

**UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**ORGANISATION ET PERFORMANCE DE LA QUALITÉ DES  
PROJETS D'INFRASTRUCTURE**

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ  
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA  
MAÎTRISE EN GESTION DE PROJET**

**PAR  
ROGER MBONGA MAYALA**

**AOÛT 2025**

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire, de cette thèse ou de cet essai a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire, de sa thèse ou de son essai.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire, cette thèse ou cet essai. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire, de cette thèse et de son essai requiert son autorisation.

## SOMMAIRE

Dans un contexte où les projets d'infrastructure deviennent de plus en plus complexes, multidimensionnels et soumis à des exigences accrues en matière de qualité, de délai et de coût, la maîtrise de la fonction qualité représente un levier stratégique de performance. Ce mémoire de maîtrise en gestion de projet s'inscrit dans cette problématique en explorant l'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure, tout en examinant le rôle modérateur de deux variables clés : la performance qualité et l'intégration technologique.

L'objectif principal de cette recherche s'avère double : analyser dans quelle mesure une organisation qualité bien structurée peut favoriser la réussite des projets d'infrastructure, et étudier comment la performance qualité et l'intégration technologique peuvent renforcer ou moduler cette relation. La démarche s'appuie sur une revue de littérature approfondie mobilisant les fondements du PMBOK, les principes de la qualité totale (TQM) et les modèles de performance projet. Cette base théorique a permis de construire un cadre conceptuel articulé autour de trois hypothèses principales.

Pour valider ce cadre, une enquête quantitative a été menée auprès de professionnels impliqués dans la gestion de projets d'infrastructure. L'analyse des données recueillies a été réalisée à l'aide d'outils statistiques. Les résultats empiriques ont dévoilé une relation significative et positive entre l'organisation de la qualité et le succès des projets. Les répondants ont souligné l'importance d'une gouvernance qualité claire, d'une documentation structurée, d'un leadership engagé et d'une culture qualité partagée pour atteindre les objectifs des projets.

De plus, les analyses ont confirmé que l'intégration technologique (usage des outils numériques, plateformes de gestion, systèmes collaboratifs) joue un rôle modérateur en facilitant la mise en œuvre des pratiques qualité et en renforçant leur efficacité. De même, la performance qualité (conformité, satisfaction, réduction des non-conformités) a montré un effet amplificateur sur la relation entre organisation qualité et succès projet.

Les résultats de cette recherche comportent des implications concrètes pour les gestionnaires de projets : intégrer la fonction qualité dès la phase de planification, investir dans les outils technologiques adaptés, et développer des indicateurs de performance qualité. Ce mémoire propose ainsi une approche intégrée de la qualité, comme levier de transformation organisationnelle et de réussite durable dans les projets d'infrastructure.

**Mots-clés :** organisation de la qualité, projets d'infrastructure, performance qualité, intégration technologique, réussite des projets, PMBOK, TQM, gouvernance, indicateurs de performance, gestion de projet.

## REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord l'Éternel Dieu qui m'a donné le souffle de vie nécessaire à la réalisation de ce travail. Que gloire et louange lui reviennent.

Je tiens également à remercier mon directeur de recherche, le professeur Alencar Soares Bravo, pour sa disponibilité, et de m'avoir constamment guidé et conseillé tout au long de la préparation et réalisation de ce mémoire.

Je remercie tout particulièrement le professeur Darli Rodriguez Vieira, et je lui adresse ici l'expression de ma gratitude, pour avoir proposé le sujet de ce mémoire et pour toute l'aide qu'il m'a apportée.

Un merci tout particulier va également à ma très chère épouse, la Dre Ida Noki Mayala, pour son amour, son soutien moral et sa patience.

Et à mon fils Philippe Mayala et à mes filles, Alpha Maureen Mayala, Emmanuella Chantal Mayala et Henriette Mayala, pour leur patience et leur amour.

Mes sincères remerciements vont également à mon père, M. Philippe Mbonga Ngoma, à ma mère, Mme Henriette Kasa Mvumbi (que son âme repose en paix), ainsi qu'à mes frères et sœurs pour leur soutien spirituel.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, m'ont encouragé à mener à bien ce travail.

## LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la recherche .....	5
Figure 2 : Cadre conceptuel préliminaire .....	8
Figure 3 : Triangle de la performance .....	14
Figure 4 : Cadre conceptuel .....	53
Figure 5 : Atteinte des objectifs techniques .....	61
Figure 6 : Respect des délais globaux .....	62
Figure 7 : Maîtrise budgétaire .....	63
Figure 8 : Durabilité et pérennité des ouvrages.....	65
Figure 9 : Satisfaction globale des parties prenantes .....	66
Figure 10 : L'intégration technologique.....	68
Figure 11 : La performance de la qualité .....	69

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Objectifs de la revue de la littérature .....	8
Tableau 2 : Définition de la qualité par les référentiels en gestion de projet.....	15
Tableau 3 : Définition des procédures de la gestion de la qualité par les référentiels .....	25
Tableau 4 : Pratiques de gestion de la qualité en projet traditionnel (PMBOK) et agile .....	30
Tableau 5 : Méthodes spécifiques pour la qualité en projets complexes .....	36
Tableau 6 : Indicateurs de succès des projets d'infrastructure.....	41
Tableau 7- Comparaison des indicateurs de qualité : agile vs traditionnel.....	44
Tableau 8- Principaux indicateurs de performance qualité (avec formule) : agile vs traditionnel ....	45
Tableau 9 : Indicateurs d'intégration technologique.....	49
Tableau 10 : Indicateurs : Organisation de la qualité vs succès des projets.....	54
Tableau 11 : Les indicateurs de l'intégration technologique .....	55
Tableau 12 : Les indicateurs de la performance qualité.....	56
Tableau 13 : Atteinte des objectifs techniques.....	60
Tableau 14 : Respect des délais globaux.....	62
Tableau 15 : Maîtrise budgétaire.....	63
Tableau 16 : Durabilité et pérennité des ouvrages .....	64
Tableau 17 : Satisfaction globale des parties prenantes .....	66
Tableau 18 : L'intégration technologique .....	67
Tableau 19 : La performance de la qualité .....	69
Tableau 20 : Récapitulation des indicateurs de l'organisation qualité les plus importants en fonction des indicateurs de succès des projets.....	71

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**AMO** : Assistance à Maîtrise d’Ouvrage

**BIM** : Building Information Modeling/Modélisation des Informations du Bâtiment

**BPR** : Business Process Reengineering/Réingénierie des Processus Métiers

**CPI** : Cost Performance Index/Indice de Performance des Coûts

**CSAT** : Customer Satisfaction Score/Score de Satisfaction Client

**DMAIC** : Define-Measure-Analyze-Improve-Control – Méthodologie Six Sigma.

**DoD** : Definition of Done – Critères pour considérer une tâche comme terminée en gestion Agile.

**GQT** : Gestion de la Qualité Totale

**IA** : Intelligence Artificielle

**ISO** : International Organization for Standardization/Organisation Internationale de Normalisation

**JAT** : Juste-à-temps – Méthode Lean de gestion des flux.

**KPI** : Key Performance Indicator/Indicateur Clé de Performance

**MOA** : Maîtrise d’Ouvrage

**MOE** : Maîtrise d’Œuvre

**ODD** : Objectifs de Développement Durable

**PDCA** : Plan-Do-Check-Act – Cycle d’amélioration continue (aussi appelé Roue de Deming).

**PMBOK** : Project Management Body of Knowledge/Corps de Connaissances en Gestion de Projet

**PMI** : Project Management Institute/Institut de Gestion de Projet

**SPC** : Statistical Process Control – Contrôle statistique des processus.

**TCPI** : To Complete Performance Index/Indice de Performance Restant

**TIC** : Technologies de l’Information et de la Communication

**TQM** : Total Quality Management/Gestion de la Qualité Totale

**WBS** : Work Breakdown Structure/Structure de Répartition du Travail.

# TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE .....	i
REMERCIEMENTS .....	ii
LISTES DES FIGURES.....	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	iv
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	v
TABLE DES MATIÈRES .....	vi
CHAPITRE 1 – INTRODUCTION GÉNÉRALE .....	1
1.1 Contexte et justification.....	1
1.1.1 L’Importance croissante de la qualité dans la gestion de projet.....	1
1.1.2 Les évolutions historiques et philosophiques de la gestion de la qualité .....	1
1.1.3 Pourquoi la gestion de la qualité est-elle cruciale dans les projets contemporains ? .....	2
1.2 Problématique générale : les enjeux des projets d’infrastructure .....	2
1.3 Problématique spécifique : l’organisation de la qualité en projets d’infrastructure .....	3
1.4 Contributions de recherche.....	4
1.5 Localisation de la recherche .....	5
1.6 Objectifs et questions de recherche .....	6
1.6.1 Objectif principal.....	6
1.6.2 Objectifs spécifiques .....	7
8	
1.6.3 Questions de recherche.....	8
1.7 Périmètre de la recherche .....	10
CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE .....	11
2.1 Objectif 1 : Fondements de la gestion de la qualité en contexte de projet .....	12
2.1.1 Définitions et dimensions de la qualité .....	12
2.1.2 La gestion de la qualité.....	16
2.1.3 La gestion de la qualité en projets.....	23
2.1.4 La gestion de la qualité de projets dans un environnement agile .....	27
2.1.5 La gestion de la qualité dans des environnements de projets complexes.....	32
2.1.6. Spécificité en projets d’infrastructure .....	36
2.2 Objectif 2 : Organisation de la qualité dans les projets d’infrastructure .....	37
2.2.1 QR1.4 : Quels sont les concepts de l’organisation de la qualité ?.....	37
2.2.2 QR1.5 : Comment l’organisation de la qualité est-elle structurée et mise en œuvre dans les projets d’infrastructure ? .....	37
2.2.3 Les indicateurs de l’organisation de la qualité .....	39
2.3 Objectif 3 : Indicateurs de succès des projets d’infrastructure .....	39
2.3.1 QR1.6 Définition du succès dans le contexte infrastructurel .....	40
2.3.2 QR1.7 Quels sont les indicateurs de succès des projets d’infrastructure ?.....	41



2.4 Objectif 4 : Performance de la qualité dans les projets .....	41
2.4.1 QR1.8 Définition et portée de la performance qualité .....	42
2.4.2 Indicateurs qualité selon le PMBOK (cadre traditionnel) contre agile .....	44
2.4.3 QR1.9 Quels sont les indicateurs de performance qualité des projets d'infrastructures ? .....	46
2.5 Objectif 5 : Intégration technologique dans la gestion de la qualité .....	47
2.5.1 Concepts et outils d'intégration technologique .....	47
2.5.2 BIM, automatisation, systèmes qualité numériques .....	48
2.5.3 QR1.11 Quels sont les indicateurs de l'intégration technologique dans les projets d'infrastructure ? 49	
2.6 Vers une approche systémique de la qualité en projet.....	50
2.6.1 Relations entre organisation de la qualité et succès du projet (QR2.1, QR2.2) .....	51
2.6.2 Rôle modérateur de l'intégration technologique (QR2.3, QR2.4) .....	51
2.6.3 Rôle modérateur de la performance qualité (QR2.5, QR2.6).....	52
2.7 Hypothèses et cadre conceptuel .....	53
2.7.1 Hypothèse 1 (H1) : Objectif 6 : Établir la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure .....	53
2.7.2 Hypothèse 2 (H2) : Objectif 7 : Établir l'influence de l'intégration technologique sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure .....	54
2.7.3 Hypothèse 3 (H3) : Objectif 8 : Établir l'influence de la performance qualité sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure .....	55
2.7.4 Conclusion.....	56
CHAPITRE 3 – MÉTHODOLOGIE .....	57
3.1 Objectif méthodologique .....	57
3.2 Type de recherche et approche méthodologique .....	57
3.3 Population et échantillonnage .....	58
3.3.1 Population cible.....	58
3.3.2 Stratégie d'échantillonnage .....	58
CHAPITRE 4 – LES RÉSULTATS.....	59
4.1 Analyse descriptive de l'échantillon .....	59
4.2 Analyse globale .....	59
4.2.1 Analyse et interprétation des résultats.....	59
CHAPITRE 5 – DISCUSSION ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES.....	71
5.1 Discussion des résultats.....	71
5.2. Conclusion de la vérification.....	73
5.3. Implications théoriques et managériales .....	74
5.3.1 Implications théoriques .....	74
5.3.2 Implications managériales.....	75
CHAPITRE 6 – CONCLUSION GÉNÉRALE .....	76
6.1 Synthèse des résultats.....	76

6.2 Apports de la recherche .....	76
6.3 Limites et perspectives .....	77
BIBLIOGRAPHIE .....	78
ANNEXE .....	85

---

## CHAPITRE 1 – INTRODUCTION GÉNÉRALE

### 1.1 Contexte et justification

#### 1.1.1 L'Importance croissante de la qualité dans la gestion de projet

La qualité a longtemps constitué un facteur essentiel de la réussite des projets, mais elle a pris une importance accrue avec la complexité croissante des environnements d'affaires mondialisés, l'évolution rapide des technologies, et les attentes plus élevées des parties prenantes (Kerzner, 2017). Selon le *Project Management Institute* (PMI), la qualité dans les projets ne se limite plus à la satisfaction des exigences contractuelles, mais inclut désormais une approche plus holistique qui englobe l'amélioration continue, la gestion des attentes des parties prenantes, et la durabilité des résultats (PMI, 2021).

Les organisations doivent donc se doter de méthodologies robustes pour intégrer la gestion de la qualité à chaque étape du cycle de vie des projets, de la phase de conception à la livraison finale (Juran & De Feo, 2010). Les environnements de projet agiles, où la flexibilité et l'adaptabilité se révèlent primordiales, ont ajouté une nouvelle couche de complexité dans la gestion de la qualité. Les méthodes traditionnelles de contrôle qualité, qui se concentrent souvent sur la conformité et l'inspection, doivent être réévaluées pour s'adapter à ces nouveaux contextes (K. Schwaber & J. Sutherland, 2020).

#### 1.1.2 Les évolutions historiques et philosophiques de la gestion de la qualité

Historiquement, la qualité a émergé dans les organisations comme une réponse aux imperfections dans les processus de fabrication industrielle. Les premières idées sur la qualité ont été introduites par des pionniers comme W. Edwards Deming et Joseph M. Juran. Deming, par exemple, a soutenu que la qualité est le résultat d'une gestion efficace des processus et que la responsabilité ultime incombe aux dirigeants (Deming, 1986).

Juran, quant à lui, a introduit le concept de « Trilogie de Juran », qui comprend la planification de la qualité, le contrôle de la qualité, et l'amélioration continue (Juran & De Feo, 2010). Ces principes ont été intégrés dans des normes internationales comme l'ISO 9001, qui définissent la qualité comme la capacité à satisfaire de manière constante aux exigences spécifiées.

---

### **1.1.3 Pourquoi la gestion de la qualité est-elle cruciale dans les projets contemporains ?**

Dans le cadre de projets, l'intégration de la qualité est devenue essentielle pour plusieurs raisons. Premièrement, les projets sont de plus en plus interdépendants et interconnectés, tout en impliquant des partenaires internationaux, des fournisseurs diversifiés et des clients de cultures différentes. La diversité des attentes et des standards qualité rend le contrôle et la gestion de la qualité plus difficiles (Oakland, 2014).

Deuxièmement, les exigences en matière de durabilité et de respect des normes environnementales et sociales, comme les objectifs de développement durable (ODD), augmentent les pressions sur les chefs de projet pour qu'ils intègrent des critères de qualité complexes et souvent contradictoires (Silvius & Schipper, 2020).

## **1.2 Problématique générale : les enjeux des projets d'infrastructure**

Les projets d'infrastructure occupent une place centrale dans le développement économique et social des nations, mais ils sont également parmi les plus complexes à gérer sur le plan de la qualité (Merrow, 2011). Ces projets mobilisent d'importantes ressources financières, humaines et techniques, et impliquent une multitude d'acteurs aux intérêts divergents, ce qui en fait un terrain fertile pour les écarts de performance, notamment en matière de qualité (Flyvbjerg, 2011).

La nature multiacteurs des projets d'infrastructure, combinée à une forte technicité et à des contextes politiques ou institutionnels parfois instables, accroît la difficulté d'assurer la qualité constante des livrables tout au long du cycle de vie du projet (Kerzner, 2017). En outre, les normes environnementales, sociales et réglementaires sont de plus en plus strictes, ajoutant une couche de complexité aux exigences de qualité à respecter (Silvius & Schipper, 2020).

Dans de nombreux cas, les défaillances sur le plan de la qualité ne sont pas le fruit d'un manque de compétences techniques, mais résultent plutôt de faiblesses dans l'organisation du travail, la planification, ou encore la gouvernance du projet (Juran & De Feo, 2010). Une mauvaise gestion de la qualité peut ainsi engendrer des retards majeurs, des dépassements de coûts et une perte de confiance des parties prenantes, comme l'ont démontré les exemples du tunnel sous la Manche ou de l'aéroport de Berlin Brandenburg (Flyvbjerg, 2011).

---

Un autre enjeu majeur réside dans la capacité à intégrer efficacement les dispositifs qualité dès la phase de conception du projet. Trop souvent, la qualité est perçue comme une fonction secondaire ou correctrice, au lieu d'être envisagée comme un levier stratégique de performance et de prévention des risques (Oakland, 2014).

Ainsi, la problématique générale qui se dégage est la suivante : *comment structurer et mettre en œuvre une gestion de la qualité robuste dans les projets d'infrastructure, afin de garantir leur performance technique, économique, sociale et environnementale ?* Cette question se pose avec d'autant plus d'acuité dans les pays en développement, où les contraintes logistiques, institutionnelles et financières rendent la mise en œuvre des pratiques qualité encore plus ardue (PMI, 2021).

### **1.3 Problématique spécifique : l'organisation de la qualité en projets d'infrastructure**

L'organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure représente un facteur critique de succès, mais elle reste encore insuffisamment structurée dans de nombreux contextes, en particulier dans les pays en développement (Morrow, 2011).

Malgré l'existence de référentiels normatifs tels que le PMBOK (PMI, 2021), ISO 9001 (ISO, 2015) ou encore les lignes directrices des bailleurs de fonds, de nombreux projets continuent d'être confrontés à des défaillances qualité majeures (Flyvbjerg, 2011).

Les échecs qualité constatés tels que les non-conformités, les retouches fréquentes, les retards ou les insatisfactions des usagers ne sont pas seulement causés par des lacunes techniques, mais relèvent souvent d'un défaut d'organisation et de gouvernance de la qualité (Juran & De Feo, 2010).

Dans les projets d'infrastructure, l'organisation de la qualité s'avère laborieuse du fait de la multiplicité des intervenants, de la complexité technique des ouvrages et de la pression exercée sur les délais et les budgets (Kerzner, 2017).

Plus encore, les dispositifs qualité mis en place manquent parfois de cohérence, de leadership ou de clarté dans les responsabilités assignées, ce qui nuit à leur efficacité opérationnelle (Oakland, 2014).

La fonction qualité est parfois cantonnée à une logique documentaire ou de contrôle ex post, sans réelle intégration aux mécanismes décisionnels ou de pilotage du projet (Silvius & Schipper, 2020).

---

Les structures organisationnelles adoptées, qu'elles soient fonctionnelles, matricielles ou projetisées, influencent fortement la performance du dispositif qualité. Une mauvaise allocation des rôles, ou une dilution des responsabilités qualité, risque de provoquer des dysfonctionnements majeurs (IPMA, 2015).

De plus, l'absence de culture qualité ou d'une démarche d'amélioration continue freine l'évolution vers une organisation apprenante, capable d'anticiper les écarts et de tirer profit des retours d'expérience (Deming, 1986).

Enfin, la problématique spécifique à laquelle cette recherche tente de répondre est la suivante : *comment concevoir, structurer et piloter l'organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure afin qu'elle contribue efficacement à leur succès ?* Cette interrogation prend tout son sens dans des contextes où les enjeux financiers, techniques, sociaux et environnementaux sont élevés (PMI, 2021).

## **1.4 Contributions de recherche**

Cette recherche propose des contributions à la fois théoriques et pratiques, qui visent à enrichir la compréhension du rôle de l'organisation de la qualité dans la performance des projets d'infrastructure. Sur le plan théorique, elle explore en profondeur les mécanismes organisationnels qui influencent la qualité, en mettant l'accent sur des dimensions encore peu étudiées telles que la culture qualité, le leadership, l'agilité organisationnelle et l'intégration technologique. Elle mobilise un corpus de référentiels reconnus PMBOK, ISO 9001, TQM (*Total Quality Management*), IPMA tout en les confrontant aux réalités des projets complexes dans le secteur de l'infrastructure.

L'étude propose également un modèle d'analyse conceptuel intégrant quatre dimensions clés : l'organisation de la qualité, la performance qualité, l'intégration technologique et le succès global du projet. Ce modèle permet de dépasser les approches techniques et normatives classiques pour s'intéresser à la structuration des dispositifs qualité dans leur dimension systémique (Juran & De Feo, 2010; Kerzner, 2017).

Sur le plan pratique, la recherche fournit une grille d'analyse destinée aux chefs de projet, responsables qualité et décideurs institutionnels. Cette grille leur permet d'évaluer la robustesse des dispositifs qualité en place, de relever les points de fragilité et de mettre en œuvre des leviers organisationnels adaptés aux contextes infrastructurels (Deming & Shewhart, 1986; Merrow,

---

2011). À travers des données empiriques issues d’une double enquête qualitative et quantitative, le mémoire met en évidence des pratiques organisationnelles efficaces et transposables, même dans des environnements contraints et à fortes incertitudes.

## 1.5 Localisation de la recherche

La présente recherche se positionne à l’intersection de trois domaines complémentaires : *l’organisation de la qualité, la performance de la qualité et la performance globale des projets d’infrastructure*. Cette triple orientation permet d’adopter une approche systémique, en tenant compte à la fois des facteurs organisationnels internes, des résultats mesurables en matière de qualité, et des spécificités du contexte infrastructurel.

Ce positionnement repose sur un cadre conceptuel tripartite, tel qu’illustré par le diagramme de Venn présenté ci-dessous, intégrateur qui met en lumière les interactions dynamiques entre les dispositifs d’organisation de la qualité (structures, processus, rôles, outils), les dimensions de la performance qualité (conformité, satisfaction, coûts, indicateurs) et les caractéristiques propres aux projets d’infrastructure (complexité technique, multiplicité des intervenants, contraintes temporelles et budgétaires).



*Figure 1 : Localisation de la recherche*

---

En se situant au cœur de cette zone d'intersection, la recherche vise à dégager la valeur ajoutée stratégique que peut représenter une organisation qualité efficace dans la réussite des projets. Elle permet ainsi d'appréhender la qualité non plus comme une fonction isolée, mais comme un levier transversal de performance, intégré aux mécanismes de gouvernance et de pilotage du projet.

## **1.6 Objectifs et questions de recherche**

L'objectif général de cette recherche est d'analyser la manière dont l'organisation de la qualité influence la performance globale des projets d'infrastructure. À travers cette analyse, l'étude cherche à comprendre les relations systémiques entre les dispositifs qualité, leur structuration organisationnelle, les mécanismes de performance, et le succès des projets.

### **1.6.1 Objectif principal**

L'objectif principal de cette recherche est de comprendre dans quelle mesure une organisation efficace de la qualité peut constituer un levier stratégique pour améliorer la performance et le succès des projets d'infrastructure. Cette étude vise à aller au-delà des approches normatives classiques pour explorer les dynamiques organisationnelles, humaines et technologiques qui conditionnent la mise en œuvre efficiente de la fonction qualité.

Il s'agit d'analyser comment les choix organisationnels (structures, processus, responsabilités, culture qualité) influencent directement ou indirectement les résultats des projets d'infrastructure, notamment en matière de respect des délais, de maîtrise des coûts, de satisfaction des parties prenantes et de durabilité des ouvrages.

Par ailleurs, cette recherche intègre une perspective systémique, en étudiant le rôle modérateur de deux facteurs clés :

- la performance qualité, mesurée à travers des indicateurs comme la conformité, la réduction des défauts et la satisfaction client ;
- l'intégration technologique, par le biais d'outils numériques, de plateformes collaboratives et de systèmes de gestion qualité.



