données. » (Velmuradova, 2004)

Pour le besoin de notre étude monographique, nous avons opté pour une méthodologie qualitative, car elle permet d'explorer de manière approfondie et contextuelle les risques associés aux études topographiques, particulièrement dans le cadre du projet du métro d'Alger. L'objectif est de comprendre les causes profondes des défaillances et d'analyser les facteurs humains, techniques et environnementaux qui influencent la précision et la sécurité des opérations topographiques liées à ce projet d'infrastructure complexe. Cette approche nous permet d'obtenir des données riches et détaillées, essentielles pour une analyse complète des risques.

La collecte des données se fait principalement à travers des entretiens semi-directifs menés avec les topographes du projet. Des observations de terrain et l'examen de rapports HSE. Ces données qualitatives sont ensuite traitées par une analyse inductive, où nous identifions et codifions les différents modes de défaillance, leurs causes et effets, puis nous évaluons leur criticité à l'aide de l'outil AMDEC. Ce choix méthodologique permet une compréhension fine des processus en jeu et offre une base solide pour proposer des mesures préventives adaptées aux spécificités des missions topographiques.

5. Les personnels ciblés :

La majorité des manuels décrivent un échantillon comme un sous-ensemble d’éléments extraits d’un ensemble plus large nommé population.

CHAPITRE II CADRE METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE ORGANISATIONNEL

Cette recherche adopte une approche d'échantillonnage ciblé et intentionnel, visant à sélectionner des participants directement impliqués dans les opérations topographiques du projet du métro d'Alger. L'échantillon comprend principalement le chef de mission, des topographes expérimentés responsables des levés et des contrôles. Leur expertise respective permet d'appréhender de manière exhaustive les enjeux techniques, humains et organisationnels liés à la gestion des risques topographiques.

Le choix de ces acteurs clés se justifie par leur connaissance approfondie des défis spécifiques aux missions topographiques dans ce contexte particulier. Pour renforcer la validité des données, ces entretiens sont complétés par des observations de terrain et l'analyse des rapports HSE disponibles. Cette composition d'échantillon permet une exploration riche et contextualisée des risques, parfaitement alignée avec la méthodologie qualitative inductive retenue

6. Les méthodes de recherches :

Cette étude adopte une approche qualitative afin de recueillir des données riches et contextualisées sur les risques liés aux missions topographiques dans le cadre du projet du métro d'Alger. Les principales méthodes mobilisées sont les entretiens semi-directifs, le focus group, les observations de terrain ainsi que L'analyse documentaire. Ces techniques permettent de recueillir les perceptions, les expériences et les pratiques des professionnels concernés, en vue d'alimenter une analyse inductive fondée sur l'outil AMDEC.

6.1 Les outils de collecte de données :

Tableau 2:Tableau de la Planification des outils de collecte de données

Méthode	Objectif principal	Participants concernés	Lieu	Durée estimée
Entretien semi-directif	Identifier les risques perçus et les expériences de terrain	Chef de mission Chef service chef de zone	Bureau du projet	45 à 60 minutes/entretien
Focus group	Croiser les perceptions, faire émerger	Topographes opérationnels	Salle de réunion chantier	Environ 90 minutes

	les risques tacites			
Observation de terrain	Observer les pratiques réelles et les interactions sur le chantier	Équipes topographiques	Les stations du métro d'Alger	5 demi-journées
Analyse documentaire	Recueillir les risques signalés et mesures HSE existantes	Rapports internes (HSE, incidents.)	Base de données du projet	1 semaine de dépouillement

Source : Elaborer par nous-même

6.1.1 Les entretiens semi-directifs :

L'entretien est défini comme « une technique destinée à collecter des données discursives reflétant l'univers mental conscient ou inconscient des individus. »

Des entretiens semi-directifs ont été menés auprès du chef de mission topographique et des chefs de zone, dans le but de recueillir des informations précises sur l'organisation du travail, les principales difficultés rencontrées sur le terrain et les mécanismes actuels de gestion des risques. Ces entretiens ont permis d'obtenir une vision globale et stratégique des opérations topographiques, ainsi qu'un retour d'expérience concret sur les incidents et les défaillances observées dans le cadre du projet du métro d'Alger. (Voir ANNEXE A – GUIDE D'ENTRETIEN)

6.1.2 Focus groups :

Le focus group « consiste à réunir différents sujets autour d'un ou de plusieurs animateurs, dans une situation d'interaction. »

Un focus group a été organisé avec plusieurs topographes opérationnels, directement impliqués dans les travaux de levé, de contrôle et de suivi sur chantier. Cette méthode collective a permis de confronter les expériences individuelles, de faire émerger des points de convergence ou de divergence sur les pratiques de terrain, et d'identifier des éléments souvent peu exprimés dans les entretiens individuels. Le focus group a enrichi l'analyse par la dynamique d'échange entre

professionnels partageant les mêmes contraintes opérationnelles. (Voir ANNEXE B – GUIDE DE FOCUS GROUP)

6.1.3 Les observations :

L'observation est définie comme « un mode de collecte des données dans lequel le chercheur observe de lui-même, de visu, des processus ou des comportements se déroulant dans une organisation, pendant une période de temps délimitée. » (Velmuradova, 2004)

Des observations directes ont été réalisées sur site par nous-même, afin de mieux comprendre les conditions réelles dans lesquelles s'exercent les missions topographiques. Ces observations ont porté sur les interactions entre les équipes, les méthodes de travail utilisées, les équipements mobilisés et les aléas environnementaux. Elles ont permis de compléter les discours recueillis lors des entretiens en confrontant les déclarations aux pratiques observées sur le terrain.

6.1.4 Analyse de documents internes :

L'analyse des documents internes, notamment les rapports HSE, a été utilisée pour compléter les données recueillies lors des entretiens et des observations. Ces rapports offrent une perspective sur les incidents passés, les actions correctives mises en place et les pratiques de gestion des risques documentées dans le projet. Cette méthode permet de croiser les informations issues du terrain avec des données officielles, afin d'enrichir la compréhension des risques topographiques et de valider les points soulevés par les professionnels sur le terrain.

6.2 Les outils d'analyse :

6.2.1 L'analyse du contenu :

Dans le cadre de notre projet, nous avons adopté une approche d'analyse qualitative afin d'explorer en profondeur les perceptions et expériences des acteurs impliqués. La première étape de l'analyse a consisté à retranscrire les données recueillies lors des entretiens et des focus groups. Pour faciliter cette retranscription, nous avons pris des notes détaillées pendant les entretiens et les focus groups. Parallèlement, les observations de terrain ont été soigneusement rédigées, et des photos ont été prises pour documenter les conditions de travail et les interactions sur site. Les enregistrements ont également été retranscrits par écrit pour garantir une restitution fidèle des propos des participants. Par la suite, nous avons procédé à un codage manuel des données, ligne par ligne, en construisant une grille d'analyse. Enfin, le traitement des données s'est effectué selon une approche sémantique,

analysant le sens des idées et des mots exprimés dans leur contexte, ce qui a permis une compréhension approfondie des risques topographiques dans ce projet.

6.2.2 L'AMDEC :

L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité constitue l'outil d'analyse principal mobilisé dans cette recherche pour évaluer de manière rigoureuse les risques identifiés. Faisant suite à l'analyse de contenu des données qualitatives issues des entretiens, du focus group, des observations de terrain et de l'étude documentaire, l'AMDEC permet une formalisation structurée des défaillances potentielles relevées au sein des missions topographiques. Chaque défaillance est examinée selon une triple entrée : ses causes probables, ses effets possibles sur le déroulement du projet et son niveau de criticité, défini à partir des trois indicateurs classiques que sont la gravité (G), la fréquence (F) et la détectabilité (D). Ces indicateurs sont ensuite combinés pour produire un indice de criticité ($IC = G \times F \times D$), permettant de hiérarchiser les risques de façon objective. Cet outil facilite également la proposition de mesures correctives et préventives ciblées, en tenant compte des spécificités opérationnelles du projet du métro d'Alger. Il s'inscrit ainsi comme une étape déterminante pour renforcer la maîtrise des risques topographiques et optimiser la fiabilité des interventions sur le terrain.

Notre présente étude s'est appuyée sur une approche méthodologique rigoureuse, combinant plusieurs méthodes complémentaires pour assurer une collecte et une analyse approfondie des données. Le choix des outils - entretiens, focus groups, observations et analyse documentaire - a permis d'aborder la problématique sous différents angles, garantissant ainsi une compréhension globale des enjeux. L'application systématique de la méthode AMDEC a offert un cadre structuré pour évaluer et hiérarchiser les risques identifiés.

Cette démarche méthodologique, à la fois flexible et rigoureuse, a permis d'obtenir des résultats fiables et pertinents, tout en s'adaptant aux spécificités du terrain. Elle a ainsi jeté les bases d'une analyse solide, capable de soutenir des conclusions robustes et des recommandations opérationnelles concrètes pour le projet du métro d'Alger. La transparence et la cohérence de cette approche renforcent la validité scientifique des résultats tout en offrant des pistes d'action pratiques pour les professionnels du secteur.

7. Contexte de la recherche :

Dans cette section, nous présentons le projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger, en détaillant ses principales parties prenantes, ses objectifs, les moyens humains, matériels et logiciels mobilisés, ainsi que le rôle du topographe tout au long du projet.

7.1 La présentation du projet :

L'extension de la ligne 1 du Metro d'Alger (E1 Harrach / Aéroport International Houari. BOUMEDIENE) est un projet de grande envergure, dont le budget avoisine les soixante-dix milliards de Dinars (70.000.000.000,00 DA). Il s'étend sur une longueur de 9.404Km de tunnel, comprenant neuf (9) stations et dix (10) puits de ventilation (PV).

7.2 Les parties intervenantes dans le projet :

- Maitre d'ouvrage : ministère de transport.
- Maitre d'ouvrage délégué : l'entreprise métro d'Alger « EMA ».
- Maitre d'œuvre : COSIDER TP.
- Travaux Topographiques : VBSS
- Les associés ou sous-traitants de COSIDER TP :
 - SAETI Maitre d'œuvre en charge de l'étude topographique
 - EUROESTUDIOS (l'une des plus grandes sociétés d'ingénierie en Espagne)
 - DMEC (Dong Myeong Engineering Consultants et Architecture)

Figure 16: L'extension de la ligne 1 du Metro d'Alger



Source : Entreprise SAETI

7.3 Objectif du projet :

Les études lancées par l'entreprise métro d'Alger pour la réalisation de nouvelles extensions de la première ligne du métro d'Alger, permettront à la capitale de disposer d'un réseau de transport urbain offrant une amélioration substantielle de la circulation.

Dans le but de faciliter les déplacements des citoyens via un moyen de transport confortable et sécurisé.

Dans le cadre du projet d'extension du métro d'Alger, l'Entreprise du Métro d'Alger a confié à SAETI la mission de contrôler les travaux topographiques et de construction.

7.4 Moyens humains, matériels et logiciels :

- Neuf station totale Leica TS11
- Cinq véhicules
- Les prismes
- Les trépieds
- Des ordinateurs
- Les Casques de sécurité
- Les Gilets de Sécurité
- Station total Leica TS06 plus
- Les torches
- Chef mission topographique SAETI
- Chef service topographique VBSS
- Trois chefs de zones VBSS
- Neuf opérateurs topographes VBSS
- Trois topographes de contrôle SAETI
- AUTOCAD
- COVADIS
- CAPLAN

Figure 17: Moyens humaines, matériels et logiciels



Source : Photos prises par nous-mêmes

7.5 Le rôle du topographe dans le projet :

Dans le tracé d'une ligne de métro, le topographe intervient dès les premières étapes du projet. Avant même le début des travaux, il réalise une série de relevés précis à l'aide d'instruments spécialisés tels que la station totale ou le scanner 3D. Ces mesures permettent de modéliser le terrain, d'identifier les contraintes du sous-sol et de fournir les données essentielles à la conception des ouvrages souterrains.

Parmi les travaux effectués par le géomètre-topographe dans les ouvrages souterrains, on peut citer :

- Levé du terrain à l'état initial du lieu ;
- Les études et la conception des travaux d'aménagement du site ;
- Implantation de la murette guide ;
- Implantation (murette guide) sur le BP avec du programme de la ligne de référence ;
- Implantation des pieux forés ;
- Paroi moulée ;
- Réglage de coffrage de dalle ;
- Monitoring ;

CHAPITRE II CADRE METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE ORGANISATIONNEL

- Implantation de voute parapluie ;
- Des levés topographiques ;
- Implantation des escaliers mécanique ;
- Implantation de radier provisoire ;
- Correction de radier ;
- Profil check ;
- Vérification des arrêt béton de dalle ;
- Réglage de coffrage (chambre de réservation) ;
- Réception des ceintres ;
- Implantation des joint reprises ;
- Contrôle.

Figure 18: Des travaux topographiques du métro



Source : Photos prises par nous-mêmes

Section 2 : Contexte organisationnel

Dans cette section, nous présentons la structure de l'entreprise SAETI, son organigramme ainsi que la cartographie de ses processus. Nous abordons également ses principales réalisations en Algérie et à l'international.

1. Présentation de l'entreprise :

Alors, ce stage s'est déroulé sous la supervision d'une société expérimentée et reconnue à l'intérieur et l'extérieur de l'Algérie, qui s'appelle la société Algérienne d'études d'infrastructures SAETI.

Figure 19:Coordonnées de SAETI



Source : site web de SAETI

La Société Algérienne d'Études d'Infrastructures (SAETI), créée en 1974, est une société par actions de droit algérien au capital de 900 000 000 DA. Ses actions sont détenues par le groupe GEICA, rattaché au Ministère des Travaux Publics.

Lors de sa création, la SAETI a été constituée en tant que société mixte, un statut qu'elle a conservé pendant près de 30 ans en partenariat avec l'entreprise allemande Dorsch-Consult.

