



MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN GESTION DES ORGANISATIONS

PAR
KOSSI YVES ROLAND AKAKPO
MAÎTRISE ÈS SCIENCES (M. SC.)

**ÉTUDE EXPLORATOIRE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE DANS LA
GESTION DES PME.**

JUIN 2025

RÉSUMÉ

Ce mémoire de maîtrise explore de manière systématique la transformation numérique dans la gestion des petites et moyennes entreprises de tout secteur d'activité et comment elles peuvent éclairer les pratiques des entreprises du Saguenay-Lac-Saint-Jean.

Le but de cette recherche est de synthétiser les connaissances scientifiques existantes concernant la transformation numérique dans la gestion des PME en s'appuyant sur une revue systématique de la littérature. La vision consiste à dresser un inventaire précis des technologies numériques les plus utilisées par les PME, les défis auxquels sont confrontées les entreprises et comprendre l'état actuel de la numérisation au Québec. Les acteurs de l'écosystème entrepreneurial pourront reconnaître, dans cette étude, les obstacles récurrents des entreprises et les différentes stratégies qu'elles adoptent pour réussir leur transformation numérique.

Les trois principales recommandations de cette recherche sont les suivantes : premièrement, mettre en place des programmes d'appui pour les PME (accompagnement stratégique renforcé) car elles doivent survivre et innover dans un environnement économique de plus en plus numérique et concurrentiel. L'étude démontre que pour plusieurs auteurs, les contraintes financières (24,54%), la résistance au changement organisationnel (23,31%) et le manque de compétences techniques (21,47%) constituent les principaux défis liés à l'adoption des technologies numériques de l'Industrie 4.0. Ces résultats démontrent que les PME ne pourront pas rester compétitives sans un accompagnement (les programmes de subventions, services de formations, etc...). Deuxièmement, développer une culture numérique dans les entreprises afin d'assurer l'adhésion et l'implication de tous les acteurs internes autour des objectifs communs. Enfin, la troisième recommandation consiste à mettre en place des outils de suivi et d'évaluation pour garder le contrôle sur leur évolution et maximiser la valeur créée par leurs investissements numériques.

Cette recherche propose des contributions théoriques importantes, notamment une vision élargie sur l'état des connaissances de la littérature sur la transformation numérique, en mettant en évidence les facteurs de succès et les obstacles spécifiques. Sur le plan managérial, des pistes concrètes ont été proposées pour mieux accompagner les PME. Enfin, les recommandations, les limites de cette recherche et les perspectives de recherches futures sont présentées.

ABSTRACT

This master's thesis systematically explores digital transformation in the management of small and medium-sized enterprises (SMEs) across all sectors and how their experiences can inform business practices in the Saguenay-Lac-Saint-Jean region.

The aim of the research is to synthesize existing scientific knowledge on the digital transformation of SMEs through a systematic literature review. The objective is to provide a detailed inventory of the most adopted technologies among SMEs, identify the challenges they face, and understand the current state of digitalization in Quebec. Stakeholders within the entrepreneurial ecosystem will be able to recognize in this study the recurring obstacles encountered by businesses, as well as the various strategies they adopt to successfully achieve digital transformation.

This research presents three main recommendations: First, to implement support programs for SMEs (enhanced strategic guidance), as they must survive and innovate in an increasingly digital and competitive economic environment. The study shows that, according to several authors, financial constraints (24,54%), resistance to organizational change (23,31%), and a lack of technical skills (21,47%) are the main challenges to adopting Industry 4.0 digital technologies. These findings highlight that SMEs cannot remain competitive without support such as grant programs and training services. Second, the development of a digital culture within companies is essential to ensure engagement and involvement of all internal stakeholders around shared goals. Third, companies should implement monitoring and evaluation tools to maintain control over their digital evolution and maximize the value created through digital investments.

This study offers important theoretical contributions, including a broader view of the state of knowledge in the literature on digital transformation by highlighting success factors and specific barriers. On a managerial level, concrete avenues have been proposed to better support SMEs. Finally, the study explores its recommendations, limitations of this research, and perspectives for future research are presented.

REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier mon directeur de mémoire, le professeur Thierno Diallo, professeur titulaire au département des Sciences Économiques et Administratives de l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), qui m'a fait l'honneur de superviser cette recherche. Son encadrement rigoureux, sa disponibilité constante ainsi que la pertinence de ses conseils ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire. Son expertise et son regard critique m'ont aidé à structurer la réflexion et à maintenir le cap tout au long de ce parcours universitaire.

Je souhaite également remercier l'ensemble des professeurs rencontrés durant mon cheminement. Ils ont enrichi la qualité de mon travail par leurs enseignements et leurs critiques constructives.

Un remerciement tout particulier va à mes parents, Victor et Clémentine, pour leur soutien moral inestimable et leur foi constante en mes capacités.

À ma sœur et mon frère – Elvy-Diane, Freid Dichler – je vous remercie pour vos encouragements, bienveillance tout au long de cette aventure académique. Je n'oublie pas Louis-David BOLDUC, dont le soutien fidèle et les mots justes ont été d'un grand réconfort.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	ii
ABSTRACT.....	iii
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES	v
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES ABRÉVIATIONS	xi
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1	3
CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET PRÉSENTATION DU SUJET	3
1-1 EXPLICATION DÉTAILLÉE DE LA PROBLÉMATIQUE	7
1-2 PRÉSENTATION DE L'OBJECTIF DE LA RECHERCHE.....	10
CHAPITRE 2	12
REVUE DE LA LITTÉRATURE	12
2-1 INDUSTRIE 4.0	12
2-1-1 HISTORIQUE DE L'INDUSTRIE 4.0.....	13
2-1-2 L'INDUSTRIE 4.0 AU CANADA ET AU QUÉBEC	15
2-1-3 DÉFINITIONS DE L'INDUSTRIE 4.0.....	18
2-1-4 COMPOSANTES CLÉS DE L'INDUSTRIE 4.0	21
2-1-4-1 LE SYSTÈME CYBER-PHYSIQUE	23
2-1-4-2 L'INTERNET DES OBJETS	25
2-1-4-3 L'INTERNET DES SERVICES.....	27
2-1-4-4 L'USINE INTELLIGENTE	28
2-2 LES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES (PME)	29
2-2-1 DÉFINITION DES PME	29
2-2-2 IMPORTANCE DES PME	34
2-2-3 DÉFIS DES PME POUR ENGAGER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE	36
2-3 TRANSFORMATION NUMÉRIQUE	38
2-3-1 DÉFINITION DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE.....	39
2-3-2 L'ÉMERGENCE DU NUMÉRIQUE	42
2-3-3 LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE, UN CHANGEMENT POUR LE SALARIÉ.....	44
CHAPITRE 3	47
MÉTHODOLOGIE	47
3.1 TYPE DE RECHERCHE	47
3.2 PERTINENCE DE LA MÉTHODOLOGIE	49
3.3 DESCRIPTION DE LA DÉMARCHE	50

3.3.1 ÉTAPE 1 : FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE	52
3.3.2 ÉTAPE 2 : ÉTABLISSEMENT DES CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION.....	53
3.3.3. ÉTAPE 3 : IDENTIFICATION DES ÉTUDES PERTINENTES.....	55
3.3.4 ÉTAPE 4 : ÉVALUATION ET SÉLECTION DES ÉCRITS	57
3.3.5. ÉTAPE 5 : INTERPRÉTATION ET SYNTHÈSE DES RÉSULTATS	60
CHAPITRE 4.....	63
RÉSULTATS.....	63
4.1. ANALYSE DESCRIPTIVE UNIVARIÉE	63
4.1.1. SOURCE DE L'ARTICLE.....	64
4.1.2 ANNÉE DE PUBLICATION.....	65
4.1.3 PAYS ET CONTINENTS OÙ S'EST DÉROULÉE L'ÉTUDE.....	68
4.1.4 LES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ.....	70
4.1.5 LE SUJET DE L'ÉTUDE.....	71
4.1.6 LE TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF.....	73
4.1.7. LE TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE ..	73
4.1.8. LE MODE D'INVESTIGATION.....	74
4.1.9. LIMITES DE L'ÉTUDE	75
4.1.10. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ÉTUDIÉES	76
4.1.11. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE	77
4.1.12. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES DÉFIS RENCONTRÉS	78
4.1.13. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES STRATÉGIES MISE EN ŒUVRE.....	79
4.1.14. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES FACTEURS DÉTERMINANTS DE LA RÉUSSITE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE	80
4.2. ANALYSE DESCRIPTIVE BIVARIÉE.....	81
4.2.1 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR ANNÉE ET PAR SOURCE (REVUE).....	81
4.2.2 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SOURCE (REVUE)	82
4.2.3 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE	82
4.2.4 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR SUJET	83
4.2.5 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ	83
4.2.6. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION.....	84
4.2.7. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR MODE D'INVESTIGATION ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION	84
4.2.8. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION	85

4.2.9. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ ET PAR ANNÉE	86
4.2.10. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR ANNÉE ET PAR CONTINENT	86
4.2.11. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ	87
4.2.12. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SUJET D'ÉTUDE	87
4.2.13. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ	88
4.2.14. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ ET PAR TYPE DE LIMITE	88
4.2.15. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR SUJET	89
4.2.16. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'OBJECTIF	90
4.2.17. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR MODE D'INVESTIGATION	90
4.2.18. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE D'ÉCHANTILLON	91
4.2.19. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE DE LIMITE	92
4.2.20. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE DE L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF	93
4.2.21. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF ET PAR TYPE DE LIMITE	93
CHAPITRE 5	94
DISCUSSION	94
5-1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS	94
5-2 DISCUSSION DES RÉSULTATS	97
CHAPITRE 6	106
APPORTS, LIMITES, PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE	106
6.1 APPOINT THÉORIQUE	106
6.2 APPOINT MÉTHODOLOGIQUE	108
6.3 LIMITES DE LA RECHERCHE	109
6.4 PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE	110
6.5 RECOMMANDATIONS	111
CONCLUSION	113
BIBLIOGRAPHIE	115
ANNEXES	127
ANNEXE 1 : DÉFINITIONS DU SYSTÈME CYBER-PHYSIQUE	128
ANNEXE 2 : DÉFINITIONS DE L'INTERNET DES OBJETS	129
ANNEXE 3 : DÉFINITIONS DE L'INTERNET DES SERVICES	130
ANNEXE 4 : DÉFINITIONS DE L'USINE INTELLIGENTE	131
ANNEXE 5 : GRILLE EXCEL DE LECTURE DES DOCUMENTS	132

ANNEXE 6 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * ANNÉE	134
ANNEXE 7: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * CONTINENT	135
ANNEXE 8: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE	136
ANNEXE 9 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * SUJET DE L'ÉTUDE	137
ANNEXE 10: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * SECTEUR D'ACTIVITÉ	138
ANNEXE 11 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE	139
ANNEXE 12 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * MODE D'INVESTIGATION UTILISÉE	141
ANNEXE 13 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * SUJET DE L'ÉTUDE	143
ANNEXE 14 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * SECTEUR D'ACTIVITÉ	145
ANNEXE 15 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * CONTINENT	147
ANNEXE 16 : TABLEAU CROISÉ CONTINENT * SECTEUR D'ACTIVITÉ	150
ANNEXE 17 : TABLEAU CROISÉ CONTINENT * SUJET DE L'ÉTUDE	152
ANNEXE 18 : TABLEAU CROISÉ SECTEUR D'ACTIVITÉ * SUJET DE L'ÉTUDE	153
ANNEXE 19 : TABLEAU CROISÉ SECTEUR D'ACTIVITÉ * LIMITE DE L'ÉTUDE	154
ANNEXE 20 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE * SUJET DE L'ÉTUDE	156
ANNEXE 21 : TABLEAU CROISÉ SUJET DE L'ÉTUDE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF	157
ANNEXE 22 : TABLEAU CROISÉ MODE D'INVESTIGATION UTILISÉE * SUJET DE L'ÉTUDE	159
ANNEXE 23: TABLEAU CROISÉ TYPE D'ÉCHANTILLON * SUJET DE L'ÉTUDE	160
ANNEXE 24 : TABLEAU CROISÉ SUJET DE L'ÉTUDE * LIMITE DE L'ÉTUDE	161
ANNEXE 25 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE	164
ANNEXE 26 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF * LIMITE DE L'ÉTUDE	166
ANNEXE 27 : SYNTHÈSE QUALITATIVE DES DONNÉES	168
ANNEXE 27 (SUITE)	184

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1: PRINCIPALES DÉFINITIONS DE L'INDUSTRIE 4.0	19
TABLEAU 2: COMPOSANTES CLÉS DE L'INDUSTRIE 4.0 IDENTIFIÉES DANS LA LITTÉRATURE	23
TABLEAU 3: NOMBRE D'ENTREPRISES AVEC SELON LE SECTEUR ET LA TAILLE DE L'ENTREPRISE (NOMBRE D'EMPLOYÉS), DÉCEMBRE 2021.....	30
TABLEAU 4: NOMBRE TOTAL D'ENTREPRISES AVEC EMPLOYÉS SELON LA TAILLE DE L'ENTREPRISE DÉCEMBRE 2021	31
TABLEAU 5:L'ÉTABLISSEMENT DES CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	54
TABLEAU 6: RÉPARTITION DES ARTICLES SELON LES REVUES RETENUES	58
TABLEAU 7 : RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES ANNÉES.....	66
TABLEAU 8: RÉPARTITION DES ÉTUDES EN FONCTION DES PAYS	69
TABLEAU 9: LES DIFFÉRENTES PROBLÉMATIQUES TRAITÉES DANS LES ARTICLES.....	72
TABLEAU 10:LES MODES D'INVESTIGATION RETENUS	75
TABLEAU 11: LES LIMITES RETENUES DANS LES DOCUMENTS.....	76

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : ACATECH- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING (2013, P. 13).....	14
FIGURE 2: CONTRIBUTION AU PIB SELON LA TAILLE DE L'ENTREPRISE, CANADA, 2008-2019.	33
FIGURE 3 : PROCESSUS DE LA REVUE SYSTÉMATIQUE SOURCE (LANDRY ET QUÉBEC, 2008, P. 9).....	52
FIGURE 4 : DIAGRAMME D'EXTRACTION ET DE SÉLECTION DES ARTICLES.	57
FIGURE 5 : RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES REVUES.....	65
FIGURE 6 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE PUBLICATIONS DE 2015 À 2025.....	67
FIGURE 7: RÉPARTITION DES DOCUMENTS SELON LES CONTINENTS.....	70
FIGURE 8 : LES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ.	71
FIGURE 9 : TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF.....	73
FIGURE 10 : TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE	74

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ARPA	Advanced Research Projects Agency
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
BDC	Banque de développement du Canada
CPS	Système cyber-physique
IA	Intelligence artificielle
IDO	Internet des Objets
IOS	Internet des Services
MEIE	Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie
OECD	Organisation de coopération et de développement économique
PIB	Produit Intérieur brut
PME	Petite et moyenne entreprise
RCEI	Le Réseau des centres d'expertise industrielle,
RFID	Radio-identification (radio frequency identification)
SCIAN	Système de classification des industries de l'Amérique du Nord
SLSJ	Saguenay-Lac-Saint-Jean
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TIC	Technologies de l'information et de la communication
TOE	Technologiques, organisationnels et externes

INTRODUCTION

Dans un contexte mondial où la numérisation progresse à un rythme effréné, la Quatrième révolution Industrielle regroupe un ensemble de technologies et de concepts liés à la réorganisation de la chaîne de valeur (Hermann *et al.*, 2016) et met l'accent sur la connectivité, ce qui favorise le développement de nouveaux processus, produits et services (Danjou *et al.*, 2017, p. 4). Elle positionne la transformation numérique comme un levier stratégique essentiel pour moderniser la gestion interne, optimiser les processus opérationnels et stimuler l'innovation dans les entreprises (Gimpel *et al.*, 2018, p. 11). Cependant, ce virage technologique entraîne de nombreux défis pour les PME. Parmi les principaux obstacles figurent un manque de ressources financières et humaines, un manque de connaissances sur les technologies disponibles ainsi que la complexité des processus de mise en œuvre (Brozzi *et al.*, 2018, p. 567). Ainsi, utiliser les technologies numériques connectées à Internet est le concept central de l'industrie 4.0 (Chiarello *et al.*, 2018).

Ce mémoire soutient que la transformation numérique ne se limite pas seulement à l'intégration de nouvelles technologies, elle requiert également une reconfiguration profonde des modèles organisationnels et des modes de gestion (Jean-François, 2020) . Bien que cette transformation soit porteuse de promesses, elle soulève plusieurs questions : quelles technologies numériques sont les plus adoptées par les PME ? Quels sont les facteurs déterminants pour réussir la transformation numérique? Qu'est-ce qui a été écrit sur la transformation numérique?

L'industrie 4.0 s'impose de plus en plus comme un champ de recherche incontournable. Initialement les technologies de l'industrie 4.0 n'étaient accessibles qu'aux grandes entreprises, en raison des exigences en matière de capital. Cependant, dans de nombreux pays, les PME représentent plus de 90 % de l'ensemble des entreprises (Pech et Vrchota, 2020). Ces PME commencent donc à introduire progressivement les technologies dans la production. En effet, les obstacles à l'intégration des technologies dans les PME commencent à être connus (Rauch et Vickery, 2020), mais la littérature présente très peu d'articles où l'implantation est réussie.

Cette recherche répond à une question clé : quelles sont les connaissances actuelles sur la transformation numérique dans la gestion des PME et comment elles peuvent éclairer les pratiques des entreprises du Saguenay-Lac-Saint-Jean? L'objectif de cette recherche est de synthétiser les savoirs existants tout en identifiant des pistes d'amélioration et des opportunités nouvelles pour accompagner efficacement les PME dans leur transition vers le numérique. La recherche proposée vise à améliorer nos connaissances sur ce concept en choisissant la revue systématique de la littérature comme mode d'investigation. Cette méthodologie a été choisie de manière à assurer la meilleure compréhension des données qui seront recueillies à partir des multiples écrits. Nous chercherons à extraire des résultats de différentes études et à les interpréter pour réaliser la meilleure synthèse possible.

CHAPITRE 1

CONTEXTE DE L'ÉTUDE ET PRÉSENTATION DU SUJET

Les entreprises sont des acteurs indispensables du développement économique d'un pays, qu'elles soient dirigées par l'État ou administrées par des sociétés privées. En effet, ce sont elles qui génèrent les postes de travail en investissant dans divers secteurs, ce qui permet aux individus d'avoir des revenus, d'améliorer leur niveau de vie et de contribuer à l'économie nationale (Organisation de coopération et de développement économiques, 2004).