---

Ainsi, l'objectif principal peut être décliné en trois volets complémentaires :

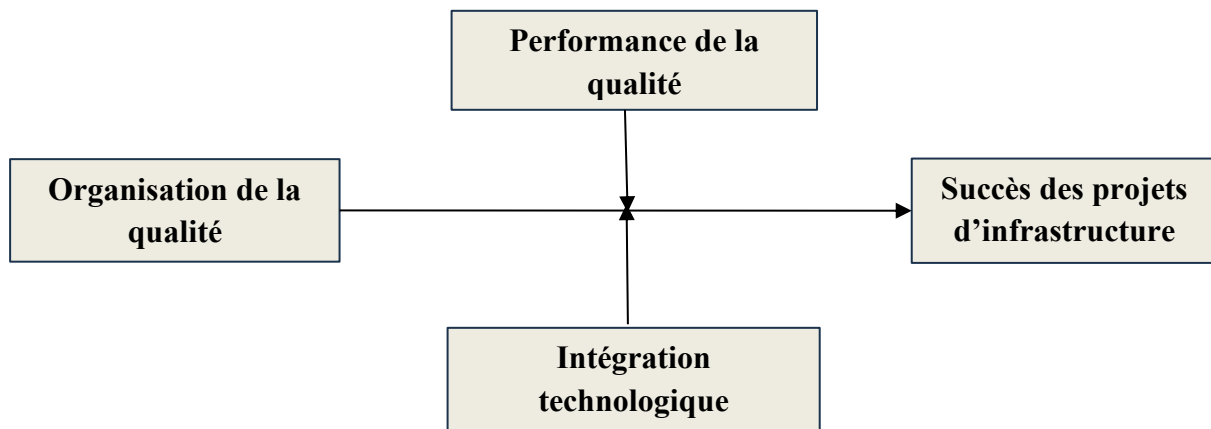
1. Évaluer l'incidence d'une organisation qualité structurée sur le succès global des projets ;
2. Déterminer les conditions dans lesquelles la performance qualité et la technologie agissent comme amplificateurs de cette relation ;
3. Proposer un modèle opérationnel applicable par les praticiens dans les projets d'infrastructure, notamment dans les contextes à fortes contraintes.

### **1.6.2 Objectifs spécifiques**

Pour atteindre l'objectif principal de cette recherche, plusieurs objectifs spécifiques ont été définis afin d'examiner de manière structurée les différentes dimensions de l'organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure :

1. Clarifier les fondements conceptuels de la gestion de la qualité dans un contexte de projet, en comparant les approches traditionnelles (PMBOK, ISO 9001) avec les méthodologies agiles.
2. Relever les composantes organisationnelles clés qui sous-tendent une organisation de la qualité efficace dans les projets d'infrastructure.
3. Déterminer les indicateurs de succès spécifiques aux projets d'infrastructure, notamment en matière de conformité, de performance technique, de respect des délais et des coûts, de durabilité et de satisfaction des parties prenantes.
4. Définir les leviers de performance de la qualité des projets d'infrastructure.
5. Définir l'intégration technologique dans les projets d'infrastructure.
6. Étudier l'influence de la qualité organisationnelle sur le succès du projet, en tenant compte des spécificités du secteur infrastructurel.
7. Établir l'influence de l'intégration technologique sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure.
8. Établir l'influence de la performance qualité sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure.

Compte tenu de notre problématique, une première partie du cadre conceptuel est élaborée sur la base des objectifs et des hypothèses de recherche.



*Figure 2 : Cadre conceptuel préliminaire*

### 1.6.3 Questions de recherche

Cette recherche vise à explorer les enjeux de l'organisation et de la performance de la gestion de la qualité dans les projets d'infrastructure. Ainsi, le Tableau 1 ci-dessous synthétise les objectifs et les questions de recherche, qui seront alignés sur la revue de la littérature, qui explore la gestion de la qualité et ses effets sur la performance ou le succès des projets d'infrastructure.

*Tableau 1 : Objectifs de la revue de la littérature*

Objectifs de l'étude	Questions de recherche
<b>Objectifs/Partie 1 : Identifier/Définir</b>	
<b>Objectif 1 :</b> Définir les concepts clés de la gestion de la qualité en projet, spécifiquement en projets d'infrastructure.	<p><b>QR1.1 :</b> Quelles sont les principales définitions et dimensions de la qualité dans un contexte de projet ?</p> <p><b>QR1.2 :</b> Comment la gestion de la qualité diffère-t-elle entre les méthodologies traditionnelles (PMBOK) et agiles ?</p> <p><b>QR1.3 :</b> Qu'est-ce que la qualité dans un projet d'infrastructure ?</p>

<b>Objectif 2 :</b> Relever et décrire les dispositifs d'organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure.	<b>QR1.4 :</b> Quels sont les concepts de l'organisation de la qualité ? <b>QR1.5 :</b> Comment l'organisation de la qualité est-elle structurée et mise en œuvre dans les projets d'infrastructure ?
<b>Objectif 3 :</b> Relever les indicateurs de succès propres aux projets d'infrastructure.	<b>QR1.6 :</b> Qu'est-ce que le succès des projets d'infrastructure ? <b>QR1.7 :</b> Quels sont les indicateurs de succès des projets d'infrastructure ?
<b>Objectif 4 :</b> Définir les leviers de performance de la qualité des projets d'infrastructure.	<b>QR1.8 :</b> Qu'est-ce que la performance de la qualité ? <b>QR1.9 :</b> Quels sont les indicateurs de performance qualité des projets d'infrastructure ?
<b>Objectif 5 :</b> Définir l'intégration technologique dans les projets d'infrastructure.	<b>QR1.10 :</b> Qu'est-ce que l'intégration technologique ? <b>QR1.11 :</b> Quels sont les indicateurs de l'intégration technologique des projets d'infrastructure ?
<b>Objectifs/Partie 2 : Analyser/Comprendre</b>	
<b>Objectif 6 :</b> Établir la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure.	<b>QR2.1 :</b> Quel est le rôle de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure ? <b>QR2.2 :</b> Comment l'organisation de la qualité peut-elle contribuer au succès des projets d'infrastructure ?
<b>Objectif 7 :</b> Établir l'influence de l'intégration technologique sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure.	<b>QR2.3 :</b> Comment l'intégration technologique influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ? <b>QR2.4 :</b> Quel rôle joue l'intégration technologique dans la relation entre

	l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?
<b>Objectif 8 :</b> Établir l'influence de la performance qualité sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure.	<b>QR2.5 :</b> Comment la performance qualité influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ? <b>QR2.6 :</b> Quel rôle joue la performance qualité dans la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?

## 1.7 Périmètre de la recherche

Afin de garantir la rigueur méthodologique et la pertinence analytique de l'étude, cette recherche s'inscrit dans un périmètre délimité sur les plans sectoriel et conceptuel. Le cadrage proposé vise à contextualiser les résultats tout en assurant leur applicabilité à des environnements présentant des caractéristiques similaires.

Afin de vérifier les hypothèses de notre recherche et d'explorer de manière approfondie les relations entre les quatre facteurs : organisation de la qualité, succès des projets d'infrastructure, performance qualité et intégration technologique, une démarche méthodologique rigoureuse s'avère nécessaire. La section sur la méthodologie sera ainsi consacrée à la présentation de la méthodologie de recherche adoptée.

Ce travail se limite à l'examen des facteurs organisationnels de la qualité (structure, processus, rôles, outils), sans aborder de manière exhaustive les dimensions techniques ou financières des projets. Par conséquent, les résultats, bien que transférables à des contextes similaires, ne sauraient être généralisés à l'ensemble des projets d'infrastructure sans prudence. Enfin, la recherche ne prétend pas mesurer la qualité en tant que concept absolu, mais plutôt en tant que performance observable à travers des indicateurs clés, tels que la non-conformité, le coût de la qualité ou la satisfaction des parties prenantes (Juran & De Feo, 2010; Kerzner, 2017).

---

## CHAPITRE 2 – REVUE DE LA LITTÉRATURE

Dans une perspective de compréhension approfondie des mécanismes liant l'organisation de la qualité à la performance et au succès des projets d'infrastructure, ce chapitre s'appuie sur une revue critique de la littérature scientifique et professionnelle. Il a pour objectif principal de circonscrire les fondements conceptuels et empiriques qui soutiennent les différentes dimensions de cette problématique, en mobilisant des référentiels établis tels que le PMBOK, l'ISO 9001, la TQM et les approches agiles.

En cohérence avec les objectifs spécifiques de la recherche, la revue de la littérature s'articule autour de plusieurs axes interdépendants : la définition et l'évolution des concepts de la gestion de la qualité en contexte de projet, les structures et mécanismes organisationnels propres à la qualité dans les projets d'infrastructure, les indicateurs de performance qualité et les critères de succès des projets, l'intégration technologique comme levier de performance, et les interactions systémiques entre ces éléments.

Cette exploration théorique permet ainsi de répondre aux principales questions de recherche formulées dans le Tableau 1, notamment celles concernant les différences entre les approches qualité traditionnelles et agiles, les modalités d'organisation de la qualité dans des projets complexes, et les rôles médiateurs de la performance qualité et de l'intégration technologique dans la réussite globale des projets. La Figure 2, représentant le cadre conceptuel préliminaire, servira de guide pour structurer cette revue en soulignant les relations critiques entre l'organisation de la qualité, sa performance, l'intégration technologique et le succès des projets.

En ancrant l'analyse dans une approche systémique et multidimensionnelle, ce chapitre vise non seulement à établir une base théorique robuste pour l'étude empirique à venir, mais également à mettre en évidence les lacunes actuelles dans la littérature et à justifier la pertinence de l'investigation entreprise.

---

## **2.1 Objectif 1 : Fondements de la gestion de la qualité en contexte de projet**

### **2.1.1 Définitions et dimensions de la qualité**

La qualité possède plusieurs définitions qui proviennent de différents auteurs (Roccadoro & Godart, 2023). Selon Garvin, la qualité est définie et appréhendée selon différentes approches :

- L'approche transcendantale : la qualité est un caractère inné d'excellence absolu et universel ;
- L'approche fondée sur le produit : la qualité est une variable précise et mesurable ;
- L'approche fondée sur l'utilisateur : la qualité dépend de la valeur attribuée par son usager ;
- L'approche manufacturière : la qualité dépend de sa conformité aux exigences ;
- L'approche fondée sur la valeur : la qualité est jumelée au coût et au prix.

La qualité prend la forme qu'on lui donne et sa définition dépend de celle-ci (Garvin, 1984; Roccadoro & Godart, 2023). Pour chaque type de projets, nous avons des définitions de la qualité qui diffèrent.

En gestion de projets, la qualité n'est pas toujours bien cernée comme le temps et le coût, qui sont des facteurs quantitatifs en raison de ces multiples définitions qui diffèrent parfois du fait de leurs multiples dimensions (Basu, 2014; J. G. Geraldi et al., 2011; Gmakouba, 2024). Cette complexité du sujet de la qualité peut s'expliquer par le fait qu'elle n'est pas quantifiable comme le temps et le coût (Heisler, 1990).

La qualité dans le cadre des projets est un concept multidimensionnel qui désigne l'ensemble des caractéristiques d'un produit, d'un service ou d'un processus, mesurées en matière de capacité à satisfaire des exigences définies ou implicites (Gmakouba, 2024; Kerzner, 2017). Elle intègre des dimensions comme la conformité aux spécifications, la satisfaction des parties prenantes et l'amélioration continue.

#### **2.1.1.1. Conformité aux exigences et aux spécifications**

La qualité peut être définie comme le degré auquel un ensemble de caractéristiques intrinsèques satisfait à des exigences (ISO, 2015). Dans le contexte des projets, elle est souvent définie comme l'ensemble des caractéristiques d'un produit ou service qui répondent aux exigences spécifiées (Juran & Godfrey, 1999).

---

Dans la gestion de projets, la qualité est généralement évaluée par rapport aux exigences définies au préalable dans le cadre du projet. La conformité aux spécifications établies constitue une base essentielle de l'évaluation de la qualité. La définition classique de la qualité met l'accent sur l'alignement sur ces exigences. Le *PMBOK Guide* explique que la qualité en gestion de projets est « la mesure dans laquelle les caractéristiques d'un produit, d'un service ou d'un résultat satisfont aux exigences spécifiées » (PMI, 2021).

#### **2.1.1.2. Satisfaction des parties prenantes**

La qualité est ce que le client attend comme une expérience durable (Basu, 2011, 2014). De son côté, Juran définit la qualité comme les fonctionnalités qui garantissent la satisfaction des clients. D'après ces deux définitions, il est non seulement important que le chef de projet et son équipe s'assurent que le projet réponde aux besoins des clients, mais aussi que cela soit une expérience durable pour celui-ci (Gmakouba, 2024). La qualité ne se limite pas à la conformité technique ; elle inclut également la satisfaction des attentes des parties prenantes, y compris celles qui ne sont pas nécessairement exprimées de façon explicite dans les spécifications. Cela implique de comprendre et d'anticiper les besoins des clients, des utilisateurs finaux et d'autres intervenants (Henry, 1996; Kerzner, 2017; Müller & Jugdev, 2012). Selon Kerzner, la gestion de la qualité en projet doit aussi s'aligner sur la perception de la valeur par les parties prenantes, car « la qualité d'un produit ou d'un service est finalement déterminée par l'utilisateur final » (Kerzner, 2017). Autrement dit, même si un produit est techniquement conforme aux spécifications, il peut ne pas être considéré comme « de qualité » si les utilisateurs ou clients ne sont pas satisfaits.

#### **2.1.1.3. Amélioration continue**

L'un des piliers de la gestion de la qualité est le principe de l'amélioration continue, souvent associé à des modèles tels que le cycle PDCA (*Plan-Do-Check-Act*). L'amélioration continue vise à déceler et à corriger les écarts entre les résultats attendus et les performances réelles au fil du temps. William Edwards Deming est l'un des pionniers de cette approche, affirmant que « la qualité doit être vue comme un processus sans fin, et non comme une fin en soi » (Deming, 1986).

Depuis plus de cinquante ans, la qualité est devenue et demeurée un élément clé de la stratégie de toute organisation au monde qui cherche à améliorer la performance de ses produits et ses

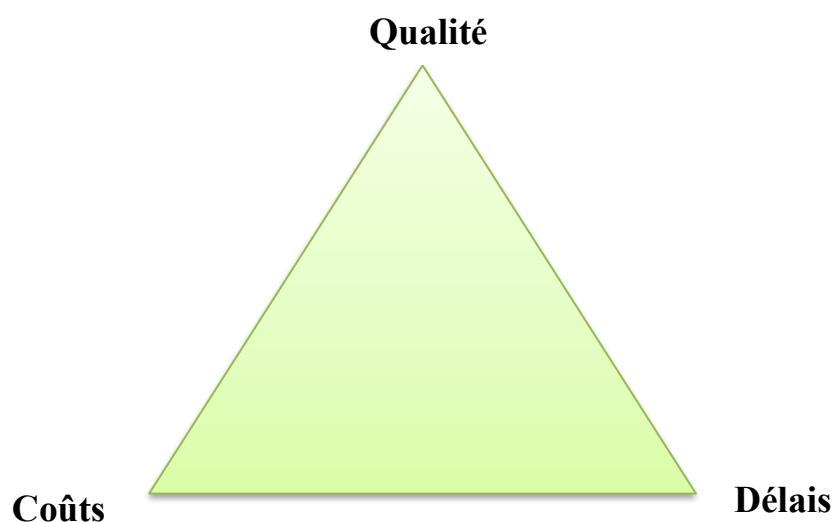
---

services afin de mieux se positionner sur le marché et faire face à la concurrence (Bourke & Roper, 2017; Hoem & Lodgaard, 2016). L'amélioration de la qualité et l'innovation sont donc devenues des stratégies établies alors que les entreprises cherchent à créer et à défendre leur position concurrentielle (Bourke & Roper, 2017).

Par ailleurs, explorant et élaborant le sujet, plus précisément le débat portant sur la qualité en projets, Turner (Turner, 2007) décrit que le livrable du projet doit satisfaire les exigences du client, les spécifications et l'aptitude à l'emploi. Selon lui, au début du projet, les spécifications seront créées sur la base des exigences du client et des parties prenantes et les critères d'acceptation seront développés. L'objectif de l'équipe consiste à assurer les critères et les spécifications du projet (Ribeiro, 2020).

La qualité joue un rôle essentiel et incontournable dans la réussite d'un projet, au même titre que le temps et les coûts, qui forment ensemble le célèbre triangle d'or de la gestion de projets. Ce triangle d'or illustre les trois contraintes fondamentales qui peuvent déterminer le succès ou l'échec d'un projet (PMI, 2021).

Il s'agit d'un outil visuel simple, mais puissant, que tout chef de projet doit garder à l'esprit tout au long du cycle de vie du projet (PMI, 2021).



*Figure 3 : Triangle de la performance*

La qualité demeure toujours abordée dans les référentiels en gestion de projet comme un facteur primordial. Le tableau 2 ci-dessous décrit sommairement la définition de la qualité par chaque référentiel de la gestion de projet (Ribeiro, 2020).



*Tableau 2 : Définition de la qualité par les référentiels en gestion de projet*

Référentiel en gestion de projet	Définition de qualité
PMBOK (PMI, 2017)	« La qualité est le degré auquel un ensemble de caractéristiques intrinsèques satisfait à des exigences »
IPMA ICB v4 (IPMA, 2015)	« La qualité comprend deux facteurs clés. (...) la qualité du processus, à savoir la façon dont le projet est organisé (...) et les résultats, assurer et contrôler la qualité des réalisations et de l'impact du projet »
PRINCE2 (Hinde, 2017)	« Degré auquel un ensemble de caractéristiques inhérentes à un produit, un service, un processus, une personne, une organisation, un système ou une ressource satisfont aux exigences »

Il sied de remarquer ici que les référentiels mettent l'accent sur la qualité de conception (systèmes de qualité) et la qualité du processus (conformité) (Basu, 2012), y compris la mise en œuvre des processus et la qualité du produit ou du service livré (Ribeiro, 2020).

Bien que la qualité en gestion de projet puisse être définie de plusieurs façons, l'approche la plus courante est néanmoins celle qui se base sur la satisfaction des attentes des parties prenantes. D'après la norme ISO 9001:2015, la qualité est définie comme « l'aptitude d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques à satisfaire des exigences » (ISO, 2015). Dans le cadre d'un projet, les exigences peuvent provenir des clients, des utilisateurs finaux, ou des parties prenantes internes comme les équipes de production.

Du point de vue de la gestion de projet, la qualité comprend deux aspects fondamentaux :

1. **La qualité des livrables** : Il s'agit de s'assurer que le produit ou le service final du projet répond aux spécifications initiales définies dans la charte de projet ou dans le cahier des charges.
2. **La qualité des processus** : Un projet doit non seulement produire des livrables conformes, mais également le faire de manière efficace et optimisée. Cela signifie que les processus internes, comme la gestion des risques, la communication et l'allocation des ressources, doivent également être de haute qualité (Schwalbe, 2018). La norme

---

[ISO 9000:2000] définit un processus comme étant toute activité ou ensemble d'activités qui utilise des ressources pouvant convertir des éléments d'entrée en éléments de sortie.

Le concept de qualité peut également être compris à travers l'approche des attentes des clients, développée par Kano (Kano et al., 1984), qui distingue trois types d'exigences de qualité :

- **Exigences de base** : Ce sont les attentes minimales que le produit doit satisfaire. Si elles ne sont pas respectées, les clients seront insatisfaits.
- **Exigences de performance** : Ces attentes influencent directement la satisfaction du client, et une amélioration de ces exigences entraîne généralement une augmentation proportionnelle de la satisfaction.
- **Exigences enthousiasmantes** : Ce sont les caractéristiques qui, bien que non explicitement attendues, créent une satisfaction élevée si elles sont présentes.

La notion de qualité en gestion de projet est en effet variée, selon les méthodologies et approches. Cependant, une des définitions souvent reconnues pour son orientation vers la performance et le succès du projet provient de Joseph Juran, une figure éminente en management de la qualité. Et c'est cette définition qui nous intéresse dans le cadre de notre travail de recherche. En effet, Juran a défini la qualité comme étant « la capacité du produit ou du service à répondre aux attentes des utilisateurs » (Juran, 1951), ce qui, en gestion de projet, signifie l'aptitude d'un projet à répondre aux objectifs et attentes des parties prenantes, tout en respectant les critères de performance, de délai et de budget.

En gestion de projet, la qualité est mesurée par l'atteinte des objectifs de performance spécifiés au début du projet (PMI, 2021). Autrement dit, un projet est considéré de qualité s'il réalise les résultats escomptés tout en respectant les contraintes initiales de budget, de calendrier et de ressources (Juran, 1951; Juran & Godfrey, 1999). En intégrant la qualité dans chaque phase du projet, on s'assure que les résultats finaux répondent aux critères établis par les parties prenantes et les utilisateurs (PMI, 2021).

### 2.1.2 La gestion de la qualité

La gestion de la qualité est un facteur essentiel pour assurer la réussite d'un projet. Elle concerne l'ensemble des pratiques et des méthodes mises en œuvre pour s'assurer que les livrables du projet respectent les exigences spécifiées par les parties prenantes. Cela englobe

---

non seulement la qualité des produits livrés, mais aussi celle des processus utilisés pour les produire. Selon le Project Management Institute (PMI, 2021), la gestion de la qualité doit être un processus proactif, intégré dès la planification et suivi tout au long du cycle de vie du projet.

La mise en place de pratiques efficaces de gestion de la qualité contribue non seulement à la satisfaction des clients, mais également à la réduction des coûts associés aux défauts et aux non-conformités.

La forte concurrence économique et les évolutions rapides de la technologie ont poussé les organisations à développer des programmes de gestion de la qualité et à adopter de nouveaux outils et méthodes pour maximiser leur performance et augmenter leurs chances de succès (Ramirez, 2009). Durant les trois dernières décennies, diverses méthodes telles que la gestion de la qualité totale, le Lean, les six sigmas, les normes ISO, et le business process reengineering ont été mises en œuvre pour améliorer la qualité des produits et des services, ainsi que pour assurer la satisfaction des clients (Basu, 2012; Dale et al., 2016; Vom Brocke & Rosemann, 2007).

Les entreprises intégrant la gestion de la qualité dans leurs démarches d'amélioration continue cherchent activement à répondre aux besoins croissants en innovation. Pour répondre aux pressions du marché, elles doivent sans cesse adapter leurs processus, améliorer leur flexibilité et adopter de nouvelles pratiques (Vom Brocke & Rosemann, 2007). La gestion de la qualité s'est propagée dans le monde entier à la suite du succès des entreprises japonaises dans les années 1970, grâce aux approches prônées par les pionniers comme Deming et Juran (Basu & Wright, 2003; Dale et al., 2016).

Deming, en particulier, a promu l'amélioration de la qualité et la productivité, estimant que chaque membre de l'organisation est responsable de la qualité (Dale et al., 2016). Il a affirmé que celle-ci pouvait être atteinte en réduisant les variations statistiques et en définissant des procédures, en collectant des données et en mesurant les résultats. Le cycle PDCA (*Plan* : Planifier, *Do* : Faire, *Check* : Vérifier, *Act* : Agir) reste un outil clé pour réaliser ces objectifs de qualité et encourager l'amélioration continue.

Juran définit la qualité comme l'aptitude d'un produit ou service à répondre aux besoins de l'utilisateur et propose une « trilogie de la qualité » comprenant la planification, le contrôle et l'amélioration de la qualité (Nguyen, 2006). Selon lui, le contrôle qualité doit couvrir

---

l'ensemble des fonctions de l'organisation ainsi que tous les produits, afin de réduire les erreurs et les gaspillages. Juran a également été le premier à souligner l'importance de la communication pour atteindre les objectifs de qualité (Basu & Wright, 2003). La formation aux outils statistiques, accessible à tous les niveaux de l'organisation, représente un élément central de son approche. D'un autre côté, Crosby met de l'avant trois éléments essentiels : la conformité, le concept de « zéro défaut » et les coûts liés à la non-qualité, qui englobent les pertes et les défauts (Nguyen, 2006). Son approche de la qualité repose sur la prévention, nécessitant un fort engagement et une responsabilité accrue de la part des gestionnaires (Basu & Wright, 2003).