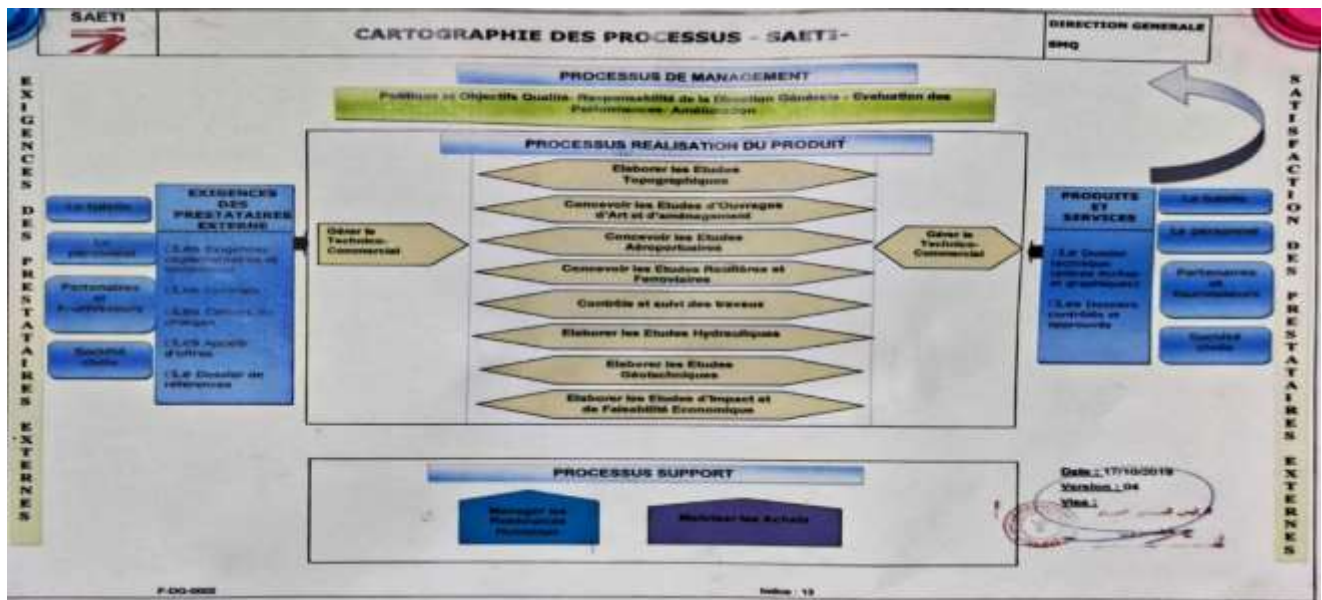
2. Structures de l'entreprise :

Les délégations de la SAETI sont implantées sur l'ensemble du territoire national à travers divers projets de réalisation.

- Le siège des délégations régionales Est se trouve à la Cité El Hidab, à Sétif.

4. Cartographie des processus :

Figure 22: Cartographie des processus SAETI



Source : SAETI

La cartographie des processus de la SAETI est structurée autour de trois grandes familles de processus : le processus de management, les processus de réalisation du produit, et les processus support. Le processus de management englobe la politique et les objectifs qualité, la responsabilité de la direction générale, l'évaluation des performances et l'amélioration continue. Les processus de réalisation du produit sont détaillés comme suit : gérer le technico-commercial, élaborer les études topographiques, concevoir les études d'ouvrages d'art et d'aménagement, concevoir les études aéroportuaires, concevoir les études routières et ferroviaires, contrôler et suivre les travaux, élaborer les études hydrauliques, élaborer les études géotechniques, et élaborer les études d'impact et de faisabilité économique. Enfin, les processus support sont : manager les ressources humaines et maîtriser les achats. Cette cartographie met également en évidence l'interaction entre les exigences des parties externes (tutelle, personnel, partenaires, société civile) et la satisfaction des prestataires à travers des livrables conformes comme les dossiers techniques et les dossiers contrôlés et approuvés.

5. Les missions de l'entreprise :

La SAETI est une entreprise spécialisée dans les études, l'assistance et le conseil dans le domaine des infrastructures de transport. Son expertise couvre un large éventail de services liés à ses différentes spécialités, notamment :

- Les études économiques et de faisabilité ;
- Les études techniques portant sur les routes, aérodromes, chemins de fer, ouvrages d'art, génie civil, hydraulique et aménagement du territoire ;
- Les études de transport, de trafic ainsi que les schémas directeurs des réseaux routiers ;
- Les études environnementales ;
- Les missions d'ingénierie-conseil et d'expertise technique ;
- La conception et la préparation des dossiers d'appels d'offres ;
- Les études d'exécution de projets ;
- Le suivi de chantier, l'assistance et le contrôle technique des travaux ;
- L'assistance au maître d'ouvrage incluant les études, le contrôle, le suivi et la gestion administrative des contrats ;
- Les études géologiques, géotechniques, hydrauliques, hydrologiques et topographiques.

6. Objectifs de l'entreprise :

L'objectif est de consolider la position de la SAETI en tant que leader dans les études et la planification des infrastructures de transport, tout en renforçant ses compétences afin d'en faire un outil performant et adapté aux exigences du développement de ces infrastructures.

La SAETI doit être capable de faire face à des situations stratégiques et exceptionnelles, ce qui implique :

- Améliorer continuellement la qualité des produits livrés ;
- Développer les activités grâce à la créativité et à l'innovation ;
- Participer activement aux réflexions sur le développement ;
- Mettre en place une stratégie marketing visant à promouvoir l'exportation. (accueil-saeti, 2025)

7. Réalisations en Algérie :

7.1. Les études menées :

Etudes autoroutières et routières réalisées :

- Etude préliminaire, d'APS et d'APD de dédoublement de la RNO1 du pk 294 AU pk 351+500 sur 57.5 KM W de DJELFA.
- Etude d'APS et APD de la rocade autoroutière des hauts plateaux, lot Ouest El Aricha-Tiaret sur 305 Km (Tlemcen-Tiaret).
- Mise à niveau de l'étude de la pénétrante à l'Autoroute Est Ouest (SIG Limite W Saida)
- Etude préliminaire, d'APS et d'APD de la liaison autoroutière 4 ème rocade -M'sila sur 100 Km
- Étude préliminaire, avant-projet sommaire (APS) et avant-projet détaillé (APD) de la liaison autoroutière reliant le port de Ténès à Tissemsilt sur une distance de 220 km.

Etudes des aérodromes :

- Etude de réalisation d'une nouvelle piste d'atterrissage sur 300x45M et ses annexes à l'aérodrome d'In Guezzam
- Études de renforcement des infrastructures des aérodromes de Sétif, Alger, Hassi R'mel, In Amenas, Hassi Messaoud et El Goléa.
- Étude pour la création d'un nouvel aéroport à Hassi Berkine.
- Travaux de topographie, géotechnique, ingénierie et supervision des constructions de la route d'accès principale ainsi que de la piste d'atterrissage permanente à Isarene (GPT), entre Ain Amenas et Illizi.
- Etude de création d'un nouvel aérodrome à Tinzaouatine.
- Etude d'une piste d'atterrissage au niveau de Bordj Omar Idriss Illizi.

Etudes ferroviaires :

- Étude de la desserte ferroviaire à double voie électrifiée entre Birtouta et Zeralda sur une distance de 23 km.
- Étude APS et APD pour le contournement ferroviaire de la ville de Biskra sur 18,8 km.
- Étude de la mise à niveau de la voie existante, incluant la conception de huit gares sur le tronçon Sétif/El Gourzi de la ligne ferroviaire Alger-Constantine.
- Étude pour la création d'un embranchement ferroviaire desservant les silos situés à Tipaza, Tlemcen et Constantine.

Divers :

- Étude des parkings à étages situés à Hydra, Kouba et El Biar.
- Réparation des dommages causés par les intempéries de 2012 sur les routes nationales, incluant la remise en état des chaussées, le traitement des glissements de terrain, ainsi que la reconstruction et la réparation des ouvrages d'assainissement sur les routes CW41, CW142, CW40 et CW153 (Jijel).

7.2 Dans le domaine du contrôles et surveillance des travaux :

Pour les travaux autoroutiers et routiers et OA :

- Suivi géométrique des travaux de construction de la route Silet-Tinzaouatine sur 367 km, dont la tranche 2 s'étend sur 207 km.
- Contrôle et surveillance des travaux de dédoublement de la RN 01 sur plusieurs tronçons : Berouaghia–Boughzoul (68 km), Chiffa–Berouaghia (53 km), Hassi Bahbah–Ain Ouessara (40 km) et Boughzoul–Djelfa (50 km).
- Contrôle et suivi des travaux de réalisation de la liaison autoroutière reliant le port de Djen Djen à l'autoroute Est-Ouest, au niveau d'El Eulma, sur une distance de 110 km.
- Approbation des études d'exécution, suivi des Travaux d'aménagement des gorges KHERRATA, RNO9 Lot N° 03 : Tunnels sur 260 ml.
- Contrôle et approbation du dossier d'exécution, Contrôle et suivi des travaux d'aménagement de la RN 43 sur 11,5 Kms Béjaïa - Lot : 03 Tunnels sur 180 ML, Lot : Ouvrage d'art 102,5 ml - Lot : routes :11,5 Km.

Pour les travaux ferroviaires :

- Contrôle et suivi de la réalisation des travaux de renouvellement de voie et ballast du tronçon El Harrach-El Affroun de la ligne Ferroviaire Alger/Oran
- Contrôle et suivi des travaux de réalisation des lignes ferroviaires Tissemsilt–Boughzoul (139 km), Mécheria–El Bayadh (130 km), Touggourt–Hassi Messaoud (154 km), ainsi que du tronçon n°21 Tlemcen–Akid Abbas (66 km) et du tronçon Djelfa–Laghouat.
- Contrôle et suivi des travaux de doublement de la voie et de rectification du tracé pour permettre une augmentation de la vitesse à 160 km/h sur la ligne Beni Mansour–Béjaïa.

CHAPITRE II CADRE METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE ORGANISATIONNEL

- Contrôle et suivi des travaux de réalisation du tronçon 1 Boughezoul–Djelfa, sur un linéaire de 140 km, de la nouvelle ligne ferroviaire Boumedfaa–Djelfa.
- Contrôle et suivi des prestations liées aux propositions de règlement pour le projet de renouvellement de voie, ballast, appareils de voie, travaux connexes et modernisation du lot n°03 dans la région d’Annaba.

Pour les travaux aéroportuaires :

- Contrôle et suivi des travaux de renforcement des infrastructures des aéroports d’Alger, Hassi R’mel, Béchar et Tamanrasset.
- Contrôle et suivi des travaux de renforcement des infrastructures des aéroports de Tafraoui, Mécheria et Boulaadham.

Divers :

- Prestation de contrôle et suivi des travaux de génie civil, gros œuvres de ligne et stations sur le tronçon El Harrach–Aéroport de la ligne 1 du métro d’Alger.
- Contrôle et suivi des travaux de terrassement et de viabilisation de quatorze (14) aires de service sur l’autoroute Est-Ouest.
- Contrôle, approbation des études d’exécution, suivi, contrôle et coordination des travaux de voirie et des réseaux divers (primaires et secondaires) sur les sites de la Ville Nouvelle de Hassi Messaoud et de la Zone d’Activités Logistiques.
- Contrôle et suivi des études et travaux de voirie et ouvrages d’art dans les villes nouvelles de Sidi Abdellah et Boughezoul.
- Contrôle et suivi des travaux de réalisation du réseau multitubulaire de l’Autoroute Est-Ouest sur un linéaire total de 243 km, couvrant les sections Bordj Bou Arreridj–Zennouna, El Adjiba–Bouira, Khemis El Khechna–Hoceinia et Khemis Meliana–Oued Fodda.

8. SAETI à l’international :

Depuis plus de 30 ans, la SAETI exporte son expertise malgré les nombreuses difficultés et contraintes liées à la réalisation opérationnelle des projets dans plusieurs pays africains. Grâce à ses compétences reconnues et à sa rigueur, la SAETI s’est imposée auprès des bailleurs de fonds et des administrations centrales, figurant désormais sur la liste restreinte des principaux bureaux d’études en Afrique.

CHAPITRE II CADRE METHODOLOGIQUE ET CONTEXTE ORGANISATIONNEL

L'apport des partenaires locaux a joué un rôle déterminant, facilitant l'entrée sur le marché et offrant une connaissance approfondie du contexte économique et des réseaux d'affaires, notamment via des contacts avec les chambres de commerce et des organisations professionnelles telles que la PIARC et l'AGEPAR.

8.1 MAURITANIE :

- Contrôle et surveillance des travaux de construction de la route revêtue en enrobés à chaud, Nouakchott–Nouadhibou, Lot II, sur 116 km.
- Étude de faisabilité technico-économique, socio-environnementale et technique détaillée pour la construction et le bitumage de la route Néma–Bassiknou–Fassala (frontière du Mali) sur 260 km.
- Contrôle et surveillance des travaux de construction de la route N'Beika–Tidjkja.
- Études techniques pour l'aménagement des infrastructures aéronautiques des aéroports de Zouérate et Nouakchott.
- Contrôle et surveillance des travaux de la route Aioun El Atrouss (Mauritanie)–Nioro du Sahel (Mali), Lot II : Hassi El Ahmed Bechna–Gogui.
- Supervision et contrôle des travaux du tronçon Atar–Tidjkja, longueur 375 km, Lot 2 : Tenouamen D (PK 130) –Aïn Safra (PK 220), incluant une bretelle à Aïn Safra.

8.2 NIGER :

- Étude technique détaillée de la route transsaharienne Arlit–Assamaka sur 200 km.

8.3 MALI :

- Actualisation de l'étude de faisabilité de la route Gao–Kidal sur un tronçon de 350 km.
- Étude d'avant-projet sommaire et avant-projet détaillé de la route Banamba–Niono sur un linéaire de 208 km.
- Contrôle et surveillance des travaux de la route bitumée Aioun El Atrouss (Mauritanie)–Nioro du Sahel (Mali), tronçon Gogui–Nioro du Sahel (Lot III) sur 66 km.

8.4 TCHAD :

- Étude d'exécution, étude économique et étude d'impact environnemental de la route Abéché–Mongo sur 415 km.
- Étude d'exécution de la route Djermaya–Massaguet–N'Goura sur 170 km.

8.5 TOGO :

- Étude technico-économique de réhabilitation et de suppression des points critiques sur les pistes rurales.

8.6 TUNISIE :

- Contrôle, suivi et assistance Technique des travaux de la route : BENI KHEDDACHE - GOUMRASSEN dans le sud Tunisien, Tronçon de 29,1 Km.
- Contrôle et suivi de réalisation de Trois (03) Ouvrages d'arts dans la région du KEROUANE dans le sud Tunisien. (Saeti, 2025)

Ce chapitre a permis de présenter de manière détaillée la méthodologie adoptée ainsi que le contexte organisationnel dans lequel s'inscrit cette étude. La démarche méthodologique a été soigneusement élaborée pour répondre aux objectifs de recherche tout en tenant compte des spécificités du terrain d'étude.

Le recours à ces méthodes s'est révélé pertinent pour plusieurs raisons. D'une part, elles ont permis de recueillir des données riches directement auprès des acteurs impliqués dans les opérations topographiques. D'autre part, elles ont facilité une compréhension approfondie des interactions entre facteurs techniques, humains et organisationnels. La triangulation des données issues de différentes sources a par ailleurs renforcé la validité des résultats obtenus.

Concernant le contexte organisationnel, l'étude s'est déroulée au sein de la SAETI, une entreprise algérienne reconnue dans le domaine des études d'infrastructures. L'implication de cette société dans des projets nationaux et internationaux d'envergure, dont le métro d'Alger, a fourni un cadre particulièrement pertinent pour notre recherche. L'accès aux professionnels expérimentés et aux données opérationnelles a grandement contribué à la qualité des informations recueillies.