L'accès aux marchés mondiaux est un important moteur de croissance et de productivité pour les PME, et leur intégration dans les chaînes de valeur mondiales est une source significative d'innovation et de connaissance (Organisation de coopération et de développement économiques, 2023). Les entreprises doivent s'adapter à un environnement économique très dynamique, marqué par l'émergence des nouvelles technologies et du digital. Cela signifie que les entreprises doivent constamment innover et améliorer leurs pratiques pour rester compétitives et répondre aux attentes croissantes du marché. Elles se retrouvent face à un choix crucial : innover ou continuer à opérer de la même manière qu'elles ont toujours fait, en ne changeant pas leurs méthodes ou processus (Singh, 2022). Cette dernière peut rendre les entreprises obsolètes à long terme. Elles peuvent aussi

investir dans une recherche continue d'amélioration, ce qui nécessite des investissements en temps, argent et en formation. Cette approche est généralement perçue comme essentielle pour assurer la croissance et la survie à long terme de l'entreprise (Hammer et Champy, 1993).

Par ailleurs, les PME reconnaissent la nécessité de se moderniser pour rester compétitives. Elles font face à un grand défi, vu le fossé financier avec les grandes entreprises. Mais avec les bonnes stratégies de marketing digital et les aides financières disponibles, elles peuvent obtenir d'excellents résultats (L'Atelier du B2B, 2024). L'intégration des technologies numériques peut conduire à une meilleure efficacité opérationnelle, une réduction des coûts contribuant ainsi à une meilleure performance financière. La transformation numérique est plus qu'une simple adoption des technologies, elle nécessite un changement culturel et organisationnel.

D'une part, l'avènement de l'internet et la progression rapide de la numérisation ont transformé la manière dont les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont utilisées. Elles permettent désormais de gérer des systèmes cyber physiques, c'est-à-dire des systèmes qui intègrent les processus physiques et les logiciels informatiques pour créer des environnements où les machines, les réseaux et les données interagissent de manière intelligente et automatisée (Synox, 2024). On parle d'une nouvelle révolution industrielle appelée aussi « industrie 4.0 », qui propulse de nouveaux modèles d'affaires et génère de la valeur à travers de grandes chaînes d'approvisionnement (Götz et

Jankowska, 2017, p. 1633). Dans ce contexte, ce projet de recherche propose le concept de l’Industrie 4.0 pour explorer comment ces entreprises perçoivent et vivent la transformation numérique, en mettant l’accent sur les défis, les stratégies mises en place et les facteurs contextuels influençant ce processus. D’un autre côté, les technologies numériques engendrent de nouvelles façons de travailler et de penser tout en offrant des possibilités inimaginables (Programme des Nations Unies pour le développement, 2022). Elles permettent une meilleure coordination entre les différents maillons de la chaîne, une réduction des délais de production, une optimisation des stocks et une réponse plus rapide aux demandes des clients. Ces technologies numériques sont citées comme levier puissant pour l’industrie par Kagermann *et al.* (2013) et leurs attributs qui donnent lieu à une nouvelle révolution industrielle, maintenant en cours, souvent nommée « Industrie 4.0 ».

La recension d’écrits que nous avons réalisée sur l’Industrie 4.0 démontre l’existence d’au moins 20 définitions de ce qu’est l’Industrie 4.0, avec plusieurs définitions de ces composantes qui sont les Systèmes cyber physiques, l’Internet des objets, l’Internet des services et l’usine intelligente. Selon Seifert (2022), le manque de ressources, le coût des nouvelles technologies, ainsi que le manque d’expertise dans le domaine du numérique, semblent limiter les actions que peuvent prendre les PME au niveau de la transformation numérique de leur entreprise. Gamache *et al.* (2017) ont constaté qu’au Québec, les PME tardent à entamer leur transformation numérique. Elle représente un phénomène qui redéfinit en profondeur les pratiques de gestion et les modèles d’affaires des entreprises à travers le monde. Les PME font face à plusieurs défis lorsqu’il s’agit d’entamer leur

transformation numérique, bien qu'elles occupent une place importante dans le tissu économique d'un pays (Brozzi *et al.*, 2018). Les obstacles incluent notamment une méconnaissance des technologies existantes, des contraintes en matière de ressources humaines et financières et un manque de vision stratégique claire.

Pour rester compétitives et durables, ces entreprises doivent investir dans la transformation numérique et l'innovation continue. Cependant, ce processus est complexe et varie selon les circonstances régionales. Il est donc nécessaire d'explorer comment les PME intègrent la transformation numérique dans leur gestion, quels défis spécifiques elles rencontrent et quelles stratégies elles adoptent pour faire face à ce nouvel environnement numérique. Nous portons notre réflexion sur le thème suivant : « Étude exploratoire de la transformation numérique dans la gestion des petites et moyennes entreprises. »

En effet, il s'agit d'explorer les différentes technologies clés de l'Industrie 4.0 dans la gestion des PME. Chacune de ces technologies peut avoir des effets spécifiques sur les processus opérationnels, la prise de décision et la création de valeur dans les PME. Le présent document nous explique comment les PME abordent l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 à travers les stratégies qu'elles mettent en œuvre et les défis qu'elles rencontrent.

Le document présente d'abord le sujet à l'étude, son contexte, la problématique abordée ainsi que les objectifs visés. Une revue de littérature est ensuite présentée en trois

parties, soit l'Industrie 4.0, la PME manufacturière et la transformation numérique. La méthodologie est ensuite présentée et détaillée. Suivent ensuite les résultats divisés selon les principaux thèmes qui sont ressortis de l'analyse des données. Une discussion des résultats et une analyse de ces derniers sont enfin exposées. Les apports théoriques et managériaux sont présentés, suivis des recommandations et des perspectives de recherches futures.

1-1 EXPLICATION DÉTAILLÉE DE LA PROBLÉMATIQUE

Les nouvelles technologies industrielles ont profondément transformé le fonctionnement des PME. Grâce à ces innovations, les PME ont pu générer de la valeur ajoutée et augmenter leur productivité, ce qui a renforcé leur compétitivité sur le marché et amélioré leurs performances opérationnelles (Claudia *et al.*, 2023).

Il existe différentes stratégies pour répondre aux évolutions technologiques au sein des entreprises. Alors que certaines entreprises adoptent des technologies innovantes pour se démarquer, beaucoup restent en retrait, craignant les risques ou manquant de ressources. Cependant, la majorité d'entre elles surveillent ce changement, mais demeurent quand même spectatrices (Moeuf *et al.*, 2018). Cette situation crée une disparité significative dans la capacité des PME à évoluer dans un environnement de plus en plus compétitif.

Au Québec, le secteur manufacturier joue un rôle crucial dans l'économie, même s'il a connu un déclin relatif ces dernières décennies. En 2022 au Québec (Portrait manufacturier des régions du Québec), les établissements de moins de 250 employés, qui incluent les micro-établissements ainsi que les établissements de petite et moyenne taille, constituaient 98 % de l'ensemble des établissements manufacturiers et cette tendance est particulièrement marquée dans l'industrie québécoise, où les PME occupent une place prépondérante (Ministère de l'Économie de l'Innovation et de l'Énergie, p. 11). Ces entreprises sont essentielles non seulement pour la création d'emplois, mais aussi pour l'innovation et la compétitivité de tout secteur d'activités.

Les PME manufacturières québécoises, bien qu'elles soient des acteurs clés de l'industrie, rencontrent souvent des défis en matière d'acquisition des compétences numériques. Les contraintes budgétaires et humaines ainsi que la réticence causée par une méconnaissance du numérique freinent les PME (Torn et Vaneker, 2019). De nombreux facteurs comme le manque de ressources financières, l'accès à la formation, la résistance au changement, la pénurie de main d'œuvre qualifiée, la complexité des technologies ainsi que les systèmes de gestion inadéquats rendent difficile la transition des PME vers l'Industrie 4.0 (Müller *et al.*, 2018).

Selon l'étude de Leger (2019, p. 15) , menée auprès de 401 petites et moyennes entreprises du secteur manufacturier du Québec, les entreprises qui démontrent un faible niveau d'utilisation d'outils technologiques (20%) tels que l'Internet industriel des objets,

les données massives, la robotique, l'infonuagique, l'Intelligence artificielle, se distinguent typiquement par un manque de vision et de stratégie.

De ce fait, il est essentiel pour les entreprises d'identifier les différents enjeux de la transformation numérique afin de les intégrer dans leurs stratégies, de même que ceux concernant leurs opérations et méthodes de travail. Selon une étude de la Banque de développement du Canada (2021), les PME au Canada effectuent des investissements importants dans les technologies numériques. Le rapport met en évidence les principaux défis de la numérisation : le coût financier (42%), la cybersécurité (32%), l'incertitude par rapport aux avantages et l'intégration de la technologie respectivement 27%.

Tout d'abord, les PME cherchent à accroître leur productivité et leur efficacité opérationnelle. L'optimisation de la chaîne d'approvisionnement est aussi un autre avantage majeur de l'adoption technologique. Avec l'utilisation des technologies numériques, les postes de travail deviennent de plus en plus autonomes et flexibles en entreprise. Cependant (Dorn *et al.*, 2017) pensent que les travailleurs disposent souvent d'une plus grande marge de manœuvre pour organiser leur travail, prendre des décisions et contribuer de manière plus significative aux objectifs de l'entreprise. Les nouvelles formes d'emploi qui émergent de la révolution numérique exigent donc des travailleurs qu'ils soient toujours disponibles et réactifs. Ainsi pour Lamlilh (2025), bien que la transformation numérique offre de nombreuses opportunités, elle impose également aux entreprises et aux travailleurs de modifier les pratiques managériales et redéfinir les modèles de leadership.

En résumé, la problématique de notre travail de recherche vise à explorer les technologies numériques évoquées par les auteurs dans la littérature, analyser les stratégies mises en œuvre, identifier les principaux défis auxquels sont confrontées les PME dans l'adoption et l'intégration des nouvelles technologies industrielles, en particulier celles liées à l'Industrie 4.0.

1-2 PRÉSENTATION DE L'OBJECTIF DE LA RECHERCHE

Cette recherche a pour objectif principal de fournir une synthèse des connaissances sur la transformation numérique dans la gestion des PME permettant de résoudre la problématique soulevée antérieurement. Il s'agit d'explorer en profondeur les technologies numériques qui sont les plus adoptées par les PME dans le cadre de leur gestion, les indicateurs de performance de cette transformation numérique sur leur compétitivité et leur performance globale, les stratégies mises en œuvre par les PME pour surmonter les défis rencontrés, les facteurs déterminants pour réussir cette transformation numérique. Plus spécifiquement, il s'agit d'identifier les technologies numériques de l'industrie 4.0, les défis auxquels sont confrontées les PME, de mettre en évidence la méthodologie dominante dans les recherches portant sur la transformation numérique et de déterminer le secteur d'activités le plus porteur des études sur la transformation numérique.

À travers une revue approfondie de la littérature, nous allons identifier les différents thèmes explorés dans les études portant sur la transformation numérique dans la gestion PME, tout en mettant en évidence les caractéristiques spécifiques de la littérature dans ce domaine. Nous cherchons à réaliser une synthèse rigoureuse sur le concept de transformation numérique en nous basant sur des conclusions complémentaires ou contradictoires.

L'objectif est d'obtenir une vue détaillée de la transformation numérique des PME. La recension des écrits nous aidera à identifier les problématiques et à explorer de nouvelles pistes de recherche qui n'ont pas été abordées. La revue systématique, en nous appuyant sur de nombreuses références, nous permettra d'approfondir notre compréhension des enjeux et opportunités liés à la transformation numérique des PME.

CHAPITRE 2

REVUE DE LA LITTÉRATURE

Une étude de la littérature a été effectuée pour faire un point sur l'état des connaissances actuelles sur l'Industrie 4.0 et les facteurs d'influence sur la petite et moyenne entreprise manufacturière. Les moteurs de recherche Business Source Complete, Google Scholar, Érudit, Cairn.info, nous ont permis de cibler les articles scientifiques portant sur l'Industrie 4.0, la transformation numérique, la numérisation et le management des PME pour couvrir le sujet dans sa globalité. Ce chapitre est divisé en trois parties, soit l'Industrie 4.0, la PME manufacturière et la transformation numérique.

2-1 INDUSTRIE 4.0

Dans cette partie, nous présentons d'abord le contexte et l'historique de l'Industrie 4.0. Nous présentons ensuite les résultats d'une revue de littérature sur les nombreuses définitions de l'Industrie 4.0 et ses différentes composantes. Nous avons choisi de porter notre attention sur quatre composantes que nous avons jugées clés à savoir : les systèmes cyber-physiques, l'Internet des objets, l'Internet des services, et l'usine intelligente.

2-1-1 HISTORIQUE DE L'INDUSTRIE 4.0

La révolution industrielle a évolué en quatre grands temps jusqu'à nos jours. La première révolution a commencé dans la seconde moitié du XVIII^e siècle, lorsque les machines comme le métier à tisser mécanique ont révolutionné la façon dont les biens étaient fabriqués (Kagermann *et al.*, 2013, p. 13). Cette première révolution industrielle a été suivie d'une seconde qui a débuté autour du XX^e siècle et impliquait la production de biens à grande échelle alimentée par l'électricité, basée sur la division du travail. Celle-ci a été remplacée par la troisième révolution industrielle qui commence depuis les années 1970 et se poursuit jusqu'à aujourd'hui (Kagermann *et al.*, 2013, p. 14). La quatrième révolution industrielle, également appelée « Industrie 4.0 », est un concept né en Allemagne (2010). L'industrie 4.0 symbolise l'entrée de l'industrie mondiale dans sa quatrième révolution industrielle. Elle regroupe dix innovations technologiques, telles que l'automatisation, l'internet des objets et l'intelligence artificielle (Chambre de commerce du Montréal métropolitain, 2017), qui répondent à trois enjeux clés : meilleure compétitivité de l'actif, flexibilité face à la demande et régionalisation de la production.

En résumé, la première révolution industrielle a favorisé une meilleure productivité grâce à l'utilisation de la vapeur, la deuxième a introduit une production de masse grâce à l'utilisation de l'électricité tandis que la troisième a été caractérisée par l'automatisation de la production grâce aux avancées en électronique et en informatique (Pereira et Romero, 2017, p. 1210) . La quatrième révolution industrielle est caractérisée

par des transformations rapides intégrant des technologies numériques en communication réseau, d'informatique et d'automatisation (Zhou *et al.*, 2015). L'industrie 4.0 aura un impact important sur toutes les chaînes de valeur et offrira un ensemble de nouvelles opportunités concernant les modèles commerciaux, les technologies de production, la création de nouveaux emplois et l'organisation du travail (Pereira et Romero, 2017, p. 1213). La figure 1 résume l'évolution industrielle au cours des années.

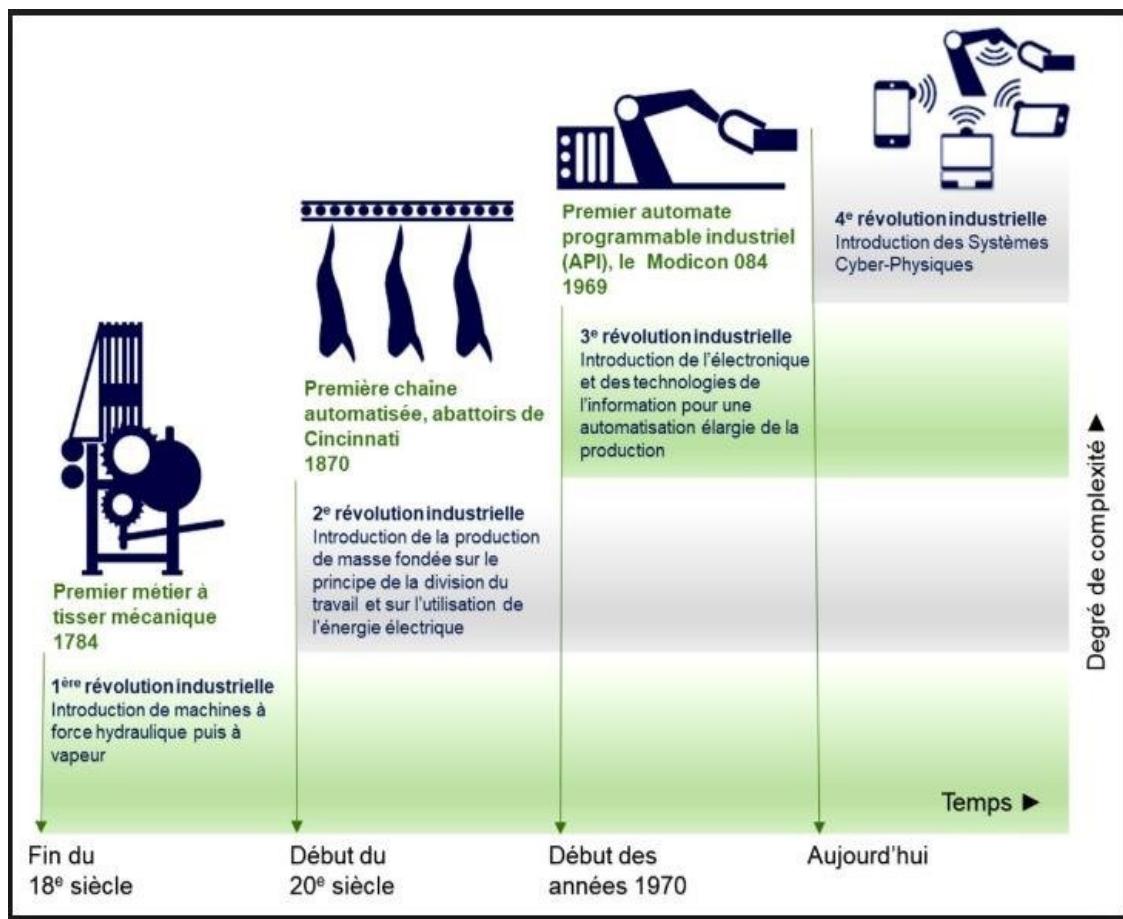


Figure 1 : Acatech- National Academy of Science and Engineering (2013, p. 13)

En effet, il existe une discussion parmi les auteurs concernant l'impact réel de la quatrième révolution industrielle. Pour certains, elle transformera profondément les industries actuelles. L'Industrie 4.0 représente une rupture majeure comparable aux précédentes révolutions industrielles. D'autres auteurs soulignent que plusieurs des technologies et concepts associés à l'Industrie 4.0 comme l'automatisation, la robotisation existent depuis déjà un certain temps et sont simplement réorganisés sous une nouvelle étiquette. (Hofmann et Rüsch, 2017, p. 23).