Les approches des théoriciens Deming, Juran et Crosby ont profondément influencé les pratiques de gestion de la qualité (Dale et al., 2016; Nguyen, 2006). Bien que chaque auteur propose sa propre définition de ce concept, cette étude montre que la gestion de la qualité est une discipline multidimensionnelle, influencée par diverses pratiques. Cependant, l'intégration de ces pratiques à tous les niveaux organisationnels forme la gestion de la qualité totale (GQT), combinant dimensions techniques et sociales pour viser des résultats exceptionnels.

La gestion de la qualité totale (GQT), ou *Total Quality Management* (TQM), est une philosophie de gestion intégrée visant à améliorer la qualité des produits, des services et des processus en mobilisant tous les niveaux d'une organisation. La GTX cherche à créer une culture de qualité en mettant l'accent sur la satisfaction du client, l'amélioration continue, et l'implication de l'ensemble du personnel.

#### **2.1.2.1 Définition et fondements de la GTX**

La gestion de la qualité totale repose sur l'idée que chaque individu au sein de l'organisation est responsable de la qualité et doit s'efforcer d'améliorer les performances en continu. D'après Juran, l'un des pères fondateurs de la qualité, la qualité se définit comme étant « l'aptitude à l'usage », impliquant que les produits ou services doivent répondre aux attentes des clients pour être considérés comme de qualité (Juran, 1988).

Cette approche s'appuie également sur le modèle de Deming, qui propose que la qualité soit intégrée dès la conception et doive se refléter dans chaque étape du processus de production (Deming, 1986). La méthode de Deming, connue sous le nom de PDCA, souligne l'importance

---

de planifier les processus, de les exécuter, de vérifier les résultats, et d'agir pour corriger les écarts, dans une boucle continue d'amélioration (Deming, 1986).

### 2.1.2.2 Les principes fondamentaux de la GQT

Les principes de la GQT comprennent la satisfaction des clients, l'implication totale du personnel, l'approche par processus, l'amélioration continue, et la prise de décision basée sur des faits.

- **Satisfaction des clients** : La GQT place la satisfaction des clients au centre de ses préoccupations. Cela signifie que tous les processus et actions de l'entreprise visent à satisfaire ou à dépasser les attentes des clients (Oakland, 2003).
- **Implication totale du personnel** : La GQT repose sur l'idée que chaque employé, quel que soit son niveau hiérarchique, a un rôle crucial à jouer dans l'atteinte de la qualité. Cette implication améliore non seulement la productivité, mais aussi la responsabilité des employés dans les résultats de qualité (Evans & Lindsay, 2014).
- **Approche par processus** : La gestion de la qualité totale met également l'accent sur la gestion de processus bien définis pour maximiser l'efficacité. Selon cette approche, chaque étape dans la chaîne de production ou de prestation de service doit être optimisée pour minimiser les défauts et les variations de qualité (ISO, 2015).
- **Amélioration continue** : L'amélioration continue, ou « kaizen », est essentielle dans la GQT. Elle consiste à rechercher constamment des façons de faire mieux, en évitant les erreurs et en améliorant les standards de qualité (Imai, 1986).
- **Prise de décision basée sur des faits** : La GQT s'appuie sur des données objectives pour évaluer la qualité et les performances. La collecte et l'analyse de données sont essentielles pour déceler les écarts de qualité et les possibilités d'amélioration (Evans & Lindsay, 2014).

### 2.1.2.3 Outils et méthodes de la GQT

La gestion de la qualité totale (GQT) repose sur l'utilisation d'un ensemble intégré d'outils, de techniques et de méthodes permettant d'instaurer une culture d'amélioration continue dans

---

toute l'organisation. Ces outils sont utilisés à différentes étapes des projets pour planifier, contrôler, assurer et améliorer la qualité (Oakland, 2014).

La GQT utilise un ensemble d'outils et de méthodes pour gérer et améliorer la qualité :

- Diagramme de Pareto : Utilisé pour déceler les causes les plus fréquentes de défauts et d'insatisfaction.
- Diagramme de cause-effet (Ishikawa) : Aide à analyser les causes profondes d'un problème.
- Contrôle statistique des procédés (SPC) : Utilisé pour surveiller et contrôler les variations de qualité dans les processus de production (Montgomery, 2005).

#### **2.1.2.4 Les avantages de la GQT**

La mise en place de la GQT apporte de nombreux avantages aux entreprises, notamment l'amélioration de la satisfaction client, la réduction des coûts et la fidélisation des clients (Oakland, 2003). Une étude montre que les entreprises qui adoptent une approche GQT bénéficient d'une meilleure efficacité, d'une productivité accrue et d'une image de marque améliorée (Sila & Ebrahimpour, 2005).

La gestion de la qualité totale est une approche intégrée qui implique tous les membres d'une organisation dans le but d'atteindre une satisfaction client optimale grâce à l'amélioration continue des processus et des produits. Cette approche se distingue par l'importance qu'elle accorde à la culture organisationnelle, au leadership, et à l'implication de chaque employé dans le processus de qualité, rendant l'organisation plus compétitive et durable à long terme (Juran, 1988).

#### **2.1.2.5 Lean, Six sigma, Normes ISO, et Business process reengineering**

Ces concepts sont des méthodes et cadres complémentaires utilisés pour améliorer la qualité, l'efficacité et la performance dans les organisations. Ils sont souvent intégrés dans les stratégies de gestion de la qualité totale (GQT), car ils contribuent à réduire les défauts, à optimiser les processus et à standardiser les pratiques de gestion de la qualité.

---

Voici comment chacun s'intègre dans le cadre de la GQT :

Le *lean management*, ou gestion allégée, est une méthode d'optimisation des processus développée initialement par Toyota dans les années 1950. Elle vise à éliminer les gaspillages (non-valeur ajoutée) dans chaque étape de la chaîne de production pour maximiser l'efficacité et la satisfaction du client (Womack & Jones, 1996). Les sept gaspillages observés comprennent le surstockage, la surproduction, les temps d'attente, les défauts, les déplacements inutiles, les traitements excessifs et les transports inutiles (Ohno, 1988).

En lien avec la GQT, le *lean* est souvent utilisé pour simplifier les processus tout en préservant la qualité et en minimisant les variations. Le *lean* utilise plusieurs outils et techniques pour accomplir ces objectifs :

- La méthode 5S (tri, rangement, nettoyage, standardisation, et discipline) : Un cadre pour organiser et maintenir l'ordre dans les environnements de travail, visant à améliorer l'efficacité (Hirano, 1995).
- Le Juste-à-temps (JAT) : Réduit les inventaires en produisant seulement ce qui est nécessaire, quand c'est nécessaire (Monden, 2011).
- La Kaizen : Une approche d'amélioration continue qui encourage tous les employés, à tous les niveaux, à repérer les occasions d'amélioration dans leurs activités quotidiennes (Imai, 1986).

La méthode 5S et le *juste-à-temps* (JAT) sont employés pour assurer une gestion des flux efficace et standardisée (Womack & Jones, 1996).

*Six Sigma* est une méthodologie de gestion de la qualité développée par Motorola dans les années 1980 pour réduire la variation dans les processus et atteindre une qualité proche de la perfection. Elle utilise une approche statistique pour déceler et éliminer les défauts afin de maintenir un taux de production de haute qualité. Six Sigma se concentre sur la réduction de la variabilité, avec l'objectif d'atteindre moins de 3,4 défauts par million d'opportunités (Pande et al., 2000).

Les projets Six Sigma suivent généralement le cadre *DMAIC* (*Définir, Mesurer, Analyser, Innover, Contrôler*), permettant d'aborder les problèmes de manière structurée et d'implémenter des solutions durables (Pande et al., 2000). Intégré à la GQT, Six Sigma

---

contribue à la stabilité des processus et à la prédictibilité de la qualité en s'attaquant aux variations indésirables.

Le Six Sigma a pour objectif de comprendre ce que souhaite le client, puis de concevoir le produit et le processus de manière à minimiser les coûts de production (Basu & Wright, 2003). La méthode Lean, quant à elle, se concentre sur des objectifs orientés vers la valeur pour le client, en misant sur des améliorations progressives, la participation des employés et la prévention, afin de garantir la compétitivité des produits (Basu & Wright, 2003). Ces deux approches partagent la priorité du client et l'amélioration continue comme des stratégies organisationnelles, nécessitant l'engagement et les efforts tant de la direction que des employés pour réussir (Vom Brocke & Rosemann, 2007).

*Les normes ISO*, en particulier la norme ISO 9001, sont des standards internationaux de gestion de la qualité. Ils définissent les exigences minimales pour qu'un système de gestion de la qualité soit efficace et cohérent. ISO 9001 se concentre sur l'assurance qualité, la satisfaction des clients et l'amélioration continue. Elle est adoptée par les organisations pour établir des pratiques documentées et standardisées qui garantissent la qualité et la conformité des produits ou services (ISO, 2015).

ISO 9001 est souvent un pilier de la GQT, car elle fournit un cadre universel pour assurer la gestion de la qualité et permet aux entreprises de structurer et d'améliorer leurs processus tout en répondant aux attentes de leurs parties prenantes (ISO, 2015).

Le *Business Process Reengineering* (BPR), ou réingénierie des processus, est une approche de transformation profonde des processus qui vise à optimiser radicalement les performances. Il s'agit de repenser fondamentalement les processus organisationnels pour obtenir des améliorations significatives en matière de coût, de qualité, de service et de rapidité (Hammer & Champy, 1993).

Contrairement à l'amélioration continue de la GQT, qui progresse par petites étapes, le BPR cherche à obtenir des gains majeurs en redéfinissant complètement les processus existants. En réorganisant les processus autour des résultats attendus, le BPR permet aux entreprises de réduire les duplications d'efforts, de simplifier les flux de travail, et de mieux répondre aux besoins des clients.



---

Ensemble, ces concepts permettent de renforcer la GQT :

- Lean et Six Sigma améliorent l'efficacité et réduisent les variations tout en intégrant la qualité dès le départ.
- Les normes ISO fournissent une base standardisée pour effectuer la gestion de la qualité, tandis que le BPR permet des transformations plus radicales lorsque les processus existants deviennent obsolètes.

### **2.1.3 La gestion de la qualité en projets**

Pour rester compétitives et améliorer la qualité de leurs projets, les organisations sont aujourd'hui contraintes de revoir leurs programmes de gestion de la qualité et de rechercher des stratégies visant à optimiser leurs pratiques (Hoem & Lodgaard, 2016; Jung & Wang, 2006). Quel que soit le cadre de gestion de la qualité adopté, l'objectif principal d'un programme de gestion de la qualité reste l'amélioration des performances tant des projets que de l'organisation elle-même. Les activités liées à la qualité se déroulent tout au long du cycle de vie d'un projet.

La gestion de la qualité en projet est un ensemble de processus visant à assurer que les livrables d'un projet respectent les normes de qualité définies et les attentes des parties prenantes. Dans le cadre des projets, la gestion de la qualité repose souvent sur des processus et des activités conçus pour garantir la conformité des processus et des livrables, y compris notamment la planification de la qualité, l'assurance qualité et le contrôle qualité.

La planification de la qualité est le premier pas vers une gestion de la qualité efficace dans les projets. Elle vise à définir les normes de qualité spécifiques auxquelles le projet doit adhérer, tout en établissant les critères de mesure et les processus d'évaluation (PMI, 2021). Ce processus implique une compréhension approfondie des attentes des parties prenantes et des exigences du client.

La planification de la qualité consiste à définir les normes, exigences et critères de qualité à respecter dans le cadre du projet. Ce processus inclut l'identification des standards de qualité et l'élaboration de procédures pour garantir que les objectifs de qualité seront atteints. Selon le *PMBOK Guide*, « la planification de la qualité est le processus qui identifie les exigences de qualité et détermine comment le projet démontrera la conformité à ces exigences » (PMI, 2021). Ce processus comprend l'identification des indicateurs clés de performance (KPI) et

---

l'établissement des critères de qualité pour chaque phase du projet (PMI, 2021). Prenons par exemple :

- Dans un projet de développement de produit, la planification de la qualité pourrait comporter des critères de performance spécifiques comme la durabilité, la facilité d'utilisation et la sécurité.
- Dans la construction d'un hôpital, les critères de qualité pourraient impliquer la conformité aux normes de sécurité et la satisfaction des exigences architecturales. Un plan de qualité bien défini dans ce contexte comprendra des inspections régulières à chaque étape de construction, assurant ainsi que le projet respecte les normes légales et techniques.

En garantissant que la planification de la qualité est bien définie dès le début, les chefs de projet peuvent réduire les risques liés aux écarts de qualité, ce qui permet d'atteindre les objectifs avec moins de révisions et d'économiser des ressources (Kerzner, 2017).

L'assurance qualité est un processus qui se concentre sur la prévention des erreurs ou des défauts en s'assurant que les processus utilisés pour créer les livrables sont conformes aux standards établis. L'objectif est de garantir que les produits ou services répondent aux exigences de qualité avant la production finale. Kerzner définit l'assurance qualité comme « un processus d'audit pour évaluer l'efficacité des procédures de gestion de la qualité tout au long du projet » (Kerzner, 2017). Par exemple, dans un projet de construction, l'assurance qualité pourrait inclure des audits réguliers pour vérifier que les matériaux utilisés répondent aux normes de qualité avant leur utilisation sur le site.

L'assurance qualité repose souvent sur des audits et des évaluations périodiques, qui aident à maintenir la conformité avec les normes internes et réglementaires. Cela permet de maintenir un haut niveau de qualité dans toutes les phases du projet, réduisant ainsi les risques de défauts ou de non-conformité dans le produit final (Juran & Godfrey, 1998).

Le contrôle de la qualité consiste à surveiller les livrables et à vérifier qu'ils respectent les normes de qualité définies. Cela implique des inspections, des tests, et l'évaluation des résultats pour détecter et corriger les écarts avant la livraison. Juran et Godfrey expliquent que « le contrôle qualité implique de mesurer les produits par rapport aux exigences spécifiées et de corriger les défauts identifiés » (Juran & Godfrey, 1999). Parmi les méthodes de contrôle de la qualité, on trouve les inspections, les tests, et l'utilisation de techniques statistiques comme

les diagrammes de Pareto ou les cartes de contrôle (Ishikawa, 1985). L'objectif est d'assurer non seulement que le produit final est de qualité, mais aussi d'optimiser les processus pour prévenir la réapparition des erreurs. Par exemple, dans une usine de fabrication, le contrôle de la qualité pourrait inclure l'inspection aléatoire des produits pour vérifier leur conformité aux spécifications techniques. Un autre exemple est celui du secteur pharmaceutique, où chaque lot de médicaments doit passer des tests de contrôle qualité rigoureux pour vérifier la concentration des ingrédients actifs. Cela permet de garantir que chaque produit est conforme aux normes de sécurité et d'efficacité.

Le PMBOK (PMI, 2017) décrit ces activités sous forme de trois processus de gestion de la qualité appliqués tout au long du cycle de vie du projet. De même, PRINCE2 (Hinde, 2017) reconnaît ces trois domaines ou processus, qui regroupent diverses activités de gestion de la qualité. Le tableau 3 ci-dessous illustre comment ces référentiels intègrent et abordent les procédures de gestion de la qualité. Ci-dessous se trouve un tableau comparatif des processus de gestion de la qualité entre les référentiels PMBOK et PRINCE2. Ce tableau présente les définitions des principales procédures de la gestion de la qualité selon les deux approches :

*Tableau 3 : Définition des procédures de la gestion de la qualité par les référentiels*

<b>Processus de gestion de la qualité</b>	<b>Définition selon le PMBOK</b>	<b>Définition selon PRINCE2</b>
<b>Planification de la qualité</b>	Processus visant à déterminer les exigences de qualité et les normes applicables au projet et à définir comment les atteindre. Il comprend la détermination des métriques de qualité, des processus d'audit et la documentation des approches qualité (PMI, 2017).	Intégré dans l'étape de planification, PRINCE2 met l'accent sur la création d'une « Stratégie de qualité » et d'un « plan de projet » qui définissent comment la qualité sera gérée et contrôlée à toutes les étapes (Hinde, 2017).
	Processus consistant à évaluer périodiquement la performance et les processus	Dans PRINCE2, l'assurance qualité est effectuée par une fonction externe au projet,

<b>Assurance qualité</b>	pour s'assurer qu'ils respectent les normes et sont efficaces pour atteindre les objectifs de qualité. Il s'agit d'un contrôle continu pour valider l'alignement du projet sur les standards de qualité (PMI, 2017).	assurant que les normes et stratégies définies sont suivies. PRINCE2 distingue cette fonction par une impartialité dans le contrôle qualité (Hinde, 2017).
<b>Contrôle de la Qualité</b>	Processus de surveillance et de mesure des résultats du projet pour s'assurer qu'ils répondent aux standards de qualité établis, et pour déterminer les actions correctives nécessaires. Ce processus est essentiel dans les revues qualité pour chaque livrable (PMI, 2017).	PRINCE2 regroupe ces activités sous le contrôle des produits. Le contrôle qualité se focalise sur les vérifications de conformité des livrables finaux par rapport aux exigences de la « Stratégie de Qualité » définie en amont (Hinde, 2017).

Ce tableau met en lumière le fait que, bien que les deux référentiels partagent des processus similaires, ils diffèrent dans leur approche :

- PMBOK met l'accent sur l'intégration des processus de qualité dans le cycle de vie complet du projet, en assurant une évaluation continue.
- PRINCE2 accorde une importance particulière à une structure de contrôle externe (assurance qualité) et au suivi de la conformité des livrables par rapport aux exigences initialement définies.

Ces distinctions permettent aux chefs de projet de choisir l'approche de gestion de la qualité qui s'intègre le mieux avec leur organisation et leurs objectifs.

---

### 2.1.4 La gestion de la qualité de projets dans un environnement agile

La gestion de la qualité dans un environnement agile repose sur des principes d'amélioration continue, de collaboration et de flexibilité, permettant de répondre efficacement aux besoins des parties prenantes tout en maintenant des standards de qualité élevés (Beck et al., 2001). Contrairement aux méthodologies traditionnelles, où la qualité est souvent vérifiée en fin de projet, l'agile intègre des pratiques de qualité tout au long du cycle de vie du projet (Schwaber & Sutherland, 2020).

Dans le prolongement des approches prédictives décrites précédemment (ISO, 2015; Juran & De Feo, 2010; PMI, 2021), l'émergence des méthodes agiles marque une évolution majeure dans la gestion de la qualité, en la concevant comme un processus intégré et itératif plutôt qu'un contrôle ex post. Cette orientation est particulièrement pertinente dans les projets d'infrastructure, caractérisés par une forte complexité technique, la multiplicité des parties prenantes et des exigences réglementaires élevées (Kerzner, 2017; Silvius & Schipper, 2020). Les pratiques issues de l'agile, telles que la définition partagée des critères de satisfaction (« *Definition of Done* »), les revues régulières avec les intervenants clés, et l'amélioration continue à chaque incrément, favorisent la détection précoce des écarts, réduisent les reprises coûteuses et renforcent l'alignement des livrables sur les besoins réels (Schwaber & Sutherland, 2020). Couplées à des technologies telles que le BIM et aux systèmes numériques de gestion de la qualité, elles offrent un cadre adaptatif qui conjugue la rigueur normative et la flexibilité requise pour gérer les aléas, contribuant ainsi à la performance globale et à la durabilité des projets (Merrow, 2011; Oakland, 2014).

Cette évolution de paradigme invite ainsi à examiner plus en détail les spécificités de la gestion de la qualité dans un environnement agile, en identifiant les principes, pratiques et outils qui la distinguent des approches traditionnelles et en évaluant leur applicabilité au contexte infrastructurel.

#### 2.1.4.1. L'intégration de la qualité dès le début du projet

En agile, la qualité ne constitue pas une phase distincte, mais une pratique continue. L'utilisation des critères de définition de terminé (*Definition of Done*) permet de garantir que chaque incrément produit respecte les standards de qualité établis (Schwaber & Sutherland, 2020). Ces critères incluent souvent des tests automatisés, la revue de code et la validation par

---

les parties prenantes (Cohn, 2004). Dans l'environnement agile, la qualité est considérée dès les premières étapes du projet, notamment lors de la définition des exigences. Contrairement aux approches traditionnelles où la qualité est souvent testée en phase finale, l'agile applique le principe du « *shift-left* », qui consiste à déplacer les activités de qualité vers les phases initiales du projet (Crispin & Gregory, 2009).

- **Definition of Done (DoD) :** Un élément clé de la qualité en agile est la définition claire des critères de réalisation. Le DoD est un accord partagé par l'équipe sur ce qui constitue un travail terminé. Il inclut souvent des critères tels que : le code est revu, les tests unitaires sont passés, la documentation est mise à jour, et la validation utilisateur est effectuée (K. Schwaber & J. Sutherland, 2020).
- **Critères d'acceptation des *User Stories* :** En Scrum, chaque *User Story* est accompagnée de critères d'acceptation qui servent de base aux tests d'acceptation (Cohn, 2004). Ces critères permettent de vérifier que la fonctionnalité livrée répond bien aux attentes du client.

#### **2.1.4.2. La collaboration entre les parties prenantes pour assurer la qualité**

Une collaboration étroite entre l'équipe projet et les parties prenantes aide à aligner les attentes en matière de qualité. Les méthodologies agile encouragent les démonstrations régulières de produit et les boucles de rétroaction, permettant ainsi de distinguer rapidement les écarts de qualité (Highsmith, 2009). Cette approche diminue le risque de non-conformité par rapport aux exigences initiales (Larman, 2004). L'un des principes fondamentaux de l'agile est la collaboration constante avec les parties prenantes. Cela garantit que la qualité perçue par le client est alignée sur la qualité produite par l'équipe (Highsmith, 2009).

- **Démonstrations et revues de sprint :** Lors des revues de sprint en Scrum, l'équipe présente le travail achevé aux parties prenantes. Ces sessions permettent de recueillir des retours en temps réel, facilitant l'identification rapide des problèmes de qualité (K. Schwaber & J. Sutherland, 2020).
- **Rétroactions continues :** En Kanban, l'amélioration continue est favorisée par des revues régulières des processus, permettant d'adapter rapidement les pratiques de qualité (Anderson, 2010).
- **Travail en équipe pluridisciplinaire :** L'Agile promeut des équipes auto-organisées composées de profils variés (développeurs, testeurs, UX designers).

---

Cette diversité de compétences permet d'aborder la qualité sous différents angles dès la conception du produit (Larman, 2004).

#### **2.1.4.3 L'utilisation de pratiques spécifiques pour améliorer la qualité**

Les *frameworks* Agiles tels que Scrum, Kanban et *Extreme Programming* (XP) offrent plusieurs pratiques concrètes pour assurer la qualité tout au long du projet :

- *Test-Driven Development* (TDD) : Cette pratique consiste à écrire des tests avant même de développer la fonctionnalité, garantissant ainsi que chaque ligne de code ajoutée répond à un besoin fonctionnel spécifique et améliore la couverture de tests automatisés (Beck, 2002).
- *Refactoring continu* : Il s'agit d'améliorer constamment le code sans modifier son comportement fonctionnel, ce qui augmente la maintenabilité et la qualité du produit (Fowler, 2018).
- Revues de rétrospective : Ces réunions permettent à l'équipe de relever ce qui a bien fonctionné et ce qui doit être amélioré en matière de processus et de qualité (Schwaber & Sutherland, 2020).
- Automatisation des tests : Les tests automatisés (tests unitaires, tests d'intégration, tests fonctionnels) permettent de vérifier rapidement la conformité des fonctionnalités livrées et de réduire le risque d'erreur humaine (Crispin & Gregory, 2009).
- Intégration continue (CI) et livraison continue (CD) : Les pratiques de CI/CD garantissent que chaque modification de code est intégrée, testée et potentiellement déployée automatiquement. Cela favorise une détection précoce des défauts et maintient la qualité du produit (Humble & Farley, 2010).