En conclusion, ce chapitre a permis de poser des fondations méthodologiques solides pour la conduite de cette étude. L'alliance d'une approche qualitative rigoureuse avec l'analyse AMDEC, appliquée au contexte d'une entreprise spécialisée, offre une réponse pertinente aux objectifs de recherche. Ces choix méthodologiques et contextuels préparent ainsi le terrain pour l'analyse des résultats présentée dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III : ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Ce chapitre présente, dans une première partie, le déroulement du projet de tracé d'une ligne de métro, en mettant en évidence les principaux travaux topographiques réalisés sur le terrain. La seconde partie est consacrée à l'application de la méthode AMDEC, utilisée pour analyser les risques liés aux travaux topographiques et proposer des actions correctives. La troisième partie porte sur l'interprétation des résultats issus des entretiens et du focus groupe menés avec les acteurs du projet. Enfin, la quatrième partie est dédiée à la discussion des résultats, en les confrontant aux éléments du terrain et à la littérature.

Section 1 : La mise en place de l'outil AMDEC

Dans cette section, nous présentons la démarche suivie pour appliquer la méthode AMDEC dans le cadre du projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. La première partie décrit les étapes méthodologiques mises en œuvre pour identifier, évaluer et hiérarchiser les risques liés aux activités topographiques. La seconde partie expose les résultats de cette analyse sous forme de tableaux AMDEC, regroupant les principaux modes de défaillance identifiés, leurs causes, effets et les actions préventives ou correctives proposées.

1. La démarche de l'AMDEC :

1.1 Construire le groupe de travail :

Nous commençons notre démarche AMDEC par la constitution d'un groupe de travail pluridisciplinaire, réunissant les acteurs directement impliqués dans les opérations topographiques du projet du métro d'Alger. Ce groupe inclut des chefs de zone, des techniciens topographes, un chef de mission ainsi que des responsables HSE, afin de croiser les expertises terrain avec les exigences en matière de gestion des risques. L'objectif de cette étape est de garantir une compréhension partagée des processus, de favoriser l'identification exhaustive des risques et de faciliter l'échange d'expériences. En collaborant étroitement dès le départ, nous posons les bases d'une analyse rigoureuse, collective et adaptée aux réalités du chantier.

1.2 L'analyse fonctionnel :

Dans cette deuxième étape, nous procédons à une analyse fonctionnelle approfondie de la mission topographique en mobilisant l'outil QQQQCP. Cette méthode nous permet de clarifier les contours de l'activité étudiée en répondant de manière structurée aux questions fondamentales : Qui réalise les opérations ? Qu'est-ce qui est fait ? Où se déroulent ces opérations ? Quand interviennent-elles

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

? Comment sont-elles menées ? Et enfin, Pourquoi ces opérations sont-elles nécessaires ? Cette phase nous permet ainsi de bien cerner les fonctions principales du système topographique, d'identifier les interactions entre les acteurs, les moyens et les conditions d'intervention, et de poser une base solide pour la détection des défaillances potentielles dans les étapes suivantes de l'AMDEC.

Tableau 3: Application de l'outil QQQCP à l'étude.

Qui?	Chef de mission, chef service, trois chefs de zone, et des topographes de terrain.
Quoi?	Réalisation des opérations topographiques : levés, implantations et contrôles
Où?	Sur l'ensemble du tracé de l'extension de la ligne 1 du métro d'Alger, de E1 Harrach à l'Aéroport International Houari Boumediene, couvrant 9,404 km de tunnel, avec ses neuf stations et dix puits de ventilation.
Quand?	Tout au long du projet : phase d'étude, phase de construction, phase de contrôle final.
Comment?	À l'aide de matériels topographiques (stations totales, niveaux, GPS), logiciels de traitement de données, et selon des procédures spécifiques à chaque phase.
Pourquoi?	Pour garantir la précision des implantations, assurer la sécurité des ouvrages, éviter les erreurs de construction, et assurer la conformité aux plans.

Source : Elaborée par nous-mêmes à partir des informations de l'entreprise.

La principale fonction réalisée dans le cadre de l'extension de la ligne 1 du métro d'Alger est l'exécution des opérations topographiques. Cette fonction se décline en plusieurs sous-fonctions essentielles : levés, implantations et contrôles.

Tableau 4: L'analyse fonctionnelle de l'étude topographique.

Fonctions principales	Sous-fonctions
Préparation des travaux topographiques	<ul style="list-style-type: none"> - Préparer les appareils : vérifier les batteries, les trépieds, les stations totales, les niveaux, les prismes - Identifier les zones d'intervention le long du tracé (stations, puits, tunnels). - Prendre connaissance des plans d'exécution et des points de référence existants. - Organiser les équipes topographiques. - Se rendre sur le chantier avec tout le matériel nécessaire.

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Mise en station des instruments	<ul style="list-style-type: none">- Choisir les emplacements adaptés pour l'installation des stations totales ou niveaux.- Mettre en station de manière stable en assurant la mise à niveau de la station totale à l'aide de la bulle circulaire.- Orienter l'instrument par rapport aux points connus (stationnement sur points de référence).- Vérifier que l'appareil est prêt à mesurer avec précision.
Levé et implantation topographique	<ul style="list-style-type: none">- Chercher la position du point à planter.- Utiliser la station totale pour guider l'aide-topographe jusqu'à ce point avec un prisme.- Marquer le point au sol avec peinture ou clou.- Contrôler si le point implanté est bien placé.- Effectuer des levés réguliers pour contrôler l'avancement du chantier.- Relever les déformations, déplacements ou écarts par rapport aux plans.- Effectuer des levés de contrôle après implantation.
Traitement et exploitation des données	<ul style="list-style-type: none">- Centraliser les données.- Traiter et analyser les relevés sur logiciels spécialisés- Établir les plans, coupes et rapports.- Archiver les données pour assurer la traçabilité du projet.

Source : Elaborée par nous-mêmes à partir des informations de l'entreprise.

1.3 Identifier les modes de défaillances :

L'identification des modes de défaillance dans le cadre des travaux topographiques du projet du métro d'Alger a été menée à l'aide d'une approche qualitative, combinant trois méthodes complémentaires. Un focus group a été organisé le 11 mai 2025, au sein de la direction du projet à Bab Ezzouar, avec la participation de quatre opérateurs topographes directement impliqués dans les travaux sur le terrain. Cette session, d'une durée d'environ 90 minutes, a permis de recueillir des informations pratiques sur les difficultés rencontrées lors des tâches de mise en station, d'implantation et de levé. En parallèle, des entretiens semi-directifs ont été menés le 11 mai 2025, dans la direction du projet, avec un chef de zone, le chef service et le chef de mission. Chaque

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

entretien, d'une durée moyenne de 30 minutes, a abordé les risques spécifiques associés aux opérations topographiques, croisant ainsi les retours des équipes de terrain avec les aspects managériaux et organisationnels du projet. Enfin, des observations continues sur chantier, ainsi qu'une analyse documentaire approfondie, ont été réalisées tout au long du stage, pendant la période de mai 2025, en consultant régulièrement les rapports techniques, les fiches de contrôle, et les comptes rendus internes du projet. Cette triangulation des méthodes a permis d'identifier de manière exhaustive les modes de défaillance potentiels et de constituer une base solide pour l'analyse AMDEC.

Tableau 5: Liste des participants au focus groupe

Nom	Prénom	Fonction	Expérience
FERKOUS	AZZEDINNE	Chef mission	+30 ans
REZAL	FARID	Chef service	+8 ans
BILAHDA	BILAL	Chef zone	+8 ans

Source : Elaborée par nous-mêmes.

Tableau 6:Liste des personnes interrogées dans le cadre des entretiens

Nom	Prénom	Fonction	Expérience
BENZERGA	ABDERRAHMANE	Chef de brigade	+16 ans
MOKHTARI	OMAR	Technicien opérateur	+8 ans
BENAMIROUCHE	YAHIA	Technicien opérateur	+8 ans
BIREM	ABDERRAHMANE	Ingénieur tunnelier	+9 ans

Source : Elaborée par nous-mêmes.

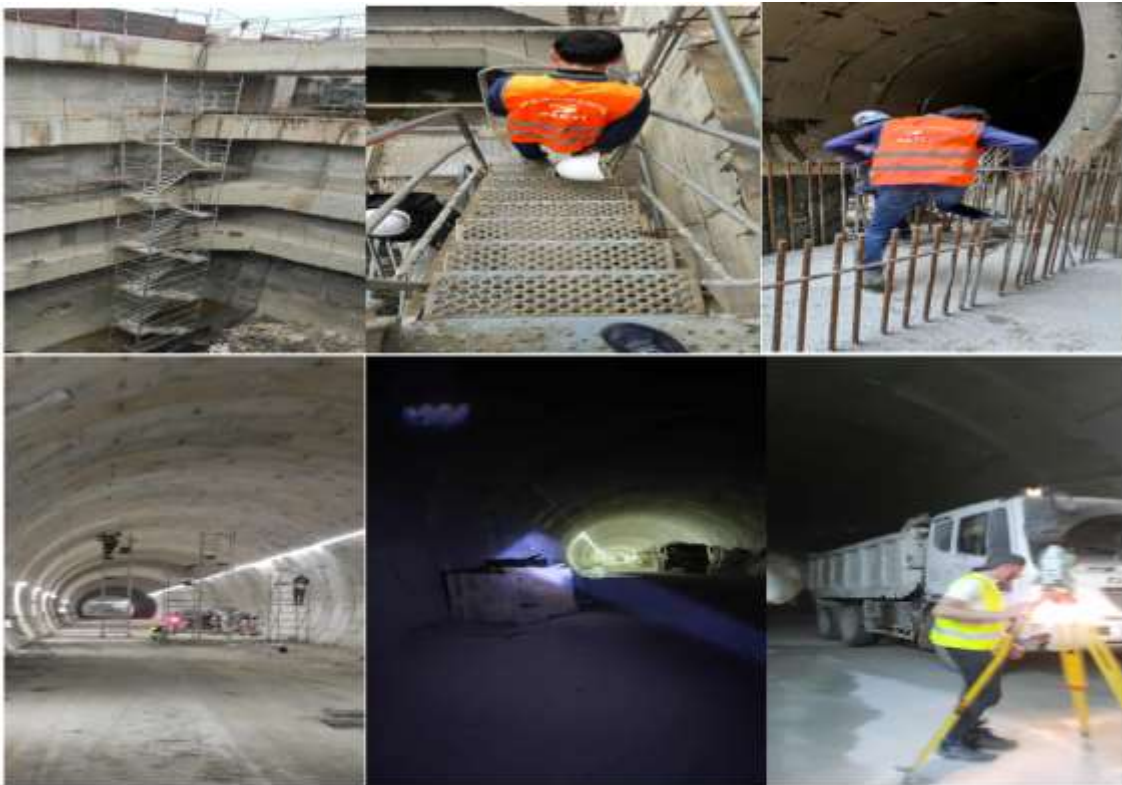
L'analyse documentaire, des discussions, des entretiens et des observations a permis d'établir une liste détaillée des modes de défaillance rencontrés dans ce projet, notamment :

- Le port de matériel dans un escalier instable,
- Le défaut de calibration des instruments,
- La présence d'obstacles physiques en zone de circulation,
- Les problèmes d'identification des points de référence,
- L'absence d'équipements de protection individuelle,
- Les batteries déchargées sur le terrain,
- La mise en station des instruments sur un sol instable ou proche de champs magnétiques,
- L'exposition à des conditions météorologiques défavorables,
- Les erreurs humaines de lecture ou saisie des données,
- Le travail de nuit et la fatigue liée,

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

- L'exposition prolongée à la poussière et aux gaz en zone tunnel,
- Les défauts de communication entre les topographes,
- Les comportements dangereux comme l'allumage de cigarettes en zone tunnel,
- Le dysfonctionnement ou le manque de maintenance des équipements,
- Les erreurs de calcul et le manque de double vérification,
- L'absence de mise à jour des cartes,
- La fatigue oculaire liée à un usage prolongé des écrans,
- Un archivage non structuré des données.

Figure 23: Des modes de défaillance rencontrés dans le projet



Source : Photos prises par nous-mêmes

1.4 Identifier les effets et les causes :

Une fois les défaillances identifiées, nous procédons à l'analyse de leurs causes et conséquences. Pour chaque défaillance, nous nous demandons d'abord quelles sont les causes de ce type de défaillance ? afin de comprendre d'où elle provient, que ce soit lié au matériel, à l'organisation, aux conditions de travail ou à l'humain. Ensuite, nous analysons quelles sont les conséquences de ce type de défaillance ? qu'elles soient immédiates, comme l'interruption des travaux, ou plus

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

indirectes, comme des retards dans le projet. Cette approche nous permet de bien cerner l'impact de chaque défaillance et de déterminer les mesures correctives adaptées. Il est à noter que les défaillances rencontrées lors des levés et des implantations sont presque identiques, car elles reposent sur les mêmes outils et méthodes de travail.

1.5 Évaluer les défaillances :

L'évaluation des défaillances dans le cadre de l'AMDEC se fait en attribuant à chaque mode de défaillance un score de probabilité, de gravité, et de détectabilité, permettant ainsi d'évaluer la criticité de chaque défaillance. La probabilité évalue la fréquence d'occurrence de la défaillance sur une échelle de 1 à 4, où 1 correspond à un événement rare et 4 à un événement quasi certain. La gravité mesure l'impact de la défaillance, en termes de sécurité, coût, ou retard, également sur une échelle de 1 à 4, où 1 correspond à une faible conséquence et 4 à une conséquence majeure. La détectabilité, quant à elle, mesure la facilité avec laquelle la défaillance peut être détectée avant qu'elle n'ait un impact, sur une échelle inversée de 1 à 4, où 1 correspond à une détection facile et 4 à une détection impossible. La criticité est ensuite calculée en multipliant ces trois facteurs :
Criticité = Probabilité × Gravité × Détectabilité.

Tableau 7: Grille d'évaluation de l'occurrence

Echelle	Occurrence	Explication
1	Très rare	Cela arrive une seule fois ou pas du tout pendant toute la durée du projet.
2	Rare	Cela peut arriver une ou deux fois durant tout le projet.
3	Occasionnelle	Cela survient de manière irrégulière, tous les quelques jours ou semaines.
4	Fréquente	Cela survient souvent, parfois plusieurs fois par semaine.

Source : Elaborée par nous-mêmes avec le chef mission.

Tableau 8: Grille d'évaluation de la gravité

Echelle	Gravité	Explication
1	Faible	Pas de retard, pas de coût, et aucun risque pour les travailleurs.
2	Modérée	Petit retard, gêne mineure pour les travailleurs
3	Élevée	Retards visibles, surcoûts, et conséquences potentielles sur la santé
4	Critique	Grands retards, gros coûts et danger réel pour la santé ou la vie des travailleurs

Source : Elaborée par nous-mêmes avec le chef mission.