2-1-2 L'INDUSTRIE 4.0 AU CANADA ET AU QUÉBEC

Selon une enquête menée par la Banque de développement du Canada (2024) auprès de quelque 1278 propriétaires d'entreprises visant à comprendre comment les PME manufacturières canadiennes adoptent les technologies numériques, près de 82 % des entreprises considèrent déjà la technologie comme essentielle alors que 38 % d'entre elles anticipent des perturbations importantes attribuables aux technologies. Cependant, il est impératif que les propriétaires d'entreprises adoptent la transformation numérique alors que leurs concurrents aux États-Unis, en Europe et en Asie s'y sont déjà fermement engagés (Bédard-Maltais, 2017, p. 7).

Près de 40 % des PME manufacturières canadiennes ont mis en œuvre des projets de transformation numérique. Parmi celles-ci, 3 % ont entièrement numérisé leur production. Une autre tranche de 17 % en est à l'étape de la planification (Bédard-Maltais, 2017, p. 7). Cependant, les investissements dans ces technologies demeurent faibles dans

l'ensemble, signe que les fabricants canadiens ont encore beaucoup à faire pour rattraper leurs concurrents à l'international (Bédard-Maltais, 2017, p. 10).

L'industrie 4.0 est en pleine expansion au Québec, notamment parmi les PME manufacturières. Une enquête réalisée par la firme de recherche marketing (Leger, 2024) auprès de 504 dirigeants d'entreprises manufacturières à travers le Québec a permis de dresser un état d'avancement de cette révolution industrielle. La majorité des entreprises québécoises du secteur manufacturier interrogées déclinent des ressources humaines et financières pour des initiatives numériques et comptent poursuivre dans cette voie.

En effet, les principaux constats que l'on peut tirer de cette révolution industrielle sont les suivants (Leger, 2024):

- Le numérique joue un rôle important au sein des entreprises. 79 % des entreprises sondées affirment avoir au moins une personne dédiée aux tâches stratégiques et opérationnelles permettant de supporter leur développement numérique et technologique. Selon la taille des entreprises, elles affectent généralement entre une et trois personnes à ces tâches. 53 % ont au moins une personne en charge de faire évoluer les initiatives numériques au sein de leur comité de direction. Cependant, encore peu se sont structurées de façon formelle à l'aide d'un plan stratégique (32%). Cela peut indiquer soit un manque de conscience de l'importance du numérique chez certaines directions, soit des difficultés à intégrer ces nouveaux rôles dans la structure hiérarchique. Cette absence de planification pourrait freiner

leur développement numérique, les exposant à des initiatives dispersées (Leger, 2024, p. 11).

- 15 % des entreprises considèrent avoir un degré de maturité numérique élevé alors que 20 % ont fait un audit numérique au cours des deux dernières années. Celles qui ne l'ont pas fait évoquent principalement le fait que ce n'est pas un besoin actuel au sein de leur entreprise (31%), ou un manque de temps (23%). (Leger, 2024, p. 11).
- 66 % des entreprises ont investi dans le numérique au cours des trois dernières années, 57 % ont l'intention d'investir dans le numérique au cours des 12 prochains mois et 45 % des entreprises qui ont investi dans le numérique sont satisfaites du retour sur leur investissement. Notons que 32 % sont plutôt neutres à cet effet et que 12 % sont insatisfaites (Leger, 2024, p. 11).

L'implantation et l'utilisation du numérique sont variables selon la taille de l'entreprise. En effet, les plus petites et moyennes entreprises (moins de 50 employés) rapportent une utilisation très peu étendue des différents systèmes et applications évalués, alors que les grandes entreprises sont majoritaires à les utiliser (Leger, 2024, p. 12). Globalement, 72 % des entreprises sondées estiment que les technologies numériques émergentes 4.0 représentent une opportunité pour au moins un des champs d'action évalués (Leger, 2024, p. 37). De façon plus précise, 60 % sont d'avis qu'elles peuvent contribuer à améliorer leurs processus et 58 % leur processus de gestion, 49 % qu'elles contribueraient à améliorer leurs produits ou services, 48 % qu'elles pourraient pallier la rareté de la main

d'œuvre et 47 % qu'elles pourraient aider à faire évoluer leurs modèles d'affaires (Leger, 2024, p. 37).

Cependant, les entreprises ont un réel intérêt pour les nouvelles technologies comme : l'infonuagique, la robotique, la fabrication additive, l'Internet industriel des objets. Il ressort du sondage que : les grandes entreprises sont celles qui font la plus grande utilisation des différentes technologies évaluées. Toutefois, à l'exception de l'infonuagique (17 %) et de la robotique (10 %), l'usage actuel des technologies émergentes 4.0 demeure limitée par les entreprises sondées (Leger, 2024, p. 39).

2-1-3 DÉFINITIONS DE L'INDUSTRIE 4.0

L'Industrie 4.0 est un concept qui vise à promouvoir l'interconnexion des machines et à rehausser l'informatisation, car elle s'associe entre autres, à l'intelligence artificielle pour contrôler les machines (Badri *et al.*, 2018, p. 405). L'automatisation et l'intégration des technologies numériques permettent de réduire le besoin d'interventions humaines dans le processus de production. Le concept d'Industrie 4.0 a été formalisé par Henning Kagermann (2011), un expert allemand en technologie, mais il a été mentionné pour la première fois dans un article publié en novembre 2011 par le gouvernement allemand dans le cadre de son initiative stratégique de haute technologie.

L'Industrie 4.0 est un sujet de plus en plus important et étudié par des universitaires et des entreprises ces dernières années. Dans cette section, nous présentons les résultats d'une revue de littérature que nous avons réalisée sur les définitions de l'Industrie 4.0. Nous avons consulté plus de 60 articles et collecté 17 définitions différentes. Le tableau 1 recense les principales définitions de l'Industrie 4.0 évoquées dans la littérature scientifique.

Tableau 1 : Principales définitions de l'Industrie 4.0.

Auteurs	Définitions
Pan <i>et al.</i> (2015)	L'Industrie 4.0 fait référence à la capacité des machines et équipements industriels à communiquer entre eux et à échanger des informations. (p.1537)
Hermann <i>et al.</i> (2016)	L'Industrie 4.0 est un terme qui regroupe un ensemble de technologies et de concepts qui vise à transformer la gestion de la chaîne de valeur. (P. 3928)
Weyer <i>et al.</i> (2015)	L'Industrie 4.0 consiste à créer des environnements intelligents qui fusionnent le monde réel et virtuel grâce à des systèmes cyber-physiques. (p.580)
Kovács et Kot (2016)	L'Industrie 4.0 repose sur l'intégration de systèmes intelligents connectés en réseau pour une production auto-régulée. (P. 122)
Qin <i>et al.</i> (2016)	L'Industrie 4.0 est une approche innovante qui fusionne le monde numérique et physique. (p.174)
Pereira et Romero (2017)	L'Industrie 4.0 offre un potentiel considérable en transformant l'ensemble de la chaîne de valeur ce qui permet d'optimiser les processus de production. (p.1210)
Monostori <i>et al.</i> (2016)	L'Industrie 4.0 est un système technologique qui repose sur la connectivité, la numérisation et l'intégration des processus de production. (p.625)
Sanders <i>et al.</i> (2016)	L'Industrie 4.0 transforme profondément l'environnement de production en révolutionnant l'exécution des opérations. (p.815)
Kiel <i>et al.</i> (2016)	L'Industrie 4.0 désigne l'intégration des technologies permettant de créer de la valeur. (p.675)

Pereira et Romero (2017)	L'Industrie 4.0 représente un nouveau modèle de fabrication qui se concentre sur le développement de produits et de processus intelligents. (p.1210)
Hofmann et Rüschi (2017)	L'Industrie 4.0 est un changement dans la manière de produire, en adoptant une approche plus décentralisée et autorégulée de la création de valeur. (P. 23)
Li <i>et al.</i> (2017)	L'Industrie 4.0 s'appuie sur une approche permettant une fabrication plus flexible et adaptée aux besoins spécifiques des clients. (P. 627)
Prause <i>et al.</i> (2017)	L'Industrie 4.0 englobe des technologies comme l'internet des objets, l'internet des services, le Big Data qui constituent les éléments essentiels afin de rendre les processus de fabrication plus efficaces. (p.422)
Bédard-Maltais (2017)	L'Industrie 4.0 consiste à utiliser les technologies numériques pour rendre les processus de fabrication plus flexibles sur les attentes des clients.
Kagermann <i>et al.</i> (2013)	L'Industrie 4.0 est une stratégie technologique de pointe qui incarne la quatrième révolution industrielle. (p.680)
Müller <i>et al.</i> (2018)	L'Industrie 4.0 joue un rôle clé dans le maintien de la compétitivité des entreprises à long terme. (p.3)
Alekseev <i>et al.</i> (2018)	L'Industrie 4.0 englobe l'ensemble des secteurs économiques où les processus de production sont automatisés grâce aux technologies. (p.3)

Source : Auteur (2025)

Nous constatons que le concept Industrie 4.0, bien qu'omniprésent dans la littérature scientifique et au sein des discussions industrielles mondiales, il n'existe pas encore de définition consensuelle qui fasse l'unanimité parmi les chercheurs. Chaque auteur semble proposer une définition basée sur sa propre interprétation et sa spécialisation. Elle englobe des technologies variées et touche à de nombreux domaines dont il n'existe pas

encore de définition formellement codifiée et respectée par l'ensemble de la communauté scientifique et industrielle.

Dans le cadre de notre recherche, en nous basant sur la définition de (Bédard-Maltais, 2017; Pereira et Romero, 2017) sur l'Industrie 4.0, nous constatons que ces deux dernières sont précises et plus complètes.

En somme, en combinant les définitions de ces deux auteurs, nous définissons l'Industrie 4.0 comme un nouveau modèle de fabrication qui adopte les technologies numériques afin de concevoir des produits adaptés aux besoins des clients.

2-1-4 COMPOSANTES CLÉS DE L'INDUSTRIE 4.0

Les composantes clés de l'Industrie 4.0 constituent le socle technologique sur lequel repose cette révolution industrielle. Elles sont des technologies interdépendantes qui transforment l'industrie manufacturière en une industrie intelligente (Pereira et Romero, 2017).

(Hermann et al., 2016; Hofmann et Rüsch, 2017) évoquent quatre composantes clés suivantes de l'Industrie 4.0 : le système cyber-physique, l'Internet des objets, l'Internet des services objets, l'usine intelligente. D'un autre côté, Pereira et Romero présentent les composantes clés de l'Industrie 4.0 à savoir : le système cyber-physique, l'internet des

objets, les services basés sur l'Internet des objets. Ganzarain et Errasti (2016) quant à eux décrivent quatre composantes clés de l'Industrie 4.0 à savoir : usines intelligentes, systèmes cyber-physiques, auto-organisation, nouveaux systèmes de distribution. La réussite des projets de l'industrie 4.0 dépend de plusieurs technologies qui fonctionnent ensemble de manière intégrée et sécurisée, à savoir : l'Internet des objets, Usines intelligentes, systèmes cyber physiques, Internet des services, Intégration de systèmes, Infonuagique, Analyse du Big data et IA, Interopérabilité, Robots, Cybersécurité (Ricadela, 2023). Nous remarquons que quatre des composantes à savoir : (1) le système cyber-physique, (2) l'Internet des objets, (3) l'Internet des services et (4) l'usine intelligente sont celles qui reviennent le plus et sont jugées centrales pour la transformation numérique et l'adoption de l'Industrie 4.0 du fait qu'elles permettent une intégration complète des technologies de production modernes. Le tableau 2 présente ces composantes jugées clés de l'Industrie 4.0.

Tableau 2 : Composantes clés de l'Industrie 4.0 identifiées dans la littérature

Composantes clés	Auteurs
Système cyber-physique (CPS)	Hermann <i>et al.</i> , 2016 et par Hofmann et Rüsch, 2017 Kagermann <i>et al.</i> , 2013 Bauernhansl, 2014 cités par Hermann <i>et al.</i> , 2016 Pereira et Romero, 2017
Internet des objets (IoT)	Hermann <i>et al.</i> , 2016 Hofmann et Rüsch, 2017 Piccarozzi <i>et al.</i> , 2018 Kagermann <i>et al.</i> , 2013
Internet des services (IoS)	Hofmann et Rüsch, 2017
Usine intelligente	Kagermann <i>et al.</i> , 2013 cités par Hofmann et Rüsch, 2017 Weyer <i>et al.</i> , 2015 cités par Piccarozzi <i>et al.</i> , 2018 Qin <i>et al.</i> , 2016

Source : Auteur (2025)

2-1-4-1 LE SYSTÈME CYBER-PHYSIQUE

Le système cyber-physique est la première composante de l'Industrie 4.0 connue en anglais sous le terme Cyber-Physical Systems (CPS). Le CPS peut être défini comme une technologie innovante qui permet de gérer des systèmes interconnectés (Pereira et Romero, 2017). Les CPS représentent une avancée majeure dans le domaine de l'informatique et des

technologies de l'information et marquent un tournant en matière de production industrielle.

En effet, l'intégration de la cybersécurité dans les CPS est une priorité incontournable pour les entreprises adoptant l'Industrie 4.0, permettant d'assurer la continuité des opérations et la protection des données sensibles tout au long de la chaîne de valeur (Vaidya, 2018). Les entreprises doivent renforcer la sécurité de leurs infrastructures pour éviter toute perturbation et protéger les données contre les attaques malveillantes. Il serait important d'adopter de nouvelles stratégies de cybersécurité robustes pour répondre aux nouveaux défis posés par l'Industrie4.0 (Rüßmann *et al.*, 2015).

Dans sa structure, les CPS impliquent l'intégration de plusieurs agents réseau à savoir des capteurs, des actionneurs, des unités de traitement de contrôle et des dispositifs de communication (Barreto *et al.*, 2017). Par exemple dans l'industrie automobile, les CPS sont utilisés pour surveiller les chaînes de montage en temps réel. Des capteurs détectent des déviations dans les paramètres critiques (vitesse de production), et des algorithmes ajustent automatiquement les processus pour assurer une production fluide.

Le développement des CPS est marqué par une évolution progressive en trois phases. Tout d'abord, la première génération de CPS comprend des technologies d'identification telles que les étiquettes RFID, qui permettent une identification unique. Le stockage et l'analyse doivent être fournis sous forme de service centralisé (Hermann *et al.*,

2016). Ensuite, la deuxième génération de CPS est équipée de capteurs et d'actionneurs offrant une gamme de fonctions limitées. Enfin, les CPS de la troisième génération pouvant stocker et analyser des données sont équipés de multiples capteurs et actionneurs et sont compatibles avec les réseaux (Hermann *et al.*, 2016).

Nous considérons que la définition de Pereira et Romero (2017) est la plus claire de toutes sur les cinq définitions recueillies dans la littérature scientifique sur les CPS et présentées dans l'annexe 1, car elle englobe de manière générale presque tout ce qui a été dit par les auteurs précédents en mettant plus l'accent sur l'environnement physique et informatique. En somme, nous retiendrons la définition de Pereira et Romero (2017) pour cette recherche. L'annexe 1 présente les cinq définitions reprises de 4 articles qui traitent des CPS.

2-1-4-2 L'INTERNET DES OBJETS

L'Internet des objets (IDO) est la deuxième composante de l'Industrie 4.0 connu en anglais sous le terme Internet of Things. Il est un élément fondamental pour la mise en place de systèmes de production intelligents, car il renforce la capacité des entreprises à innover, à adapter leurs opérations et à gagner en compétitivité dans un marché de plus en plus dynamique (Hofmann et Rüsch, 2017).

Toutefois, il est essentiel de reconnaître que ses multiples facettes entraînent des définitions variées, chacune reflétant des aspects spécifiques de cette transformation

industrielle. En règle générale, selon Kagermann *et al.* (2013), l'Ido permet aux machines de communiquer et collaborer avec les humains pour atteindre les objectifs communs. Cette définition est presque identique à la définition de Pereira et Romero (2017) dans laquelle ils définissent l'IDO comme la connexion entre les objets physiques du quotidien, les personnes et les systèmes informatiques.

Cependant, (Michela *et al.*, 2018) affirment que l'Industrie 4.0, également connue dans le monde entier comme l'Internet des objets industriels, désigne l'intégration de technologies numériques permettant aux entreprises de développer des chaînes de valeur. Selon le (Ministère de l'Économie de l'Innovation et de l'Énergie) en 2022, l'Ido caractérise les objets physiques connectés, ayant leur propre identité numérique et étant capables de communiquer les uns avec les autres par internet ou d'autres réseaux de connexion. L'IDO révolutionne le monde de l'entreprise. Il semble lui ouvrir de nouveaux débouchés et rendre possible une meilleure utilisation de ses ressources. Dans les secteurs de l'industrie manufacturière et de l'énergie, les interactions de machines à machine permettent de suivre les opérations des machines-outils, de collecter de l'information, de recevoir des commandes numériques, de signaler les défaillances et d'envoyer des alertes de maintenance (Ministère de l'Économie de l'Innovation et de l'Énergie).

Les auteurs Hofmann et Rüsch (2017) notent que l'Internet des objets « semble dessiner une société où les individus auraient accès à un environnement connecté composé de technologies numériques de l'industrie 4.0 ». En effet, ces auteurs proposent une société

où les technologies intelligentes et autonomes sont omniprésentes et facilement accessibles tout en améliorant la qualité de vie des individus.

De l'ensemble des cinq définitions recueillies dans la littérature sur l'Internet des objets et présentées dans l'annexe 2, la définition de Kagermann *et al.* (2013) semble à notre avis la plus claire et la plus simple à comprendre, car elle met en avant l'interconnexion des personnes et systèmes informatiques. En somme, nous retiendrons cette définition dans le cadre de cette recherche.

2-1-4-3 L'INTERNET DES SERVICES

L'Internet des services est la troisième composante de l'Industrie 4.0 connue en anglais sous le terme Internet of Services (IOS). Ce concept de l'IOS facilite la prestation de services sur demande à distance en temps réel, ce qui crée des écosystèmes de services où différents acteurs (entreprises, fournisseurs, clients) collaborent via des plateformes numériques pour cocréer et échanger des services (Wahlster *et al.*, 2014).

D'après Schmidt *et al.* (2015) ; l'IOS permet une création de valeur, ce qui facilite l'interaction entre tous les acteurs de la chaîne. Le concept d'IOS ouvre de nouvelles perspectives pour le secteur des services. Il offre à la fois une base commerciale et technique qui facilite la création de réseaux d'entreprises où les fournisseurs de services et clients peuvent interagir de manière plus fluide. Les entreprises peuvent désormais

externaliser certains services et développer des solutions à forte valeur ajoutée tout en réduisant les coûts opérationnels (Pereira et Romero, 2017).