#### **2.1.4.4 Mesurer la qualité dans un contexte agile**

Les indicateurs de qualité en agile incluent le *lead time*, le *cycle time*, le taux de détection des défauts en phase de test et la satisfaction des utilisateurs finaux (Cohn, 2004). L'utilisation de ces métriques permet de suivre la performance de l'équipe et d'adapter les pratiques de qualité, si nécessaire (Highsmith, 2009).

Pour s'assurer que la qualité est maintenue tout au long du projet, il est crucial de suivre des métriques adaptées :

- *Lead Time & Cycle Time* : Ces métriques permettent de mesurer la rapidité avec laquelle une fonctionnalité passe de l'idée à la livraison (Anderson, 2010).
- *Détection précoce des défauts* : Un indicateur clé de la qualité en agile est le taux de détection des défauts en phase de test par rapport à ceux détectés en production. Plus les défauts sont repérés tôt, plus les coûts de correction sont réduits (Cohn, 2004).
- *Satisfaction des utilisateurs* : Les méthodologies agiles valorisent les retours utilisateurs constants pour adapter le produit. Des enquêtes régulières et des tests utilisateurs permettent de mesurer la qualité perçue (Highsmith, 2009).

Retenons donc que la gestion de la qualité dans un environnement agile repose sur une combinaison de pratiques techniques rigoureuses et d'une forte culture de collaboration. En intégrant la qualité dès les premières étapes du projet et en favorisant une amélioration continue, les méthodologies agiles permettent de livrer des produits de haute qualité tout en répondant rapidement aux évolutions des besoins des parties prenantes (Schwaber & Sutherland, 2020).

Voici un tableau comparatif sur les pratiques de gestion de la qualité dans les environnements de gestion de projet traditionnels (PMBOK) et agiles :

*Tableau 4 : Pratiques de gestion de la qualité en projet traditionnel (PMBOK) et agile*

Aspect	Gestion de projet traditionnelle (PMBOK)	Approche agile
<b>Philosophie de la qualité</b>	<b>Préventive et corrective</b> : La qualité est planifiée dès le début du projet, puis contrôlée tout au long de son déroulement. Les activités comprennent la planification de la qualité, l'assurance qualité (QA) et le contrôle de la qualité (QC) (PMI, 2021).	<b>Intégration continue</b> : La qualité est intégrée dans chaque itération, avec une amélioration continue grâce aux retours rapides et aux rétrospectives (Beck et al., 2001).
<b>Approche</b>	<b>Basée sur les processus</b> : Utilise des processus standardisés et des check-lists pour garantir la conformité aux exigences.	<b>Adaptative et itérative</b> : La qualité est ajustée en fonction des retours fréquents des clients. L'équipe s'adapte rapidement aux



	L'accent est mis sur la documentation et la traçabilité (PMI, 2021).	changements de besoins (Schwaber & Sutherland, 2020).
<b>Planification de la qualité</b>	<b>Formelle et détaillée :</b> Un plan qualité est élaboré en début de projet, définissant les standards, les outils et les techniques qui seront utilisés (PMI, 2021).	<b>Définie par les User Stories :</b> Les critères d'acceptation sont intégrés dans chaque User Story, garantissant que la qualité est évaluée à chaque incrément produit (Cohn, 2004).
<b>Techniques utilisées</b>	<b>Outils classiques :</b> Diagrammes de contrôle, Pareto, flux de processus, audits qualité et inspections formelles (PMI, 2021).	<b>Pratiques agiles :</b> Revues de sprint, tests automatisés, intégration continue, <i>Definition of Done</i> (DoD) et rétrospectives pour ajuster les pratiques de qualité (Schwaber & Sutherland, 2020).
<b>Contrôle de la qualité</b>	<b>Contrôle formel :</b> Les livrables sont évalués par rapport aux spécifications initiales à l'aide d'inspections, de tests et d'audits (PMI, 2021).	<b>Validation continue :</b> Les produits intermédiaires sont testés fréquemment. L'accent est mis sur les tests automatisés et la collaboration avec le client pour valider les fonctionnalités (Beck et al., 2001).
<b>Amélioration continue</b>	<b>En fin de projet :</b> Les leçons apprises sont documentées et analysées à la fin du projet, influençant les futurs projets (PMI, 2021).	<b>Au fil des itérations :</b> Les rétrospectives de sprint permettent d'améliorer immédiatement les processus et d'adapter les pratiques qualité en continu (Schwaber & Sutherland, 2020).

<b>Implication des parties prenantes</b>	<b>Participation ponctuelle :</b> Les parties prenantes sont impliquées principalement lors des phases de validation, aux jalons clés ou lors des revues formelles (PMI, 2021).	<b>Collaboration continue :</b> Les parties prenantes (notamment les clients) sont intégrées tout au long du projet, ce qui permet d'assurer que le produit final répond aux besoins réels (Cohn, 2004).
<b>Objectif principal</b>	<b>Conformité aux spécifications :</b> L'objectif est de minimiser les défauts à la livraison finale en respectant les exigences initiales (PMI, 2021).	<b>Livraison de valeur :</b> L'accent est mis sur la livraison rapide de fonctionnalités de valeur, même si cela implique des ajustements en cours de route (Beck et al., 2001).

## 2.1.5 La gestion de la qualité dans des environnements de projets complexes

### 2.1.5.1 Définition de la complexité dans les projets

Dans le cadre de la gestion de la qualité, la complexité d'un projet se manifeste par l'ensemble des éléments interconnectés qui influencent directement la planification, l'exécution et la conformité des livrables (Geraldi et al., 2011). Elle ne se limite pas aux dimensions mesurables telles que la taille ou la durée, mais inclut aussi la diversité des parties prenantes, la multiplicité des interfaces techniques, ainsi que la nature innovante ou réglementée des solutions mises en œuvre (Remington & Pollack, 2016). Selon Baccarini, deux dimensions majeures structurent cette complexité : la complexité organisationnelle, liée au nombre d'éléments et à leurs interactions, et la complexité technologique, associée au degré d'innovation et à l'incertitude technique (Baccarini, 1996). Bosch-Rekvelde confirme que cette double lecture facilite l'identification des risques qualité et la mise en place de pratiques adaptées (Bosch-Rekvelde et al., 2011). Dans les projets d'infrastructure, où ces facteurs sont souvent cumulés, comprendre la complexité devient un préalable essentiel pour intégrer efficacement les processus qualité, assurer la conformité aux normes et répondre aux attentes des parties prenantes (Ahern et al., 2014).

Dans les environnements de projets complexes, la gestion de la qualité ne peut se limiter à l'application de normes ou d'outils traditionnels. Elle doit évoluer vers une approche

---

adaptative, proactive et systémique, capable de répondre à la dynamique, à l'incertitude et aux interdépendances qui caractérisent ce type de projets (Cicmil et al., 2006).

La complexité peut découler de divers facteurs : la multiplicité des parties prenantes, les contraintes technologiques, les incertitudes liées au contexte, les interactions entre systèmes, ou encore la durée et le périmètre du projet (Remington & Pollack, 2007). Dans ce cadre, la gestion de la qualité doit adopter une posture holistique, combinant rigueur méthodologique et flexibilité organisationnelle.

La complexité des projets peut être définie par plusieurs facteurs tels que l'incertitude, l'ambiguïté, le nombre d'interdépendances, la dynamique des parties prenantes et la vitesse des changements (Turner & Cochrane, 1993). Les projets complexes nécessitent souvent des approches adaptatives pour assurer la qualité tout au long du cycle de vie du projet (PMI, 2021).

#### **2.1.5.2 Enjeux de la qualité dans un contexte complexe**

Dans un environnement complexe, la gestion de la qualité doit composer avec des défis tels que :

- L'incertitude des exigences : Lorsque les exigences ne sont pas entièrement définies dès le début, la qualité doit être abordée de manière itérative (Highsmith, 2004).
- La variabilité des processus : Les projets complexes impliquent souvent des processus non linéaires qui nécessitent une adaptation continue des pratiques qualité (Snowden & Boone, 2007).
- L'influence des parties prenantes : Dans les projets complexes, les parties prenantes peuvent avoir des intérêts divergents, nécessitant une approche qualité basée sur la collaboration et la communication fréquente (PMI, 2021).

#### **2.1.5.3 Stratégies de gestion de la qualité dans les projets complexes**

L'utilisation de méthodes agiles telles que Scrum ou Kanban permet de garantir la qualité en intégrant des revues fréquentes et des ajustements basés sur les retours d'expérience (Schwaber & Sutherland, 2020). L'itération rapide et les rétrospectives régulières permettent d'améliorer les processus qualité de manière continue (Beck et al., 2001).

---

Dans les environnements complexes, il est essentiel de distinguer la qualité du produit (la conformité aux attentes des clients) et la qualité des processus (l'efficacité des méthodes utilisées) (Juran, 1988). La combinaison des deux approches permet d'assurer une qualité globale du projet.

Les outils traditionnels tels que les diagrammes de contrôle ou les matrices de qualité peuvent être combinés avec des outils agiles comme le *Definition of Done* (DoD) ou les critères d'acceptation des User Stories (Cohn, 2004).

#### **2.1.5.4. Méthodes spécifiques pour la gestion de la qualité en projets complexes**

Dans les projets complexes, la gestion de la qualité ne peut se limiter aux outils classiques. Elle nécessite des approches méthodologiques spécifiques qui tiennent compte de l'incertitude, de la diversité des parties prenantes, des interdépendances techniques et du changement constant. Voici les principales méthodes spécifiques adaptées à ces environnements :

##### **a) Cynefin Framework**

Le *Cynefin Framework*, développé par Dave Snowden, est un cadre décisionnel conçu pour aider les organisations à gérer la complexité ; le cadre Cynefin aide à évaluer le niveau de complexité d'un projet et à adapter les pratiques qualité en conséquence (Snowden & Boone, 2007). Pour les projets dont le niveau de difficulté est complexe, l'approche qualité doit être basée sur la pratique émergente et l'expérimentation.

Le *Cynefin Framework* distingue cinq domaines contextuels : simple, compliqué, complexe, chaotique, et désordonné. Dans les projets complexes, la qualité ne peut être assurée par des solutions standard ; il faut plutôt expérimenter, apprendre et s'adapter en continu.

Dans un contexte complexe, il n'existe pas de lien direct de cause à effet perceptible. Ainsi, la stratégie qualité consiste à « *sonder, percevoir et réagir* » plutôt que « *planifier et contrôler* » comme dans les environnements simples. Cela implique :

- la mise en œuvre de pilotes qualité expérimentaux,
- l'analyse en temps réel des effets de ces actions sur les résultats projet,
- l'ajustement adaptatif des processus qualité (Snowden & Boone, 2007).

---

L'intérêt du cadre Cynefin pour la GQT est qu'il permet d'aligner les pratiques de gestion de la qualité sur la nature du système projet. Cela renforce l'agilité organisationnelle et la pertinence des mécanismes de contrôle qualité.

### **b) Modèle d'amélioration continue (PDCA)**

Le modèle PDCA, aussi appelé *cycle de Deming*, reste un socle fondamental de la gestion de la qualité, y compris en environnement complexe (Deming, 1986). Ce modèle cyclique permet une amélioration incrémentale et continue des processus et des résultats, en intégrant systématiquement les retours d'expérience.

Dans les projets complexes, le PDCA est particulièrement utile pour :

- structurer l'expérimentation sur de petits cycles (Oakland, 2014),
- favoriser la réactivité à l'évolution des exigences (PMI, 2021),
- itérer les processus de planification et de contrôle qualité en réponse aux changements.

Selon Juran et Godfrey, cette méthode permet non seulement de corriger les erreurs, mais aussi de construire une culture d'amélioration permanente, indispensable dans les environnements évolutifs. Les versions modernes du PDCA sont souvent intégrées dans les méthodes *lean* ou agile, comme l'observe Highsmith, qui note leur efficacité pour piloter la qualité en mode itératif.

### **c) Systèmes de feedback continu**

Les systèmes de feedback tels que les rétrospectives agiles ou les réunions de revue permettent de détecter rapidement les problèmes de qualité et de mettre en place des actions correctives (Schwaber & Sutherland, 2020). Dans les projets gérés avec des méthodes agiles, les revues de sprint, rétrospectives, et feedback client régulier assurent une adaptation rapide aux nouvelles contraintes ou exigences (Highsmith, 2009). Le feedback devient alors une composante centrale du pilotage qualité, et non une activité périphérique ou de fin de cycle.

Voici un Tableau comparatif des méthodes spécifiques pour la qualité en projets complexes :

*Tableau 5 : Méthodes spécifiques pour la qualité en projets complexes*

<b>Méthode</b>	<b>Objectif principal</b>	<b>Approche</b>	<b>Applications qualité</b>	<b>Avantages spécifiques en contexte complexe</b>
<b>Cynefin Framework</b>	Adapter la stratégie de gestion selon la nature du contexte (simple, complexe, etc.)	Heuristique et décisionnelle	Expérimentation qualité ; sondages ; gouvernance flexible	Favorise l'adaptation rapide à l'incertitude, en structurant la prise de décision selon le type de complexité (Snowden & Boone, 2007).
<b>PDCA (Deming Cycle)</b>	Structurer une amélioration continue de la qualité	Cyclique, incrémentale et proactive	Plan qualité évolutif ; contrôle qualité périodique ; ajustements process	Permet l'apprentissage progressif et l'amélioration itérative des pratiques qualité (Deming, 1986; Oakland, 2014).
<b>Systèmes de Feedback</b>	Assurer une boucle de rétroaction rapide et exploitable pour piloter la qualité	Réactive et systémique	Retours client fréquents ; indicateurs dynamiques ; revue des livrables	Renforce l'agilité et la résilience du projet par l'intégration continue d'informations issues du terrain (Schön & Argyris, 1996; Senge, 1990).

La gestion de la qualité dans des environnements de projets complexes nécessite une combinaison de pratiques traditionnelles et adaptatives. L'approche doit être suffisamment flexible pour répondre aux incertitudes tout en maintenant un haut niveau de rigueur dans les processus qualité. L'utilisation de cadres tels que Cynefin ou de méthodes agiles renforce la capacité des équipes à naviguer dans la complexité tout en garantissant des livrables de qualité.

### **2.1.6. Spécificité en projets d'infrastructure**

Un projet d'infrastructure est une initiative structurée visant à concevoir, à construire, à réhabiliter ou à entretenir des installations physiques essentielles au fonctionnement d'une société ou d'une économie (Turner, 2009). Il peut s'agir d'ouvrages tels que des routes, ponts, tunnels, barrages, lignes électriques, réseaux d'eau, hôpitaux ou ports, souvent à l'échelle

---

régionale ou nationale (OECD, 2017). Ces projets s'avèrent hautement complexes, car ils combinent : des exigences techniques avancées, une coordination multidisciplinaire, et une multiplicité d'intervenants publics et privés (Kerzner, 2017).

La qualité dans un projet d'infrastructure ne se limite pas à la simple conformité aux spécifications techniques ; elle englobe également la satisfaction des clients, la fiabilité de l'ouvrage, la sécurité des utilisateurs et le respect des normes environnementales et sociétales (PMI, 2021). Elle s'inscrit dans le cadre de la triple contrainte : coût, délai, qualité ; chaque élément influençant les deux autres (Kerzner, 2017).

## **2.2 Objectif 2 : Organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure**

### **2.2.1 QR1.4 : Quels sont les concepts de l'organisation de la qualité ?**

L'organisation de la qualité est l'ensemble des structures, responsabilités, procédures et ressources mises en place dans une entreprise ou un projet pour gérer la qualité (PMI, 2021).

Dans le domaine des projets d'infrastructure, l'organisation de la qualité revêt une importance stratégique. Elle ne se limite pas à l'application de standards, mais s'intègre à la gouvernance globale du projet en influençant les décisions techniques, la planification des ressources et la coordination des parties prenantes. Cette organisation repose sur des structures, des rôles, des processus et des outils qui permettent de garantir l'atteinte des objectifs qualité tout au long du cycle de vie du projet (PMI, 2021). Devant la complexité croissante des projets d'infrastructure marquée par une multiplicité d'acteurs, des contraintes réglementaires strictes et une forte pression sur les résultats, une organisation rigoureuse et adaptée de la qualité devient un levier essentiel pour assurer la performance et la durabilité des livrables (Kerzner, 2017). La présente section explore ainsi les différentes typologies organisationnelles susceptibles d'influencer la gouvernance qualité, en mettant en lumière leurs avantages, leurs limites et leurs implications pratiques.

### **2.2.2 QR1.5 : Comment l'organisation de la qualité est-elle structurée et mise en œuvre dans les projets d'infrastructure ?**

L'organisation d'un projet détermine les mécanismes de gestion de la qualité, la répartition des responsabilités et la fluidité des communications entre acteurs. Trois grandes typologies sont couramment établies :

- 
- **Organisation fonctionnelle** : Les équipes projet sont subordonnées aux départements fonctionnels (ex. : qualité, production, logistique). Cette structure favorise l'expertise spécialisée, mais induit souvent un cloisonnement organisationnel et une faible réactivité aux non-conformités sur le terrain (Smith, 2020). Dans le secteur de la construction, par exemple, la séparation entre la cellule qualité et la production peut ralentir l'identification et la correction des défauts, compromettant ainsi la qualité en phase d'exécution (PMI, 2021).
  - **Organisation matricielle** : Elle combine une hiérarchie fonctionnelle et une coordination projetisée. Cette structure permet une meilleure collaboration interfonctionnelle et favorise une communication plus fluide entre les parties prenantes (Johnson & Lee, 2021). Cependant, elle nécessite une gouvernance claire pour éviter les conflits d'autorité entre responsables fonctionnels et chefs de projet. L'effet sur la qualité se manifeste par une capacité renforcée à détecter les écarts, à les traiter rapidement et à ajuster les ressources selon les besoins du projet (Turner, 2016).
  - **Organisation projetisée** : Tous les membres sont dédiés au projet, ce qui renforce la responsabilité individuelle et collective envers les objectifs qualité. Cette structure se révèle particulièrement adaptée aux projets complexes à forte intensité de coordination, comme les grands projets d'infrastructure (Martin, 2022 ). Elle permet une surveillance continue des exigences qualité grâce à des boucles de rétroaction courtes, et facilite une culture de l'amélioration continue intégrée dès la phase de conception (Deming, 1986).

L'efficacité de ces modèles dépend toutefois du contexte spécifique du projet, de la maturité organisationnelle et du degré d'autonomie accordé aux responsables qualité. Une gouvernance qualité performante repose sur la clarté des rôles (MOA, MOE, contrôle externe), l'existence de comités qualité, et une responsabilisation partagée entre les acteurs pour assurer la conformité, la prévention des erreurs et la satisfaction des parties prenantes (Oakland, 2014).

L'organisation de la qualité dans les projets d'infrastructure repose sur une combinaison de structures formelles, de processus normés et d'outils de gouvernance visant à garantir la conformité des livrables et la satisfaction des parties prenantes. Cette organisation s'appuie à la fois sur des référentiels théoriques tels que le *PMBOK Guide* (PMI, 2021), les normes ISO 9001:2015 et les principes du Total Quality Management (TQM), mais se confronte aussi aux réalités empiriques du terrain, souvent marquées par des contraintes opérationnelles, des environnements multiculturels et des pressions de calendrier.



---

Les observations issues de projets d'infrastructure révèlent que la mise en œuvre de la qualité est souvent influencée par :

- La complexité technique (multitude d'intervenants, sous-traitance, normes sectorielles spécifiques).
- La structuration organisationnelle : l'approche matricielle est fréquemment utilisée, avec une cellule qualité transversale intervenant en appui aux équipes de terrain.
- Les ressources offertes : dans certains contextes, l'absence d'outils numériques et le manque de formation du personnel limitent l'application effective des normes qualité (Silvius & Schipper, 2020).

### 2.2.3 Les indicateurs de l'organisation de la qualité

Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de l'organisation de la qualité retenus sont :

1. **Structure qualité** : Existence d'une organisation formelle dédiée à la gestion de la qualité dans le projet ou l'entreprise ;
2. **Implication qualité** : Participation active du responsable qualité à toutes les phases du projet, de la planification à la clôture ;
3. **Audits internes** : Évaluations régulières des processus et pratiques internes pour vérifier la conformité aux exigences qualité ;
4. **Procédures spécifiques** : Existence et application de procédures qualité adaptées aux projets d'infrastructure (ex. : routes, ponts, bâtiments) ;
5. **Formation qualité** : Mise en place de programmes de formation pour renforcer les compétences qualité des membres de l'équipe projet ;
6. **Documentation qualité accessible et à jour** : Disponibilité et mise à jour continue des documents qualité essentiels (plans qualité, procédures, standards) et accessibilité par toutes les équipes projet concernées. (ISO, 2015; Oakland, 2014; PMI, 2021)

## 2.3 Objectif 3 : Indicateurs de succès des projets d'infrastructure

Dans le domaine des projets d'infrastructure, la notion de succès va bien au-delà de la simple conformité aux contraintes de coût, de délai et de qualité (PMI, 2021). Elle intègre des dimensions multiples telles que la satisfaction des parties prenantes, la durabilité des résultats, la valeur sociétale ajoutée et l'incidence sur le développement économique local (Silvius & Schipper, 2020). La complexité technique, la multiplicité des parties prenantes et les enjeux

---

institutionnels propres à ces projets imposent une redéfinition du succès en tenant compte des réalités du terrain (Flyvbjerg, 2011; Merrow, 2011). Cette section vise ainsi à relever les critères pertinents permettant d'évaluer le succès des projets d'infrastructure dans une optique systémique et orientée performance.

### **2.3.1 QR1.6 Définition du succès dans le contexte infrastructurel**

La littérature en gestion de projet reconnaît que le succès d'un projet, notamment dans le secteur des infrastructures, ne peut plus être défini uniquement par le respect du triangle classique « coût-délai-qualité » (Atkinson, 1999). Ce modèle, bien qu'encore pertinent, est aujourd'hui élargi à des dimensions stratégiques, institutionnelles, sociales et environnementales (Silvius & Schipper, 2020).

Dans ce contexte, le succès d'un projet d'infrastructure peut être défini comme la capacité du projet à atteindre ses objectifs initiaux tout en générant des bénéfices tangibles pour les parties prenantes et les communautés bénéficiaires (PMI, 2021). Cela inclut notamment la création de valeur à long terme, la contribution au développement local, et le respect des normes de durabilité et de résilience (Müller & Turner, 2007).

Un projet d'infrastructure réussi est ainsi celui qui :

- Livre les ouvrages selon les spécifications techniques définies (conformité) tout en respectant les délais et les budgets alloués (Kerzner, 2017) ;
- Satisfait les attentes explicites et implicites des parties prenantes, notamment les utilisateurs finaux, les autorités publiques et les bailleurs de fonds (Bourne, 2016) ;
- Favorise des retombées économiques, sociales et environnementales positives à moyen et long terme (Silvius & Schipper, 2020) ;
- Est perçu comme « utile », « fonctionnel » et « fiable » par les usagers dans leur expérience quotidienne (Gmakouba, 2024).

Enfin, le succès infrastructurel suppose une gouvernance efficace, une capacité d'adaptation aux imprévus et une documentation rigoureuse permettant la reproductibilité et la capitalisation des apprentissages pour des projets futurs (Juran & De Feo, 2010).

### 2.3.2 QR1.7 Quels sont les indicateurs de succès des projets d'infrastructure ?

Les indicateurs de succès des projets d'infrastructure permettent d'évaluer objectivement si un projet a atteint ses objectifs, non seulement en matière de réalisation technique, mais aussi en matière d'impact durable et de satisfaction des parties prenantes. Voici les principaux indicateurs, pris en compte dans ce travail :

*Tableau 6 : Indicateurs de succès des projets d'infrastructure*

<b>Indicateur</b>	<b>Définition/Explication</b>
<b>Atteinte des objectifs techniques</b>	Niveau de conformité des réalisations par rapport aux spécifications techniques initialement définies (Turner, 2009).
<b>Respect des délais globaux</b>	Capacité du projet à être livré dans les délais prévus initialement (PMI, 2021).
<b>Maîtrise budgétaire</b>	Réalisation du projet dans le cadre du budget initialement alloué, sans dépassements significatifs (Kerzner, 2017).
<b>Durabilité et pérennité des ouvrages</b>	Performance à long terme et capacité des infrastructures à maintenir leurs caractéristiques fonctionnelles dans la durée (PMI, 2021).
<b>Satisfaction globale des parties prenantes</b>	Niveau global de satisfaction exprimé par les clients, usagers et autres parties prenantes quant au résultat final du projet (Bourne, 2015).