Tableau 9: Grille d'évaluation de la détectabilité

Echelle	Détectabilité	Explication
1	Facile	Facile à détecter par n'importe qui ; on le remarque tout de suite lors des vérifications habituelles.
2	Moyen	Peut être détectée par un travailleur même inexpérimenté ; elle devient visible après quelques contrôles ou un peu de temps.
3	difficile	Il faut une analyse approfondie ou un expert pour le repérer.
4	impossible	Impossible à détecter pour tout le monde ; elle se découvre seulement après avoir causé des dégâts.

Source : Elaborée par nous-mêmes avec le chef mission.

1.6 Hiérarchiser les défaillances :

Une fois les notes de probabilité, de gravité et de détectabilité attribuées à chaque mode de défaillance, la hiérarchisation se fait à l'aide du calcul de l'indice de criticité (IC), obtenu en multipliant ces trois critères : $IC = Probabilité \times Gravité \times Détectabilité$. Plus l'IC est élevé, plus le risque est jugé critique, car il combine une forte probabilité d'occurrence, des conséquences graves, et une difficulté à être détecté à temps. Une fois tous les indices calculés, les défaillances sont classées par ordre décroissant de criticité, ce qui permet de prioriser les actions à mener.

Tableau 10: Grille d'évaluation de l'indice de criticité

Indice de Criticité (IC)	Niveau de Priorité	Interprétation	Action à entreprendre
<6	Faible priorité	Le risque est mineur, sans impact notable sur le projet ni sur la sécurité.	Aucune action immédiate.
6 – 14	Priorité modérée	Le risque est moyen, pouvant affecter certains aspects du projet.	Planifier des actions correctives préventives.
15 – 19	Haute priorité	Le risque est significatif, avec un impact potentiel sur la qualité ou le planning.	Mettre en œuvre des mesures correctives dans un délai raisonnable.
20 – 64	Très haute priorité	Le risque est critique, pouvant compromettre la sécurité, la santé ou le projet.	Agir immédiatement.

Source : Elaborée par nous-mêmes.

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

L'échelle de criticité aide à concentrer les efforts et les ressources sur les risques les plus graves, en permettant de prioriser les actions correctives et d'assurer une gestion optimale des risques, pour éviter des impacts négatifs majeurs sur le projet.

1.7 La recherche des actions préventives et correctives :

À l'issue de la hiérarchisation des modes de défaillance selon leur indice de criticité, le groupe de travail a organisé une séance de brainstorming afin d'identifier des actions correctives et préventives adaptées. Il convient de noter que plusieurs actions préventives étaient déjà mises en œuvre de manière informelle par les topographes (comme des vérifications ponctuelles, des doublons de mesures ou des échanges entre équipes), mais qu'elles ne sont pas systématisées ni formalisées dans des procédures standard. Ce travail vise donc, d'une part, à formaliser ces bonnes pratiques existantes, et d'autre part, à en proposer de nouvelles pour répondre aux défaillances identifiées.

L'objectif principal est de réduire l'indice de criticité en agissant sur trois leviers :

- La réduction de la probabilité d'occurrence.
- La réduction de la probabilité de non-détection.
- La réduction de la gravité de l'effet de défaillance.

1.8 Le suivi des actions prises et la réévaluation de criticité :

Cette étape vise à réévaluer les indices de criticité après la mise en œuvre des actions correctives identifiées lors de l'analyse AMDEC. Le recalcul, fondé sur les mêmes critères (gravité, occurrence, détectabilité), permet de mesurer l'efficacité des mesures prises. L'objectif est de s'assurer que les nouveaux niveaux de risque restent en dessous du seuil de criticité défini pour le projet, garantissant ainsi un meilleur contrôle des risques topographiques sur le chantier du métro d'Alger.

Section 2 : Résultats

Cette section présente l'analyse des données issues du focus groupe et des entretiens. Les résultats du focus groupe ont été interprétés manuellement, tandis que ceux des entretiens ont été analysés à l'aide du logiciel NVivo, afin d'analyser le discours sur les principaux risques topographiques perçus et les propositions d'amélioration exprimées par les professionnels.

1. Résultats du focus groupe :

Le focus groupe a réuni quatre professionnels expérimentés du projet du métro d'Alger, comprenant un ingénieur topographe, un chef de brigade et deux techniciens opérateurs. L'objectif était d'identifier les principaux risques topographiques rencontrés sur le terrain, d'analyser les méthodes actuelles de gestion de ces risques et d'explorer des solutions pour améliorer la sécurité et l'efficacité des interventions. Les échanges ont révélé des défis communs, des bonnes pratiques existantes et des pistes d'amélioration prometteuses.

Les participants ont identifié plusieurs risques majeurs auxquels ils sont confrontés quotidiennement. Les erreurs liées aux données topographiques, notamment l'utilisation de plans non mis à jour ou non validés, apparaissent comme un problème récurrent. Ces erreurs peuvent entraîner des implantations incorrectes, nécessitant des corrections coûteuses en temps et en ressources. En milieu souterrain, les déplacements de repères causés par les vibrations des engins de chantier constituent un autre défi important. Les conditions de travail difficiles, comme le manque de visibilité dans les zones mal éclairées ou les problèmes d'accès dus aux travaux en cours, aggravent ces risques. Enfin, les participants ont souligné les limites des systèmes de communication, particulièrement dans les zones souterraines où le réseau téléphonique est souvent indisponible, retardant ainsi le signalement et la résolution des anomalies.

Pour faire face à ces risques, les professionnels ont développé plusieurs stratégies. La vérification systématique des données avant leur transmission est devenue une pratique courante, tout comme le double contrôle des points topographiques sensibles. Les équipes s'appuient de plus en plus sur des outils technologiques avancés, tels que les stations totales robotisées et les niveaux numériques, pour détecter les écarts et améliorer la précision des mesures. La communication, bien qu'informelle, joue un rôle clé dans la gestion des risques, avec des échanges directs sur le terrain et l'utilisation d'applications comme WhatsApp pour les urgences. Les réunions techniques

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

régulières et le travail en binôme complètent ces mesures, renforçant ainsi la sécurité et la qualité des interventions.

Malgré ces bonnes pratiques, les participants ont relevé plusieurs limites dans la gestion actuelle des risques. L'absence de méthodes standardisées se traduit par une approche souvent basée sur l'expérience individuelle plutôt que sur des procédures formalisées. Les retards dans la mise à jour des plans et les pannes d'équipement sans solution de secours immédiate posent également des problèmes récurrents. De plus, le manque de capitalisation sur les incidents passés empêche une amélioration continue, les mêmes erreurs tendant à se répéter sans analyse systémique.

Les propositions d'amélioration issues du focus groupe s'articulent autour de plusieurs axes. L'introduction de l'AMDEC apparaît comme une solution prometteuse pour structurer l'analyse des risques et anticiper les défaillances potentielles. Les participants ont également plaidé pour des formations collaboratives, impliquant à la fois les ingénieurs, les techniciens et les opérateurs, afin de partager les bonnes pratiques et de familiariser les équipes avec les nouveaux outils. L'amélioration des infrastructures, comme le renforcement de l'éclairage en souterrain et la mise en place d'un système de communication interne par radios, a été jugée essentielle pour optimiser les conditions de travail. Enfin, la standardisation des processus, incluant la validation horodatée des plans et l'instauration de retours d'expérience systématiques, a été identifiée comme un levier clé pour une gestion plus efficace des risques.

En conclusion, les résultats de ce focus groupe mettent en lumière la nécessité d'adopter une approche plus structurée et proactive dans la gestion des risques topographiques. Les professionnels sur le terrain, riches de leur expérience, ont exprimé un besoin clair d'outils méthodologiques comme l'AMDEC, de formations adaptées et d'améliorations concrètes des conditions de travail. La mise en œuvre de ces recommandations, en commençant par un projet pilote sur une station cible, pourrait significativement améliorer la sécurité et l'efficacité des interventions, tout en réduisant les erreurs et les retards sur les chantiers du métro d'Alger.

2. Résultats des entretiens :

Dans cette partie, nous présentons les résultats issus des entretiens semi-directifs menés auprès de professionnels intervenant dans le projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. L'objectif était d'approfondir la compréhension des risques topographiques identifiés sur le terrain. L'analyse

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

qualitative des données recueillies a été réalisée à l'aide du logiciel NVivo, permettant d'organiser et d'interpréter les propos en fonction des thèmes récurrents.

2.1 Analyse descriptive :

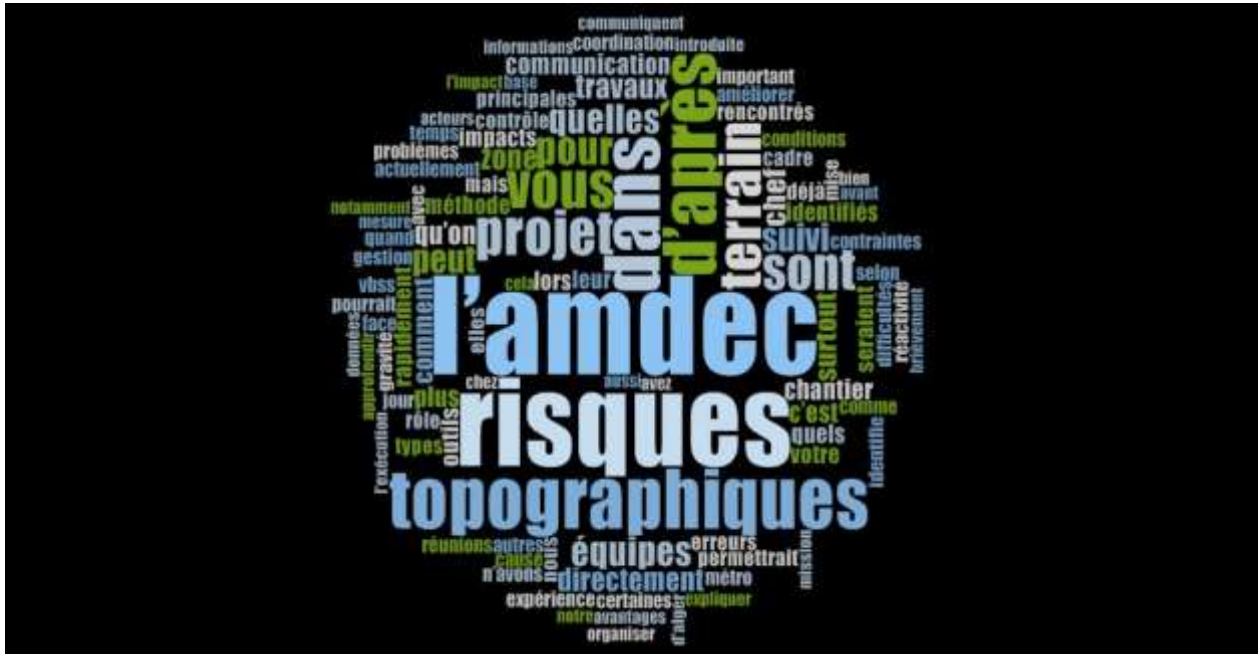
L'analyse descriptive dans NVivo est une étape préliminaire qui permet de dresser un portrait général des participants à une recherche qualitative, notamment à travers leurs caractéristiques sociodémographiques. Elle repose sur l'utilisation d'attributs tels que l'âge, le genre, ou l'expérience professionnelle. Ces attributs sont associés à chaque source et permettent de produire des statistiques simples ainsi que des pour mieux comprendre la composition des participants.

Les résultats de l'analyse descriptive montrent que l'ensemble des participants sont des hommes. Cette homogénéité s'explique par l'absence de personnel féminin dans les équipes topographiques affectées à ce projet, ce qui reflète la réalité du terrain. Concernant l'expérience professionnelle, deux participants comptent huit ans d'ancienneté chacun, tandis qu'un troisième dispose de trente ans d'expérience, offrant ainsi une diversité de points de vue. L'analyse de l'âge révèle une répartition de 35 à 58 ans, correspondant à différents stades de carrière et de maturité professionnelle, enrichissant ainsi la lecture des discours recueillis.

2.2 Approche lexicale :

L'approche lexicale dans NVivo consiste à analyser la fréquence des mots dans un corpus textuel afin d'identifier des thèmes récurrents, des concepts clés ou des préoccupations dominantes. Elle s'appuie sur des outils comme les nuages de mots ou les tableaux de fréquence pour visualiser les termes les plus utilisés et en déduire des tendances sémantiques. Cette méthode permet de cerner les priorités discursives des participants et d'orienter l'analyse qualitative.

Figure 24: nuage de mots



Source : élaboré par nous-mêmes avec Nvivo

L'analyse lexicale à partir des entretiens met en évidence l'importance centrale de l'AMDEC (51 occurrences), outil clé pour la documentation des risques, comme le confirme aussi la forte fréquence du mot « risques » (45 occurrences). Cette concentration illustre que les participants reconnaissent l'AMDEC comme une méthode structurée et efficace pour identifier, analyser et prévenir les risques dans les projets topographiques.

Le mot « topographiques » (29 occurrences) est étroitement lié au mot « terrain » (21 occurrences), ce qui montre que les risques abordés ne sont pas abstraits, mais bien ancrés dans des contextes réels, concrets, physiques. Cela confirme que les entretiens traitent des risques liés aux caractéristiques du terrain. L'AMDEC est donc utilisée ici non pas de façon générique, mais appliquée à un domaine précis : la topographie.

La présence de termes comme « projet », « suivi », « équipes » et « directement » montre que la documentation des risques topographiques par l'AMDEC implique une collaboration interdisciplinaire et une action terrain concrète. Le mot « vous » suggère une forte dimension participative dans les entretiens : les acteurs interrogés sont directement impliqués dans l'identification et l'évaluation des risques.