De l'ensemble des deux définitions recueillies dans la littérature sur l'internet des services et présentées dans l'annexe 3, la définition de Hofmann et Rüsch (2017) semble en particulier, à notre avis, la plus claire et la plus simple à comprendre. Elle facilite la création et l'optimisation des relations entre fournisseurs et clients, permettant aux entreprises de se développer.

2-1-4-4 L'USINE INTELLIGENTE

L'Usine intelligente est la quatrième composante de l'Industrie 4.0 connue en anglais sous le terme Smart Factory (SM). L'usine intelligente favorise une communication des systèmes cyber-physiques via l'Internet des objets et l'Internet des services. « Les usines intelligentes constituent une caractéristique clé de l'industrie 4.0. Les usines intelligentes sont capables de gérer la complexité, sont moins sujettes aux perturbations et sont en mesure de fabriquer des biens plus efficacement. » (Kagermann *et al.*, 2013, p. 19). Dans l'usine intelligente, les êtres humains, les machines et les ressources communiquent entre eux aussi naturellement que dans un réseau social.

De l'ensemble des deux définitions recueillies dans la littérature sur l'usine intelligente et présentées dans l'annexe 4, la définition de Kagermann semble à notre avis la

plus claire et la plus simple à comprendre. Elle transforme la nature du travail pour les employés. Cette évolution technologique conduit les travailleurs à assumer de nouvelles responsabilités, comme la prise de décisions.

L'annexe 4 présente les deux définitions reprises de 3 articles traitant de l'usine intelligente. L'usine intelligente signifie réseau intelligent, mobilité et la flexibilité des opérations industrielles. Elle constitue une révolution technologique qui transformera les processus de production et de logistique en environnements d'usine intelligente qui augmenteront la productivité et l'efficacité (Michela *et al.*, 2018).

2-2 LES PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES (PME)

2-2-1 DÉFINITION DES PME

Les PME jouent un rôle important dans le tissu économique et social car elles ont la capacité d'innover, de s'adapter et de maintenir une certaine agilité qui leur permet de surmonter les défis liés à la mondialisation. Il existe plusieurs définitions de la petite et moyenne entreprise dans la littérature. La plupart de ces définitions se base sur des critères tels que le nombre d'employés ainsi que le chiffre d'affaires annuel réalisé. Les PME représentent l'épine dorsale de l'économie québécoise. La PME peut se définir comme une entreprise de moins de 250 employés (Organisation de coopération et de développement

économiques, 2021). Selon la définition adoptée par le gouvernement du Québec (Statistiques Canada, 2021), une PME est une entreprise comptant moins de 500 employés et dont le chiffres d'affaires ne dépasse pas 50 millions de dollars. Toutefois, la majorité des PME au Québec emploie moins de 100 employés, ce qui met en lumière le caractère familial et local de ces entreprises.

Malgré la différence entre la moyenne et la grande entreprise qui varie entre le reste du monde et le Canada, on remarque au Tableau 3 que plus de 97 % des PME au Québec emploient moins de 100 employés (Statistiques Canada, 2021).

Tableau 3 : Nombre d'entreprises selon le secteur et la taille de l'entreprise (nombre d'employés), décembre 2021

Nombre d'employés	Pourcentage cumulatif des entreprises avec employés	Nombre d'emplacements avec employés		
		Total	Secteur des biens	Secteur des services
1-4	55,3	671 347	147 630	523 717
5-9	74,1	227 448	49 490	177 958
10-19	86,7	152 472	28 083	124 389
20-49	95,1	102 543	19 475	83 068
50-99	97,9	33 848	7156	26 692
Petites entreprises (1-99)	97,9	1 187 658	251 834	935 824
100-199	99,2	15 639	3 534	11 835
200-499	99,8	7 331	1 808	5 523
500+	100	2 868	508	2 360
Total		1 213 226	257 684	955 542

Source : (Statistiques Canada, 2021)

Selon une étude réalisée par Statistiques Canada (2021) (Tableau 4) en décembre 2021, le Canada comptait 1,21 million d'entreprises avec employés, dont 1,19 million (97,9%) étaient des petites entreprises, 22700 (1,9%) des entreprises de taille moyenne et 28682 (0,2%) des grandes entreprises. Plus de la moitié des petites entreprises avec employés au Canada sont établies en Ontario et au Québec (437891 et 249480 respectivement). L'ouest canadien compte un nombre élevé de petites entreprises, la Colombie-Britannique arrivant en tête avec 187186. Dans la région de l'Atlantique, la Nouvelle-Écosse est la province qui compte le plus grand nombre de petites entreprises, soit 28899.

Tableau 4 : Nombre total d'entreprises avec employés selon la taille de l'entreprise, décembre 2021

Province / territoire	Petite entreprise	Pourcentage	Moyenne entreprise	Pourcentage	Grande entreprise	Pourcentage	Total
Terre-Neuve-et-Labrador	15 560	98,1	267	1,7	29	0,2	15 856
Île-du-Prince-Édouard	6 101	98,3	99	1,6	8	0,1	6 208
Nouvelle-Écosse	28 899	98,0	534	1,8	68	0,2	29 501
Nouveau-Brunswick	24 097	98,0	437	1,8	52	0,2	24 586
Québec	249 480	97,7	5 158	2,0	690	0,3	255 328
Ontario	437 891	97,7	8 930	2,0	1 186	0,3	488 007
Manitoba	39 192	97,7	806	2,0	118	0,3	40 116
Saskatchewan	39 884	98,4	577	1,4	67	0,2	40 528
Alberta	155 467	98,0	2 835	1,8	334	0,2	158 636

Colombie-Britannique	187 186	98,0	2 970	1,6	309	0,2	190 465
Territoires	3 901	97,6	87	2,2	7	0,2	3 995
Canada	1 187 658	97,9	22 700	1,9	2 868	0,2	1 213 226

Source : (Statistiques Canada, 2021)

L’analyse de la contribution des PME au PIB est une méthode clé pour évaluer leur impact sur l’économie canadienne. Le PIB est une importante mesure de la production qui peut servir à comparer la valeur ajoutée de deux secteurs différents c’est-à-dire la valeur qu’un secteur ajoute aux intrants qu’il utilise en menant ses activités. Selon les estimations produites par Innovation Sciences et Développement économique Canada (2022), la contribution au PIB selon la taille des entreprises a varié légèrement tout au long de la période 2008-2019 (Figure 2).

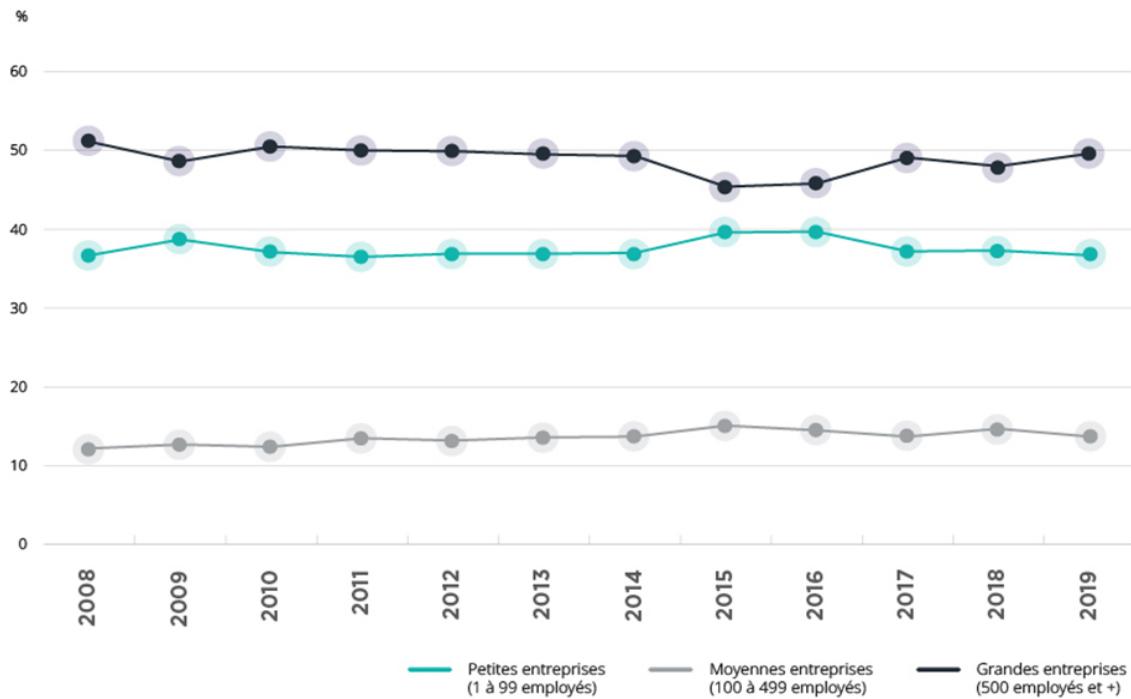


Figure 2: Contribution au PIB selon la taille de l'entreprise, Canada, 2008-2019.

Source : Innovation Sciences et Développement économique Canada (2022)

Selon le Gouvernement du Québec (2024), la belle région du Saguenay-Lac-Saint-Jean, en 2015, représentait 3,17 % de la population du Québec (286 768 habitants) et se classait au 11e rang parmi les 17 régions administratives. La densité de population de ce territoire de 95 761 km² est de 3,0 hab./Km². Dans la province du Québec, elle est considérée comme étant la troisième région québécoise en termes de superficie après la Côte-Nord et le Nord-du-Québec.

« La région du Saguenay-Lac-Saint-Jean compte cinq municipalités régionales de comté (MRC) et territoires équivalents (TE). La ville de Saguenay, qui est une MRC,

compte à elle seule plus de 50 % de la population de la région » (Ministère des Affaires municipales et de la Métropole, 2001).

La chambre de commerce de la région de Saguenay compte 4000 entreprises, dont plus de 1000 membres. De 2018 à 2022, les ventes de biens fabriqués ont augmenté en moyenne de 11,3% par année au Saguenay-Lac-Saint-Jean, comparativement à un gain annuel moyen de 7,1% dans l'ensemble du Québec (Gouvernement du Québec, 2023). La situation du secteur de la fabrication est favorable dans la région, puisque la tendance à la hausse se poursuit. En 2023, l'investissement privé au Saguenay-Lac-Saint-Jean a diminué de 1,7% pour atteindre 1 502,0 millions de dollars canadiens. Au Québec, il a enregistré une augmentation de 4,1% (Gouvernement du Québec, 2023). Le secteur des PME se porte relativement bien au Saguenay comparé à d'autres villes semblables. Quand on regarde les statistiques, on se rend compte que la structure économique de la région est bien organisée. Sa prospérité ne se repose pas que sur les grandes compagnies, puisqu'elle comprend des PME dans tous les secteurs d'activité, souligne le président et chef de la direction du CPQ, Karl Blackburn (Boivin Forcier, 2023).

2-2-2 IMPORTANCE DES PME

La fonction fondamentale des PME est de produire de la richesse, ce qui implique une optimisation continue des différents facteurs de production. Les PME doivent ajuster

leurs processus, améliorer leur productivité et innover, leur permettant d'accroître leur efficacité opérationnelle (Julien, 1994).

Ipinnaïye *et al.* (2017) qualifient la PME de moteur de la croissance en ce sens qu'elle est la principale source de dynamisme et de flexibilité dans les économies développées et en voie de développement. Les PME jouent un rôle important dans le développement économique d'un pays, du fait de leur capacité à s'adapter rapidement aux changements du marché, à innover et créer des emplois (Organisation de coopération et de développement économiques, 2017). Les PME contribuent à l'absorption de la main d'œuvre disponible, mais aussi à la réduction du chômage et améliorent le bien-être des individus en générant de nouvelles opportunités d'emplois (Banque mondiale, 2016).

En 2021, il y avait environ 16,2 millions de personnes employées au Canada (Innovation Sciences et Développement économique Canada, 2022). De ce nombre, 74,8% travaillaient dans le secteur privé et 25,2 % dans le secteur public. En 2021, les entreprises du secteur privé employaient 12,1 millions de personnes au Canada. La plupart de ces employés, soit 67,7% (8,2 millions), travaillaient pour de petites entreprises, comparativement à 20,4% (2,5 millions) pour de moyennes entreprises et 11,8% (1,4 million) pour de grandes entreprises. Au total, les PME employaient 88,2 % de la main d'œuvre du secteur privé (10,7 millions de personnes), ce qui témoigne du rôle important qu'elles jouent dans l'emploi des Canadiens. Les PME jouent un rôle essentiel dans

l'emploi des Canadiens partout au pays (Innovation Sciences et Développement économique Canada, 2022).

En définitive, l'importance principale des PME est de créer de la richesse de diverses façons, de protéger l'environnement en adoptant des pratiques durables et responsables, favoriser le développement par leur dynamisme mais aussi en soutenant l'innovation et l'entrepreneuriat.

2-2-3 DÉFIS DES PME POUR ENGAGER LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Plusieurs aspects de la transformation numérique sont étroitement liés à la stratégie d'entreprise, comme le soulignent Vivier et Ducrey (2019). Ces aspects incluent notamment le leadership, la gestion des technologies, la gestion des données, la culture organisationnelle, et les indicateurs de suivi.

Selon le rapport (Leger) sur l'état de la numérisation des entreprises au Québec en 2024, au cours des trois dernières années, les entreprises (504) ont investi, en moyenne, un peu plus de 107 000 dollars CAN dans le numérique. Plus les entreprises comptent d'employés et plus elles se considèrent matures sur le plan numérique, plus elles ont investi des sommes élevées au cours de cette période. Seuls 6% des entreprises ont déclaré n'avoir fait aucun investissement en ce sens au cours des trois dernières années. Les entreprises comptent investir au cours des douze prochains mois, en moyenne près de 115 000 dollars

CAN dans le numérique (Leger, 2024). Celles qui emploient 50 employés ou plus entrevoient toutefois des investissements beaucoup plus importants (près de 304 000). Par ailleurs, il est intéressant de souligner que 80 % des entreprises qui ont investi dans le numérique au cours des trois dernières années ont l'intention de continuer d'investir au cours des douze prochains mois (Leger, 2024).

Les PME sont confrontées à une série de défis uniques lorsqu'elles entreprennent leur transformation numérique. Parmi ceux-ci, on trouve la limitation des ressources financières et humaines ainsi que la résistance au changement au sein de l'organisation. Investir dans de nouvelles technologies représente un coût important pour les PME, qui doivent souvent jongler avec des budgets serrés. La transformation numérique est fondamentale afin d'assurer la pérennité des entreprises manufacturières, mais les entreprises manquent de temps et de ressources pour réaliser leurs projets d'innovation et de transformation technologique (Le Réseau des centres d'expertise industrielle, 2022).

Pour Gamache *et al.* (2017), les PME québécoises font face au défi du manque de connaissances, de ressources et de vision parce qu'elles sont toujours incapables de maintenir un environnement numérique compétitif. La transformation numérique offre un potentiel énorme pour les PME québécoises, mais le manque de compétences technologiques est le principal frein à la transformation numérique pour 70 % des entreprises (Talsom, 2022). Les pays en développement ne seront pas en mesure de tirer réellement parti de la quatrième révolution industrielle pour se développer s'ils ne disposent

pas des infrastructures industrielles, numériques et des compétences requises (Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, 2022, p. 15). En l'absence de ces éléments, peu d'entreprises des pays en développement seront en mesure de déployer les technologies de l'industrie 4.0.

S'il existe plus d'une approche pour réussir sa transformation numérique, trois raisons peuvent expliquer pourquoi les organisations n'arrivent pas à tirer le plein potentiel de leurs programmes de transformation numérique (Conseillers en gestion et informatique, 2022) :

- De nombreuses organisations considèrent toujours la technologie comme une fonction de soutien ou un centre de coûts et non pas comme créatrice de valeur stratégique.
- De nombreux programmes de transformation numérique sont traités comme des projets technologiques et non comme une initiative de transformation.
- La prolifération de la technologie et sa facilité d'accès contribuent au déploiement d'environnements de TI excessivement complexes et de plus en plus coûteux.

2-3 TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

« La transformation numérique s'inscrit dans un mouvement ancien, démarré avec l'arrivée des micro-ordinateurs dans les administrations au cours des années 1980, et qui s'est accéléré avec l'essor d'Internet ». (Jacob *et al.*, 2022, p. 3). Ces modifications ont

impacté directement ou indirectement nos modes de vie. Les outils numériques ont pris une place prépondérante dans notre société. La transformation numérique est née de la convergence de plusieurs facteurs (Bégon-Tavera, 2021), dont l'avènement et l'utilisation de masse d'Internet, l'augmentation des capacités de stockage et le traitement des données. Ces avancées ont profondément modifié les us et coutumes des particuliers mais aussi des entreprises (Mazzone, 2014).

2-3-1 DÉFINITION DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Les différentes définitions de la transformation numérique recouvrent des phénomènes aux périmètres divergents. Certains auteurs définissent la transformation numérique comme l'utilisation de technologies de l'information et d'outils électroniques pour améliorer, personnaliser et automatiser la fourniture de produits et services aux entreprises (Andal-Ancion *et al.*, 2003). Dans une perspective plus large, d'autres auteurs conçoivent la transformation numérique comme « un processus stratégique de révision en profondeur des biens et services, dépassant la simple numérisation des activités existantes. Elle s'inscrit dans une logique de changement structurel de la transition technologique, l'innovation dans la prestation des services » (Mergel *et al.*, 2019, p. 12)

Pour comprendre la signification de la transformation numérique, nous sommes d'abord intéressés à la définition de ces termes. Transformation prend son étymologie du mot latin « transformare » qui signifie changer. La définition des Éditions Larousse pousse

l'analyse et le sens de ce mot un peu plus loin : action de transformer, rendre quelque chose différent, le faire changer de forme, modifier ses caractères généraux (Larousse, 2024). Le mot numérique, quant à lui, possède également une origine latine qui est *numerus*, ce qui signifie nombre ou encore multitude. La signification du numérique est : la représentation d'informations ou de grandeurs physiques au moyen de caractères, tels que des chiffres, ou au moyen de signaux à valeurs discrètes (Larousse, 2024). L'étude de différents articles sur le sujet nous a amenés au fait qu'il n'existe pas de consensus sur une définition unique de transformation numérique. Elle est présentée comme une démarche structurée dans laquelle une organisation adapte plusieurs dimensions clés de son fonctionnement aux changements fondamentaux provoqués par les technologies numériques (Singh, 2022).