## 2.4 Objectif 4 : Performance de la qualité dans les projets

La performance de la qualité en projet désigne le niveau d'atteinte des objectifs de qualité prédéfinis pour les livrables et les processus du projet, tout en respectant les contraintes de coût, de temps et de portée. Elle reflète dans quelle mesure les exigences qualité ont été satisfaites (PMI, 2021).

---

## 2.4.1 QR1.8 Définition et portée de la performance qualité

Performance qualité : sont des résultats réels obtenus en matière de qualité par rapport aux objectifs fixés.

Pour mesurer la performance de la qualité dans un projet, il est essentiel d'utiliser des indicateurs clés de performance (*Key Performance Indicators* - KPIs) adaptés (Smith, 2021). Les principaux indicateurs de performance de la qualité d'un projet, basés sur les principes du PMBOK Guide (PMI, 2021) et des approches en qualité projet, incluent :

### 1. Taux de conformité aux exigences (*Requirement Compliance Rate*)

C'est le pourcentage de livrables conformes aux spécifications sans nécessiter de retouches. Une forte conformité indique que les processus qualité sont efficaces (PMI, 2021). Le taux de conformité aux exigences (ou *Requirement Compliance Rate*) est un indicateur clé de performance utilisé pour évaluer dans quelle mesure les livrables d'un projet respectent les exigences spécifiées par les parties prenantes. Il s'agit d'une mesure quantitative du niveau de conformité aux exigences fonctionnelles, techniques, contractuelles et réglementaires formellement identifiées.

### 2. Taux de défauts/non-conformités (*Defect Frequency or Defect Density*)

Nombre de défauts détectés dans les livrables par unité de produit. Plus ce taux est bas, plus la qualité est maîtrisée (PMI, 2021). Ceci reflète le niveau de qualité réelle des produits livrés (Juran & Godfrey, 1999).

Le nombre de produits ou livrables ne répondant pas aux spécifications. Par exemple, dans un projet de construction, cela pourrait correspondre au nombre de défauts constatés lors des inspections de chantier (Johnson & Lee, 2022).

### 3. Coût de la qualité (*Cost of Quality - CoQ*)

Comprend les coûts de prévention, d'évaluation et de défauts internes et externes (Davis, 2020). Par exemple, dans un projet industriel, cela pourrait inclure le coût des retouches ou des rappels de produits. Ceci permet d'évaluer l'efficacité des investissements dans la qualité (Juran & Godfrey, 1999; PMI, 2021).

---

#### **4. Satisfaction du client ou des parties prenantes**

Il s'agit du niveau de satisfaction des parties prenantes, qui évalue si les résultats livrés répondent aux attentes initiales (Kerzner, 2017). La satisfaction est souvent mesurée par des enquêtes ou Net Promoter Score (NPS). C'est un bon indicateur de perception qualitative des livrables (Kerzner, 2017; PMI, 2021). Dans un projet informatique, cela pourrait se traduire par un NPS élevé après la livraison d'une application (Nguyen, 2023).

#### **5. Nombre et gravité des non-conformités détectées lors des audits qualité**

Mesure l'efficacité des processus du contrôle qualité utilisés pendant le projet (PMI, 2021).

Les non-conformités constituent des écarts mesurables entre les exigences spécifiées dans le système qualité et les pratiques réellement observées lors de la mise en œuvre du projet (ISO, 2015). Dans le contexte des projets d'infrastructure, leur détection lors des audits qualité internes ou externes permet d'évaluer l'efficacité du système qualité mis en place, ainsi que le niveau de maîtrise des processus clés (Kerzner, 2017).

La fréquence des non-conformités peut être interprétée comme un indicateur de performance en soi. Un nombre élevé de non-conformités récurrentes signale un dysfonctionnement structurel dans l'application des procédures, une mauvaise compréhension des exigences ou un déficit en matière de formation ou d'engagement des parties prenantes (Juran & Godfrey, 1999). À l'inverse, un faible taux peut indiquer une bonne appropriation du système qualité par les équipes projet et une intégration efficace des processus qualité dans le déroulement opérationnel (Oakland, 2014).

#### **6. Taux de retouche (Rework Rate)**

Il s'agit du pourcentage du travail qui doit être refait en raison de problèmes de qualité. Cela indique la quantité de travail supplémentaire nécessaire pour corriger les erreurs détectées. Un taux élevé suggère des lacunes dans le contrôle qualité initial et signale une dégradation de la performance qualité (Kumar, 2024).

*Les taux de retouche est un indicateur de performance des contrôles qualité en amont (PMI, 2021).*

## 2.4.2 Indicateurs qualité selon le PMBOK (cadre traditionnel) contre agile

Voici un résumé des indicateurs de performance qualité (KPI) et les formules ou méthodes de calcul associées, que nous pouvons appliquer selon l'approche traditionnelle (PMBOK) ou agile :

*Tableau 7- Comparaison des indicateurs de qualité : agile vs traditionnel*

Indicateur (KPI)	Cadre Traditionnel (PMBOK)	Cadre Agile
<b>1. Taux de conformité aux exigences</b>	Évalué à la fin de chaque phase ou à la livraison finale. L'approche est souvent documentaire. (PMI, 2021)	Mesuré itérativement à chaque sprint ou livraison incrémentale via des « acceptance criteria ». (PMI, 2021)
<b>2. Coût de la qualité (CoQ)</b>	Planifié en amont : prévention, évaluation, défaillances internes/externes souvent budgétisées dès le départ. (Juran & Godfrey, 1999)	Plus dynamique : les coûts de qualité sont ajustés au fil des sprints. Fort accent mis sur la prévention par l'intégration continue et les tests automatisés. (Kerzner, 2017)
<b>3. Satisfaction des parties prenantes/clients</b>	Évaluée en fin de projet. (ou lors des revues formelles) (PMI, 2021)	Suivie en continu par le biais de démonstrations de sprint, de feedback client régulier, et de revues rétrospectives. (PMI, 2021)
<b>4. Nombre de non-conformités détectées (audits et inspections)</b>	Contrôles qualité formels à la fin des phases, audits périodiques. (ISO, 2015)	Détection précoce grâce à des tests continus, pair programming, et revues de code. Les erreurs sont corrigées dans le flux. (PMI, 2021)
<b>5. Taux de reprises ou de retouche (<i>Rework Rate</i>)</b>	Souvent élevé si la qualité est mal anticipée dès la conception. Corrigé tardivement.	Généralement plus faible : les feedbacks fréquents permettent d'apporter des ajustements rapides et des corrections immédiates. (Crosby, 1979)

<b>6. Respect des normes qualité internes et externes</b>	Très structuré : conformité aux référentiels (ISO 9001, CMMI) assurée via des processus standardisés. (ISO, 2015)	Plus souple : le cadre Scrum ou SAFe peut intégrer des normes, mais reste adaptatif. La qualité est intégrée dans le processus d'amélioration continue. (PMI, 2021)
---	---	---

*Tableau 8- Principaux indicateurs de performance qualité (avec formule) : agile vs traditionnel*

<b>Indicateur (KPI)</b>	<b>Traditionnel (PMBOK)</b>	<b>Agile</b>	<b>Formule/Calcul</b>	<b>Références</b>
Taux de défauts ( <i>Defect Density</i> )	Mesuré en phase de tests ou post-livraison	Mesuré en continu pendant les itérations	Taux de défauts = (Nombre de défauts/Taille du livrable en KLOC ou story points) $\times$ 1000	(Crispin & Gregory, 2009; PMI, 2017)
Taux de retouche ( <i>Rework Rate</i> )	Calculé après audit/revue de qualité	Évalué en fin d'itération ou pendant la revue de sprint	Taux de retouche = (Temps consacré aux corrections/Temps total de développement) $\times$ 100	(Cohn, 2005; PMI, 2017)
Satisfaction client ( <i>Customer Satisfaction Index</i> )	Évaluée en fin de projet	Évaluée régulièrement après chaque sprint	Score satisfaction = (Total des évaluations clients/Nombre de répondants) $\times$ 100	(Agile-Practice-Guide, 2017; PMI, 2021)
Taux de conformité aux exigences	Contrôle de conformité aux spécifications initiales	Suivi de conformité via feedback continu	Taux de conformité = (Nombre d'exigences respectées/Nombre total d'exigences) $\times$ 100	(Ambler & Lines, 2012; PMI, 2017)

Taux de couverture de tests ( <i>Test Coverage</i> )	Mesuré en fin de cycle	Mesuré en continu (TDD, ATDD)	Taux de couverture = $(\text{Nombre de cas de test exécutés} / \text{Nombre total de cas de test planifiés}) \times 100$	(Crispin & Gregory, 2009; Sutherland, 2020)
Nombre moyen de défauts par livrable	Collecté dans les rapports qualité	Suivi à chaque livraison incrémentale	Moyenne = $\text{Nombre total de défauts} / \text{Nombre de livrables}$	(Cohn, 2005; PMI, 2017)
Indice de stabilité des exigences	Souvent faible si exigences changent en cours de projet	Agile l'intègre naturellement, mais l'indice permet de le suivre	Indice = $(\text{Nombre d'exigences modifiées} / \text{Nombre total d'exigences initiales}) \times 100$	(Ambler & Lines, 2012; PMI, 2017)
Amélioration continue – Nombre d'actions issues des rétrospectives	Peu suivi formellement	Suivi via les rétrospectives régulières	Suivi simple : $\text{Nombre d'actions d'amélioration appliquées} / \text{Nombre total d'actions identifiées}$	(Agile-Practice-Guide, 2017; Larsen & Derby, 2006)

### 2.4.3 QR1.9 Quels sont les indicateurs de performance qualité des projets d'infrastructures ?

Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de la performance qualité retenus sont :

- 1. Spécifications techniques :** Mesure du respect des exigences techniques définies dans le cahier des charges ou les normes du projet,
- 2. Non-conformités :** Nombre ou fréquence des écarts relevés entre les livrables produits et les exigences qualité,
- 3. Réactivité problèmes :** Capacité de l'équipe à détecter, à analyser et à résoudre rapidement les problèmes de qualité,



- 
4. **Taux de rejets** : Proportion des livrables rejetés ou nécessitant une reprise par rapport au total livré,
  5. **Satisfaction qualité** : Niveau de satisfaction des parties prenantes concernant la qualité des livrables du projet.

## 2.5 Objectif 5 : Intégration technologique dans la gestion de la qualité

L'intégration technologique représente aujourd'hui un levier stratégique majeur dans l'optimisation de la gestion de la qualité des projets d'infrastructure (PMI, 2021). Devant la complexité croissante des projets, l'exigence d'une traçabilité accrue et la pression pour livrer plus vite et mieux, les technologies numériques apportent des solutions innovantes qui transforment profondément les pratiques qualité (Silvius & Schipper, 2020). La digitalisation permet non seulement d'automatiser certaines tâches de contrôle ou de documentation, mais également de mieux anticiper les risques, d'analyser des données en temps réel, et de faciliter la collaboration entre les parties prenantes (Merrow, 2011; Vom Brocke & Rosemann, 2007). Cette section explore les concepts et outils clés de cette transformation, en lien avec la qualité projet.

### 2.5.1 Concepts et outils d'intégration technologique

L'intégration technologique dans la gestion de la qualité se définit comme l'usage coordonné de solutions numériques et de systèmes d'information dans les processus de planification, de contrôle et d'amélioration de la qualité des projets. Elle vise à renforcer l'efficacité, la traçabilité et la réactivité des démarches qualité en intégrant des outils d'analyse, d'automatisation, de modélisation ou encore de communication en temps réel (PMI, 2021).

#### 1. Concepts-clés de l'intégration technologique

- **Digitalisation de la qualité** : Elle consiste à convertir les processus qualité traditionnels (souvent manuels ou papier) en flux numériques automatisés. Cela inclut les audits électroniques, les checklists digitales, et la signature électronique des livrables (Oakland, 2014).
- **Interopérabilité** : Capacité des différents systèmes utilisés (BIM, ERP, outils de *reporting* qualité) à communiquer entre eux pour éviter les doublons, les erreurs de saisie ou les silos d'information (Nassereddine, 2020).

- 
- **Cycle de rétroaction en temps réel** : L'utilisation d'objets connectés ou de capteurs sur site permet d'obtenir des données qualité instantanées (température, vibration, alignement, etc.) et de réagir rapidement en cas d'écarts (Koskela et al., 2002).
  - **Traçabilité numérique** : Chaque livrable, processus ou non-conformité peut être enregistré et suivi grâce à des bases de données ou des systèmes de type QMS (Quality Management System) intégrés (Montgomery, 2005).

## 2. Quelques outils technologiques utilisés en gestion de la qualité

- **Systèmes QMS numériques (eQMS)** : Des plateformes comme *MasterControl*, *Qualio* ou *TrackWise* permettent la planification qualité, la gestion documentaire, la traçabilité des audits et la gestion des non-conformités. Ces outils favorisent la centralisation et la conformité réglementaire (Basu, 2014).
- **BIM (*Building Information Modeling*)** : En contexte infrastructurel, le BIM permet de simuler le projet dès la conception et d'intégrer les critères qualité dans les maquettes numériques. Cela facilite la détection précoce des conflits, la coordination interdisciplinaire et l'optimisation des séquences de construction (Succar, 2009).
- **Systèmes ERP intégrés** : Ces systèmes permettent une vision globale des coûts qualité, des stocks non conformes, des approvisionnements défectueux, tout en liant les données qualité aux aspects logistiques et financiers (Bradford, 2015; Klaus et al., 2000).

La transformation digitale des pratiques qualité procure des gains significatifs en efficacité, en fiabilité et en réactivité, mais suppose aussi une montée en compétences, une interopérabilité rigoureuse et une gestion du changement adaptée (Deming, 1986; Kerzner, 2017).

### 2.5.2 BIM, automatisation, systèmes qualité numériques

Dans les projets d'infrastructure, le recours aux technologies numériques spécifiques comme le BIM, l'automatisation des processus qualité et les systèmes qualité numériques constitue un tournant majeur dans la manière d'organiser, d'exécuter et de contrôler les exigences de qualité. Ces outils ne sont plus seulement des supports opérationnels, mais des piliers stratégiques qui favorisent l'intégration systémique de la qualité tout au long du cycle de vie du projet (PMI, 2021; Succar, 2009). Le BIM est une méthode de modélisation des données d'un projet qui permet de représenter numériquement les caractéristiques physiques et fonctionnelles d'un ouvrage (Azhar, 2011).

L'usage de technologies telles que le BIM, l'automatisation et les systèmes eQMS transforme profondément les paradigmes de la gestion de la qualité. Ces outils ne sont pas de simples supports informatiques, mais des catalyseurs d'une qualité proactive, collaborative et intégrée à la stratégie globale du projet (Deming, 1986; Eastman, 2011).

### 2.5.3 QR1.11 Quels sont les indicateurs de l'intégration technologique dans les projets d'infrastructure ?

L'intégration technologique dans les projets d'infrastructure est considérée comme un facteur stratégique de performance, en facilitant la collaboration, la gestion de l'information et la qualité de l'exécution (Kerzner, 2017; PMI, 2021). Elle concerne l'usage des technologies numériques à toutes les étapes du projet, notamment les plateformes collaboratives, les systèmes de gestion intégrée (ERP), le *Building Information Modeling* (BIM) ou encore les outils de suivi automatisé (Cheng & Kumar, 2012). Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de l'intégration technologique dans les projets d'infrastructure sont énumérés et expliqués dans le tableau ci-dessous :

Tableau 9 : Indicateurs d'intégration technologique

Indicateur	Définition/Explication
<b>Outils de surveillance qualité</b>	Usage de technologies avancées pour suivre la qualité en temps réel.
<b>Niveau d'automatisation</b>	Degré d'automatisation dans les processus de contrôle qualité.
<b>Compétence technologique</b>	Niveau de maîtrise des technologies par les équipes projet.
<b>Intégration BIM</b>	Adoption et efficacité du Building Information Modeling pour la gestion qualité.
<b>Fiabilité technologique</b>	Fiabilité des systèmes technologiques utilisés pour contrôler la qualité.

#### Explication détaillée des indicateurs du Tableau 8 :

##### 1. Outils de surveillance qualité

Cet indicateur mesure la présence et l'utilisation effective d'outils numériques permettant de surveiller en temps réel la qualité des livrables et des processus. L'utilisation de ces outils permet d'anticiper les non-conformités, de détecter les écarts plus rapidement et d'assurer une traçabilité fiable (Kerzner, 2017; PMI, 2021). Leur efficacité dépend du niveau d'intégration avec les autres systèmes de gestion du projet.

---

## 2. Niveau d'automatisation

Il évalue dans quelle mesure les tâches répétitives ou critiques sont automatisées à l'aide de logiciels ou d'algorithmes. Un niveau élevé d'automatisation réduit les erreurs humaines, améliore la productivité et permet une gestion proactive des risques (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Laudon & Laudon, 2020). L'automatisation représente un bon indicateur de maturité numérique.

## 3. Compétence technologique

Cet indicateur reflète le niveau de maîtrise des outils numériques par les membres de l'équipe projet. Il peut être mesuré à travers les certifications, les formations reçues, ou les évaluations internes. Une compétence technologique élevée s'avère indispensable pour que l'intégration ne soit pas seulement technique, mais aussi opérationnelle (Beringer et al., 2013; Davis, 1989). Le manque de compétences constitue souvent une barrière majeure à l'adoption technologique.

## 4. Intégration BIM (*Building Information Modeling*)

Le BIM est un système central dans les projets d'infrastructure modernes. Son intégration comme indicateur renvoie à l'usage coordonné du BIM entre les différentes parties prenantes (maîtrise d'ouvrage, ingénieurs, entrepreneurs). Une intégration forte implique un usage collaboratif en temps réel, le partage des maquettes numériques et la coordination des données de construction (Cheng & Kumar, 2012). Le BIM permet de réduire les conflits, les reprises et les délais.

## 5. Fiabilité technologique

Cet indicateur évalue la stabilité, la performance et la sécurité des technologies utilisées. Il s'agit ici de mesurer la fréquence des pannes, la disponibilité des systèmes, les risques de cyberattaques ou la qualité du soutien technique. Une technologie fiable favorise la continuité opérationnelle et la confiance des utilisateurs (Laudon & Laudon, 2020; PMI, 2021). Une fiabilité faible peut neutraliser les bénéfices d'une technologie bien conçue.

## 2.6 Vers une approche systémique de la qualité en projet

La gestion de la qualité dans les projets d'infrastructure ne peut plus être envisagée comme un ensemble de procédures isolées ou limitées à la conformité documentaire. Devant la complexité croissante des projets, les exigences multidimensionnelles des parties prenantes, et l'évolution rapide des technologies, une approche systémique s'impose. Celle-ci consiste à intégrer la

---

qualité dans une logique globale de gouvernance, de performance et de durabilité, où chaque composant du projet (organisation, processus, outils, acteurs) interagit avec les autres pour former un tout cohérent (Deming, 1986; Kerzner, 2017).

Cette section explore les dynamiques relationnelles entre l'organisation de la qualité, le succès des projets, la performance qualité et l'intégration technologique, dans une perspective systémique.

### **2.6.1 Relations entre organisation de la qualité et succès du projet (QR2.1, QR2.2)**

L'organisation de la qualité englobe la structure, les rôles, les processus et les outils mis en place pour garantir que les exigences qualité soient respectées tout au long du projet. Une organisation efficace de la qualité :

- clarifie les responsabilités (MOA, MOE, contrôle externe),
- formalise les processus d'audit, d'assurance et de contrôle qualité,
- et aligne la culture qualité sur les objectifs stratégiques du projet (Oakland, 2014).

Les recherches montrent que plus une organisation qualité est structurée, cohérente et proactive, plus elle a une incidence positive sur la réussite du projet (Silvius & Schipper, 2020). Ce lien s'explique par :

- une réduction des risques de non-conformité ou de litiges,
- une amélioration de la satisfaction des parties prenantes,
- et une fluidité dans la coordination entre les différents acteurs (PMI, 2021).

Ainsi, une bonne organisation de la qualité n'est pas un simple support : elle agit comme un catalyseur du succès global du projet, en renforçant la cohérence des décisions, la transparence des actions et la rigueur des livrables (Juran & De Feo, 2010).

### **2.6.2 Rôle modérateur de l'intégration technologique (QR2.3, QR2.4)**

L'intégration technologique joue elle aussi un rôle modérateur dans la relation entre l'organisation qualité et le succès projet. Lorsqu'elle est bien alignée sur les processus organisationnels, elle permet de fluidifier les échanges d'information, de renforcer la traçabilité et la transparence, de soutenir la prise de décision basée sur des données factuelles (Barlish & Sullivan, 2012).

---

Cependant, si l'intégration est mal conçue (outils inadaptés, doublons, silos, surcharge numérique), elle peut devenir un facteur de complexité ou de rejet par les équipes (Lavikka et al., 2015).

Dans le cadre d'une approche systémique, l'intégration technologique doit donc être conçue comme un levier de cohérence, et non pas comme une fin en soi. Elle vient consolider les mécanismes qualité, leur donner de la visibilité et de la vitesse, et renforcer la capacité d'adaptation du projet face aux aléas (PMI, 2021).

### **2.6.3 Rôle modérateur de la performance qualité (QR2.5, QR2.6)**

La performance qualité constitue une variable modératrice essentielle dans la relation entre l'organisation de la qualité et le succès du projet. Même si l'organisation qualité est bien pensée, elle ne produit des effets positifs que si elle aboutit à des résultats mesurables : conformité, amélioration continue, satisfaction client, coûts maîtrisés.

Selon (Kerzner, 2017), la performance qualité agit comme un mécanisme de traduction entre l'intention organisationnelle et la valeur livrée au projet. Ce rôle modérateur se manifeste de plusieurs façons :

- elle amplifie les effets positifs d'une organisation bien structurée,
- elle limite les dérives si certains mécanismes qualité sont sous-performants,
- elle fournit des données empiriques permettant d'ajuster en temps réel les stratégies qualité (Montgomery, 2005).

Ainsi, le pilotage actif de la performance qualité (via KPIs, audits réguliers, enquêtes de satisfaction, etc.) se révèle indispensable pour que l'organisation de la qualité puisse réellement contribuer au succès des projets d'infrastructure.

En conclusion, l'approche systémique de la qualité en projet repose sur la cohérence dynamique entre quatre piliers : organisation de la qualité, performance qualité, intégration technologique, et succès du projet. C'est dans l'interaction fluide et intelligente entre ces dimensions que réside le véritable potentiel d'amélioration continue et de réussite durable des projets d'infrastructure (Deming, 1986; Kerzner, 2017).

## 2.7 Hypothèses et cadre conceptuel

La formulation des hypothèses s'appuie sur les quatre composantes du cadre conceptuel préliminaire, à savoir : la performance de la qualité, l'organisation de la qualité, l'intégration technologique et le succès des projets d'infrastructure.