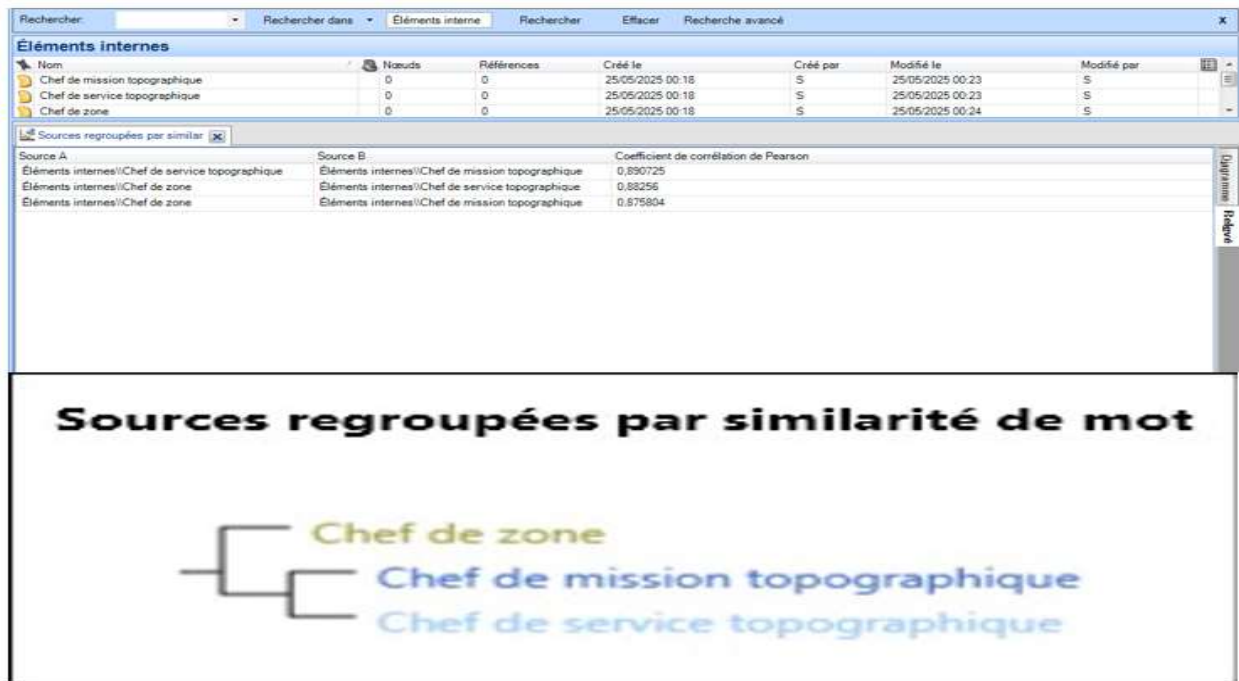
CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

En outre, des termes comme « contraintes », « zone », « chef » et « travaux » témoignent de la complexité du contexte de mise en œuvre de l'AMDEC : il s'agit de concilier les contraintes du terrain, la coordination des équipes et la planification des travaux, tout en intégrant une analyse rigoureuse des risques. Ainsi, l'analyse met en lumière que l'AMDEC est perçue comme un outil structurant pour formaliser les risques topographiques, permettre leur traçabilité, et renforcer la prévention en phase projet et exécution. Elle favorise une approche proactive qui dépasse la simple intuition de terrain pour aller vers une documentation systématique et collective des aléas. (Voir ANNEXE D – REQUETE DE FREQUENCE DE MOTS)

2.3 L'approche linguistique :

L'approche linguistique dans NVivo permet d'analyser les données textuelles en se basant sur la similarité des mots et des expressions. Elle regroupe les sources ou les éléments en fonction de leur ressemblance lexicale à l'aide d'indicateurs comme le coefficient de corrélation de Pearson.

Figure 25: Analyse de similarité lexicale



Source : élaboré par nous-mêmes avec Nvivo

L'approche linguistique utilisée dans NVivo, illustrée par les deux images, met en évidence une forte similarité lexicale entre les intitulés de postes analysés. Le tableau des coefficients de corrélation de Pearson montre des scores élevés entre les paires Chef de mission topographique, Chef de service topographique et Chef de zone, allant de 0,875804 à 0,890725, ce qui traduit une

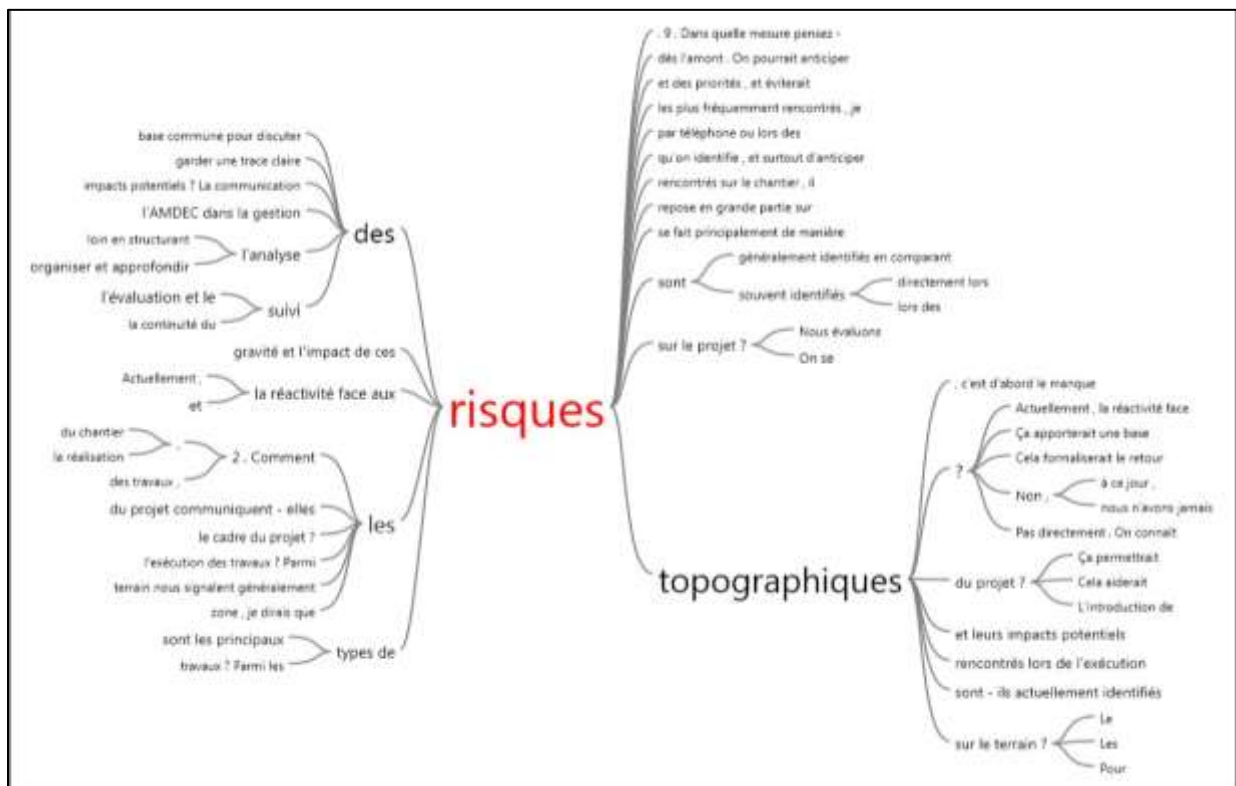
CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

proximité importante dans les mots utilisés pour décrire ces fonctions. Le dendrogramme renforce cette interprétation en représentant visuellement cette similarité : Chef de mission topographique et Chef de service topographique apparaissent comme les plus proches, formant un sous-groupe distinct, tandis que Chef de zone est rattaché à ce groupe avec une légère distance. Cela suggère que, bien que les intitulés varient, les discours autour de ces postes partagent un vocabulaire commun, probablement lié à des responsabilités ou des contextes d'intervention similaires.

2.4 Cartographie cognitive :

La cartographie cognitive issue des entretiens réalisée avec NVivo est une représentation visuelle des idées, perceptions et réponses exprimées par les participants autour d'un thème donné, ici les risques topographiques. Elle permet d'illustrer les relations entre les concepts, les préoccupations des acteurs et les éléments récurrents identifiés dans les discours. Cet outil qualitatif facilite l'analyse des données en structurant les informations de manière hiérarchique et thématique.

Figure 26:Cartographie cognitive



Source : élaboré par nous-mêmes avec Nvivo

La cartographie met en évidence que les risques topographiques sont souvent identifiés directement lors des travaux, notamment sur le terrain ou par téléphone. Elle montre également que la réactivité

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

face à ces risques est perçue comme insuffisante, en raison d'un manque de formalisation et de suivi structuré. Plusieurs éléments convergent vers l'idée que l'introduction d'outils comme l'AMDEC pourrait aider à organiser l'analyse, garder une trace claire et améliorer la communication autour des impacts potentiels. Enfin, la carte illustre que les types de risques sont liés à la réalisation des travaux et à l'exécution du chantier, mais restent peu partagés dans le cadre global du projet

2.5 L'analyse thématique :

L'analyse thématique dans NVivo vise à identifier, analyser et représenter les principaux thèmes qui émergent d'un corpus de données qualitatives. Grâce à cet outil, les chercheurs peuvent coder les données en fonction des thèmes repérés, organiser ces codes et explorer les relations entre eux, afin de mieux cerner les schémas récurrents et les significations profondes présentes dans les données.

2.5.1 Pourcentage de couverture :

Le pourcentage de couverture dans NVivo, lorsqu'il est calculé par expert, représente la proportion du contenu total d'un entretien individuel qui a été codée sous un thème donné. Cela signifie que plus un expert consacre de mots ou de phrases à un thème, plus le pourcentage de couverture de ce thème sera élevé pour lui.

Tableau 11: Le pourcentage de couverture de chaque expert

Nom	Références	Couverture
Chef de mission topographique	17	3,00 %
Chef de service topographique	15	2,63 %
Chef de zone	13	2,36 %

Source : élaboré par nous-mêmes avec Nvivo

L'analyse du pourcentage de couverture par expert révèle l'importance relative accordée au thème étudié lors des entretiens. Le chef de mission topographique affiche la couverture la plus élevée (3,00 %), ce qui indique qu'il a consacré une plus grande part de son discours à ce thème. Cette dominance suggère qu'il possède une compréhension plus approfondie du sujet par rapport aux autres experts, probablement en lien avec son rôle transversal et sa vision globale du projet. Le chef de service topographique (2,63 %) et le chef de zone (2,36 %) présentent des taux légèrement inférieurs, traduisant une implication ou une sensibilité moindre au thème, possiblement en raison

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

de responsabilités plus ciblées ou opérationnelles. Ces différences, bien que modestes, reflètent des niveaux d'expérience, de priorités ou d'implication distincts selon les fonctions occupées dans l'organisation du chantier.

2.5.2 La matrice condensée :

La matrice condensée est un tableau croisé qui montre quels répondants ont abordé quels thèmes, et dans quelle mesure. Elle permet d'observer la répartition des thèmes par individu ou groupe, facilitant la comparaison.

La matrice condensée révèle les pratiques et les défis liés à la gestion des risques topographiques dans un contexte de chantier, à travers les perspectives de trois professionnels. Le Chef de mission topographique, le Chef de service topographique et le Chef de zone partagent des expériences similaires mais mettent en lumière des aspects complémentaires. Tous s'accordent sur l'importance de l'expérience terrain pour identifier et évaluer les risques, mais soulignent les limites d'une approche informelle. Les risques les plus fréquents incluent l'instabilité du terrain, les conditions environnementales difficiles et les dangers physiques comme les chutes. Cependant, l'absence de méthodes structurées, comme l'AMDEC, rend la gestion des risques réactive plutôt que proactive.

La communication des risques repose principalement sur des échanges oraux, lors de réunions ou par téléphone, ce qui entraîne parfois une perte d'informations ou un manque de traçabilité. Les professionnels reconnaissent que cette informalité complique le suivi et la coordination, surtout lorsque les conditions du terrain évoluent rapidement. Par ailleurs, l'évaluation des risques se fait souvent de manière déclarative, basée sur l'expérience des équipes, sans critères standardisés. Cela peut conduire à des incohérences dans la priorisation des actions correctives.

L'introduction de l'AMDEC est perçue comme une solution potentielle pour améliorer cette gestion. Les avantages cités incluent une meilleure anticipation des problèmes, une analyse plus rigoureuse des causes profondes et une hiérarchisation claire des risques. Cependant, les freins sont également évidents : manque de temps pour implémenter la méthode, besoin de formation des équipes et difficultés à intégrer cet outil dans des processus déjà bien établis. Pour réussir, une approche progressive serait nécessaire, accompagnée d'un changement culturel pour favoriser l'adoption de méthodes plus formalisées.

En conclusion, cette matrice met en lumière un besoin criant de structuration dans la gestion des risques topographiques. Bien que l'expérience terrain reste un atout précieux, elle ne suffit pas à elle seule pour garantir une sécurité optimale. L'AMDEC, combinée à une meilleure communication et à des outils centralisés, pourrait apporter la rigueur nécessaire pour transformer une approche réactive en une démarche proactive, réduisant ainsi les erreurs récurrentes et améliorant la sécurité globale des chantiers. (Voir ANNEXE C – LA MATRICE CONDENSEE).

3. Les tableaux AMDEC :

L'analyse AMDEC du projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger a mis en évidence plusieurs défaillances techniques, humaines et organisationnelles. Les plus critiques concernent le heurt d'un topographe par un engin mobile (ICi = 32), le port de matériel en escalier instable (ICi = 24) et les erreurs de saisie liées aux conditions difficiles (ICi = 27). Des actions comme l'usage de chasubles, l'interdiction des levés en zones à risque et l'installation de treuils ont permis de réduire les IC finaux.

Sur le plan technique, les problèmes d'instabilité, de calibration et d'interférence magnétique ont été corrigés par des mesures concrètes. Au niveau organisationnel, l'étude a révélé des lacunes dans l'archivage, la mise à jour des plans et la communication, corrigées par la synchronisation quotidienne, un modèle standard d'archivage et des formations.

Les risques liés à la santé, tels que la fatigue oculaire, les troubles musculosquelettiques, l'exposition à la poussière et le travail de nuit, ont été traités par des actions ergonomiques, la ventilation, la rotation des équipes et la sensibilisation.

En conclusion, l'AMDEC a permis d'identifier et de hiérarchiser les défaillances, renforçant la sécurité, la fiabilité des données et la continuité des opérations. (Voir ANNEXE I – LES TABLEAUX AMDEC).

Section 3 : Discussion des résultats

Dans cette dernière section du chapitre, nous analysons les résultats de notre étude en les confrontant aux travaux abordés dans la revue de littérature, afin d'en dégager les points de convergence et les particularités propres au contexte étudié.

Les résultats issus de notre étude, ont permis de dresser un panorama détaillé des risques liés aux activités topographiques dans le cadre du projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. Ces résultats confirment, en grande partie, les constats relevés dans la littérature, tout en mettant en lumière certaines spécificités du contexte algérien.

Notre étude a mis en évidence l'intérêt de l'outil AMDEC dans l'analyse des risques opérationnels liés aux missions topographiques. Cette méthode s'est révélée efficace pour identifier les modes de défaillance, en estimer la gravité, la fréquence et la détectabilité, et proposer des actions préventives ou correctives concrètes. Cette conclusion rejoint celle d'Anass Albez, Mohamed Taha Abraoui et Fatima Zahra Alami (2023), qui soulignent que la méthode AMDEC constitue un outil pertinent pour une évaluation structurée et chiffrée des risques opérationnels dans divers secteurs. De plus, notre démarche s'inscrit dans l'approche défendue par Safia Benmehdi (2021), qui démontre que l'AMDEC, lorsqu'elle est bien appliquée, améliore la hiérarchisation des risques et renforce la qualité des processus dans les projets de travaux publics en Algérie.