Selon Chaintreuil (2015), la transformation numérique est une démarche dans laquelle une organisation adapte sa proposition de valeur, son modèle d'affaires, sa stratégie, ses opérations et ses technologies aux changements fondamentaux apportés par les technologies numériques. Il s'agit d'assurer une réinvention profonde du fonctionnement et de la vision de l'entreprise, afin qu'elle soit capable de rester compétitive dans un environnement économique de plus en plus numérisé. La transformation numérique est une initiative stratégique qui intègre les technologies numériques dans tous les aspects d'une organisation (International Business Machines Corporation, 2024) .

Selon le Gouvernement du Québec (2023), la transformation numérique des entreprises est essentielle pour assurer leur croissance et augmenter notre productivité. La

numérisation s'avère nécessaire pour faire face à la pénurie de main-d'œuvre, d'où l'importance de ce déploiement. En effet, la transformation numérique représente un accélérateur de carrière et d'emploi, car elle aide à développer de nouvelles compétences. Enfin, pour les entreprises, l'utilisation de logiciels pour automatiser les tâches peut réduire les coûts et augmenter la productivité (HUB Institute, 2017). La transformation numérique est un phénomène quotidiennement observé, qui a impacté considérablement les pratiques des consommateurs mais également la culture d'entreprise en modifiant ses mentalités et ses processus (Fayon et Tartar, 2014). Plusieurs éléments sont à prendre en compte dans cette vision : le changement tant au niveau des consommateurs et des entreprises que des processus.

La transformation numérique repose sur trois éléments : la dématérialisation, l'automatisation et la désintermédiation. La dématérialisation désigne la disparition progressive des supports physiques dans l'administration pour réaliser certaines tâches (Calexia Group, 2018). Elle traduit la capacité des organisations à se débarrasser de supports physiques. L'automatisation, quant à elle, se traduit par la programmation d'algorithmes qui viennent en soutien à la prise de décision et trouve sa place dans les organisations où les objectifs sont clairement définis et où les processus administratifs sont clairs (Jacob et Souissi, 2020, p. 30). La désintermédiation désigne la diminution marquée ou la disparition progressive du nombre d'intermédiaires entre le fournisseur principal d'un service et son utilisateur final, dans le but de les mettre directement en relation (Hammond *et al.*, 2023).

Nous avons voulu proposer notre propre définition de la transformation numérique en nous focalisant sur les entreprises : la transformation numérique est un phénomène subi et/ou voulu par les entreprises, les poussant à modifier leur organisation en intégrant la technologie du numérique dans le but d'améliorer fondamentalement les performances de l'entreprise.

2-3-2 L'ÉMERGENCE DU NUMÉRIQUE

Le numérique est apparu à la fin des années 40. Des études militaires ont permis la création des premiers ordinateurs, dans le but de déchiffrer les codes de communications ennemis. On dénombre six concepts de « supercalculateur » qui ont été mis au point par les ingénieurs les plus talentueux de chaque puissance : Atanasoff-Berry, Stibitz Model-I, Le colossus, ENIAC, Zuse Z3 et Harvard Mark-I. (Ceruzzi, 2012). A la fin de la Seconde Guerre mondiale, le monde entier s'est lancé dans la course au développement de cette nouvelle technologie. Et c'est le 14 juin 1951, que le premier ordinateur à but commercial voit le jour. Maintenant que l'outil principal avait été conçu, il a fallu lui donner les éléments nécessaires à sa pleine exploitation en commençant par : le réseau. Selon Ceruzzi (2012), ce dernier a été la réponse conçue par l'ARPA, l'agence Américaine du ministère de la Défense spécialisée dans la recherche et le développement du lancement de Spoutnik une année plus tôt.

En 1967, le projet de mise en réseau de l'ARPA prit le nom de l'ARPANET. La première communication effectuée par ce système s'est déroulée en 1969 mais n'a été connue du public qu'en 1972 pour des raisons de confidentialité (Ceruzzi, 2012). Dans les années 70, un ordinateur personnel n'était pas un outil simple pour communiquer, il était nécessaire de relier l'ordinateur à un modem qui était lui-même, branché à une ligne téléphonique.

Par la suite, le numérique a continué de se développer de jour en jour jusqu'à devenir un élément incontournable de notre quotidien. Le développement du numérique au sein des entreprises a débuté dans les années 80 pour s'intensifier vers le début des années 90 (Castells, 1996). Dans un premier temps cet outil était réservé aux salariés possédant un rôle clé dans les organisations, mais s'est répandu comme une traînée de poudre lors de la croissance économique des années 1995- 2001 (Castells, 1996). La part des entreprises industrielles de 20 salariés et plus, disposant d'un ordinateur connecté à un réseau a doublé entre 1994 et 1997 passant de 32 % à 63 %. (Favre et Greenan, 1998). Vers la fin du XXème siècle, un tiers des entreprises avait un accès à internet ; elles sont aujourd'hui 99 % à en posséder un (Fuchs, 2007). L'ordinateur apparaît donc comme un élément essentiel aux entreprises actuelles.

2-3-3 LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE, UN CHANGEMENT POUR LE SALARIÉ

Les employés ont dû faire face à l'arrivée des nouveaux outils numériques et pour les aider dans cette phase d'apprentissage, l'entreprise a dû investir dans des formations de façon que ces employés acquièrent les compétences nécessaires à l'exploitation optimale de ces derniers (Organisation de coopération et de développement économiques, 2016). La formation est un enjeu incontournable pour les organisations qui ont mis au centre de leur structure la technologie. Ces changements numériques ont donné une place prépondérante à l'optimisation de la compréhension « écrit/lecture » au travail selon Moatty et Rouard (2009). En effet, les logiciels de traitement de texte, la messagerie électronique et les logiciels de présentation tels que « PowerPoint » sont tous des outils pour lesquels la compréhension et l'écrit sont indispensables. La compréhension de son poste et de la tâche à effectuer n'est donc plus suffisante et l'on demande maintenant aux salariés de comprendre les processus opérationnels de l'entreprise et les flux d'informations dans lesquels ils sont impliqués.

Les technologies sont utilisées depuis un certain temps dans le milieu professionnel et les processus ne cessent de se développer (Castets-Renard, 2014). Le développement des outils numériques tels que le smartphone ou l'ordinateur « ultraportable », nous permet d'être accessibles n'importe quand et n'importe où, à condition d'avoir un point d'accès réseau. Nous disposons du même temps de travail, tout en étant plus rapide et plus productif.

Un rapport de la Direction Générale du Travail et du Centre d'analyse Stratégique (2012), un travail coordonné par Tristan Klein et Daniel Ratier a permis de recenser cinq risques principaux liés aux TIC au travail :

- L'augmentation du rythme et de l'intensité du travail,
- Le renforcement du contrôle de l'activité pouvant réduire l'autonomie des salariés,
- L'affaiblissement des relations interpersonnelles et/ou des collectifs de travail,
- Le brouillage des frontières spatiales et temporelles entre travail et hors-travail,
- La surcharge informationnelle (Rapport n°49 - CAS-DGT, 2012, p. 4).

L'intensité du travail, l'affaiblissement des relations interpersonnelles, la maigre limite entre travail et non travail ainsi que la surcharge informationnelle sont des dimensions que l'on retrouve dans le rapport de recherche « TIC et conditions de travail » (Greenan *et al.*, 2012). Dans cet ouvrage, ils démontrent également l'importance de ces outils sur l'estime personnelle du salarié. En effet, les employés qui utilisent les TIC, sont insérés dans un collectif de travail et disposent d'une large autonomie, leur travail est reconnu et valorisé. Ceci les incite à s'impliquer davantage au travail et en dehors, ce qui peut avoir des effets néfastes à long terme.

Le bien-être au travail n'est pas la seule remise en question qu'il y a eue à la suite de l'arrivée des TIC, la santé des salariés est aussi entrée dans l'étude de cas. En effet, les

effets directs dues aux ondes, la fatigue visuelle et troubles musculosquelettiques, ainsi que les effets indirects tels que le stress, sont des effets directement liés à l'intensification du travail selon Klein et Govaere (2012). Ce facteur de stress, selon Chouanière *et al.* (2009), est amplifié par l'usage d'un écran dans le cadre du travail.

CHAPITRE 3

MÉTHODOLOGIE

3.1 TYPE DE RECHERCHE

Dans le cadre de l'étude exploratoire sur la transformation numérique dans la gestion des PME, la précision des résultats dépend du nombre de cas étudiés et de la qualité des données collectées. Un logiciel d'analyse (SPSS) sera utilisé. Bien que cette recherche adopte une approche quantitative pour produire des résultats mesurables et objectifs, elle s'appuie également sur des données secondaires issues de la littérature scientifique et de diverses sources fiables. Cette démarche s'inscrit dans une méthode hybride. La revue systématique, telle qu'adoptée ici, appartient aux approches non traditionnelles, du fait que nous ne pouvons pas la classer comme quantitative ou qualitative (Fortin et Gagnon, 2010).

L'étude, qui se repose sur une analyse approfondie des données secondaires, nous permettra d'évaluer et de synthétiser une quantité importante d'informations pertinentes au sujet de la transformation numérique dans la gestion des PME. La revue systématique de la documentation a été choisie comme méthode principale pour répondre à la problématique centrale. Elle nous permet une compréhension approfondie des

thématiques existantes, en identifiant les tendances clés et les lacunes dans les connaissances disponibles. Cette méthode nous garantit une analyse rigoureuse et structurée qui aboutira à des conclusions pertinentes pour explorer les défis et les opportunités de la transformation numérique dans la gestion des PME.

Le principal objectif de recenser les écrits existants depuis dix années est de fournir une vue d'ensemble des recherches scientifiques traitant du thème de la transformation numérique dans la gestion des PME. Cette approche permet d'identifier les tendances, les défis et les opportunités liés à la transformation numérique des PME. La synthèse des résultats issus de diverses études est reconnue depuis longtemps comme une méthode scientifique rigoureuse. Cette technique, basée sur une recension systématique de la littérature, permet de tirer des conclusions pertinentes à partir d'un large éventail de recherches abordant une problématique commune. Dans le cas de cette étude, la revue systématique constitue un outil précieux pour synthétiser les nombreux écrits disponibles sur la transformation numérique des PME. Elle offre une structure rigoureuse pour synthétiser des informations issues de multiples études, permettant ainsi de mieux comprendre les défis, opportunités et les pratiques associés à la transformation numérique des PME.

Selon Lemay *et al.* (2008), cette méthodologie repose sur cinq étapes essentielles, adaptées à notre problématique : la formulation de la question de recherche, la recherche bibliographique et évaluation des critères d'inclusion, l'évaluation de la pertinence des

articles scientifiques, l'évaluation du contenu des articles scientifiques à partir des critères d'inclusion et l'évaluation de la rigueur méthodologique des articles scientifiques. La revue systématique est une approche qui permet de collecter et d'analyser systématiquement les recherches disponibles sur un sujet. Elle permettra de synthétiser les connaissances existantes sur la transformation numérique dans la gestion des PME en exploitant une grande quantité de données secondaires issues de recherches académiques et professionnelles.

3.2 PERTINENCE DE LA MÉTHODOLOGIE

Il est important de distinguer une revue systématique et une méta-analyse afin d'expliquer les raisons qui justifient le choix de la méthode retenue pour cette étude exploratoire sur la transformation numérique dans la gestion des PME. Elles présentent des caractéristiques distinctes qui influencent la qualité des résultats obtenus et des conclusions qui en découlent, bien que ces deux approches soient couramment utilisées pour synthétiser les résultats de recherches antérieures.

Selon Columb et Lalkhen (2005), le terme méta-analyse est « l'analyse des analyses ». Elle peut présenter des lacunes comme : une tendance à surestimer les résultats en raison d'un échantillon non représentatif de l'ensemble des études disponibles, des difficultés liées à l'analyse combinatoire et statistique, le non-respect des critères méthodologiques. Il existe plusieurs raisons qui nous ont amenées à choisir la revue

systématique pour cette étude. Elle est rigoureuse, transparente et permet de sélectionner les études pertinentes traitant de manière claire la transformation numérique dans la gestion des PME. Elle favorise une analyse exhaustive et une synthèse critique des connaissances disponibles (Landry et Québec, 2008). La stratégie de recherche adoptée dans cette étude se repose sur l'importance que nous devons accorder à la collecte et à la synthèse des données, en accumulant un maximum d'informations sur la transformation numérique dans la gestion des PME. Nous devons respecter plusieurs critères rigoureux pour sélectionner les études afin de garantir la fiabilité et la crédibilité des résultats, tout en facilitant la résolution de la problématique. En définitive, la revue systématique répond parfaitement à cette stratégie de recherche, permettant d'atteindre les objectifs fixés de manière rigoureuse et méthodique.

3.3 DESCRIPTION DE LA DÉMARCHE

Dans le cadre de cette étude exploratoire sur la transformation numérique dans la gestion des PME, nous avons débuté par la fixation des mots clés pour la recherche électronique. Ces mots-clés pertinents incluent des termes tels que (transformation numérique, Digital transformation, Industrie 4.0, Industry 4.0, gestion, PME et des concepts connexes comme adoption technologique et gestion numérique). Nous avons énoncé des critères d'inclusion et d'exclusion afin de guider la sélection des études pertinentes. Après avoir collecté les documents initiaux, nous avons évalué chaque publication en fonction de ces critères. Les études retenues ont été définitivement enregistrées après une lecture

détaillée pour garantir leur pertinence à la problématique. Ensuite, une grille d'analyse a été élaborée pour extraire systématiquement les informations clés des articles. Nous avons utilisé le logiciel bibliographique EndNote pour gérer efficacement les références. Ce logiciel permet de regrouper les articles issus de différentes sources, d'éliminer les doublons et de faciliter l'insertion des références et la production de la bibliographie. Nous avons effectué la collecte de données en prenant en compte les articles répondant aux critères établis. Les résultats ont ensuite été organisés et présentés sous forme de schémas, tableaux et représentations graphiques pour en faciliter l'interprétation. La pertinence des résultats obtenus repose non seulement sur le volume de documents sélectionnés, mais surtout sur la qualité des données recueillies.

Une revue systématique suit cinq étapes interdépendantes telle qu'elle est représentée dans la figure 3, comme l'ont souligné de nombreux chercheurs. Ces étapes étant à la fois systématiques et itératives permettent des ajustements pour affiner le processus si nécessaire (Landry et Québec, 2008). Dans les sections suivantes, nous avons détaillé chaque étape de cette démarche méthodologique.

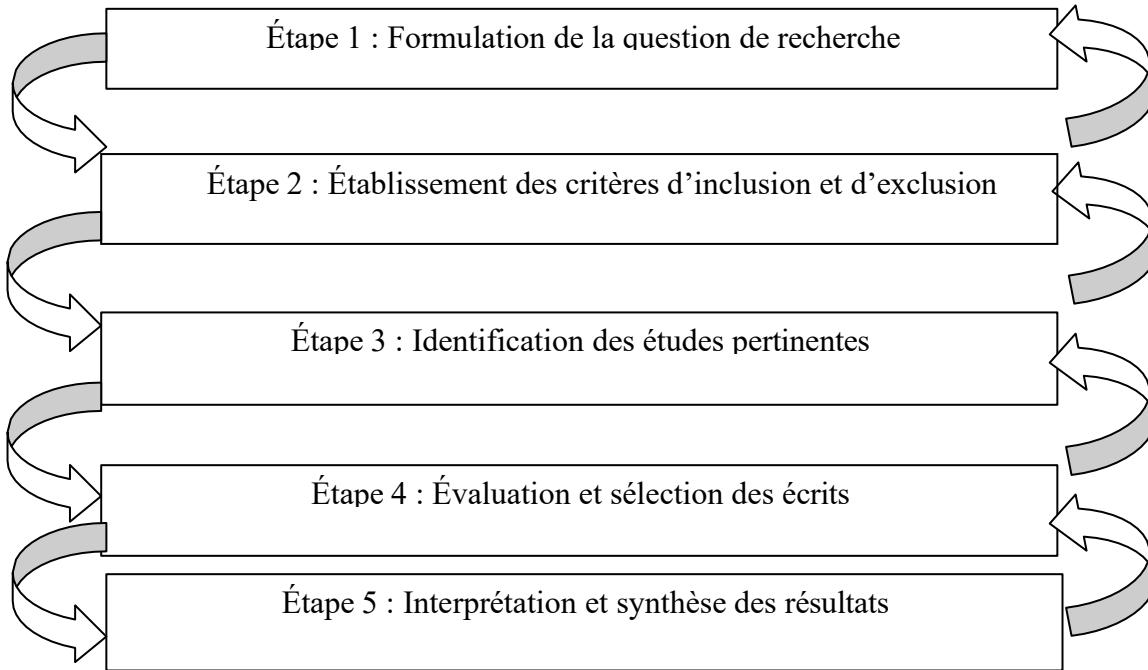


Figure 3 : Processus de la revue systématique Source (Landry et Québec, 2008, p. 9)

3.3.1 ÉTAPE 1 : FORMULATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE

La recension des écrits dans le cadre de cette étude exploratoire nous a permis de constater que les études disponibles visent généralement à décrire des phénomènes ou d'analyser les relations entre diverses variables. A notre connaissance, aucun article n'a présenté une synthèse exhaustive des publications portant spécifiquement sur la transformation numérique dans la gestion des PME au cours des dernières années. Les recherches exploratoires, descriptives et explicatives constituent les principaux types d'études qui ont été retrouvées dans les articles mais elles ne fournissent que des perspectives partielles sur le sujet. Nous avons pu découvrir les principaux thèmes abordés

dans les écrits, incluant les enjeux liés à l'adoption des technologies numériques, les facteurs de succès, les obstacles rencontrés ainsi que les impacts organisationnels et économiques de la transformation numérique. Cependant, nous avons peu d'informations concernant la synthèse des connaissances générales sur la problématique spécifique ainsi que sur les caractéristiques des études générales.

Quelles sont les connaissances publiées sur la transformation numérique dans la gestion des PME ? Nous cherchons à identifier, organiser et analyser les écrits disponibles afin de dresser un état des lieux des connaissances sur ce sujet à travers cette question. Nous remarquons que les publications existantes explorent de nombreux aspects tels que les stratégies numériques, l'impact des technologies sur la compétitivité et les contraintes spécifiques des PME. Cependant, aucune synthèse globale ne semble avoir été réalisée pour centraliser ces informations. Par conséquent, cette recherche documentaire vise à accumuler une quantité significative d'articles pertinents et à produire une synthèse rigoureuse de l'état actuel des connaissances sur la transformation numérique des PME, comblant ainsi une lacune importante dans la littérature.