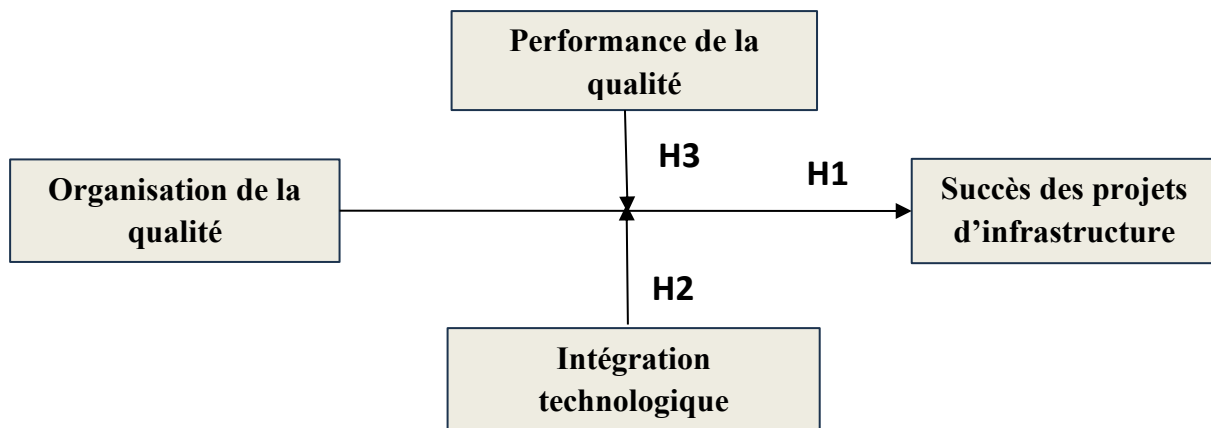


Figure 4 : Cadre conceptuel

### 2.7.1 Hypothèse 1 (H1) : Objectif 6 : Établir la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure

*QR2.1 : Quel est le rôle de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure ?*

L'organisation de la qualité représente un pilier fondamental dans la réussite des projets d'infrastructure, car elle définit les responsabilités, les processus, et les outils nécessaires pour garantir la conformité aux exigences établies dès le début du projet (Deming, 1986). Elle permet également de préciser les rôles de chacun des acteurs clés (maître d'ouvrage, maître d'œuvre, vérificateurs externes), d'aligner la culture qualité sur les objectifs stratégiques de l'organisation, et de réduire les risques de non-conformité, de litiges et d'insatisfaction des parties prenantes (PMI, 2021).

*QR2.2 : Comment l'organisation de la qualité peut-elle contribuer au succès des projets d'infrastructure ?*

Une organisation de la qualité bien structurée agit comme un moteur du succès en assurant une cohérence dans la prise de décision, une transparence dans l'exécution des activités, et une rigueur dans la livraison des résultats (Juran & Godfrey, 1999). Elle renforce la coordination

entre les intervenants, améliore la satisfaction des parties prenantes et diminue les écarts par rapport aux spécifications techniques, aux délais et au budget (Kerzner, 2017).

***Hypothèse 1 : L'organisation de la qualité exerce une influence positive sur le succès des projets d'infrastructure.***

*Tableau 10 : Indicateurs : Organisation de la qualité vs succès des projets*

Organisation de la qualité	Succès des projets d'infrastructure
Structure qualité	Atteinte des objectifs techniques
Implication qualité	Respect des délais globaux
Audits internes	Maîtrise budgétaire
Procédures spécifiques	Durabilité et pérennité des ouvrages
Formation qualité	Satisfaction globale des parties prenantes
Documentation qualité accessible et à jour	

## **2.7.2 Hypothèse 2 (H2) : Objectif 7 : Établir l'influence de l'intégration technologique sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure**

*QR2.3 : Comment l'intégration technologique influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?*

L'intégration technologique joue un rôle de modérateur en facilitant les échanges d'information, en augmentant la traçabilité des processus et en appuyant les décisions à l'aide de données fiables et objectives (Marnewick & Labuschagne, 2011). Toutefois, une technologie mal adaptée peut freiner les performances, notamment si elle crée des silos numériques ou des interfaces inefficaces (PMI, 2021).

*QR2.4 : Quel rôle joue l'intégration technologique dans la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?*

L'intégration technologique soutient stratégiquement l'organisation qualité en rendant les processus plus rapides, plus transparents et plus adaptatifs (Brynjolfsson & McAfee, 2014). Elle transforme une approche de contrôle réactive en une gestion préventive de la qualité, intégrée à la gouvernance globale du projet (Deming, 1986).



---

***Hypothèse 2 : La relation organisation de la qualité/succès des projets d'infrastructure est modérée par l'intégration technologique.***

*Tableau 11 : Les indicateurs de l'intégration technologique*

<b>Indicateurs de l'intégration technologique</b>
Outils de surveillance qualité
Niveau d'automatisation
Compétence technologique
Intégration BIM
Fiabilité technologique

### **2.7.3 Hypothèse 3 (H3) : Objectif 8 : Établir l'influence de la performance qualité sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure**

*QR2.5 : Comment la performance qualité influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?*

La performance qualité est un indicateur clé qui valide les efforts mis en place par l'organisation. Même une structure qualité solide ne génère de la valeur que si elle produit des résultats tangibles tels que la conformité, la satisfaction client et la maîtrise des coûts (Oakland, 2014). Ainsi, elle peut amplifier ou diminuer l'incidence positive de l'organisation qualité sur la réussite globale du projet (PMI, 2021).

*QR2.6 : Quel rôle joue la performance qualité dans la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure ?*

La performance qualité joue un rôle de levier en fournissant des données concrètes (par exemple : taux de rejet, nombre de non-conformités, niveaux de satisfaction) permettant d'apporter des ajustements continus aux mécanismes qualité (Kaplan & Norton, 1996). Elle s'avère donc cruciale pour convertir les intentions stratégiques en résultats mesurables et durables (Oakland, 2014).

***Hypothèse 3 : La relation organisation de la qualité/succès des projets d'infrastructure est modérée par la performance qualité.***

---

Tableau 12 : Les indicateurs de la performance qualité

Indicateur de la performance qualité
Spécifications techniques
Non-conformités
Réactivité aux problèmes
Taux de rejets
Satisfaction qualité

#### 2.7.4 Conclusion

La présente section a permis de formuler un cadre conceptuel structurant les relations entre l'organisation de la qualité, la performance qualité, l'intégration technologique et le succès des projets d'infrastructure. Ces relations permettent de vérifier nos objectifs et nos questions de recherches pour valider nos hypothèses. Les hypothèses avancées s'inscrivent dans une perspective systémique, soulignant que ces dimensions interagissent de manière dynamique et non linéaire.

Afin de mettre à l'épreuve les hypothèses formulées, une approche méthodologique de nature quantitative a été retenue pour cette étude. À cet effet, un questionnaire sera passé à des gestionnaires ayant une expérience dans la conduite de projets d'infrastructure. La réponse à ce questionnaire permettra de répondre à la deuxième partie de nos questions de recherche.

---

## CHAPITRE 3 – MÉTHODOLOGIE

### 3.1 Objectif méthodologique

Ce chapitre vise à décrire la démarche scientifique adoptée pour répondre aux questions de recherche et valider les hypothèses proposées dans le cadre théorique. L'objectif est de comprendre comment l'organisation de la qualité, la performance qualité et l'intégration technologique interagissent pour influencer le succès des projets d'infrastructure. À cet effet, une approche empirique a été adoptée à travers l'administration d'un questionnaire structuré auprès de professionnels impliqués dans des projets d'infrastructure.

### 3.2 Type de recherche et approche méthodologique

La présente étude s'inscrit dans une approche quantitative fondée sur un paradigme post-positiviste, avec une orientation explicative et corrélationnelle. Elle repose sur un modèle conceptuel hypothético-déductif dérivé de la littérature scientifique qui comprend notamment les référentiels PMBOK, ISO 9001 et TQM.

Le choix d'un questionnaire standardisé comme outil principal de collecte de données permet de mesurer de manière structurée les perceptions des répondants concernant l'organisation de la qualité et sa relation avec la performance et le succès des projets.

Le questionnaire a été conçu pour couvrir les quatre dimensions du modèle conceptuel, et est structuré en quatre sections :

- Informations générales sur l'organisation et les projets : cette section permet de recenser les données démographiques des organisations ;
- L'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure : cette section a pour objectif de connaître l'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure ;
- La relation organisation de la qualité/succès des projets d'infrastructure modérée par la performance qualité : cette section est consacrée à la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par la performance qualité ;
- La relation organisation de la qualité/succès des projets d'infrastructure modérée par l'intégration technologique : cette section est consacrée à la relation entre l'organisation

---

de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par l'intégration technologique. (Voir Annexe)

Les énoncés ont été évalués à l'aide d'une échelle de Likert en 5 points, allant de « fortement en désaccord » à « fortement d'accord », facilitant ainsi les analyses quantitatives multivariées.

### **3.3 Population et échantillonnage**

#### **3.3.1 Population cible**

La population cible de cette étude est constituée de professionnels œuvrant dans le domaine des projets d'infrastructure, y compris principalement :

- Chefs de projet
- Responsables qualité
- Ingénieurs de projet
- Cadres techniques et opérationnels

Ces acteurs, en raison de leur rôle stratégique dans le pilotage des dispositifs qualité, sont les mieux placés pour fournir des informations pertinentes sur les pratiques organisationnelles en matière de qualité.

#### **3.3.2 Stratégie d'échantillonnage**

Un échantillonnage par jugement raisonné (non probabiliste) a été utilisé. Ce choix méthodologique repose sur la sélection intentionnelle de participants disposant d'une expérience avérée dans la gestion de projets d'infrastructure.

Au total, 30 questionnaires ont été distribués et analysés, comme mentionné dans l'Annexe du mémoire. Ce nombre, bien qu'assez modeste, permet d'obtenir des résultats exploratoires robustes sur les relations entre les variables étudiées, tout en tenant compte des contraintes de terrain.

Les données issues des questionnaires ont été préparées pour effectuer des analyses statistiques descriptives et inférentielles à l'aide du logiciel EXCEL, en vue d'évaluer les hypothèses formulées dans le modèle conceptuel.

---

## CHAPITRE 4 – LES RÉSULTATS

### 4.1 Analyse descriptive de l'échantillon

Dans le cadre de la présente recherche, l'échantillon retenu est constitué de trente (30) gestionnaires de projet ayant déjà dirigé des projets concrets et disposés à partager les enseignements tirés de leurs expériences respectives. Afin de collecter des informations pertinentes, un questionnaire structuré leur a été transmis. Celui-ci vise à recueillir des informations objectives et vérifiables, notamment le secteur d'activités de leur organisation, la durée moyenne des projets réalisés, le budget moyen alloué par projet, ainsi que le nombre total d'employés au sein de leur structure.

Les organisations représentées par ces gestionnaires exercent leurs activités dans des domaines d'intervention très diversifiés. Il s'agit notamment des domaines du transport, des bâtiments, des télécommunications, de l'assainissement, ainsi que de l'énergie. Cette diversité sectorielle permet de garantir une richesse d'analyses et une meilleure représentativité des réalités observées dans les projets d'infrastructure étudiés.

### 4.2 Analyse globale

#### 4.2.1 Analyse et interprétation des résultats

##### *a) L'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure*

Cette section vise à analyser l'influence exercée par l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure. Dans le cadre de cette étude, cette analyse est essentielle pour tester la première hypothèse de recherche, laquelle postule que l'organisation de la qualité exerce une influence sur le succès des projets d'infrastructure.

Pour faciliter la compréhension des résultats, les données sont présentées sous forme de diagrammes synthétiques, permettant de visualiser clairement les relations entre les variables étudiées. Le succès des projets, en tant que variable dépendante, est appréhendé à travers cinq dimensions fondamentales : atteinte des objectifs techniques, respect des délais globaux, maîtrise budgétaire, durabilité et pérennité des ouvrages, et satisfaction globale des parties prenantes.

Afin de simplifier l'analyse statistique tout en conservant la robustesse des résultats, les réponses des participants ayant exprimé un niveau d'adhésion élevé (« En accord » et « Fortement en accord ») ont été regroupées. Cette démarche méthodologique vise à rendre les tendances plus lisibles et à renforcer la fiabilité des interprétations.

L'exploitation des données recueillies permet de dégager un classement des influences de l'organisation de la qualité sur les dimensions du succès des projets d'infrastructure. Cette hiérarchisation offre une lecture stratégique des leviers les plus déterminants pour optimiser le succès des projets.

*Tableau 13 : Atteinte des objectifs techniques*

	<b>Fortement en désaccord</b>	<b>En désaccord</b>	<b>Ni en accord ni en désaccord</b>	<b>En accord</b>	<b>Fortement en accord</b>
Structure qualité	2	1		10	17
Implication qualité	2	1	1	11	15
Audits internes		1	2	10	17
Procédures spécifiques	1		2	12	15
Formation qualité	2		2	11	15
Documentation qualité accessible et à jour	2		2	12	14

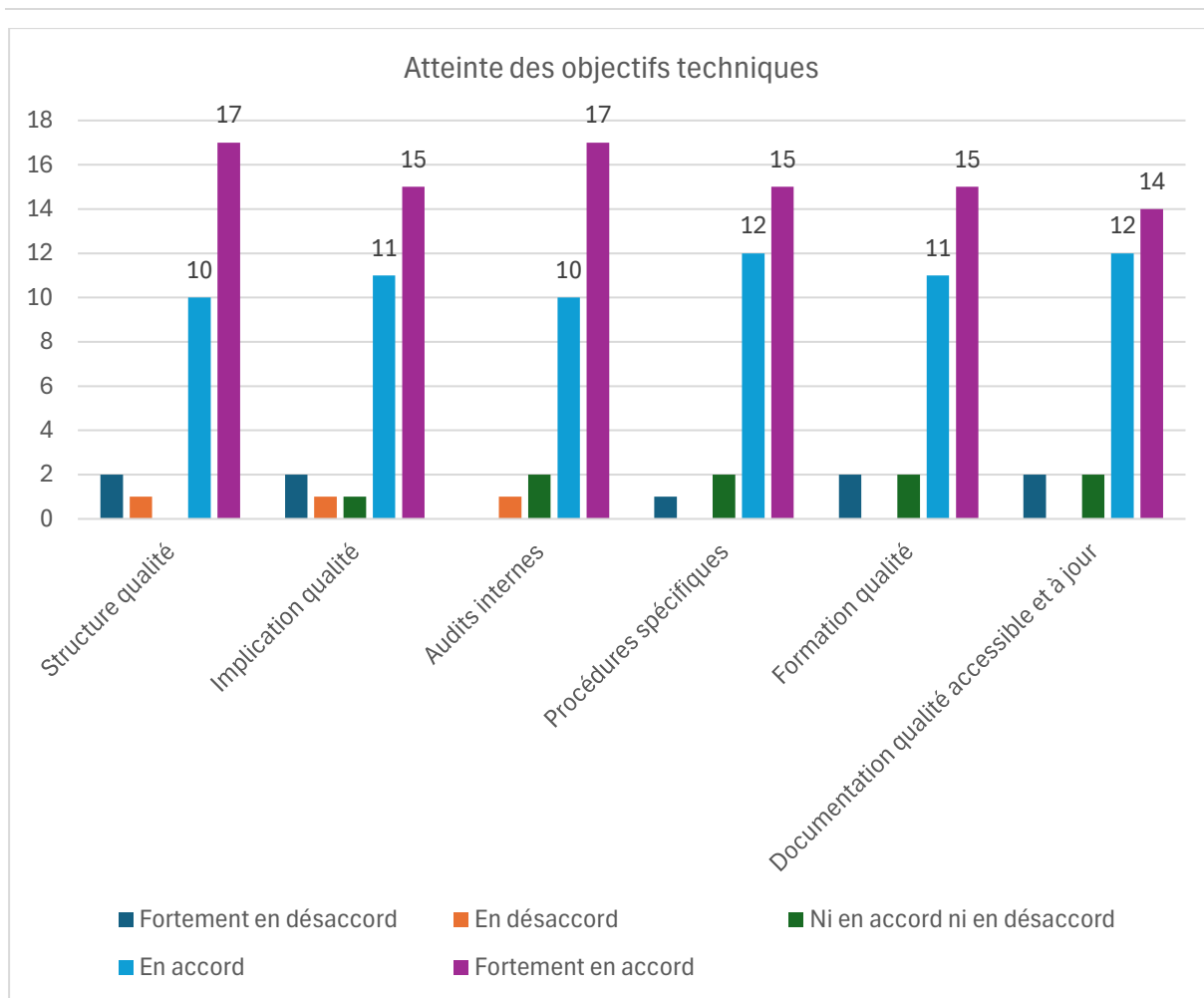


Figure 5 : Atteinte des objectifs techniques

À l'issue du classement effectué, les indicateurs de l'organisation de la qualité ayant l'incidence la plus forte sur l'atteinte des objectifs techniques sont les suivants :

- **Structure qualité** avec 27 gestionnaires en accord
- **Implication qualité** avec 26 gestionnaires en accord
- **Audits internes** avec 27 répondants en accord
- **Procédures spécifiques** avec 27 gestionnaires en accord
- **Formation qualité** avec 26 gestionnaires en accord
- **Documentation qualité accessible et à jour** avec 26 gestionnaires en accord.

Tableau 14 : Respect des délais globaux

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité			2	10	18
Implication qualité			3	12	15
Audits internes			1	10	19
Procédures spécifiques				12	18
Formation qualité			4	11	15
Documentation qualité accessible et à jour			4	12	14

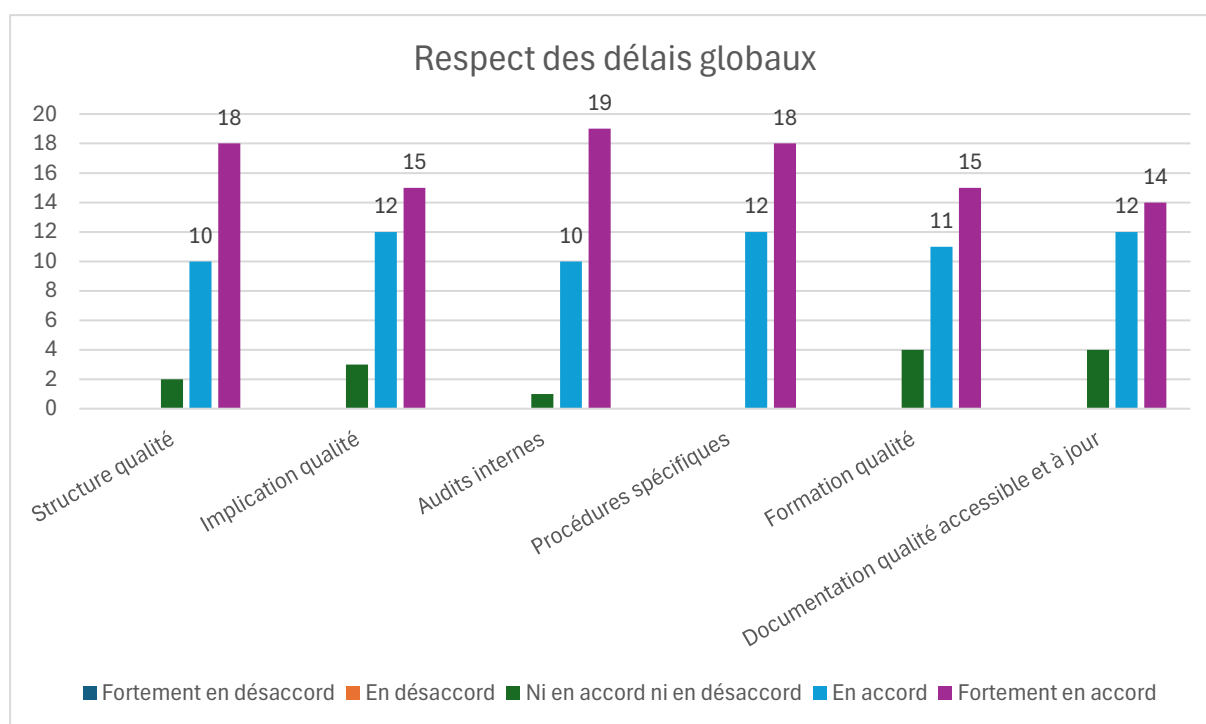


Figure 6 : Respect des délais globaux

À l'issue du classement effectué, les indicateurs de l'organisation de la qualité ayant l'incidence la plus forte sur le respect des délais globaux sont les suivants :

- **Structure qualité** avec 28 gestionnaires en accord



- **Implication qualité** avec 27 gestionnaires en accord
- **Audits internes** avec 29 répondants en accord
- **Procédures spécifiques** avec 30 gestionnaires en accord
- **Formation qualité** avec 26 gestionnaires en accord
- **Documentation qualité accessible et à jour** avec 26 gestionnaires en accord.

Tableau 15 : Maîtrise budgétaire

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité			5	7	18
Implication qualité	1	1	4	12	12
Audits internes			2	10	18
Procédures spécifiques			1	10	19
Formation qualité	1	1	4	10	14
Documentation qualité accessible et à jour	1	1	5	9	14

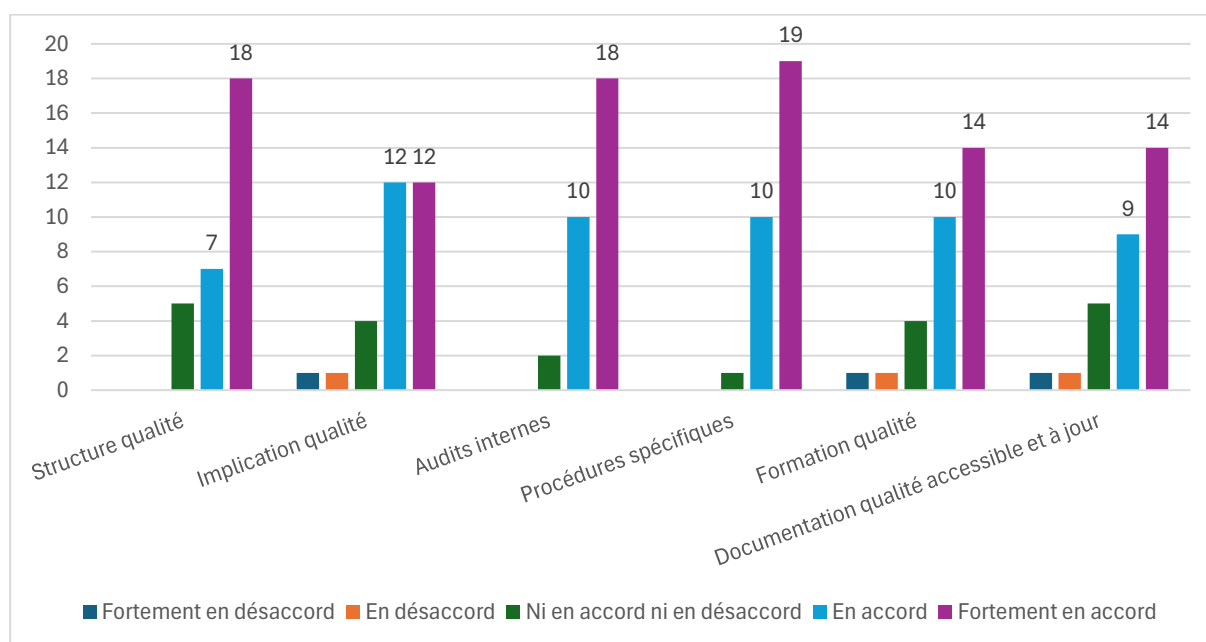


Figure 7 : Maîtrise budgétaire

À l'issue du classement effectué, les indicateurs de l'organisation de la qualité ayant l'incidence la plus forte sur la maîtrise budgétaire sont les suivants :

- **Structure qualité** avec 25 gestionnaires en accord
- **Implication qualité** avec 24 gestionnaires en accord
- **Audits internes** avec 28 répondants en accord
- **Procédures spécifiques** avec 29 gestionnaires en accord
- **Formation qualité** avec 24 gestionnaires en accord
- **Documentation qualité accessible et à jour** avec 23 gestionnaires en accord.