Les résultats confirment également la nécessité d'une gestion proactive des risques pour garantir la fiabilité et la continuité des opérations topographiques. Ce besoin est largement partagé par la littérature. Par exemple, Theingi Aung et al. (2023) insistent sur l'importance d'intégrer la gestion des risques dès les premières phases des projets de construction, en particulier face aux risques techniques, humains et environnementaux. De même, Keyur Patel et al. (2024) rappellent que la mise en place de cadres de gestion des risques robustes et intégrés permet non seulement de réduire les incertitudes, mais aussi d'assurer une exécution conforme aux délais et budgets prévus.

Parmi les risques identifiés dans notre étude, plusieurs sont directement liés à des conditions externes mal anticipées, comme le vent, la présence d'objets métalliques, ou encore les zones de passage à fort trafic. Ces constats rejoignent ceux de Mohamed Sayed Bassiony Ahmed Abd El-Karim et al. (2017), qui montrent que les conditions géotechniques imprévues et les aléas climatiques figurent parmi les principales causes de retards et de dépassements dans les projets d'infrastructure.

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Un autre point de convergence notable concerne le rôle central du topographe dans la maîtrise des risques. À travers les entretiens et le focus groupe, il a été clairement établi que la majorité des erreurs ou incidents peuvent être attribués à des pratiques humaines : absence de vérification du matériel, non-respect des protocoles de sécurité, mauvaise gestion de la communication sur site. Ces éléments viennent confirmer les conclusions de l'étude de Usama Issa, Muwaffaq Alqurashi et Ibrahim Salama (2021), qui indiquent que les travaux de collecte de données topographiques représentent l'étape la plus exposée aux risques, et que le géomètre est généralement responsable des incidents les plus critiques. L'étude de Hartono et al. (2025) renforce cette perspective en soulignant que les interventions en zones instables ou à proximité d'engins exposent les topographes à des risques physiques élevés.

En ce qui concerne les facteurs de gestion, notre étude a révélé des lacunes structurelles dans la formalisation des procédures, notamment en ce qui concerne l'archivage des données, la maintenance du matériel et le suivi des mises à jour de plans. Ces résultats font écho aux travaux de Hui Yao, Jianjun She et Yilun Zhou (2024), qui identifient la mauvaise gestion et le manque de formation comme des déclencheurs majeurs d'accidents dans les projets de construction. L'étude de Oisin Patrick Kearns (2018) met elle aussi en avant l'insuffisance de la formation en santé et sécurité des géomètres, point également soulevé dans nos entretiens.

Par ailleurs, notre analyse montre que certains risques persistent malgré la mise en place de mesures techniques, notamment en raison de comportements humains ou de facteurs organisationnels. Par exemple, l'allumage d'une cigarette en zone tunnel, Le non-apport d'EPI, ou encore le port de matériel en escalier instable, sont des situations à la fois simples à prévenir et pourtant fréquentes. Cela confirme qu'une gestion efficace des risques topographiques repose autant sur la rigueur technique que sur la discipline opérationnelle et la sensibilisation continue du personnel.

Bien que nos résultats rejoignent en grande partie les constats établis dans la littérature internationale, certaines spécificités du contexte algérien doivent être soulignées. Nos observations ont mis en évidence une formalisation encore limitée de la gestion des risques dans les pratiques topographiques locales. La plupart des mesures de prévention sont appliquées de manière informelle, sans procédures écrites ni protocoles standardisés. Ce manque de structuration rend difficile le retour d'expérience et la capitalisation des bonnes pratiques. De plus, l'aspect hiérarchique très présent sur les chantiers algériens peut freiner la remontée des incidents ou des non-conformités, réduisant ainsi les possibilités d'amélioration

CHAPITRE III ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

continue. Ces éléments confirment les constats formulés par Safia Ben Mehdi (2021) sur les limites de la culture de la prévention dans les entreprises algériennes du secteur des travaux publics, et soulignent la nécessité de renforcer les mécanismes formels de gestion des risques, notamment dans les projets de grande envergure comme celui du métro d'Alger.

En somme, les résultats de notre étude s'accordent avec les principales conclusions de la littérature internationale sur la gestion des risques en construction, tout en soulignant l'importance de prendre en compte les spécificités locales pour adapter les outils d'analyse comme l'AMDEC aux réalités du terrain.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le management des risques liés aux travaux topographiques constitue aujourd'hui un levier stratégique majeur dans la réussite des projets d'infrastructure de grande envergure, notamment ceux menés en milieu urbain dense et complexe, comme le projet d'extension de la ligne 1 du métro d'Alger. Face à la diversité des risques qu'ils soient techniques, humains, environnementaux ou organisationnels il devient essentiel pour les entreprises d'adopter des méthodes structurées de prévention et d'intervention, afin d'assurer la sécurité des personnes, la fiabilité des données et la continuité des opérations.

Dans cette optique, notre mémoire s'est attaché à démontrer l'utilité concrète et la faisabilité de l'intégration de l'outil AMDEC dans la gestion des risques liés aux opérations topographiques. En nous appuyant sur une méthodologie rigoureuse, appliquée à un cas réel, nous avons pu identifier, analyser et hiérarchiser un ensemble de défaillances observées sur le terrain, en étroite collaboration avec les professionnels du chantier.

Nous avons commencé par une revue de littérature, puis présenté les concepts clés liés à la gestion des risques et à la topographie. Ensuite, nous avons décrit l'entreprise de stage SAETI ainsi que le cadre méthodologique de notre étude. Enfin, nous avons appliqué l'outil AMDEC au projet et discuté les résultats.

Nos résultats montrent que, bien que les équipes topographiques du projet aient su gérer les risques de manière pragmatique, en s'appuyant sur leur expérience et leur réactivité, l'absence de structuration formelle des actions correctives limite la capitalisation des savoirs et empêche de prévenir efficacement les erreurs récurrentes. L'intégration de l'AMDEC s'est ainsi révélée précieuse pour structurer cette démarche, renforcer la sécurité, améliorer la fiabilité des opérations et optimiser les performances globales du processus topographique.

L'étude a également mis en lumière l'importance du travail collaboratif. En réunissant des profils complémentaires chef de mission, chef de service, chefs de zone, techniciens topographes, responsables HSE nous avons constaté que cette diversité d'expériences favorisait une compréhension plus fine des risques, une communication plus fluide et des décisions plus pertinentes. Le croisement des données issues des observations de terrain, des entretiens et du focus groupe a considérablement enrichi la qualité de notre analyse.

Apports du travail

Les contributions de ce travail sont multiples. Sur le plan méthodologique, il a permis d'adapter et d'appliquer l'AMDEC à un contexte topographique en environnement souterrain, encore peu exploré dans la littérature. Sur le plan opérationnel, il a proposé des mesures concrètes

CONCLUSION GENERALE

applicables immédiatement sur le terrain, telles que l'amélioration de la communication radio, la formalisation des bonnes pratiques, la mise en place de protocoles de vérification, ou encore la standardisation de l'archivage numérique. Ces propositions constituent une base solide pour une future politique interne de management des risques topographiques.

Limites de l'étude

Notre étude présente cependant certaines limites. La première tient à la rareté des études antérieures sur les risques topographiques et à leur gestion. Ensuite, la difficulté d'accès à certaines données terrain, en raison des contraintes de sécurité et de disponibilité des intervenants, a restreint l'observation directe de certaines situations critiques. Enfin, la confrontation entre les référentiels managériaux et les réalités topographiques reste un défi majeur, qui nécessiterait un effort de vulgarisation et de formation continue auprès des opérateurs.

Perspectives futures

Pour prolonger ce travail, plusieurs pistes peuvent être envisagées. D'abord, il serait pertinent de généraliser l'utilisation de l'AMDEC à d'autres types de projets comme les routes, les barrages, les bâtiments, et dans d'autres contextes géographiques, afin d'en évaluer l'applicabilité et la valeur ajoutée. Ensuite, l'intégration de méthodologies mixtes, combinant données quantitatives et qualitatives, renforcerait la robustesse des résultats. Enfin, une exploration approfondie des dimensions éthiques, réglementaires et organisationnelles liées à la documentation et au partage des données sensibles en topographie — en particulier celles concernant la sécurité des ouvrages souterrains — ouvrirait des perspectives de recherche actuelles et essentielles.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abd El-Karim, M., Mosa El Nawawy, O., & Abdel-Alim, A. (2017, 08 17). Identification and assessment of risk factors affecting construction projects. *HBRC Journal*, 13(02), 202-216. doi:10.1016/j.hbrcj.2015.05.001
- accueil-saeti. (2025, 05 20). *accueil*. Récupéré sur saeti.dz: <https://saeti.dz/>
- ALAMI, F., ALBEZ , A., & MOHAMED, T. (2023, 10 10). Application de la méthode AMDEC pour gérer les risques du processus sinistre Automobile : cas d'une compagnie d'assurance marocaine. *International journal of applied management and economics*, 17. doi:10.5281/ZENODO.8424767
- ALAOUI, M., & DHIBA , Y. (2022, 01 31). Le management des risques : cadre théorique. *International Journal of Accounting, Finance, Auditing, Management and Economics*, 142.
- Aung, Theingi, Liana, Sui Reng, Htet, Arkar, . . . Amiya. (2023, May 09). Risk Management in Construction Projects: A Review of Literature. *International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT)*, 11(05).
- BENMEHDI, S. (2021, 12 31). La contribution de Management de la qualité dans la Gestion des Risques : Application des outils de la qualité. *Advanced Research in Economics and Business Strategy Journal*, 2(2), 107-121. doi:10.52919/arebus.v2i2.22
- BOUKHIAR, M. (2022, 02 15). Le rôle de la topographie dans l'archéologie (Cas du Ksar de Bousseghoune). *Pensées Méditerranéennes*, p. 186.206.
- BOUYZEM, M., & AL MERIOUH, Y. (2017, 12 08). LA RECHERCHE EN SCIENCES DE GESTION : ETAPES, PARADIGMES EPISTEMOLOGIQUES ET JUSTIFICATION DE LA CONNAISSANCE. *Revue Économie, Gestion et Société*, p. 4.

CHADLI, A. (2022). *INITIATION A LA CARTOGRAPHIE*. SIDI BEL ABBES:

UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES FACULTÉ DES
SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE Département des Sciences de
l'Environnement.

Chettouh, S. (2024, December 15). *Quelques méthodes d'évaluation des risques industriels*.

Récupéré sur ResearchGate: <https://www.researchgate.net/publication/387067381>

Dakkak, B., Guennoun, M., Chater, Y., & Talbi, A. (2012). Étude comparative des
différentes méthodes d'analyse des risques des installations industrielles. *Colloque
International sur le Monitoring des Systèmes Industriels (CIMSI)*, (p. 7). Marrakech,
Maroc.

Dionne, G. (2013, February). Gestion des Risques: Histoire, Définition et Critique (Risk
Management: History, Definition and Criticism). *SSRN Electronic Journal*, 22.
doi:10.2139/ssrn.2198583

Fošner, A., Bertoncej, B., Poznič, T., & Fink, L. (2024). Risk analysis of critical
infrastructure with the MOSAR method. *Heliyon*, 10(4), 9.
doi:10.1016/j.heliyon.2024.e26439

Hartono, W., Kristiawan, S., Handayani, D., & Sutopo, W. (2025, 01 01). Safety Risk
Assessment Model for Bridge Construction. *Civil Engineering Journal*, 161-184.
doi:10.28991/CEJ-2025-011-01-010

ICH Q9. (2016). *Gestion des risques liés à la qualité – Ligne directrice ICH Q9*. Ottawa,
Canada: Direction générale des produits de santé et des aliments. Récupéré sur
<https://www.canada.ca/fr/sante-canada.html>

ISO 31000. (2018). *ISO 31000:2018 : gestion des risques — lignes directrices*. Genève,
Suisse: ISO. Récupéré sur <https://www.iso.org/fr/standard/65694.html>

- Issa, U., Alqurashi, M., & Salama, I. (2021, 11 16). Qualitative Analysis of Risks Affecting the Delivery of Land Surveying Project Activities. *Sustainability*, 12645.
doi:10.3390/su132212645
- KAID, N. (2015/2016). *TOPOGRAPHIE Partie I Notions de bases*. oran: Université des Sciences er de la Technologie doran Mohamed Boudiaf.
- Kearns, O. P. (2018, October). Developing Health and Safety Guidance for Geodetic Engineering Surveyors. *Ph.D. Mechanical (Industrial) Engineering*, 301.
- Kélada, J. (1994). *L'AMDEC*. Montréal : École des Hautes Études Commerciales Centre d'études en qualité totale.
- KEYUR, P., ANKIT, K. S., HIRAL, K. V., & JAYRAJ, V. S. (2024, 08 06). Risk Management in Residential Projects. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 2148-2153. doi:10.47392/IRJAEH.2024.0292
- MELOUKA, S. (2023/2024). *POLYGONATION*. tlemcen: Institut des Sciences et Techniques Appliquées.
- NOURI, S. (2017-2018). *Elements de topographie pratique*. Chlef: Université Hassiba Benbouali de Chlef Faculté de Génie Civil et d'Architecture Département de Génie civil.
- Przetacznik, S. (2022, 06 30). The evolution of risk management. *Zeszyty Naukowe Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie*, 53(1-2), 95-107.
doi:10.25944/znmwse.2022.01-2.95107
- Roix, A. (2020, octobre 28). Mise en place d'une démarche de gestion des risques qualité sur un site pharmaceutique exploitant. *HAL OPEN SCIENCE*. Rouen, Département PHARMACIE, FRANCE : UNIVERSITE DE ROUEN NORMANDIE.
- Saeti, P. (2025, 05 20). *PROJETS*. Récupéré sur Saeti.dz: <https://saeti.dz/projets/domaine-des-etudes/#>

TALEB, H. A. (2023, 01 28). *Polycopie Cours : Topographie 2*. Mila: Centre Universitaire de Abdelhafid Boussouf - Mila Faculté de Science de Technologie Département Génie Civil et d'Hydraulique.

Tsvetanov, M. (2021, 05 18). Résumé de Théorie et Guide de travaux pratique. *Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION*, 1-135.

VBSS, e. (2025, 05 26). *Monitoring - VBSS*. Récupéré sur VBSS.dz:
<https://www.vbss.dz/service.php?id=3#>

Velmuradova, M. (2004). *Épistémologies et Méthodologies de Recherche en Sciences de Gestion. Note de synthèse*. Toulon Var: Université du Sud Toulon Var (USTV), Laboratoire ERMES.

Wolf, P., & Ghilani, C. (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics, 13e édition*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Pearson Education .