3.3.2 ÉTAPE 2 : ÉTABLISSEMENT DES CRITÈRES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION

La sélection des articles se fait sur la base d'un ensemble de critères d'inclusion et d'exclusion auxquels un article doit répondre pour qu'il soit retenu. Si les critères ne sont pas satisfaits, l'article doit être écarté, comme le montre le tableau 5. Ces critères sont

spécifiquement conçus en fonction des objectifs de la présente recherche, permettant de déterminer si un article devait être retenu ou écarté. Nous avons défini le champ d'étude de manière précise, à savoir les enjeux, défis et opportunités de la transformation numérique dans la gestion des PME, en nous basant sur des publications académiques issues de revues évaluées par les pairs. Ensuite, afin de limiter les résultats à des études pertinentes, nous avons fixé des critères temporels et thématiques. Les articles doivent traiter de la transformation numérique ou des technologies numériques appliquées aux PME, en tenant compte des particularités et des tendances globales. Les études anciennes ou ne répondant pas directement à la problématique de la transformation numérique dans la gestion des PME ont été exclues. Le respect de ces critères dans la sélection des documents nous garantit que seules les études de haute qualité et directement liées à la problématique seront incluses dans l'analyse. Cette rigueur dans la sélection des données assure également la crédibilité scientifique et la pertinence des résultats obtenus, ce qui contribue ainsi à une synthèse fiable et exhaustive sur l'état des connaissances dans ce domaine.

Tableau 5 : L'établissement des critères d'inclusion et d'exclusion

Critère	Inclure	Exclure
Sujet	La transformation numérique dans la gestion des PME.	
Année	Publications datant des dix dernières années	
Type de source	Publications académiques	Quotidiens Magazines Les travaux audios et vidéo Les comptes rendus Journaux Les ouvrages Les mémoires et les thèses
Langue	Anglais / Français	
Type de Périodique	Périodique avec comité D'évaluation	

Source : Auteur (2025)

3.3.3. ÉTAPE 3 : IDENTIFICATION DES ÉTUDES PERTINENTES

Dans le cadre de cette recherche, la collecte de données constitue l'outil principal permettant de construire une compréhension précise de l'état des connaissances sur la transformation numérique dans la gestion des PME. Il faut signaler que les publications sur ce sujet sont vastes. Notre échantillon est constitué de 172 articles jugés pertinents. Ces articles sont regroupés dans le système d'exploitation EndNote utilisé pour indexer les références documentaires. Les informations recueillies sont codifiées et enregistrées dans le logiciel statistique SPSS afin de faciliter l'analyse. Néanmoins, notre base de départ a été composée à partir de deux types de revues : des revues spécialisées en gestion et entrepreneuriat, des revues axées sur la technologie, l'innovation et les systèmes d'information. Ces revues sont évaluées par les pairs et abordent les principaux aspects de la transformation numérique dans la gestion des PME. Elles répondent parfaitement aux intérêts généraux des différentes parties prenantes impliquées dans ce processus, qu'il s'agisse des dirigeants, des employés ou des experts en technologies numériques.

Il est fondamental d'appliquer la rigueur scientifique tout au long de la phase d'extraction des données. Après avoir bien précisé la question et la finalité de la recherche, et la liste des critères d'inclusion et d'exclusion, il devient essentiel de vérifier la qualité des documents collectés. Dans ce mémoire, chaque article sélectionné doit être examiné afin de garantir le respect des critères d'admissibilité qui assurent sa qualité. Avant de décider de garder définitivement un document, ce dernier doit remplir les conditions

nécessaires à la sélection. Les principaux facteurs pouvant affecter la qualité d'un article sont le sujet de l'étude et le type de source. La bibliothèque en ligne de l'UQAC nous a permis de gagner un temps considérable. En effet, les sources d'informations étaient bien classées par discipline, les bases de données étaient disponibles et permettaient d'effectuer des recherches avancées et l'accès direct aux références était aussi extrêmement simple et rapide.

Comme représenté à la figure 4 ci-dessous, la démarche d'extraction et de sélection des articles a utilisé trois niveaux de tri : le premier tri s'est basé à la lecture du titre de l'article pour limiter le nombre de résultats afin d'obtenir les études potentiellement pertinentes ; le deuxième tri s'est basé aux critères d'inclusion portant sur le sujet, le type de revue, le type de document et la langue de publication ; le troisième tri s'est basé à la lecture approfondie des articles potentiellement pertinents. Cette lecture a été guidée par une grille de lecture objectivement conçue.

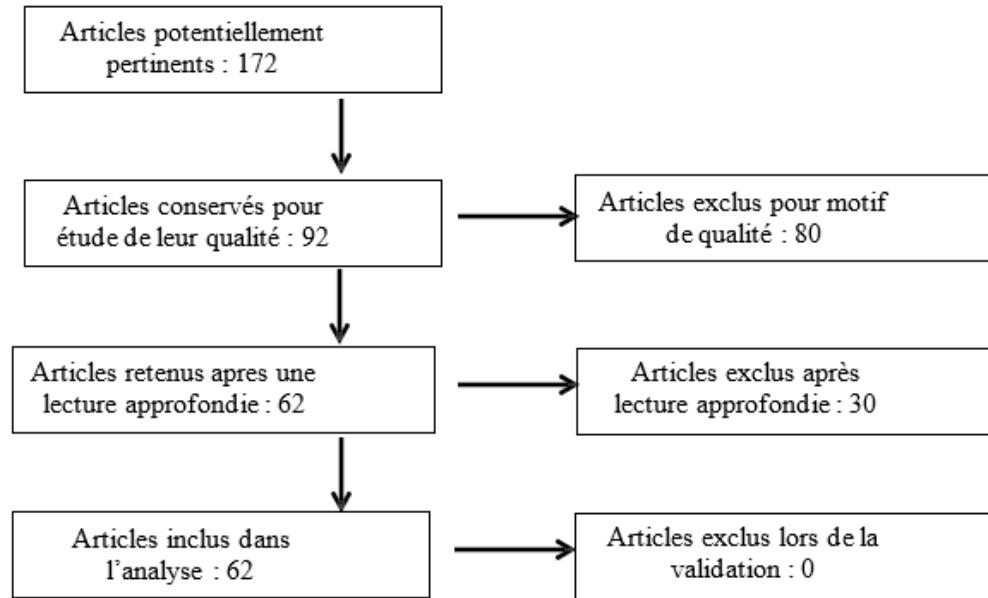


Figure 4 : Diagramme d'extraction et de sélection des articles.

Source : Auteur (2025)

3.3.4 ÉTAPE 4 : ÉVALUATION ET SÉLECTION DES ÉCRITS

Les 172 documents initiaux sont le résultat d'une recherche électronique simple effectuée sur les bases de données (l'outil de découverte de l'UQAC, Cairn.info, Érudit, Google Scholar) qui constituent nos principales sources d'information. La recension des écrits a été réalisée avec soin, en appliquant une liste rigoureuse de critères d'inclusion et d'exclusion. Cela a permis d'éliminer efficacement les articles non pertinents et de conserver les publications adaptées à la problématique de la transformation numérique dans la gestion des PME.

En effet, avant de conserver ou non un article, celui-ci devait passer par deux étapes de tri permettant d'examiner son contenu de manière approfondie. Le premier tri se basait sur la lecture du titre et du résumé, alors que le deuxième exigeait une lecture détaillée du document. Les deux niveaux nous ont permis d'éliminer 110 documents et de conserver, en fin de processus 62 articles pertinents pour fournir toutes les informations nécessaires à la synthèse.

Le tableau suivant indique le nombre de documents exclus et inclus pour chacune des deux types de revues retenues dans la recherche.

Tableau 6 : Répartition des articles selon les revues retenues

Revues	Revues spécialisées en gestion et entrepreneuriat	Revues axées sur la technologie, l'innovation et les systèmes d'information	Total
Documents ciblés	74	98	172
« Editorial Board »	0	0	0
Documents exclus après lecture du titre et du résumé (1 ^{er} tri)	37	43	80
Documents exclus après Lecture approfondie du texte (2 ^e tri)	10	20	30
Documents inclus dans L'analyse	27	35	62

Source : Auteur (2025)

Les documents identifiés ont été soumis à deux niveaux de tri pour garantir la pertinence des articles inclus dans la recherche, conformément à la méthode des revues

systématiques. L'étape suivante a consisté à analyser les documents retenus de manière définitive, en tirant les informations nécessaires pour répondre à la problématique et en élaborant une synthèse rigoureuse sur la transformation numérique dans la gestion des PME. Nous pouvons définir ce processus d'analyse des données comme un mécanisme permettant de traiter l'ensemble des informations recueillies afin d'en extraire les interprétations pertinentes. L'objectif principal de cette analyse est de donner du sens aux différentes informations collectées. Il est essentiel de produire un compte rendu critique et structuré des résultats obtenus une fois une quantité importante de données accumulée. Afin de dresser un état des lieux rigoureux des connaissances actuelles sur la transformation numérique des PME, nous devons faire une description précise des conclusions tirées des articles inclus dans cette recherche.

Dans le cadre de cette étude exploratoire, nous disposions d'une quantité importante de données hétérogènes. La phase d'analyse des données est une activité d'organisation qui vise à réduire le volume des informations en unités plus petites, riches de sens, pouvant être traitées, décrites, interprétées et présentées de manière simple et compréhensible (Fortin et Gagnon, 2010). Le cycle de vie de cette phase d'analyse a commencé avec l'élaboration d'une grille de lecture permettant de structurer les informations. Cette étape a été suivie par la codification des variables pertinentes à introduire dans l'analyse, pour ensuite se conclure par une interprétation détaillée des résultats. Ce processus nous permet de transformer les données brutes en connaissances

significatives, offrant ainsi un éclairage précieux sur les dynamiques de la transformation numérique dans les PME.

3.3.5. ÉTAPE 5 : INTERPRÉTATION ET SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Nous avons choisi d'utiliser SPSS, un logiciel permettant de gérer et d'analyser les données de manière statistique, pour faciliter cette étape. En effet, le point de départ de cette analyse a été une grille d'analyse pour préciser les variables à examiner dans la recherche, comme montré dans l'annexe 27. Les informations que nous pouvons obtenir au moyen de la grille de lecture des articles sont les suivantes :

- Les références du document (titre, auteur, année, langue, source...);
- La problématique centrale ;
- Les objectifs de recherche ;
- Le type de recherche par rapport à l'objectif (exploratoire, descriptive...);
- Le type de recherche par rapport à l'approche générale ;
- Le mode d'investigation (étude de cas, observation, expérimentation...);
- Le type de projet ou le secteur d'activité ;
- Type d'échantillon (aléatoire, non aléatoire);
- Taille de l'échantillon ;
- Limites de l'étude (géographique, temporaire, méthodologique...), etc.

Nous remarquons que les articles retenus sont pertinents à cette recherche et nous permettent de mieux comprendre les enjeux du sujet. La majorité des publications examinées abordent directement la problématique, fournissant ainsi une base solide pour cette étude.

En effet, d'une année à l'autre, nous observons une grande diversité dans les problématiques traitées concernant la transformation numérique des PME. Les auteurs ont abordé différents aspects liés à ce sujet, tels que l'analyse du concept de l'Industrie 4.0, Facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME, Adoption des technologies numériques et perception des employés, Transformation numérique dans la gestion des PME, Les tendances de la transformation numérique, Défis spécifiques et financiers rencontrés par les PME, qui sont largement documentés par les travaux de recherche antérieurs. Dans chaque article, le processus de collecte des données est clairement défini, ce qui renforce la crédibilité des résultats.

Nous avons constaté une variation notable dans les modes d'investigation utilisés comme l'étude de cas, le sondage, ainsi que l'analyse des données secondaires. Ces méthodes seront détaillées et expliquées dans les sections suivantes pour mieux comprendre leur contribution à la compréhension de la transformation numérique dans la gestion des PME.

Les problématiques ont été clairement formulées dans les articles, un aperçu de cette littérature a confirmé l'utilité de notre recherche, qui se concentre sur des aspects encore peu explorés dans les études antérieures. Dans le chapitre suivant, nous présenterons les résultats de manière détaillée, accompagnés de discussion mettant en valeur ces résultats ainsi que l'apport de cette recherche.

CHAPITRE 4

RÉSULTATS

Ce chapitre présente la phase empirique de notre étude qui se concentre sur l'analyse statistique des données issues de notre échantillon. Comme nous l'avons mentionné, notre échantillon se compose de 62 articles. Il convient de rappeler que cette étude vise à répondre à la question de recherche et à dresser un état des lieux des écrits sur la transformation dans la gestion des PME à travers une revue systématique de la littérature. Pour ce faire, en premier lieu, nous avons commencé par une analyse statistique descriptive univariée, qui a pour but de caractériser les recherches retenues. En deuxième lieu, à l'aide d'une analyse statistique bivariée et de tableaux croisés, nous avons examiné les relations qui peuvent exister entre nos variables.

4.1. ANALYSE DESCRIPTIVE UNIVARIÉE

« La partie descriptive de la statistique a pour but de mettre en valeur l'ensemble des données brutes tirées d'un échantillon de manière qu'elles soient comprises du chercheur comme du lecteur. » (Fortin *et al.*, 2006). Nous pouvons considérer l'analyse descriptive comme étant une représentation des données visant à fournir une vision claire et précise des caractéristiques de notre échantillon, tout en assurant leur lisibilité. Les données recueillies à partir des 62 documents choisis soigneusement seront présentées d'une manière simple, sous forme de tableaux et de graphiques, ce qui facilite leur

compréhension. Une démarche descriptive sera adoptée, suivie de l'interprétation de chaque résultat obtenu à l'aide du logiciel SPSS.

Cette étude vise à analyser les caractéristiques de la littérature en s'appuyant sur les documents traitant principalement de la transformation numérique dans la gestion des PME. Pour ce faire, nous avons examiné les variables préalablement définies lors de l'élaboration de la grille des articles sélectionnés.

4.1.1. SOURCE DE L'ARTICLE

Notre recherche s'appuie sur des articles scientifiques publiés dans des revues évaluées par des pairs. Nous remarquons que la majorité des articles retenus dans cette recherche proviennent de deux types de revues : des revues spécialisées en gestion et entrepreneuriat et des revues axées sur la technologie, l'innovation et les systèmes d'information. Nous avons utilisé différentes bases de données académiques pour accéder aux articles. Les articles qui entrent dans l'analyse proviennent des bases de données de la bibliothèque en ligne de l'université de Québec à Chicoutimi (UQAC). Quatre bases de données ont été utilisées pour réunir les informations (l'outil de découverte de l'UQAC, Cairn.info, Érudit, Google Scholar). Cette diversité des sources nous permet d'adopter une approche multidisciplinaire dans l'analyse de la transformation numérique dans la gestion des PME.

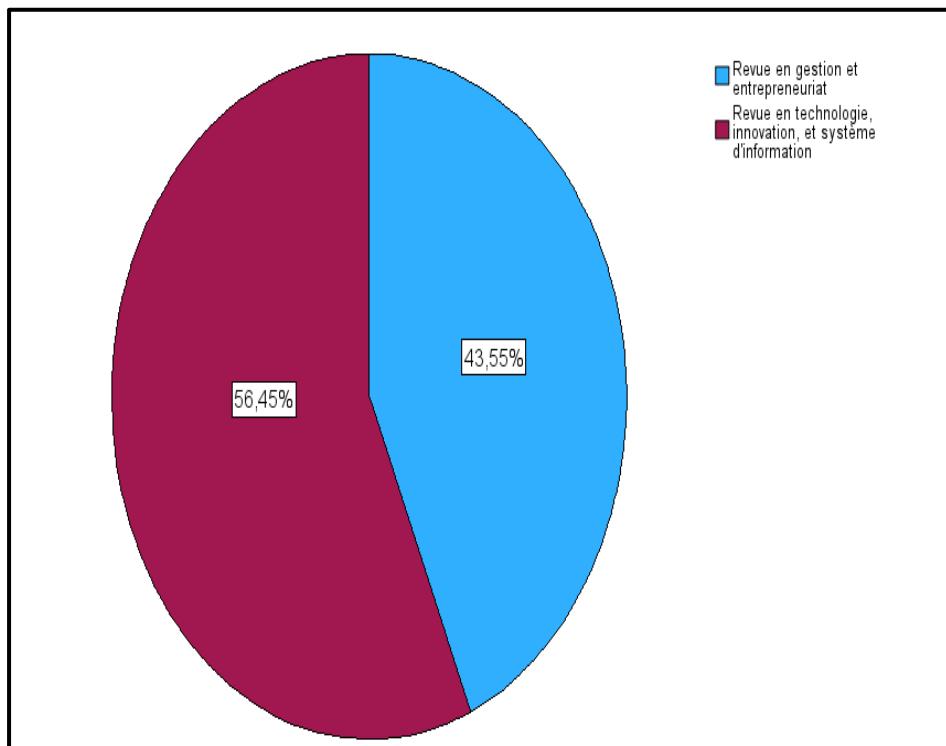


Figure 5 : Répartition des articles en fonction des revues.

Source : SPSS

4.1.2 ANNÉE DE PUBLICATION

L'information fournie dans le tableau ci-dessous nous permet d'analyser le nombre d'articles publiés au cours des dix dernières années sur la transformation numérique dans la gestion des PME. D'après notre échantillon, nous remarquons qu'entre 2015 et 2021, le nombre d'études publiées sur la transformation numérique dans la gestion des PME était relativement faible avec seulement quelques publications par année (21 études au total sur la période). Cette faible production scientifique peut être expliquée par une adoption encore lente des nouvelles technologies par les PME. Elle pourrait aussi être expliquée par d'autres

facteurs comme l'absence de compétences internes ou une réticence au changement parmi les PME. Nous observons une augmentation progressive des publications en 2022 (neuf études dans l'année), ce qui traduit un intérêt croissant pour ce sujet et cette tendance se renforce en 2023 une année qui enregistre le plus grand nombre (dix-sept études). Cette période correspond à une adoption accélérée des outils numériques par les PME, notamment sous l'impact de la transformation numérique et face aux nouveaux défis économiques et technologiques. D'après les données, nous pouvons évaluer que plus de la moitié des articles de notre échantillon ont été publiés après 2022 (51,6%), ce qui montre que la majorité des études recensées sont récentes et reflètent les enjeux actuels de la transformation numérique dans la gestion des PME.

Tableau 7 : Répartition des articles en fonction des années.