Tableau 16 : Durabilité et pérennité des ouvrages

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité			1	18	11
Implication qualité			2	9	19
Audits internes			1	11	18
Procédures spécifiques				11	19
Formation qualité			2	14	14
Documentation qualité accessible et à jour			1	15	14

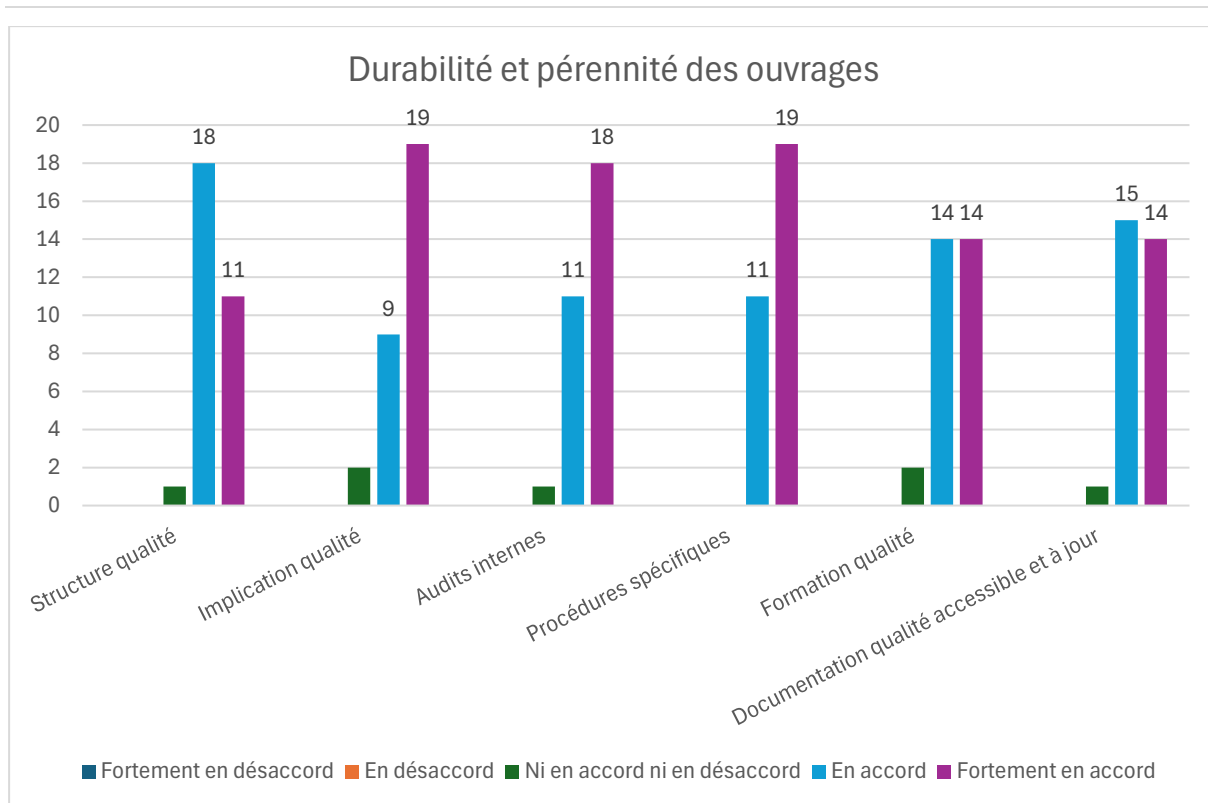


Figure 8 : Durabilité et pérennité des ouvrages

À l'issue du classement effectué, les indicateurs de l'organisation de la qualité ayant l'incidence la plus forte sur la durabilité et la pérennité des ouvrages sont les suivants :

- **Structure qualité** avec 29 gestionnaires en accord
- **Implication qualité** avec 28 gestionnaires en accord
- **Audits internes** avec 29 répondants en accord
- **Procédures spécifiques** avec 30 gestionnaires en accord
- **Formation qualité** avec 28 gestionnaires en accord
- **Documentation qualité accessible et à jour** avec 29 gestionnaires en accord.

Tableau 17 : Satisfaction globale des parties prenantes

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité			1	12	17
Implication qualité			2	13	15
Audits internes			2	11	17
Procédures spécifiques			1	13	16
Formation qualité			1	14	15
Documentation qualité accessible et à jour			2	14	14

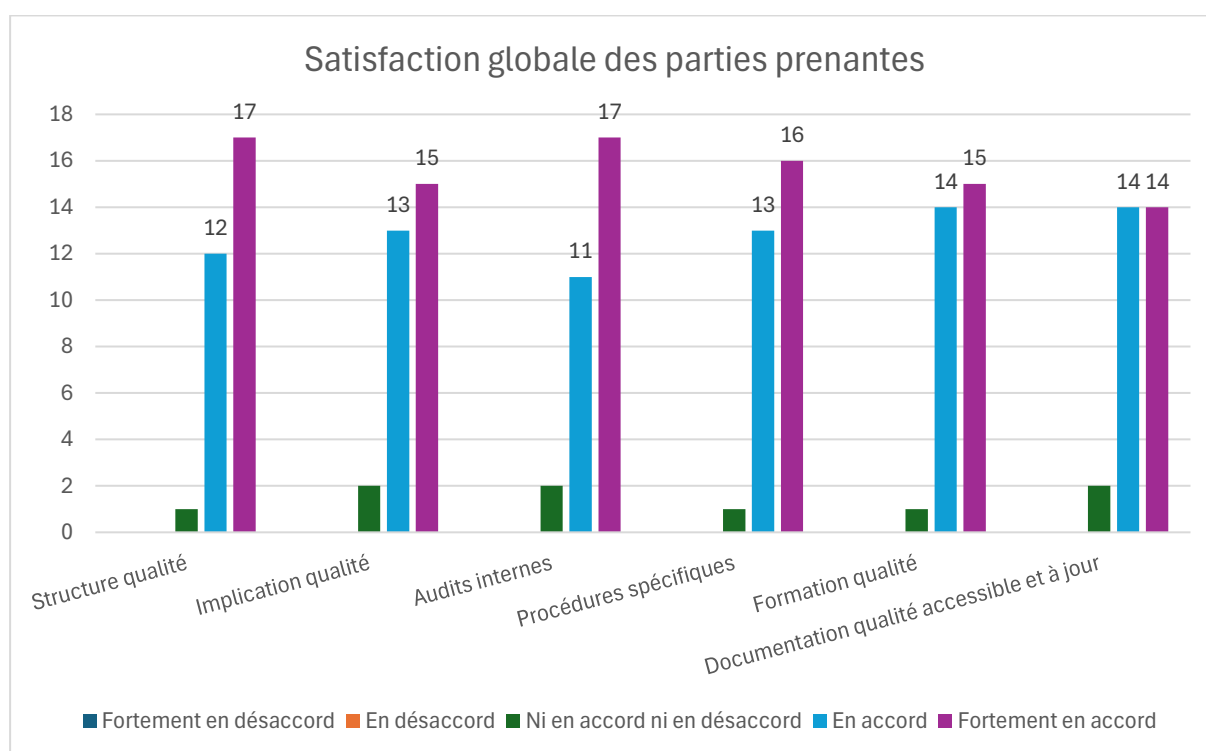


Figure 9 : Satisfaction globale des parties prenantes

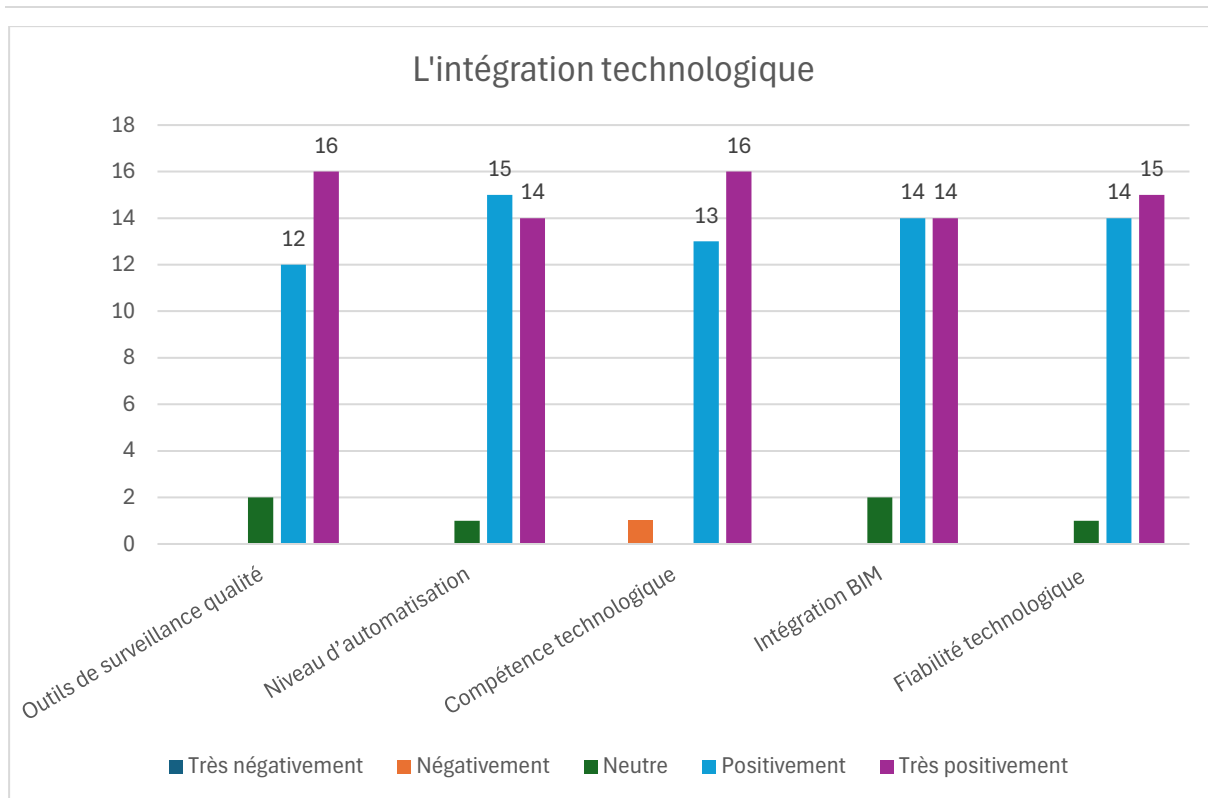
À l'issue du classement effectué, les indicateurs de l'organisation de la qualité ayant l'incidence la plus forte sur la satisfaction globale des parties prenantes sont les suivants :

- **Structure qualité** avec 29 gestionnaires en accord
- **Implication qualité** avec 28 gestionnaires en accord
- **Audits internes** avec 28 répondants en accord
- **Procédures spécifiques** avec 29 gestionnaires en accord
- **Formation qualité** avec 29 gestionnaires en accord
- **Documentation qualité accessible et à jour** avec 28 gestionnaires en accord.

b) *L'influence de l'intégration technologique sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure*

Tableau 18 : L'intégration technologique

	Très négativement	Négativement	Neutre	Positivement	Très positivement
Outils de surveillance qualité			2	12	16
Niveau d'automatisation			1	15	14
Compétence technologique		1		13	16
Intégration BIM			2	14	14
Fiabilité technologique			1	14	15



*Figure 10 : L'intégration technologique*

L'analyse de l'intégration technologique nous démontre que les indicateurs de l'intégration technologique qui peuvent potentiellement influencer la relation organisation de la qualité et succès des projets d'infrastructure se présentent comme suit :

- L'outil de surveillance qualité, 28 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Niveau d'automatisation, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Compétence technologique, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Intégration BIM, 28 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Fiabilité technologique, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement.

c) *L'influence de la performance qualité sur la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure*

Tableau 19 : La performance de la qualité

	Très négativement	Négativement	Neutre	Positivement	Très positivement
Spécifications techniques			1	11	18
Non-conformités			1	10	19
Réactivité aux problèmes			2	14	14
Taux de rejets			4	15	11
Satisfaction qualité			1	17	12

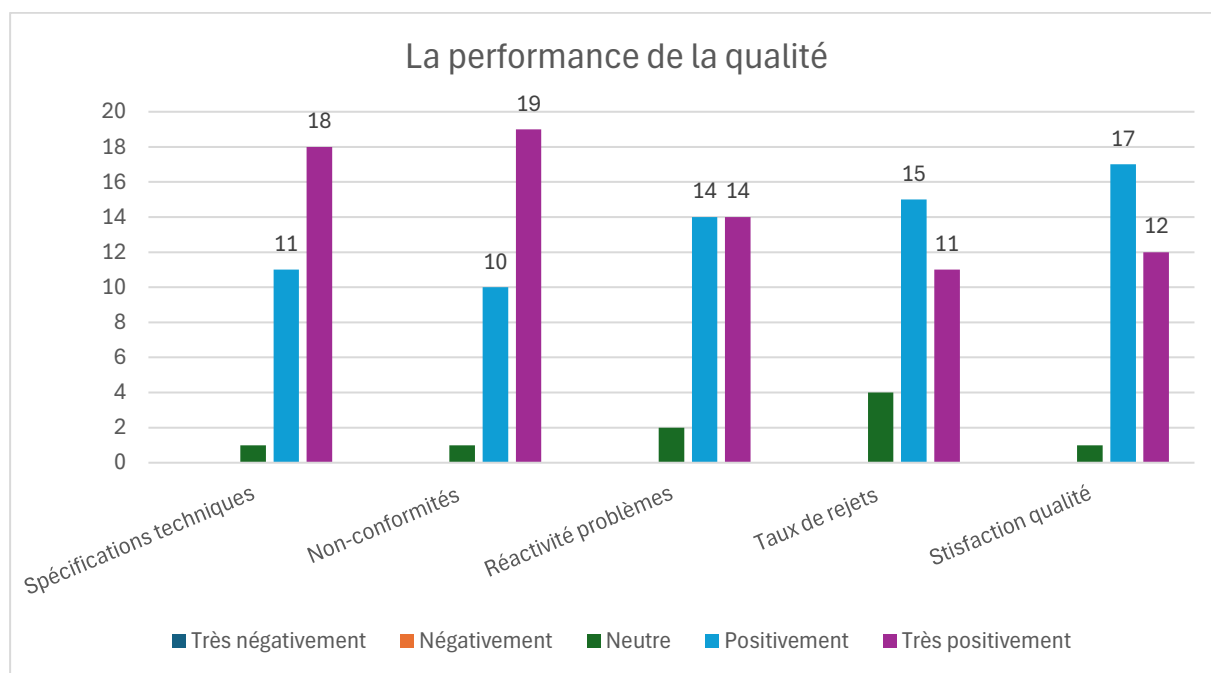


Figure 11 : La performance de la qualité

---

L'analyse de la performance qualité nous démontre que les indicateurs de la performance qualité qui peuvent potentiellement influencer la relation organisation de la qualité et succès des projets d'infrastructure se présentent comme suit :

- Spécifications techniques, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Non-conformités, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Réactivité aux problèmes, 28 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Taux de rejets, 26 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement
- Satisfaction qualité, 29 gestionnaires admettent qu'ils influencent positivement.



## CHAPITRE 5 – DISCUSSION ET VÉRIFICATION DES HYPOTHÈSES

Ce chapitre discute les résultats obtenus à la lumière du cadre théorique et des hypothèses formulées. Il analyse les relations entre l'organisation de la qualité, le succès des projets d'infrastructure, la performance qualité et l'intégration technologique, en s'appuyant sur les données recueillies auprès des professionnels interrogés.

### 5.1 Discussion des résultats

***Hypothèse 1 : L'organisation de la qualité exerce une influence positive sur le succès des projets d'infrastructure.***

*Tableau 20 : Récapitulation des indicateurs de l'organisation qualité les plus importants en fonction des indicateurs de succès des projets*

	Atteinte des objectifs techniques	Respect des délais globaux	Maîtrise budgétaire	Durabilité et pérennité des ouvrages	Satisfaction globale des parties prenantes
Structure qualité	27	28	25	29	29
Implication qualité	26	27	24	28	28
Audits internes	27	29	28	29	28
Procédures spécifiques	27	30	29	30	29
Formation qualité	26	26	24	28	29
Documentation qualité accessible et à jour	26	26	23	29	28

#### Résultats observés :

Les résultats du *chapitre 4* montrent que les entités disposant d'une organisation qualité structurée dotée de processus définis, d'audits internes et d'une culture qualité enregistrent de meilleures performances en matière de réussite de projet.

---

Ceci est particulièrement visible dans :

- Le respect des délais globaux (*figure 6*),
- La maîtrise budgétaire (*figure 7*),
- La durabilité des ouvrages (*figure 8*),
- Et la satisfaction des parties prenantes (*figure 9*).

### **Interprétation :**

Ces résultats confirment que l'organisation qualité agit comme un levier stratégique. Pour assurer la réussite des projets, les résultats montrent que plus de 90 % des répondants estiment que le gestionnaire doit s'appuyer sur l'existence et l'application de procédures qualité spécifiques, les audits qualité internes régulièrement menés, et une structure qualité clairement définie.

**Hypothèse H1 validée :** Il existe un lien direct et positif entre une organisation qualité solide et le succès des projets d'infrastructure.

***Hypothèse 2 : La relation organisation de la qualité/succès du projet est modérée par l'intégration technologique***

### **Résultats observés :**

La réponse à cette hypothèse se réfère à la *figure 10* et au *tableau 18*. Plus de 90 % des participants attestent que l'usage des technologies de gestion de la qualité (fiabilité des systèmes technologiques, maîtrise des technologies par les équipes projet, automatisation dans les processus de contrôle qualité, intégration BIM) influence positivement la relation organisation de la qualité/succès des projets. Ces outils contribuent à améliorer la mise en œuvre des processus qualité et renforcent leur incidence sur la performance globale des projets.

### **Interprétation :**

Les technologies n'agissent pas de manière autonome, mais renforcent les effets de l'organisation qualité lorsqu'elles sont bien intégrées. Cela constitue un effet de modération : les outils technologiques amplifient l'incidence de la qualité organisationnelle sur les résultats du projet.

**Hypothèse H2 validée :** L'intégration technologique agit comme un modérateur qui renforce la relation entre l'organisation qualité et le succès des projets.

---

***Hypothèse 3 : La relation organisation de la qualité/succès du projet est modérée par la performance qualité***

**Résultats observés :**

Les données présentées dans la *figure 11* et le *tableau 19* montrent que plus de 90 % des participants attestent que le respect des spécifications techniques, les non-conformités détectées et la satisfaction des parties prenantes sur la qualité influencent positivement la relation organisation de la qualité/succès des projets.

**Interprétation :**

La performance qualité ne se substitue pas à l'organisation qualité, mais représente un catalyseur : elle permet de convertir les bonnes intentions organisationnelles en livrables performants et conformes aux attentes.

**Hypothèse H3 validée :** La performance qualité modère positivement la relation entre organisation qualité et succès du projet.

## **5.2. Conclusion de la vérification**

Les trois hypothèses sont empiriquement confirmées, renforçant la cohérence du modèle conceptuel. Le système qualité dans les projets d'infrastructure ne fonctionne pas en silo : il dépend d'une synergie entre structure organisationnelle, capacité d'exécution (performance qualité) et outillage technologique.

La vérification effectuée à partir des résultats d'enquête a permis de confirmer les principales hypothèses formulées dans cette recherche. Les données collectées, issues d'un échantillon représentatif des acteurs impliqués dans les projets d'infrastructure, montrent une convergence significative entre les perceptions des répondants et les postulats théoriques du modèle.

Les analyses ont plus particulièrement permis d'établir que l'organisation de la qualité joue un rôle fondamental dans la réussite des projets, notamment par son influence directe sur la maîtrise des processus, la cohérence des pratiques de suivi, ainsi que la rigueur dans la gestion documentaire. Ces éléments confirment que la qualité ne peut être considérée comme une simple fonction de contrôle, mais bien comme une composante stratégique du management de projet.

---

Par ailleurs, la performance qualité s'est révélée être un facteur intermédiaire clé : lorsque celle-ci est bien assurée, elle renforce de manière significative la capacité du projet à atteindre ses objectifs en matière de délais, de coûts et de conformité. Ce constat rejoint les enseignements de la littérature, selon lesquels la performance qualité agit comme un levier de fluidité opérationnelle et de coordination entre les parties prenantes.

La vérification a aussi mis en évidence le rôle de l'intégration technologique dans l'amplification de cet effet. Les outils numériques, notamment ceux permettant la traçabilité, la collaboration et l'analyse des données qualité, viennent soutenir les pratiques organisationnelles, en améliorant la réactivité, la transparence et la capacité de suivi.

En somme, la vérification confirme la pertinence du cadre conceptuel retenu dans cette recherche. Elle démontre que le lien entre organisation qualité et succès du projet est renforcé lorsqu'il est appuyé à la fois par une bonne performance qualité et par un niveau élevé d'intégration technologique. Ces constats valident empiriquement les orientations prises dans la conception du modèle, tout en soulignant leur utilité pour les acteurs de terrain.

### **5.3. Implications théoriques et managériales**

#### **5.3.1 Implications théoriques**

Les résultats de cette étude contribuent à enrichir la littérature en gestion de projet et plus spécifiquement celle consacrée à la qualité dans les projets d'infrastructure, en confirmant la pertinence d'une approche systémique et intégrée. D'un point de vue théorique, trois apports principaux se dégagent :

- 1. Confirmation d'un modèle intégratif qualité-succès-projet :**

Cette recherche soutient le cadre conceptuel selon lequel le succès des projets d'infrastructure est déterminé non seulement par la structure organisationnelle de la qualité, mais aussi par deux variables modératrices : la performance qualité et l'intégration technologique. Cela prolonge les modèles classiques (PMBOK, TQM) en introduisant des interactions dynamiques entre les composantes du système qualité.

- 2. Mise en évidence du rôle modérateur :**

Contrairement à une vision linéaire et causale, les résultats montrent que la relation entre organisation qualité et performance (ou succès) projet est conditionnée par d'autres

---

variables. Ce constat théorique justifie l'intégration de modèles interactionnistes et contextualisés, dans l'étude de la qualité des projets.

**3. Renforcement des fondements de la qualité dans les environnements complexes :**

Les données empiriques confirment que les cadres issus du TQM, du cycle PDCA et de la théorie des systèmes s'avèrent particulièrement pertinents pour les projets complexes à forte incertitude, comme les projets d'infrastructure.

### **5.3.2 Implications managériales**

Les résultats offrent plusieurs enseignements concrets pour les gestionnaires de projets, les directions qualité et les décideurs institutionnels :

**1. Intégrer la fonction qualité dès la phase de conception :**

L'organisation de la qualité ne doit pas être cantonnée à une fonction documentaire ou de contrôle ex post. Elle doit être conçue comme un levier stratégique dès les premières étapes du projet, avec une gouvernance claire, des rôles définis et des outils adaptés.

**2. Investir dans des technologies d'intégration :**

L'utilisation d'outils numériques (BIM, plateformes de collaboration, indicateurs automatisés) renforce l'efficacité des dispositifs qualité. Les résultats indiquent que ces outils agissent comme facilitateurs de performance, en renforçant la traçabilité, la transparence et l'agilité décisionnelle.

**3. Suivre et améliorer continuellement la performance qualité :**

La mesure régulière des indicateurs de qualité (taux de non-conformité, satisfaction des parties prenantes, respect des spécifications techniques) permet de détecter rapidement les écarts et de mettre en œuvre des actions correctives proactives, en cohérence avec les approches Lean et Six Sigma.

**4. Développer une culture qualité organisationnelle :**

Au-delà des outils, la réussite dépend aussi d'une culture partagée de l'amélioration continue, de l'engagement du leadership et de la formation des équipes. Cela suppose un effort soutenu pour faire de la qualité une responsabilité transversale.

---

## CHAPITRE 6 – CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce mémoire a eu pour objectif principal d'analyser la manière dont l'organisation de la qualité influence le succès des projets d'infrastructure, tout en examinant le rôle modérateur de l'intégration technologique et de la performance qualité dans cette relation. À travers une démarche fondée sur une revue de littérature approfondie, un cadre conceptuel structuré et une enquête empirique rigoureuse, plusieurs constats significatifs ont émergé.

### 6.1 Synthèse des résultats

Ce mémoire avait pour objectif principal d'analyser dans quelle mesure l'organisation de la qualité contribue au succès des projets d'infrastructure, tout en tenant compte du rôle modérateur de la performance qualité et de l'intégration technologique.