Yao, H., She, J., & Zhou, Y. (2024, 09 22). Risk Assessment of Construction Safety Accidents Based on Association Rule Mining and Bayesian Network. *Journal of Intelligent Construction*, 1-16. doi:10.26599/Jic.2024.9180015

Zhang, C., Chen, B., & Li, X. (2024, 12 09). Fuzzy Failure Modes, Effect and Criticality Analysis on Electromechanical Actuators. *Actuators*, 510. doi:10.3390/act13120510

ANNEXES

ANNEXE A – GUIDE D'ENTRETIEN

Date :

Lieu :

Guide d'entretien



Le thème : l'apport de l'étude topographique dans la documentation des risques à l'aide de l'outil AMDEC

Objectif : L'objectif de cet entretien est de comprendre les pratiques actuelles de gestion des risques topographiques dans le projet du métro d'Alger, d'identifier les risques connus et potentiellement non anticipés, et d'explorer l'opportunité d'introduire l'outil AMDEC pour améliorer l'identification, l'évaluation, et la gestion de ces risques.

Les questions :

1. Pouvez-vous vous présenter et expliquer brièvement votre rôle dans le projet du métro d'Alger ?
2. Comment les risques topographiques sont-ils actuellement identifiés et suivis dans le cadre du projet ?
3. Quels sont les principaux types de risques topographiques rencontrés lors de l'exécution des travaux ?
4. Quelles méthodes utilisez-vous pour évaluer la gravité et l'impact de ces risques sur le projet ?
5. Avez-vous déjà eu recours à des outils spécifiques, comme l'AMDEC, pour organiser et approfondir l'analyse des risques topographiques ?
6. D'après votre expérience, quels seraient les avantages d'introduire l'AMDEC dans la gestion des risques topographiques du projet ?
7. Quelles sont les principales difficultés que vous rencontrez dans l'identification, l'évaluation et le suivi des risques topographiques sur le terrain ?
8. Comment les équipes terrain et les autres acteurs du projet communiquent-elles les risques topographiques et leurs impacts potentiels ?
9. Dans quelle mesure pensez-vous que l'AMDEC pourrait améliorer la communication et la réactivité face aux risques topographiques ?
10. Si l'AMDEC était introduite dans ce projet, quelles seraient selon vous les contraintes potentielles pour une mise en œuvre réussie ?

ANNEXE B – GUIDE DE FOCUS GROUP

Date :

Lieu :

GUIDE DE FOCUS GROUP



Le thème : l'apport de l'étude topographique dans la documentation des risques à l'aide de l'outil AMDEC

Objectif : L'objectif du focus groupe est de recueillir les retours des topographes travaillant sur le terrain dans les stations du métro d'Alger, afin de comprendre les défis qu'ils rencontrent, les risques topographiques identifiés sur site, et d'explorer comment améliorer la gestion de ces risques, notamment en introduisant des outils comme l'AMDEC.

Les questions :

1. Pourriez-vous décrire brièvement vos responsabilités quotidiennes en tant que topographe travaillant sur le projet du métro ?
2. Quels sont les principaux risques liés à la topographie auxquels vous êtes régulièrement confronté lors de vos interventions sur le terrain ?
3. Comment identifiez-vous ces risques sur le terrain ? Utilisez-vous des outils ou des méthodes spécifiques pour les repérer ?
4. Quelles mesures envisagez-vous pour minimiser ou prévenir ces risques lors de vos interventions sur le terrain ?
5. Vous est-il déjà arrivé de faire face à des situations où des risques topographiques ont été sous-estimés ou non détectés ? Si oui, comment ces situations ont-elles été gérées ?
6. Comment s'organise la communication entre vous et les autres équipes, telles que les chefs de zone ou les ingénieurs, concernant les risques topographiques identifiés ?
7. Est-ce que des outils comme l'AMDEC sont déjà utilisés dans la gestion des risques topographiques sur le terrain ? Si non, comment pensez-vous qu'ils pourraient être utiles ?
8. Quels types de formations ou d'accompagnement seraient nécessaires pour mieux identifier et gérer les risques topographiques sur le terrain ?
9. Quels conseils donneriez-vous pour améliorer la sécurité et la gestion des risques topographiques dans les stations du métro ?

**ANNEXE C – LA MATRICE
CONDENSEE**

	A : Q1	B : Q10	C : Q2	D : Q3	E : Q4	F : Q5	G : Q6	H : Q7	I : Q8	J : Q9
1 : Chef de	Je suis le chef de mission topographique chez SAETI. Notre rôle principal est d'assurer le contrôle et la vérification des prestations topographiques réalisées par l'entreprise en charge de la réalisation.	Même si l'outil est utile, il ne marchera que si les équipes sont bien formées. Il faut qu'elles sachent comment l'utiliser, mais aussi pourquoi c'est important.	Les risques sont généralement identifiés en comparant les levés effectués sur le terrain avec les données de référence du projet. Dès qu'on détecte un écart qui dépasse les tolérances définies, on le signale immédiatement. Ce type de contrôle nous permet d'anticiper d'éventuelles erreurs d'implantation ou des déformations qui pourraient avoir un impact sur la suite des travaux.	Parmi les risques les plus fréquemment rencontrés, je dirais qu'il y a d'abord l'instabilité du terrain, surtout dans les tunnels, cause du passage constant des engins. Ça peut entraîner des déformations ou des affaissements localisés. Il y a aussi la chaleur, qui est parfois étouffante dans ces environnements fermés, et qui fatigue rapidement les équipes. Tout cela, combiné à la pression liée aux délais et aux exigences du chantier, génère du stress, ce qui peut augmenter le risque d'erreurs ou d'incidents.	On se base surtout sur notre expérience. On regarde si le risque peut causer un arrêt de chantier, une erreur d'implantation ou un retard important. Plus les conséquences sont graves, plus on le prend au sérieux.	Non, à ce jour, nous n'avons pas intégré l'AMDEC. L'approche reste plutôt classique, fondée sur l'expérience et les vérifications terrain.	Ça permettrait de mieux structurer notre analyse, de garder une trace claire des risques qu'on identifie, et surtout d'anticiper plus efficacement.	Le manque de communication rapide des anomalies terrain, la mise à jour incomplète des plans et l'absence d'un outil commun pour centraliser les informations de risque.	Les équipes terrain nous signalent généralement les risques par téléphone ou lors des réunions hebdomadaires.	Actuellement, la réactivité face aux risques repose en grande partie sur l'expérience des équipes. C'est efficace, mais ça reste dépendant de l'humain. L'introduction d'un outil comme l'AMDEC permettrait d'aller plus loin en structurant l'analyse des risques dès l'amont. On pourrait anticiper les situations critiques avant qu'elles se présentent réellement sur le terrain, ce qui permettrait de gagner du temps, d'éviter certaines erreurs récurrentes, et d'améliorer globalement la gestion de la sécurité.
2 : Chef de	Je suis responsable du service topographique chez VBSS. Je supervise l'ensemble des travaux topographiques liés au projet du métro, depuis les levés de terrain jusqu'aux implantations précises des structures. Mon rôle est de garantir la fiabilité des données topographiques et d'assurer leur bonne intégration dans le déroulement du chantier.	Les équipes ne sont pas formées à ce genre de méthode. Il faudrait prévoir des formations, sinon l'outil risque de rester inutilisé ou mal rempli.		Les risques sont souvent identifiés lors des contrôles terrain réalisés par les chefs de zone. Leur présence continue sur le chantier leur permet de détecter rapidement les situations à risque, notamment celles qui ne sont pas visibles dans les documents ou qui évoluent en cours d'exécution. Parmi les types de risques rencontrés sur le chantier, il y a ceux liés à l'environnement, notamment dans les zones fermées. La poussière et les gaz dégagés par les engins peuvent rapidement s'accumuler et provoquer des problèmes respiratoires, voire des maladies à long terme, surtout quand la ventilation n'est pas suffisante. C'est un risque qu'on prend très au sérieux, car il peut impacter directement la santé des équipes."	On se base sur l'expérience des chefs de zone, les contrôles croisés sur le terrain, et les marges de tolérance.	Pas directement. On connaît l'outil en théorie, mais il n'est pas utilisé dans nos procédures quotidiennes.	L'introduction de l'AMDEC apporterait clairement plus de rigueur dans l'analyse des erreurs, notamment celles qui reviennent fréquemment. Elle permettrait d'avoir une démarche structurée pour identifier les causes profondes et surtout de hiérarchiser les actions correctives en fonction du niveau de gravité et de fréquence des problèmes. Ce serait un vrai atout pour améliorer la qualité et la sécurité sur le long terme.	Les conditions du terrain changent vite, ce qu'on identifie un jour peut ne plus être valable le lendemain. C'est difficile d'avoir un suivi constant.	La communication des risques se fait principalement de manière orale, entre les chefs de zone et les techniciens. On échange beaucoup sur le terrain, et les réunions servent à faire le point régulièrement. Mais il arrive que certaines informations se perdent ou ne soient pas bien retransmises, surtout quand il n'y a pas de support écrit ou de suivi formalisé. Ça peut poser problème dans la continuité du suivi des risques.	Cela formaliserait le retour d'expérience, structurerait les retours terrain et permettrait de prévenir au lieu de simplement réagir.
3 : Chef de	Je suis chef de zone chez VBSS, responsable de la supervision des travaux sur une section du chantier. Je veille à la coordination des équipes et à la bonne exécution des travaux,	Si on devait introduire l'AMDEC dans ce projet, je pense que la première contrainte serait le facteur temps. C'est une méthode qui demande une vraie implication en amont, avec des réunions d'équipe, de l'analyse détaillée, et parfois ça peut être difficile à caser dans un planning déjà serré. Ensuite, il y a l'aspect formation : tout le monde ne connaît pas cette méthode, donc il faudrait former les équipes, et ça peut prendre du temps avant que tout le monde soit à l'aise avec les outils et la logique de l'AMDEC.	En tant que chef de zone, je dirais que les risques sont souvent identifiés directement lors de nos passages sur le terrain. Le contrôle quotidien me permet de identifier et repérer rapidement les anomalies ou les situations à risque.	Moi, je considère que les chutes représentent un vrai danger sur le chantier, surtout quand il y a des glissements de terrain ou un sol instable. Le risque augmente aussi quand on transporte des charges lourdes : le poids peut déséquilibrer, surtout si on doit monter ou descendre des escaliers qui ne sont pas bien fixés ou qui sont usés. Un escalier non stable, combiné au poids et à un sol glissant, ça peut vite devenir critique.	Nous évaluons selon les conséquences directes sur les travaux : délais, surcoûts, ou impact sur la sécurité. Mais c'est souvent informel.	Non, nous n'avons jamais utilisé l'AMDEC	Cela aiderait à mieux anticiper certains problèmes récurrents et à justifier des modifications techniques auprès des responsables.	Pour moi, les principales difficultés dans l'identification, l'évaluation et le suivi des risques topographiques, c'est d'abord le manque de données précises ou à jour sur certaines zones. Parfois, le terrain évolue rapidement à cause des travaux ou des conditions naturelles, et ce qu'on avait relevé quelques semaines avant peut déjà être dépassé. Ensuite, il y a la coordination avec les autres équipes : on ne reçoit pas toujours les remontées d'informations à temps, ce qui complique le suivi.	Elle se fait par téléphone ou en réunion de coordination. Malheureusement, les informations ne sont pas toujours archivées ou remontées de façon structurée.	Ça apporterait une base commune pour discuter des risques et des priorités, et éviterait de répéter les mêmes erreurs sur plusieurs zones.

**ANNEXE D – REQUETE DE
FREQUENCE DE MOTS**

Rechercher:	Rechercher dans:	Éléments internes	Rechercher	Effacer	Recherche avancée
Éléments internes					
Requête de fréquence de mots					
Mot	Longueur	Nombre	Pourcentage pondéré (%)	Mots similaires	
l'andec	7	51	2.95	l'absence, l'aise, l'andec, l'anot, l'analyse, l'approche, l'aspect, l'ensemble, l'entreprise, l'environnement, l'évaluation, l'expérience, l'humain, l'identification, l'instabilité, l'introduction, l'outil, l'utiliser	
reques	7	45	2.60	reques, reques	
dans	4	29	1.68	dans	
topographiques	14	25	1.52	topographiques, topographiques	
d'après	7	27	1.56	d'abord, d'aller, d'améliorer, d'anticiper, d'après, d'assurer, d'avoir, d'équipe, d'enseurs, d'éventuelles, d'érier, d'exécution, d'expérience, d'implantation, d'occidents, d'introduire, d'un	
terrain	7	21	1.22	terrain	
projet	6	21	1.22	projet	
vous	4	21	1.22	vous	
sont	4	19	1.10	sont	
pour	4	14	0.81	pour	
quelles	7	12	0.69	quelles, quelles	
équipes	7	12	0.69	équipes	
peut	4	11	0.64	peut	
suivi	5	11	0.64	suivi, suivis	
chef	4	9	0.52	chef, chefs	
zone	4	9	0.52	zone, zones	
travaux	7	9	0.52	travaux	
directement	11	12	0.49	charge, charges, directement, directes, engins, organiser, point	
surtout	7	8	0.46	surtout	
qu'on	5	8	0.46	quelles, qu'il, qu'on	
c'est	5	7	0.41	c'est	
comment	7	7	0.41	comment	

Requête de fréquence de mots

l'andec	dans	projet	sont	peut	directement	comment	lors	voire	mais	vous	permettrait	rencontrés	rôle	types			
									actuel	comme	face	gestion	gravité	identifie	important	jour	
				suivi	qu'on	communicati	méthode	contrôle	améliore	condition	metro	quand	réactivité	réunion	selon	temps	
	topographiques	terrain	pour			plus	outils	emeurs									
				chef	surtout			principales	autres	contraint	mise	vbas	avantages	avez	base	bien	
reques			équipes			identifiés	quels						acteurs	brèvement	d'alger	données	état
	d'après	vous		travaux	c'est			cadre	avec	coordon	n'avons						
			quelles			impacts		rapidement					approfond	cela	être	informat	introduit
				zone	changer		leur	seraient					aussi	chez	évaluer	l'exécution	mesure
								elles	certaines	expérien	problème		avant	commun	explique	impact	mission

ANNEXE E – CERTIFICAT ISO 14001

CERTIFICAT

NORME ISO 14001 : 2015
Système de Management environnemental

ALICEF SPA,
Alger – Algérie

Il est certifié que **Société Algérienne d'Etudes et d'Infrastructure**
« SAETI SPA »

sis à **48 Rue Belkacem Amani le Paradou, Hydra -Alger**
Algérie

Site(s) concerné(s) **Direction générale (adresse ci-dessus)**
Direction des routes et Direction des études : Sise à Ben Aknoun
(03) Directions régionales : Ouest (Oran), Centre (Alger), Est (Sétif)

A établi et tient à jour un système de management environnemental conforme aux exigences de la norme ISO 14001 :2015 pour :

Les Etudes d'engineering, Assistance technique et contrôle des travaux de réalisation, Expertise des infrastructures de base, Assistance à maître d'ouvrage.