Année	Effectif	Pourcentage
2015	1	1,6%
2016	2	3,2%
2017	3	4,8%
2018	4	6,5%
2019	4	6,5%
2020	3	4,8%
2021	4	6,5%
2022	9	14,5%
2023	17	27,4%
2024	13	21%
2025	2	3,2%
Total	62	100%

Source : SPSS

Le graphique ci-dessous met en évidence une augmentation progressive du nombre de publications sur la transformation numérique dans la gestion des PME sur les dix dernières années. Nous remarquons que de 2015 à 2021, très peu d'études sur la transformation numérique ont été publiées par année dans des revues scientifiques, avec

seulement un article en 2015 (1,6%), deux articles en 2016 (3,2%) et trois articles en 2017 (4,8%). Nous constatons que de 2018 à 2021, les publications sont respectivement de 6,5 % (2018, 2019 et 2021) et 4,8% (2020). En revanche en 2022, nous avons retenus neuf documents (14,5%), suivie d'une explosion des recherches en 2023 (dix-sept articles) soit 27,4% au total ce qui signifie une augmentation remarquable par rapport à l'autre période, et en 2024 (treize articles soit 21%). De plus, l'analyse montre que 51,6 % des publications ont été produites après 2022, confirmant que la transformation numérique des PME est une thématique récente, mais en plein essor. Cependant, l'année 2025 ne compte que deux articles publiés pour le moment (3,2%).

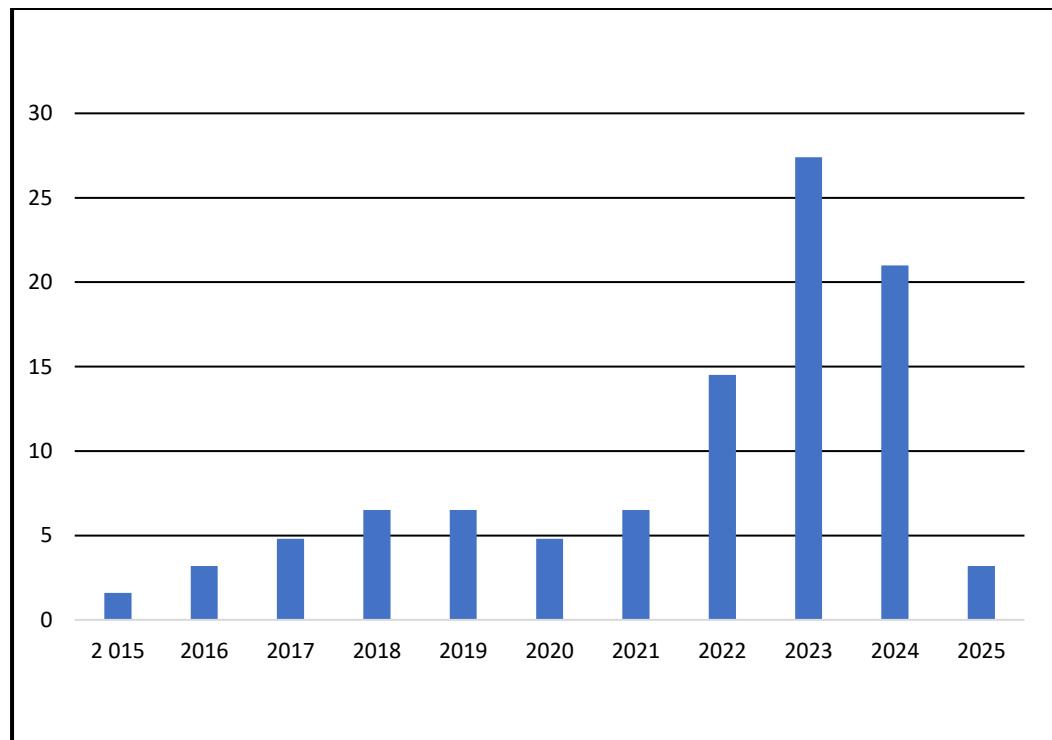


Figure 6 : Évolution du nombre de publications de 2015 à 2025
Source : SPSS

4.1.3 PAYS ET CONTINENTS OÙ S'EST DÉROULÉE L'ÉTUDE

Le tableau ci-dessous présente la répartition des études sur la transformation numérique des PME selon les pays concernés. Il met en évidence que certains pays concentrent une plus grande part des recherches sur la transformation numérique alors que d'autres restent sous-représentés. Il montre que le Canada, avec un pourcentage de 11,3 %, et l'Allemagne avec 16,1 % sont les deux pays où la majorité des recherches ont été menées. Nous pouvons l'expliquer par l'importance du numérique dans l'économie de ces pays et le soutien à la transformation numérique des politiques gouvernementales. Pour la France et l'Italie, les pourcentages sont respectivement de 6,5 %. Il faut noter que cependant dans 11 documents, les auteurs n'ont pas précisé le pays sur lequel portait la recherche. La Chine avec un pourcentage de 4,8 % et l'Espagne, le Royaume-Uni et le Portugal (4%) affiche un nombre d'études relativement faible. Cependant les pays comme l'Inde, la Malaisie, le Maroc, la RDC, le Vietnam, la Suisse et la République Tchèque comptent seulement une étude (1,6%) comme dans le cas de l'article de (Monica *et al.*, 2023). Il faut également noter que certains articles couvrent des recherches internationales et se concentrent sur plusieurs pays. Cette catégorie est importante parce qu'elle représente une part significative des documents (plus de 30% du total).

Tableau 8 : Répartition des études en fonction des pays

Pays	Nombre de documents	Pourcentage
Allemagne	10	16,1%
Canada	7	11,3%
Chine	3	4,8%
Espagne	2	3,2%
France	4	6,5%
Inde	1	1,6%
Italie	4	6,5%
Malaisie	1	1,6%
Maroc	1	1,6%
Pays Autres	11	17,7%
Plus d'un pays	10	16,1%
Portugal	2	3,2%
RDC	1	1,6%
République Tchèque	1	1,6%
Royaume-Uni	2	3,2%
Suisse	1	1,6%
Vietnam	1	1,6%
Total	62	100%

Source : SPSS

Le diagramme de la figure ci-dessous montre les pourcentages d'études en fonction des continents. Nous remarquons la présence de quatre continents avec divers pourcentages. Le premier continent où ont lieu beaucoup d'études est l'Europe, qui regroupe 51,6 % de nos articles. Viennent ensuite l'Amérique du Nord avec 11,3 %, l'Asie avec 9,7 % et l'Afrique avec 3,2 %. Il faut noter que dans 14,5 % des études, les chercheurs n'ont pas précisé le continent concerné et 9,7 % des études sont des recherches multi pays.

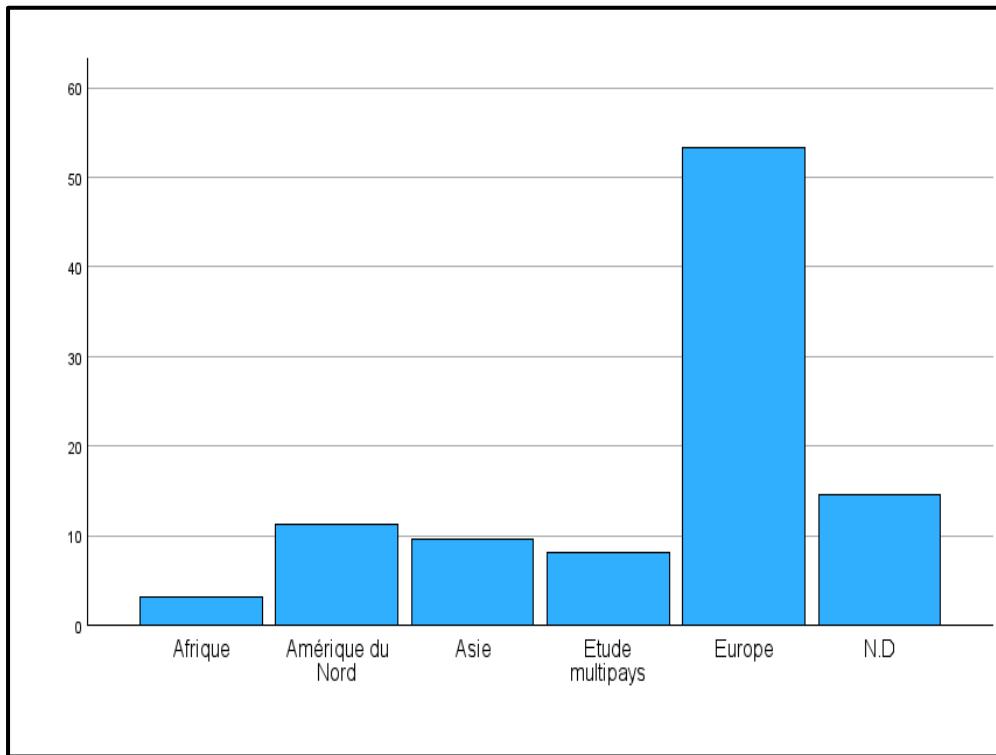


Figure 7: Répartition des documents selon les continents.

Source : SPSS

4.1.4 LES DIFFÉRENTS SECTEURS D'ACTIVITÉ

La figure ci-dessous présente la répartition de l'adoption des technologies numériques par les PME selon différents secteurs d'activité. Le pourcentage le plus élevé se trouve dans le secteur de l'industrie, soit 77,42 %. Nous trouvons le secteur du transport avec un pourcentage de 8,06 %, les secteurs de la construction et l'énergie (4,84%) où les solutions numériques émergent progressivement avec des innovations technologiques. Concernant le secteur de la santé (3,23%) et de l'éducation (1,61%) nous remarquons que les pourcentages sont faibles.

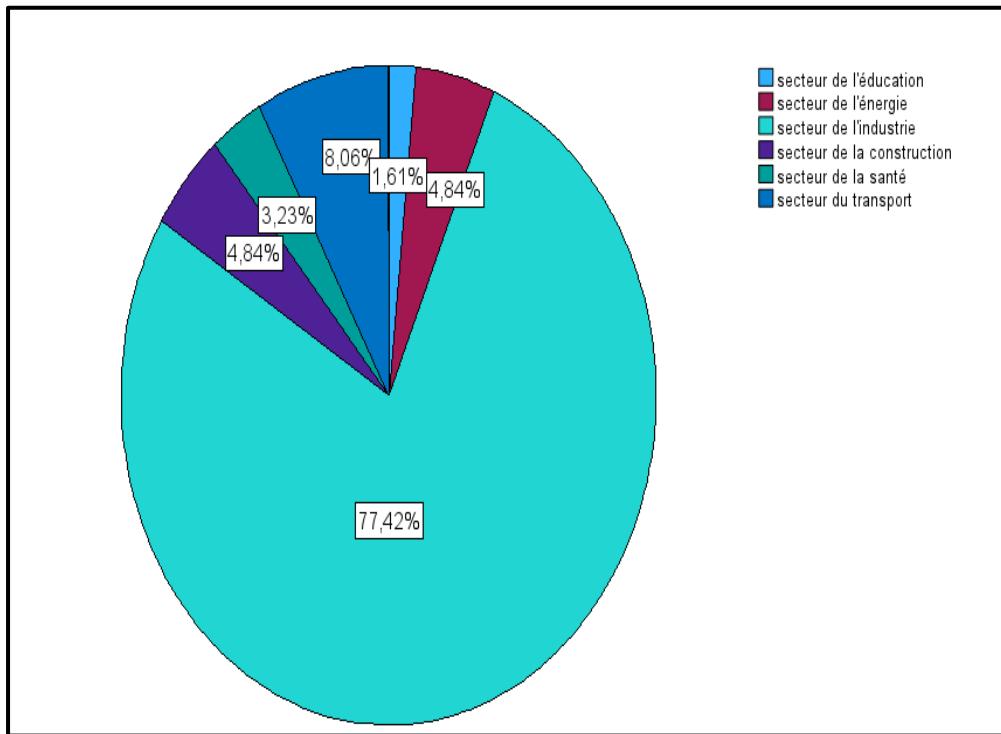


Figure 8 : Les différents secteurs d'activité.

Source : SPSS

4.1.5 LE SUJET DE L'ÉTUDE

Le tableau 9 montre les différents thématiques abordés par les chercheurs dans leurs études sur la transformation numérique. Dix problématiques différentes ont été enregistré dans cette recherche. Les pourcentages retenus mettent en lumière les problématiques qui ont été peu étudiées et celles qui ont été beaucoup étudiées. Les défis financiers et le manque de compétences internes dans les PME, Intégration technologique et culture d'entreprise, Facteurs TOE de la transformation numérique dans la gestion des PME, Micro-fondements et transformation numérique sont des sujets peu étudiés dans les articles. Pour chacun de ces sujets, le pourcentage est respectivement de 4,8 % et 3,2 %. Les sujets

dont les pourcentages sont élevés sont les suivants : la transformation numérique dans la gestion des PME (24,2%), l'analyse du concept de l'Industrie 4.0 (21%), les facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME (12,9%), l'adoption des technologies numériques et perception des employés (9,7%), Les tendances de la transformation numérique (9,7%). Ces pourcentages ont permis d'identifier les thématiques les plus étudiées ainsi que les grandes orientations de la littérature sur la transformation numérique dans la gestion des PME.

Tableau 9 : Les différentes problématiques traitées dans les articles

	Sujet de l'étude	Nombre d'articles	Pourcentage
Les sujets les plus débattus	Transformation numérique dans la gestion des PME	15	24,2%
	Analyse du concept de l'Industrie 4.0	13	21%
	Facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME	8	12,9%
	Adoption des technologies numériques et perception des employés	6	9,7%
	Les tendances de la transformation numérique	6	9,7%
	Défis spécifiques rencontrés par les PME	4	6,5%
Les sujets à faible effectif	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	3	4,8%
	Intégration technologique et culture d'entreprise	3	4,8%
	Facteurs TOE de la transformation numérique dans la gestion des PME	2	3,2%
	Micro-fondements et transformation numérique	2	3,2%
	Total	62	100%

Source : SPSS

4.1.6 LE TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF

La figure ci-dessous permet d'illustrer la répartition des différents types de recherche en fonction de l'objectif poursuivi à partir de notre échantillon. Il est facile de distinguer que le pourcentage des recherches explicatives est le plus faible (6,45%), ce type de recherche cherche à comprendre les relations de cause à effet entre différents facteurs. La majorité des articles étaient soit exploratoires (67,74%), soit descriptives (25,81%).

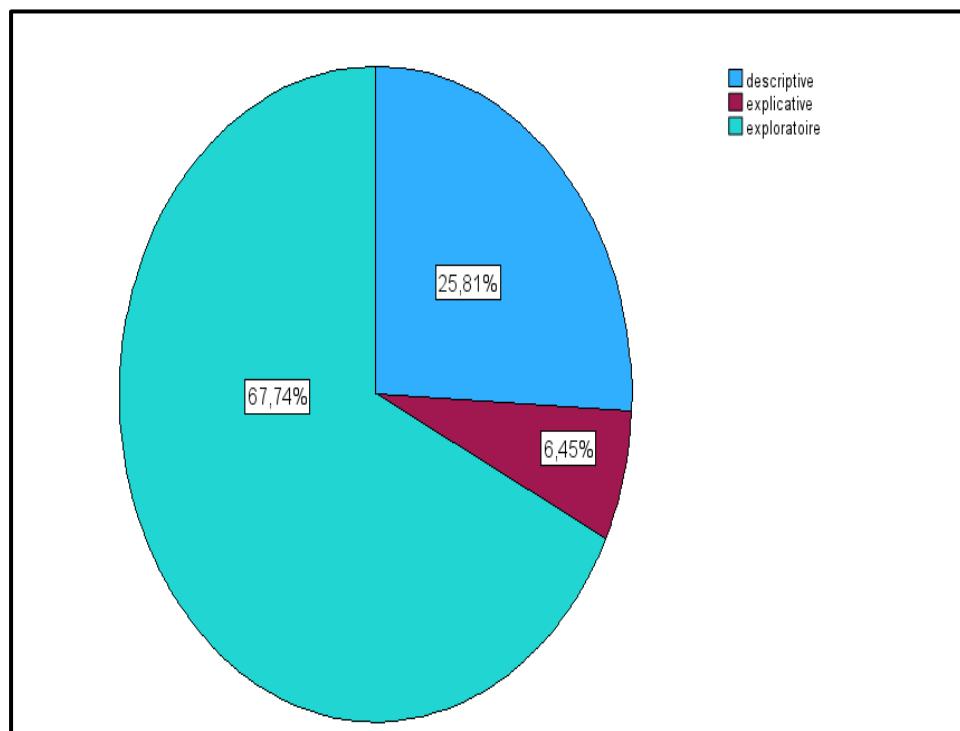


Figure 9 : Type de recherche par rapport à son objectif.
Source : SPSS

4.1.7. LE TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE

Comme illustré par la figure 10, trois méthodologiques de recherche se démarquent selon l'approche générale adoptée dans les articles retenus. Le pourcentage le plus

important se trouve dans les recherches de type qualitatif (51,61%). Les recherches de type quantitatif (30,65%) visent à mesurer des relations entre différentes variables et à tester des hypothèses précises. Les recherches mixtes (17,74%) sont les moins fréquentes, bien qu'elles restent une option privilégiée pour de nombreux chercheurs.

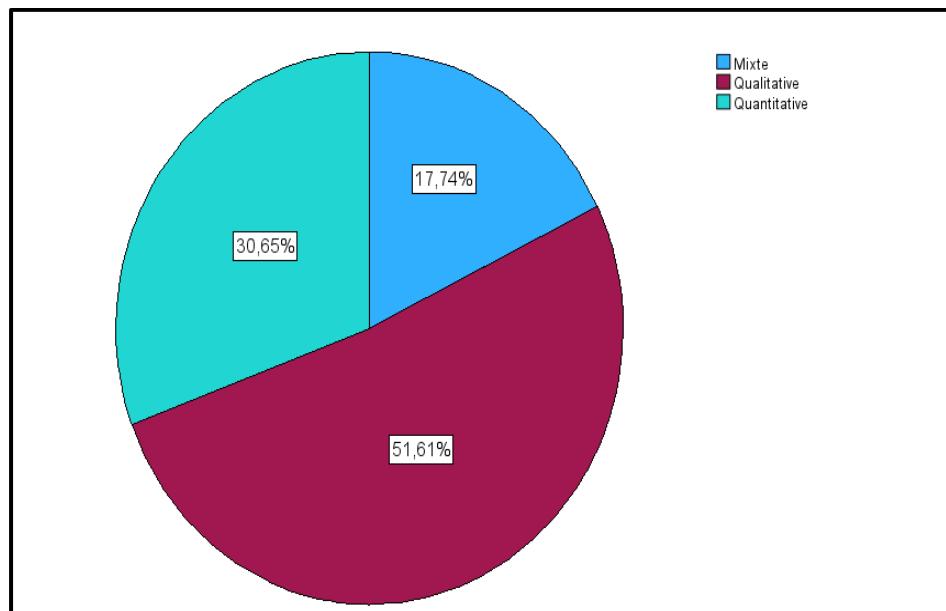


Figure 10 : Type de recherche par rapport à l'approche générale.
Source : SPSS

4.1.8. LE MODE D'INVESTIGATION

Pour mener une lecture critique de nos articles scientifiques, nous avons défini une grille d'analyse basée sur différents modes d'investigation :

- Analyse des données secondaires lorsque l'information est collectée à partir de sources documentaires existantes.