Les résultats de l'étude, fondés sur une analyse empirique rigoureuse, permettent de valider les trois hypothèses principales :

- Une organisation qualité bien structurée (rôles, processus, outils) a une incidence directe et positive sur la réussite des projets, mesurée à travers des indicateurs techniques, financiers et sociaux.
- L'intégration technologique agit comme modérateur en renforçant l'efficacité des mécanismes qualité, notamment en favorisant la traçabilité, l'automatisation et la collaboration.
- La performance qualité joue également un rôle modérateur en amplifiant les effets de l'organisation qualité sur le succès du projet, grâce à une meilleure conformité, à une réduction des non-conformités et à une satisfaction accrue des parties prenantes.

Ces constats renforcent la validité du cadre conceptuel adopté, qui propose une lecture systémique des liens entre qualité organisationnelle, succès projet, technologie et performance.

### 6.2 Apports de la recherche

#### Sur le plan théorique

Cette recherche enrichit la littérature sur la gestion de la qualité dans les projets d'infrastructure en adoptant une approche intégrative et contextuelle. Elle mobilise des cadres classiques

---

(PMBOK, ISO 9001, TQM) tout en les adaptant aux défis spécifiques de projets complexes, en environnement incertain.

L'introduction de modérateurs dans la relation qualité–succès constitue une contribution originale, permettant de dépasser les approches linéaires traditionnelles. Le modèle proposé peut être mobilisé dans d'autres secteurs où la complexité, la multiplicité des parties prenantes et les exigences de performance sont élevées.

### **Sur le plan managérial**

Le mémoire fournit aux gestionnaires un cadre opérationnel clair pour structurer et piloter la qualité dans les projets d'infrastructure. Il met en évidence l'importance :

- d'un leadership engagé,
- de processus qualité intégrés dès l'amont,
- de l'usage ciblé des technologies,
- et d'une culture organisationnelle tournée vers l'amélioration continue.

Ces leviers peuvent être mobilisés par les maîtres d'ouvrage, les bureaux d'études, les partenaires techniques ou les bailleurs de fonds afin de maximiser les retombées positives de leurs projets.

## **6.3 Limites et perspectives**

Comme toute recherche, ce travail comporte certaines limites. La collecte de données repose sur un échantillon restreint de professionnels, ce qui limite la généralisation statistique des résultats. De plus, certaines dimensions, telles que l'effet du contexte institutionnel ou sociopolitique, n'ont pu être explorées en profondeur.

Pour les recherches futures, plusieurs pistes sont à envisager :

- Étendre l'analyse à d'autres secteurs de projet.
- Intégrer des analyses longitudinales pour mesurer l'évolution des pratiques qualité dans le temps.
- Explorer l'effet d'autres modérateurs, comme la gouvernance ou la capacité organisationnelle à apprendre.
- Approfondir l'étude des usages réels des technologies et leur appropriation par les parties prenantes.

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Agile-Practice-Guide. (2017). Agile Practice Guide. *Project Management Institute-PMI e Agile Alliance. EUA, Pennsylvania:[sn]*.
- Ahern, T., Leavy, B., & Byrne, P. (2014). Complex project management as complex problem solving: A distributed knowledge management perspective. *International journal of project management*, 32(8), 1371-1381.
- Ambler, S. W., & Lines, M. (2012). *Disciplined agile delivery: A practitioner's guide to agile software delivery in the enterprise*. IBM press.
- Anderson, G. (2010). *Le fédéralisme: une introduction*. University of Ottawa Press.
- Atkinson, A. B. (1999). *The economic consequences of rolling back the welfare state*. MIT press.
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.
- Baccarini, D. (1996). The concept of project complexity—a review. *International journal of project management*, 14(4), 201-204.
- Barlish, K., & Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM—A case study approach. *Automation in construction*, 24, 149-159.
- Basu, R. (2011). *FIT SIGMA: a lean approach to building sustainable quality beyond Six Sigma*. John Wiley & Sons.
- Basu, R. (2012). *Managing Quality in Projects*. Gower Publishing Limited
- Basu, R. (2014). Managing quality in projects: An empirical study. *International journal of project management*, 32(1), 178-187.
- Basu, R., & Wright, J. (2003). Quality beyond Six Sigma. *TQM MAGAZINE-KEMPSTON THEN BRADFORD-ENGLISH EDITION-*, 15, 424-424.
- Beck, A. T. (2002). Cognitive models of depression.
- Beck, K., Beedle, M., & Bennekum, A. (2001). Manifesto for agile software development.
- Beringer, C., Jonas, D., & Kock, A. (2013). Behavior of internal stakeholders in project portfolio management and its impact on success. *International journal of project management*, 31(6), 830-846.
- Bosch-Rekveltdt, M., Jongkind, Y., Mooi, H., Bakker, H., & Verbraeck, A. (2011). Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. *International journal of project management*, 29(6), 728-739.



- 
- Bourke, J., & Roper, S. (2017). Innovation, quality management and learning: Short-term and longer-term effects. *Research Policy*, 46(8), 1505-1518.
- Bourne, L. (2015). *Stakeholder Relationship Management: A Maturity Model for Organisational Implementation*. Gower Publishing.
- Bourne, L. (2016). *Stakeholder relationship management: a maturity model for organisational implementation*. Routledge.
- Bradford, G. (2015). *Achievement*. Oxford University Press.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & company.
- Cheng, M. Y., & Kumar, S. (2012). BIM-based framework for integrating sustainability analysis in construction project design. *Automation in construction*, 27(10).
- Cicmil, S., Williams, T., Thomas, J., & Hodgson, D. (2006). Rethinking project management: researching the actuality of projects. *International journal of project management*, 24(8), 675-686.
- Cohn, A. (2005). A simple method for assessing if weight loss is greater or less than 10%. *Archives of disease in childhood*, 90(1), 88-88.
- Cohn, M. (2004). *User Stories Applied: For agile software development*. Addison-Wesley Professional.
- Crispin, L., & Gregory, J. (2009). *Agile testing: A practical guide for testers and agile teams*. Pearson Education.
- Crosby, P. B. (1979). Quality is free: The art of making quality certain. *New American Library*
- Dale, B., Bamford, J., Bamford, D., & van der Wiele, A. (2016). Managing Quality: The Future. *Managing Quality 6e: An Essential Guide and Resource Gateway*, 311-320.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, 319-340.
- Davis, M. (2020). Cost of quality in industrial projects. *International Journal of Quality Management* 12(2) 112-120.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the Crisis*. MIT Press.
- Deming, W. E., & Shewhart, W. A. (1986). *Statistical method from the viewpoint of quality control*. Courier Corporation.
- Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2014). *Managing for quality and performance excellence*. Cengage Learning.

- 
- Flyvbjerg, B. (2011). *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge University Press.
- Fowler, M. (2018). *Refactoring: improving the design of existing code*. Addison-Wesley Professional.
- Garvin, D. A. (1984). Product quality: An important strategic weapon. *Business horizons*, 27(3), 40-43.
- Geraldi, Maylor, H., & Williams, T. (2011). Now, let's make it really complex (complicated): A systematic review of the complexities of projects. *International journal of operations & production management*, 31(9), 966-990.
- Geraldi, J. G., Kutsch, E., & Turner, N. (2011). Towards a conceptualisation of quality in information technology projects. *International journal of project management*, 29(5), 557-567.
- Gmakouba, I. (2024). *Gestion de la qualité des projets en génie logiciel: facteurs clés et solutions* Université du Québec à Trois-Rivières].
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. HarperCollins.
- Heisler, S. I. (1990). Project quality and the project manager. *International journal of project management*, 8(3), 133-137.
- Henry, E. (1996). Construction et gestion de la qualité: une normalisation singulière. *Revue d'économie industrielle*, 75(1), 147-162.
- Highsmith, J. (2009). *Agile project management: creating innovative products*. Pearson education.
- Highsmith, P. (2004). *The Price of Salt, or Carol*. WW Norton & Company.
- Hinde, D. (2017). *PRINCE2 study guide*. John Wiley & Sons.
- Hirano, H. (1995). 5 pillars of the visual workplace: The sourcebook for 5S implementation. *Productivity Press*
- Hoem, O., & Lodgaard, E. (2016). Model for supporting lasting managerial efforts in continuous improvement: A case study in product engineering. *Procedia CIRP*, 50, 38-43.
- Humble, J., & Farley, D. (2010). *Continuous delivery: reliable software releases through build, test, and deployment automation*. Pearson Education.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The key to Japan's competitive success*. Kaizen Institute Ltd.
- IPMA, G. (2015). Individual competence baseline. *Nijkerk, The Netherlands*, 432.
- Ishikawa, K. (1985). *What is total quality control? The Japanese Way*. Prentice Hall.

- 
- ISO, G. R. (2015). Quality management systems—Requirements. *Vol. SS-EN ISO, 9001*, 2015.
- Johnson, L., & Lee, K. (2022). Key performance indicators in quality management. *Quality and Performance Journal* 9(2) 62-70.
- Johnson, L. R., & Lee, D. Y. (2021). The immunostimulatory RNA RN7SL1 enables CAR-T cells to enhance autonomous and endogenous immune function. *Cell*, 184(19), 4981-4995. e4914.
- Jung, J. Y., & Wang, Y. J. (2006). Relationship between total quality management (TQM) and continuous improvement of international project management (CIIPM). *Technovation*, 26(5-6), 716-722.
- Juran, J. M. (1951). *Juran's quality handbook*.
- Juran, J. M. (1988). Juran on planning for quality. *Free Press*.
- Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). Quality improvement: creating breakthroughs in performance. *Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence (6th ed.)*. New York: McGraw-Hill, 137-194.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). *Juran's Quality Handbook* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Juran's quality handbook* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Kano, N., Seraku, N., Takahashi, F., & Tsuji, S. (1984). Attractive quality and must-be quality.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). Using the balanced scorecard as a strategic management system.
- Kerzner, H. (2017). *Project management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (12th ed.). John Wiley & Sons.
- Klaus, H., Rosemann, M., & Gable, G. G. (2000). What is ERP? *Information systems frontiers*, 2, 141-162.
- Koskela, L., Huovila, P., & Leinonen, J. (2002). Design management in building construction: from theory to practice. *Journal of construction research*, 3(01), 1-16.
- Kumar, S. (2024). Rework rates as quality performance indicators *Construction Quality Management Review* 14(1) 29-35.
- Larman, C. (2004). *Agile and iterative development: a manager's guide*. Addison-Wesley Professional.
- Larsen, D., & Derby, E. (2006). Agile retrospectives. *Pragmatic Bookshelf*.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16 ed.). Pearson Educación.

- 
- Lavikka, R. H., Smeds, R., & Jaatinen, M. (2015). Coordinating collaboration in contractually different complex construction projects. *Supply Chain Management: An International Journal*, 20(2), 205-217.
- Marnewick, C., & Labuschagne, L. (2011). An investigation into the governance of information technology projects in South Africa. *International journal of project management*, 29(6), 661-670.
- Martin, T. (2022 ). Projectized organizations and quality management. *Event Management Today*, 6(3), 55-61.
- Merrow, J. (2011). *The influence of teachers: Reflections on teaching and leadership*. LM Books.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press.
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to statistical quality control*. Wiley.
- Müller, R., & Jugdev, K. (2012). Critical success factors in projects: Pinto, Slevin, and Prescott—the elucidation of project success. *International journal of managing projects in business*, 5(4), 757-775.
- Müller, R., & Turner, R. (2007). The influence of project managers on project success criteria and project success by type of project. *European management journal*, 25(4), 298-309.
- Nassereddine, S. (2020). A Web-Based BIM–AR Quality Management System for Structural Elements. *MDPI*(14).
- Nguyen, L. (2023). Measuring customer satisfaction with NPS in IT projects. *Digital Project Management Journal*, 10(2), 78-85.
- Nguyen, N. (2006). *Gestion de la qualité (Sylvian Mé)*. Les Editions de la Chenelière Inc.
- Oakland, J. S. (2003). *Total Quality Management: Text with Cases*. Butterworth-Heinemann.
- Oakland, J. S. (2014). *Total quality management and operational excellence: text with cases*. Routledge.
- OECD. (2017). Infrastructure Governance Review. Organisation for Economic Co-operation and Development. In (pp. 677-687).
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity press.
- Pande, P., Neuman, R., & Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma Way, Chapter 12-Identifying Core Processes and Key Customers*. McGraw Hill Professional.
- PMI. (2017). The standard for portfolio management.

- 
- PMI. (2021). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)* (7th ed.). Project Management Institute.
- Ramirez, N. G. (2009). *Contribution à l'amélioration des processus à travers la mesure de la maturité de projet: application à l'automobile* Ecole Centrale Paris].
- Remington, K., & Pollack, J. (2007). *Tools for Complex Projects*. Gower Publishing.
- Remington, K., & Pollack, J. (2016). *Tools for complex projects*. Routledge.
- Ribeiro, M. A. (2020). *Pratiques de la gestion de la qualité en projets: un cas de maintenance aéronautique* Université du Québec à Trois-Rivières].
- Roccardoro, O., & Godart, J. (2023). Comment l'intégration de méthodes de gestion de la qualité dans le cadre d'un projet soutient-elle la bonne communication entre les parties prenantes?-Le cas Alstom Belgique. *Université catholique de Louvain*.
- Schön, D. A., & Argyris, C. (1996). *Organizational learning II: Theory, method and practice*. Addison-Wesley Reading, MA.
- Schwaber, & Sutherland. (2020). The Scrum Guide. Récupéré de [scrumguides.org](https://www.scrumguides.org).
- Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). The Scrum Guide. *Scrum.org*
- Schwalbe, K. (2018). Information Technology Project Management, Loose-leaf Version. In: Cengage Learning.
- Senge, P. (1990). Peter Senge and the learning organization. *Dimension*, 14.
- Sila, I., & Ebrahimpour, M. (2005). Critical linkages among TQM factors and business results. *International journal of operations & production management*, 25(11), 1123-1155.
- Silvius, A. J., & Schipper, R. P. (2020). Sustainability in Project Management. *Routledge*
- Smith. (2020). *Functional organizations and quality management. Quality Management Strategies*, . Springer Publishing Company.
- Smith, R. (2021). KPIs for quality performance in projects. *Journal of Quality Performance*, 13(2), 43-50.
- Snowden, D. J., & Boone, M. E. (2007). A leader's framework for decision making. *Harvard business review*, 85(11), 68.
- Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in construction*, 18(3), 357-375.
- Sutherland, M. (2020). *Advertising and the mind of the consumer: what works, what doesn't and why*. Routledge.
- Turner, J. R. (2009). *The Hand Books of Project-Based management 3rd ed*. McGraw-Hill/Irwin.

- 
- Turner, J. R., & Cochrane, R. A. (1993). Goals-and-methods matrix: coping with projects with ill defined goals and/or methods of achieving them. *International journal of project management*, 11(2), 93-102.
- Turner, R. (2007). *Gower handbook of project management* (4th ed.). Gower Publishing Limited.
- Turner, R. (2016). *Gower handbook of project management*. Routledge.
- Vom Brocke, J., & Rosemann, M. (2007). Handbook on business process management. *International Handbooks on Informations Systems*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.

---

## ANNEXE

<b>QUESTIONNAIRE :</b>
------------------------

### ***Organisation et performance de la qualité des projets d'infrastructure***

Ce questionnaire a pour but de collecter des données sur la manière dont l'organisation de la qualité influence la performance de la qualité dans les projets d'infrastructure, et comment cela affecte la performance globale du projet.

Votre expérience en gestion de projet est précieuse pour cette étude sur la qualité dans les projets d'infrastructure. Ce questionnaire, d'environ 30 minutes, vise à recueillir votre point de vue sur l'organisation de la qualité, sa performance, et son incidence sur les projets.

Toutes vos réponses resteront strictement confidentielles. Il n'y a pas de bonnes ou mauvaises réponses, seuls votre expérience et votre jugement comptent.

Le questionnaire est structuré en quatre sections :

- **Section 1 :** Informations générales sur l'organisation et les projets ;
- **Section 2 :** L'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure ;
- **Section 3 :** La relation organisation de la qualité et du succès des projets d'infrastructure modérée par la performance qualité ;
- **Section 4 :** La relation organisation de la qualité et du succès des projets d'infrastructure modérée par l'intégration technologique.

Merci pour votre temps et votre collaboration !

---

## **Section 1 : Informations générales sur l'organisation et les projets**

### **1.1 Votre fonction dans l'organisation :**

- ☐ Chef de projet
- ☐ Responsable qualité
- ☐ Directeur technique
- ☐ Ingénieur d'infrastructure
- ☐ Autre (précisez) : \_\_\_\_\_

### **1.2 Type d'infrastructure principalement géré :**

- ☐ Transport (routes, ponts, rails)
- ☐ Eau/assainissement
- ☐ Énergie (centrales, réseaux)
- ☐ Bâtiment (hôpitaux, écoles, etc.)
- ☐ Télécommunications
- ☐ Autre : \_\_\_\_\_

### **1.3 Durée moyenne des projets :**

- ☐ < 1 an
- ☐ 1 à 3 ans
- ☐ > 3 ans

### **1.4 Budget moyen d'un projet :**

- ☐ Moins de 100 K \$
- ☐ Entre 100 K \$ et 499 K \$
- ☐ Entre 500 K \$ et 999 K \$
- ☐ Plus de 1 000 000 \$

### **1.5 Nombre d'employés dans l'organisation :**

- ☐ Moins de 100 employés
- ☐ 100 à 299 employés
- ☐ 300 à 499 employés
- ☐ Plus de 500 employés



## Section 2 : L'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure

**Organisation de la qualité :** Il s'agit de la structure mise en place dans une entreprise ou un projet pour gérer la qualité.

**Succès des projets d'infrastructure :** Ensemble des résultats finaux qui déterminent la réussite globale du projet en matière de performance technique, économique et de satisfaction des parties prenantes.

Cette section a pour objectif de mesurer l'influence de l'organisation de la qualité sur le succès des projets d'infrastructure. Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de l'organisation de la qualité sont :

7. **Structure qualité :** Existence d'une organisation formelle dédiée à la gestion de la qualité dans le projet ou l'entreprise.
8. **Implication qualité :** Participation active du responsable qualité à toutes les phases du projet, de la planification à la clôture.
9. **Audits internes :** Évaluations régulières des processus et pratiques internes pour vérifier la conformité aux exigences qualité.
10. **Procédures spécifiques :** Existence et application de procédures qualité adaptées aux projets d'infrastructure (ex. : routes, ponts, bâtiments).
11. **Formation qualité :** Mise en place de programmes de formation pour renforcer les compétences qualité des membres de l'équipe projet.
12. **Documentation qualité accessible et à jour :** Disponibilité et mise à jour continue des documents qualité essentiels (plans qualité, procédures, standards) et accessibilité par toutes les équipes projet concernées.

Il vous est demandé d'exprimer votre degré d'accord ou de désaccord avec les énoncés suivants :

---

## 2.1 Selon vous, l'organisation de la performance exerce-t-elle une influence sur l'atteinte des objectifs techniques ?

**Atteinte des objectifs techniques :** Niveau de conformité des réalisations par rapport aux spécifications techniques initialement définies.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité					
Implication qualité					
Audits internes					
Procédures spécifiques					
Formation qualité					
Documentation qualité accessible et à jour					

---

## 2.2 Selon vous, l'organisation de la performance exerce-t-elle une influence sur le respect des délais globaux ?

**Respect des délais globaux :** Capacité du projet à être livré dans les délais prévus initialement.

	<b>Fortement en désaccord</b>	<b>En désaccord</b>	<b>Ni en accord ni en désaccord</b>	<b>En accord</b>	<b>Fortement en accord</b>
Structure qualité					
Implication qualité					
Audits internes					
Procédures spécifiques					
Formation qualité					
Documentation qualité accessible et à jour					

---

### 2.3 Selon vous, l'organisation de la performance exerce-t-elle une influence sur la maîtrise budgétaire globale ?

**Maîtrise budgétaire :** Réalisation du projet dans le cadre du budget initialement alloué, sans dépassements significatifs.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité					
Implication qualité					
Audits internes					
Procédures spécifiques					
Formation qualité					
Documentation qualité accessible et à jour					

---

## 2.4 Selon vous, l'organisation de la performance exerce-t-elle une influence sur la durabilité et pérennité des ouvrages ?

**Durabilité et pérennité des ouvrages :** Performance à long terme et capacité des infrastructures à maintenir leurs caractéristiques fonctionnelles dans la durée.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité					
Implication qualité					
Audits internes					
Procédures spécifiques					
Formation qualité					
Documentation qualité accessible et à jour					

---

## 2.5 Selon vous, l'organisation de la performance exerce-t-elle une influence sur la satisfaction globale des parties prenantes ?

**Satisfaction globale des parties prenantes :** Niveau global de satisfaction exprimé par les clients, usagers et autres parties prenantes quant au résultat final du projet.

	Fortement en désaccord	En désaccord	Ni en accord ni en désaccord	En accord	Fortement en accord
Structure qualité					
Implication qualité					
Audits internes					
Procédures spécifiques					
Formation qualité					
Documentation qualité accessible et à jour					

---

### Section 3 : La relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par la performance qualité

Cette section est consacrée à la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par la performance qualité.

**Organisation de la qualité :** C'est la structure mise en place dans une entreprise ou un projet pour gérer la qualité.

**Succès des projets d'infrastructure :** Ensemble des résultats finaux qui déterminent la réussite globale du projet en matière de performance technique, économique et de satisfaction des parties prenantes.

**Performance qualité :** sont des résultats réels obtenus en matière de qualité par rapport aux objectifs fixés.

Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de la performance qualité sont :

- 6. Spécifications techniques :** Mesure du respect des exigences techniques définies dans le cahier des charges ou les normes du projet.
- 7. Non-conformités :** Nombre ou fréquence des écarts relevés entre les livrables produits et les exigences qualité.
- 8. Réactivité aux problèmes :** Capacité de l'équipe à détecter, analyser et résoudre rapidement les problèmes qualité.
- 9. Taux de rejets :** Proportion des livrables rejetés ou nécessitant une reprise par rapport au total livré.
- 10. Satisfaction qualité :** Niveau de satisfaction des parties prenantes concernant la qualité des livrables du projet.

Il vous est demandé d'exprimer votre degré d'accord ou de désaccord avec les énoncés suivants :

**3.1 Selon vous, la performance qualité influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure de la manière suivante ?**

	Très négativement	Négativement	Neutre	Positivement	Très positivement
Spécifications techniques					
Non-conformités					
Réactivité aux problèmes					
Taux de rejets					
Satisfaction qualité					



---

## Section 4 : La relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par l'intégration technologique

Cette section est consacrée à la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure modérée par l'intégration technologique.

**Organisation de la qualité :** C'est la structure mise en place dans une entreprise ou un projet pour gérer la qualité.

**Succès des projets d'infrastructure :** Ensemble des résultats finaux qui déterminent la réussite globale du projet en matière de performance technique, économique et de satisfaction des parties prenantes.

**Intégration technologique :** Désigne l'utilisation stratégique et systématique des technologies dans la gestion de la qualité au sein des projets d'infrastructure. Elle permet d'améliorer la précision, la rapidité et la traçabilité des processus de contrôle qualité, tout en favorisant l'innovation et l'efficacité opérationnelle.

Dans le cadre de cette recherche, les indicateurs de l'intégration technologique sont :

1. **Outils de surveillance qualité :** Usage de technologies avancées pour suivre la qualité en temps réel.
2. **Niveau d'automatisation :** Degré d'automatisation dans les processus de contrôle qualité.
3. **Compétence technologique :** Niveau de maîtrise des technologies par les équipes projet.
4. **Intégration BIM :** Adoption et efficacité du Building Information Modeling (BIM) pour la gestion qualité.
5. **Fiabilité technologique :** Fiabilité des systèmes technologiques utilisés pour contrôler la qualité.

Il vous est demandé d'exprimer votre degré d'accord ou de désaccord avec les énoncés suivants :

**4.1 Selon vous, l'intégration technologique influence-t-elle la relation entre l'organisation de la qualité et le succès des projets d'infrastructure de la manière suivante ?**

	Très négativement	Négativement	Neutre	Positivement	Très positivement
Outils de surveillance qualité					
Niveau d'automatisation					
Compétence technologique					
Intégration BIM					
Fiabilité technologique					