Le présent certificat est basé sur le résultat d'un audit du système de management environnemental, documenté dans le rapport d'audit **RA25036 – 21F**.

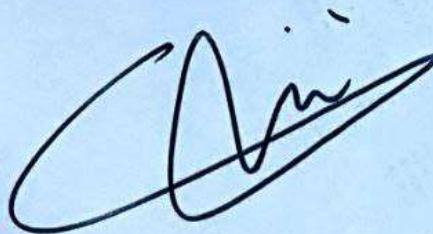
Numéro du certificat : **27028-21B**

Date de délivrance le : **27 avril 2025**
Ce certificat expire le : **26 avril 2028**

Les informations complémentaires concernant le périmètre de ce certificat et l'application des exigences de la norme ISO 14001 : 2015 peuvent être obtenues auprès du titulaire de ce certificat.

Le présent certificat est octroyé moyennant respect du Règlement Général d'ALICEF SPA.

ALICEF
INDUSTRIE - COMMERCE - ENVIRONNEMENT - FORMATION



Ratiba CHIBANI
Directrice Générale


ALGERAC
الهيئة الجزائرية للمعايير
Organisation Algérienne d'Accréditation
Certification 3-1-001

C 03 016 00

ANNEXE F – CERTIFICAT ISO 9001

CERTIFICAT

NORME ISO 9001 : 2015
Système de Management de la Qualité

ALICEF SPA,

Alger – Algérie

Il est certifié que **Société Algérienne d'Etudes et d'Infrastructure**
« SAETI SPA »

sis à **48 Rue Belkacem Amani le Paradou, Hydra Alger**
Algérie

Site(s) concerné(s) **Direction générale (adresse ci-dessus)**
Direction des routes et Direction des études : Sise à Ben Aknoun
(03) Directions régionales : Ouest (Oran), Centre (Alger), Est (Sétif)

A établi et tient à jour un Système de Management de la Qualité conforme aux exigences de la norme ISO 9001 : 2015 pour :

Les Etudes d'engineering, Assistance technique et contrôle des travaux de réalisation,
Expertise des infrastructures de base, Assistance à maitre d'ouvrage.

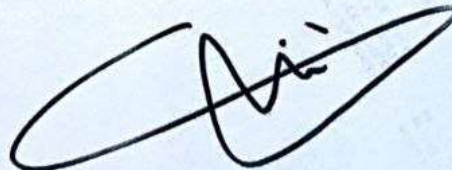
Le présent certificat est basé sur le résultat d'un audit du système de management de la qualité, documenté dans le rapport d'audit **RA 25036-21F**.

Numéro du certificat : **25 027-21A**

Date de délivrance le : **27 avril 2025**
Ce certificat expire le : **26 avril 2028**

Les informations complémentaires concernant le périmètre de ce certificat et l'application des exigences de ISO 9001 : 2015 peuvent être obtenues auprès du titulaire de ce certificat.
Le présent certificat est octroyé moyennant respect du Règlement Général de ALICEF Spa.

ALICEF
INDUSTRIE - CERTIFICATION - ENREGISTREMENT - FORMATION



Ratiba CHIBANI
Directrice Générale


ALGERAC
هيئة الدراسات والاعتماد
Institution Algérienne d'Accréditation
Certification 3-1-001

C 03 016 00

ANNEXE G– CERTIFICAT ISO 45001

CERTIFICAT

NORME ISO 45001 : 2018

Système de Management de la Santé et Sécurité au Travail

ALICEF SPA,
Alger – Algérie

Il est certifié que **Société Algérienne d'Etudes et d'Infrastructure**
« SAETI SPA »

sis à **48 Rue Belkacem Amani le Paradou, Hydra - Alger**
Algérie

Site(s) concerné(s) **Direction générale (adresse ci-dessus)**
Direction des routes et Direction des études : Sise à Ben Aknoun
(03) Directions régionales : Ouest (Oran), Centre (Alger), Est (Sétif)

A établi et tient à jour un système de management de la santé et sécurité au travail conforme aux exigences de la norme ISO 45001 :2018 pour :

Les Etudes d'engineering, Assistance technique et contrôle des travaux de réalisation, Expertise des infrastructures de base, Assistance à maitre d'ouvrage.

Le présent certificat est basé sur le résultat d'un audit du système de management de la santé et sécurité au travail, documenté dans rapport d'audit **RA25036-21F**.

Numéro du certificat : **25029-21C**

Date de délivrance le : **27 avril 2025**
Ce certificat expire le : **26 avril 2028**

Les informations complémentaires concernant le périmètre de ce certificat et l'application des exigences de la norme ISO 45001 : 2018 peuvent être obtenues auprès du titulaire de ce certificat.

Le présent certificat est octroyé moyennant respect du Règlement Général d'ALICEF SPA.

ALICEF
INDUSTRIE - CERTIFICATION - ENVIRONNEMENT - FORMATION

Ratiba CHIBANI
Directrice Générale

ALGERAC
الهيئة الجزائرية للاعتماد
The Algerian Accreditation Authority
Certification: 1-F-001

C 03 016 00

**ANNEXE H– DEFINITION DE LA
GESTION DES RISQUES**

Organisation / Auteur	Définition
Bahamid et al, 2017	La gestion des risques peut être définie comme le processus systématique d'analyse, d'identification et de réponse aux risques. Elle consiste à maximiser les chances et l'impact des événements positifs tout en minimisant la probabilité et l'impact des événements négatifs, afin d'atteindre les objectifs.
Matthew P. Thompson et al, 2016	La gestion des risques peut être définie comme un ensemble de processus et d'activités coordonnées qui identifient, surveillent, évaluent, hiérarchisent et contrôlent les risques auxquels une organisation est confrontée.
ISO 31000	La gestion des risques est l'ensemble des activités coordonnées visant à diriger et à contrôler une organisation en ce qui concerne les risques. Dans cette définition, la coordination consiste à organiser les conditions du traitement des risques au sein de l'organisation et à en tirer la meilleure solution pour les intérêts des parties prenantes (Seiji Abe et al, 2018).
Institute of Risk Management (IRM)	Processus qui vise à aider les organisations à comprendre, évaluer et agir sur l'ensemble de leurs risques en vue d'augmenter la probabilité de succès et de réduire la probabilité d'échec (Paul Hopkin, 2010).
HM Treasury	Tous les processus impliqués dans l'identification, l'évaluation et le jugement des risques, l'attribution de la responsabilité, l'adoption de mesures pour les atténuer ou les anticiper, ainsi que le suivi et la révision du progrès (Paul Hopkin, 2010).
Business Continuity Institute	La gestion des risques est la culture, les processus et les structures qui sont mis en place pour gérer efficacement les opportunités potentielles et les effets négatifs (Paul Hopkin, 2010).
Tony Merna et al, 2008	La gestion des risques est un processus formel qui permet d'identifier, d'évaluer, de planifier et de contrôler les risques.
Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway	Un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction générale, le management et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation. Il est pris en compte dans l'élaboration de la stratégie ainsi que dans toutes les activités de l'organisation. Il est

<p>Commission (COSO II report, 2004) suite du (COSO Report I, 1992)</p>	<p>conçu pour identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et pour gérer les risques. Il vise à fournir une assurance raisonnable quant à l'atteinte des objectifs de l'organisation (Daniel Zéghal et al, 2009).</p>
<p>Merna et Smith, 1996</p>	<p>La gestion des risques peut être définie comme un ensemble d'actions mises par des individus ou des entreprises dans le but d'altérer les risques liés à leurs activités.</p>

Source : (ALAOUI & DHIBA , 2022)

ANNEXE I– LES TABLEAUX AMDEC

Fonction	Modes de défaillances	Effet	Cause	G (i)	P (i)	D (i)	IC (i)	Responsable	Actions préventives et/ou correctives	G (f)	P (f)	D (f)	IC (f)
Préparation des travaux Topographiques	Port de matériel dans un escalier instable	Matériel endommagé et blessure possible	Escalier non sécurisé et charge mal maîtrisée	4	4	2	24	Responsable HSE	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un treuil électrique portatif fixé sur une structure stable pour le levage du matériel. - Former le personnel à la manutention en pente et limiter la charge par opérateur. 	2	1	2	4
	Défaut de calibration	Erreurs de mesure	Calibration non réalisée ou altérée en raison d'un choc subi par la station totale.	3	2	3	18	Chef mission	<ul style="list-style-type: none"> - Calibration obligatoire chaque année+ fiche de suivi - Garder une station totale de secours déjà calibrée 	2	1	3	6

									prête à l'emploi.				
Risque d'obstacle physique en zone de circulation	Matériel endommagé et blessure possible	Absence de chemin sécurisé	4	4	1	16	Responsable HSE	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des chemins balisés et protégés - Installer des planches de passage - Sensibiliser les équipes 	2	2	1	4	
Problèmes d'identification des points de référence	Blocage ou retard des travaux	Communication inefficace	2	3	2	12	Chef mission	<ul style="list-style-type: none"> - Réunions de coordination + planning partagé entre équipes 	2	1	2	4	
Absence de protection individuelle	Blessure corporelle	Non-respect des consignes de sécurité	4	3	1	12	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation + contrôle EPI obligatoire à l'entrée chantier - Mettre en place une zone d'attente avec EPI de secours 	2	1	1	2	

	Batterie déchargée	Impossibilité de faire les travaux	Non-vérification des batteries	2	3	1	6	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Vérification systématique des batteries - Avoir une batterie de secours toujours disponible sur le terrain. 	1	1	1	1
Mise en station des instruments	Station placée sur sol instable	Décalage de niveau et mesures incorrectes	Sol non vérifié ou non préparé avant la mise en station	3	3	2	18	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Choisir une zone stable - Poser sur dalle ou plaque rigide 	1	2	2	4
	Mauvaise stabilité temporaire (vent, météo)	Imprécision des données	Conditions météo non anticipées	3	3	2	18	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Reporter les mesures en cas de vent - Ajouter des poids stabilisateurs au trépied. 	2	1	3	6
	Positionnement trop proche d'objets métalliques ou champs magnétiques	Implantation erronée, levé faux, perte de précision	Proximité d'objets métalliques et Champ magnétique intense	3	1	3	9	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'environnement avant installation - Respecter une distance minimale de 5m des sources magnétiques 	1	1	3	3

	Difficulté à identifier les points de référence	Blocage ou retard des travaux	Éclairage insuffisant, distance trop grande	2	3	1	6	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser un détecteur de champ magnétique - Utiliser une torche pour éclairer les cibles réfléchissantes afin d'assurer leur identification rapide et précise 	1	3	1	3	
Levé et implantation topographique	Heurt d'un topographe par un engin mobile	Traumatisme, blessure grave, arrêt longue durée	Opérateur distrait en visée, engin ne le voit pas, mauvaise signalisation	4	2	4	32	Responsable HSE	<ul style="list-style-type: none"> - Utiliser des chasubles haute visibilité - Interdire les levés en zone de manœuvre active sans accompagnateur - Former les conducteurs aux risques liés aux équipes topographiques 	2	1	2	4	

Erreur humaine dans la lecture ou la saisie des données	Données incorrectes entraînant des décisions erronées et des retards	Des conditions de travail inadaptées, notamment un niveau de bruit élevé combiné à une chaleur excessive	3	3	3	27	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les mesures par double contrôle - Programmer les tâches sensibles aux heures les plus fraîches - Utiliser protections auditives 	1	1	3	3
Travail de nuit	Troubles Métaboliques	Manque de sommeil et perturbation profonde des rythmes biologiques	3	2	3	18	Responsable HSE	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place un système de rotation des équipes - Prévoir des pauses suffisantes et des temps de repos adaptés - Sensibiliser les opérateurs sur l'hygiène de vie et le sommeil 	2	1	3	6
Troubles musculos	Douleurs, fatigue, arrêts	Port répété d'instruments	2	3	2	12	Chef de brigade /	<ul style="list-style-type: none"> - Former aux gestes et 	1	1	2	2

	quelettiques	de travail, baisse de productivité	lourds et postures prolongées et inconfortables en position de visée ou de nivellement					Responsable QHSE	<ul style="list-style-type: none"> - postures adaptés - Utiliser des équipements ergonomiques - Instaurer des pauses régulières - Alternier les tâches pour éviter la répétition 				
	Exposition prolongée à la poussière et aux gaz dégagés par les engins dans le tunnel	Problèmes respiratoires et maladies chroniques	Présence de poussière et gaz dégagés par les engins dans des zones mal ventilées	3	4	1	12	Responsable HSE	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place une ventilation efficace et continue - Fournir des masques respiratoires adaptés - Réduire le temps d'exposition 	2	2	1	4
	Absence ou défaillance de communication	Implantation erronée, levé faux, perte de précision et de temps	Grande distance entre opérateurs, absence de réseau téléphonique	3	2	2	12	Chef mission	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un protocole gestuel standardisé en cas de 	1	1	2	2

	entre le topographe et le porteur de prisme		ou d'équipements radio											
	Allumage d'une cigarette en zone tunnel	Risque d'incendie, de brûlures, d'intoxication par fumées et de dégradation des équipements.	Non-respect des consignes et l'absence de contrôle	4	3	1	12	Topographe	<ul style="list-style-type: none"> - Sensibilisation et formation régulières sur les dangers spécifiques en zone tunnel. - Mise en place de signalisation claire interdisant de fumer - Sanction disciplinaire 	4	1	1	4	
	Dysfonctionnement de l'équipement	Mesures erronées ou impossibles, entraînant des	Absence de maintenance	3	1	4	12	Chef de mission	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle quotidien du matériel - Maintenance régulière 	1	1	4	4	

		retards sur le chantier.							- Mise à disposition d'un équipement de secours				
Traitement et exploitation des données	Erreurs de calcul	Données incorrectes.	Manque de concentration et l'absence de double vérification	3	2	3	18	Topographe	- Mise en place d'une procédure de double vérification - Instauration de pauses régulières pour limiter la fatigue cognitive.	1	1	3	3
	Cartes non mises à jour	Imprécision des données et erreurs de terrain	Manque de suivi et l'oubli de synchronisation	3	2	2	12	Chef brigade / topographe	- Synchronisation quotidienne	2	1	2	4
	Fatigue oculaire	Baisse de concentration, erreurs de saisie, maux de tête	Éclairage insuffisant ou mal orienté, temps prolongé sur écran	2	2	2	8	Responsable HSE	- Pause visuelle toutes les 45 min - Éclairage conforme - Réglage ergonomique des écrans	1	1	2	2
	Archivage non structuré	Perte de données, erreurs de version,	Pas de méthode d'archivage claire, chaque personne classe à sa façon	2	4	1	8	Chef mission	- Élaborer un modèle standard d'archivage	1	2	1	2