- Étude de cas
- Sondage ou enquête
- Entrevue.

Dans le cas des recherches, nous avons inscrit les pourcentages suivants : 48,4 % pour les analyses de données secondaires, 16,1 % pour les enquêtes et 22,6 % pour les Études de cas comme nous le montre le tableau 10. Nous remarquons que 11,3 % des documents sont des recherches multimodes c'est-à-dire plusieurs approches.

Tableau 10 : Les modes d'investigation retenus

Mode d'investigation utilisée	Nombre de documents	Pourcentage
Analyse des données secondaires	30	48,4%
Deux modes et plus	7	11,3%
Enquête	10	16,1%
Entrevue	1	1,6%
Étude de cas	14	22,6%
Total	62	100%

Source : SPSS

4.1.9. LIMITES DE L'ÉTUDE

Chaque nouvelle recherche fait émerger de nouvelles pistes à explorer. Cependant en nous basant toujours sur les affirmations des auteurs, les limites que nous avons soulignées d'après notre échantillon sont des limites d'échantillonnage (21%), géographique (19,4%), méthodologique (22,6%), temporelle (21%). Les chercheurs ont proposé des pistes concrètes et formulé des recommandations stratégiques pour de prochaines investigations, après avoir soulevé les limites de leur étude. Nous avons aussi remarqué que dans 3,2% des articles, il existe deux et plus de limites.

Tableau 11 : Les limites retenues dans les documents

Limites de l'étude	Nombre de documents	Pourcentage
Deux limites et plus	8	12,9%
Limite d'échantillonnage	13	21%
Limite géographique	12	19,4%
Limite méthodologique	14	22,6%
Limite temporelle	13	21%
Pas de limite	2	3,2%
Total	62	100%

Source : SPSS

4.1.10. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES TECHNOLOGIES NUMÉRIQUES ÉTUDIÉES

Cette recherche révèle une classification des technologies en fonction de leur influence et de leur adoption. Dans 45 articles, les auteurs soulignent que l'Intelligence artificielle joue un rôle dans l'automatisation, la personnalisation et l'optimisation des processus malgré des obstacles liés aux compétences et aux ressources technologiques. Les auteurs mettent en avant l'importance du Big Data et l'analyse avancés (40 articles) dans la prise de décision et la gestion des données bien que leur implémentation nécessite des infrastructures appropriées. L'Internet des objets (38 articles) est également étudié par les auteurs notamment pour son utilité dans l'optimisation industrielle. L'infonuagique (35 articles) se distingue par sa capacité à réduire les couts et à améliorer la flexibilité des PME. La cybersécurité (15 articles) est moins étudiée dans les articles mais il est indispensable pour protéger les infrastructures numériques. Quant aux CPS (8 articles), leur mise en œuvre est souvent réservée aux grandes entreprises et très complexe.

4.1.11. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES INDICATEURS DE PERFORMANCE

L'évaluation de la transformation numérique dans la gestion des PME s'appuie sur plusieurs indicateurs de performance qui sont évoqués par les auteurs dans les études examinées. La compétitivité des PME (30 articles) est l'indicateur le plus évoqué par les auteurs illustrant l'objectif des PME de se distinguer par l'automatisation et l'analyse des données en temps réel. La productivité et l'efficacité (28 articles) occupent une place centrale, les auteurs mettent en lumière l'optimisation du travail et la diminution des coûts. L'amélioration de la satisfaction client (25 articles) grâce à la transformation numérique est une priorité pour les PME. Les auteurs évoquent son importance mais son succès repose sur une gestion éthique des données, une cybersécurité renforcée et une expérience équilibrée entre automatisation et interaction humaines. L'innovation est un levier stratégique essentiel pour assurer la différenciation des PME face à la concurrence. Les auteurs expliquent qu'elle permet aux PME d'adapter leur offre et de créer de nouveaux modèles économiques. Cet aspect est analysé dans 20 articles et les auteurs soulignent l'impact des technologies numériques sur le processus d'innovation. La transformation numérique vise à stimuler la croissance du chiffre d'affaires des PME tout en améliorant leur présence sur le marché. Les auteurs mettent en avant la croissance du chiffre d'affaires dans 18 articles en mettant l'accent sur l'optimisation des canaux de vente et l'amélioration des stratégies marketing. L'amélioration de la qualité des produits (12 articles) et la performance financière (10 articles) sont les indicateurs les moins étudiées dans les articles retenus.

4.1.12. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES DÉFIS RENCONTRÉS

La transformation numérique représente une opportunité incontournable pour les PME, mais elles rencontrent plusieurs obstacles majeurs qui freinent l'adoption des technologies numériques. Les contraintes financières (40 articles) et la résistance au changement organisationnel (38 articles) sont des défis les plus fréquents dans les articles retenus pour cette recherche. L'acquisition et la maintenance de technologies numériques de l'industrie 4.0 exigent des investissements conséquents et sont difficiles à assumer pour les PME qui possèdent des budgets limités. La transformation numérique entraîne souvent une réorganisation des pratiques internes ce qui suscite des résistances notamment chez les employés et dirigeants attachés aux méthodes traditionnelles. Ces résistances peuvent s'expliquer par une surcharge temporaire de travail liée à la mise en place de nouvelle méthode de travail ou la peur de perdre son emploi. Le manque de compétences techniques constitue un frein majeur pour la réussite de l'intégration des technologies numériques. Nous remarquons que ce défi a été énuméré dans 35 articles. Les auteurs ont mis en avant la pénurie d'experts en cybersécurité, intelligence artificielle, analyse de données et surtout le manque d'investissement dans la formation continue. L'intégration des technologies numériques dans les PME est souvent entravée par l'incompatibilité avec les systèmes existants et la complexité des outils de mise en œuvre. Cette difficulté a été souligné dans 30 articles par les auteurs. Nous constatons que ces obstacles rendent plus difficile l'adoption des innovations. L'absence d'une vision stratégique claire entraîne des

investissements inefficaces et une adoption désorganisée des technologies. Ce manque de planification provient d'un déficit de leadership ou du non-implication des équipes dès la phase de conception pour atteindre les objectifs de l'entreprise. Ce défi a été évoqué dans 20 articles.

4.1.13. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES STRATÉGIES MISE EN ŒUVRE

L'analyse des articles nous permet de remarquer cinq axes majeurs des stratégies et recommandations pour assurer une transformation numérique réussie dans les PME. La formation et développement de compétences numériques est une stratégie qui facilite l'adoption des technologies et améliore la productivité pour les auteurs. Dans 45 articles les auteurs soulignent qu'en investissant dans la formation les entreprises peuvent mieux intégrer les outils numériques et renforcer leur compétitivité sur le long terme. La gestion progressive du changement (35 articles) permet de réduire les risques d'échec et de faciliter l'adaptation organisationnelle. Les auteurs mettent en avant l'élaboration d'une feuille de route avec des objectifs progressifs pour renforcer leur engagement et surtout communiquer régulièrement sur les bénéfices de la transformation numérique. Les PME peuvent accélérer leur adoption des nouvelles technologies de l'industrie 4.0 en collaborant avec des experts et partenaires technologiques. La collaboration avec des partenaires technologiques a été étudié dans 30 articles. Les auteurs recommandent aux PME de chercher à avoir accès à une expertise spécialisé c'est-à-dire du savoir-faire de professionnels en transformation numérique. L'investissement dans la cybersécurité étudiée dans 20 articles devient un enjeu stratégique pour les PME afin de protéger leurs données et préserver leur crédibilité. Les

auteurs préconisent de déployer des solutions de protection et d'adopter des normes et certifications en cybersécurité. Une adoption progressive des technologies numériques permet de réduire les risques et garantit une transformation numérique efficace. Cette stratégie a été étudiée dans 18 articles et les auteurs recommandent de prioriser les technologies à fort impact sur la productivité et aussi assurer une veille technologique afin de rester à jour sur les innovations pertinentes.

4.1.14. RÉPARTITION DES ARTICLES EN FONCTION DES FACTEURS DÉTERMINANTS DE LA RÉUSSITE DE LA TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

Les auteurs mettent en lumière dans 40 articles que le leadership oriente la vision stratégique des entreprises et motive les équipes. Les dirigeants doivent être impliqués dans toutes les étapes du projet de transformation numérique. Nous constatons que ce facteur est donc essentiel pour garantir une transformation numérique réussie et durable dans les PME. La culture organisationnelle est aussi un facteur clé dans l'intégration des nouvelles technologies par les PME. Elle a été étudiée dans 35 articles par les auteurs qui soulignent que la culture organisationnelle encourage la collaboration, la créativité et renforce l'implication des employés dans le processus de transformation numérique. L'accès aux financements est un levier essentiel qui permet aux PME d'acquérir les technologies adaptées pour rester compétitif. Les auteurs recommandent dans 30 articles aux entreprises de rechercher des subventions, aides publiques dédiées au numérique, solliciter des investisseurs et de mettre en place des plans de financement progressifs afin de réduire les risques. Un choix d'investissement stratégique bien planifié permet aux PME d'assurer une transition numérique durable. Les auteurs préconisent aux PME dans 15 articles d'évaluer

la rentabilité des investissements pour maximiser leur efficacité et surtout d'investir en priorité dans les technologies ayant un impact direct sur la productivité.

4.2. ANALYSE DESCRIPTIVE BIVARIÉE

Nous avons souligné les aspects des études sélectionnées dans cette recherche en utilisant une représentation graphique ou un tableau pour les variables de la grille d'analyse des articles dans la partie précédente. Nous allons explorer maintenant les liens potentiels entre les variables. Cette analyse permet d'étudier succinctement la relation et la nature du lien entre deux variables grâce à un tableau croisé.

4.2.1 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR ANNÉE ET PAR SOURCE (REVUE)

D'après l'annexe 6 nous constatons que notre échantillon se compose de deux types de revues : les Revues en gestion et entrepreneuriat (vingt-sept articles) et les revues en technologie, innovation et système d'information (trente-cinq articles). Dans les revues en gestion et entrepreneuriat, nous remarquons une faible production de 2015 à 2021 (moins de cinq articles par an). A partir de 2022 une forte progression a été présenté avec un pic en 2023 (dix articles). Elle représente la majorité des publications en 2023 et 2024 mais avec un seul article en 2025. Les revues en technologie, innovation et système d'information ont complété notre source avec une forte concentration d'articles en 2023 (7 articles), 2024 (huit articles) et une chute en 2025 (un article).

4.2.2 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SOURCE (REVUE)

L'annexe 7 nous permet de spécifier pour chaque continent le nombre d'études en fonction des revues. Nous remarquons que les études citées dans les revues en gestion et entrepreneuriat, principalement en Europe qui représente 59,3 % des contributions. L'Amérique du Nord et l'Asie comptent chacun 7,4% des publications. La présence des études issues de l'Afrique et des études multi pays est très marginale, représentant seulement 3,7 % des articles. Quant aux revues en technologie, innovation et système d'information, 48,6 % des études ont lieu en Europe, l'Amérique du Nord contribue avec 14,3 % des articles, l'Asie et les études multi pays occupent une part équivalente avec 11,4 %. L'Afrique reste faiblement représentée avec 2,9 % des articles.

4.2.3 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE

D'après l'annexe 8 nous pouvons remarquer que dans les revues en gestion et entrepreneuriat, la majorité des études adoptent une approche qualitative (48,1%) ; 29,6 % des articles utilisent une approche quantitative et 22,2 % des études adoptent une approche mixte. Dans les revues en technologie, innovation et système d'information, 54,3 % des articles sont qualitatives, 31,4 % des études adoptent une approche quantitative et 14,3 % sont des approches mixtes.

4.2.4 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR SUJET

Dans les vingt-sept articles des revues en gestion et entrepreneuriat en annexe 9 , les sujets les plus abordés concernent la transformation numérique et la gestion des PME (37%), les facteurs de succès de la transformation numérique (18,5%), les défis spécifiques rencontrés par les PME et des tendances de la transformation numérique (11%), l'adoption des technologies numériques et de la culture d'entreprise, l'analyse du concept de l'Industrie 4.0 et les micro-fondements et transformation numérique des PME respectivement (7,4%). Quant aux 35 revues en technologie, innovation et système d'information, 31,4 % des études analysent le concept de l'industrie 4.0, la transformation numérique et la gestion des PME; l'adoption des technologies et la perception des employés respectivement (14,3%); les facteurs TOE et l'intégration technologique restent relativement peu explorés (5,7%).

4.2.5 RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SOURCE ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ

Le tableau de l'annexe 10 montre les différents secteurs d'activité qui ont été retenus à partir des 62 articles sur la transformation numérique dans la gestion des PME. Dans les revues en gestion et entrepreneuriat, 66,7 % des études concernent le secteur industriel ; 11,1 % au secteur de l'énergie et de la construction ; 7,4 % au secteur du transport ; 3,7 % des études traitent du secteur de la santé. Pour ce qui des revues en technologie, innovation et système d'information, 85,7 % des études portent sur le secteur

industriel ; 8,6 % au secteur du transport ; 2,9 % respectivement sur le secteur de la santé et de l'éducation.

4.2.6. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION

D'après le tableau croisé de l'annexe 11, 51,60 % des études sont de type qualitatif. Nous avons obtenu les résultats suivants : dix articles entre 2015 et 2018 ; douze entre 2019 et 2022 ; et dix entre 2023 et 2025. Les études quantitatives représentent 30,60 % des études. Nous remarquons l'absence de ce type de recherche entre 2015 et 2029 ; trois articles entre 2029 et 2022 ; seize entre 2023 et 2025. L'approche mixte constitue 17,70 % de nos études retenues. Cinq articles entre 2025 et 2022 ; six entre 2023 et 2025.

4.2.7. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR MODE D'INVESTIGATION ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION

Le tableau de l'annexe 12 présente les différents modes d'investigation utilisés dans les études en fonction des années. Entre 2015 et 2018 les études sont exclusivement qualitatives dominée par l'étude de cas et l'analyse de données secondaires. Nous constatons en 2019 une introduction des enquêtes (50%) et une analyse de données secondaires encore présente à la hauteur de 50%. Nous remarquons en 2020 une émergence des approches mixtes (66,7%) et les études de cas représentent 33,3% des méthodes. En 2021 les analyses secondaires restent dominantes (50%) et nous observons une diversification croissante avec les entrevues (25%) et les méthodes mixtes (25%). En 2022, l'utilisation des enquêtes restent faible (11,1%) ; les analyses de données secondaires et

études de cas respectivement (44,4%). En 2023 les auteurs ont utilisé plusieurs méthodes à savoir : les études de cas (35,3%), les analyses de données secondaires (41,2%), les enquêtes (11,8%). En 2024 les auteurs ont utilisé les analyses de données secondaires (61,5%), les enquêtes (30,8%), les études de cas (7,7%). En 2025, l'analyse de données secondaires et les enquêtes sont les seuls modes d'investigation utilisés.

4.2.8. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR ANNÉE DE PUBLICATION

Le tableau croisé de l'annexe 13 indique les différents sujets qui ont été étudié au cours des dix dernières années sur la transformation numérique. Entre 2015 et 2018, toutes les études portent sur l'analyse du concept de l'industrie 4.0. En 2019 les sujets abordés par les auteurs sont les suivant : Adoption des technologies numériques et perception des employés, les facteurs de succès de la transformation numérique des PME, défis spécifiques rencontrés par les PME, Analyse du concept de l'industrie 4.0. En 2020 nous remarquons l'apparition des tendances de la transformation numérique. Nous constatons une montée en puissance des sujets de gestion et d'adoption. En 2022 les sujets suivants : la transformation numérique dans la gestion des PME, les facteurs de succès de la transformation numérique des PME, Adoption des technologies numériques et perception des employés, Facteurs TOE et transformation numérique, Intégration technologique et culture d'entreprise et Micro-fondements et transformation numérique des PME. En 2023 nous remarquons la présence des études sur les Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME, Les tendances de la transformation numérique des PME, Défis spécifiques rencontrés

par les PME, Micro-fondements et transformation numérique des PME. En 2024 les recherches sur la transformation numérique dans la gestion des PME ont augmenté. En 2025 les études portent sur les tendances de la transformation numérique et la gestion des PME.

4.2.9. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ ET PAR ANNÉE

Nous présentons les secteurs d'activités qui sont évoqués dans les études en fonction de l'année de publication dans l'annexe 14. Toutes les recherches portent sur le secteur de l'industrie entre 2015 et 2021. En 2022 les secteurs suivants sont évoqués : industrie (66,7%), transport (22,2%), santé (11,1%). En 2023 deux secteurs ont été observé notamment l'industrie (88,2%), construction (11,8%). Nous remarquons qu'en 2024 l'industrie baisse à 46,2%, l'énergie (23,1%), construction et transport respectivement 7,7%. Enfin en 2025 l'industrie et le transport respectivement (50%).

4.2.10. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR ANNÉE ET PAR CONTINENT

Dans le tableau de l'annexe 15, nous observons que les recherches sont exclusivement centrées sur l'Europe avec une première ouverture vers l'Amérique du Nord en 2019. En 2021, l'Europe reste le continent où il y a le plus d'études. En 2022 les études ont été porté sur l'Afrique (11,1%), l'Asie (22,2%). Pour l'année 2024, nous avons enregistré un pourcentage de 46,2% dans les études qui étaient centrées sur l'Europe, l'Asie (15,4%), l'Amérique du Nord (7,7%). En 2025 les études se sont portées sur l'Amérique du Nord et l'Europe.

4.2.11. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ

Nous remarquons dans l'annexe 16 que 50 % des études portent sur l'industrie et la construction. En Amérique du Nord nous observons l'industrie (85,7%), le transport (14,3%). En Asie 66,7 % des recherches portent sur l'industrie, l'énergie et le transport respectivement 16,7 %. En Europe 84,85 des études concernent l'industrie, 6,1 % sur l'énergie, la construction, le transport et l'éducation respectivement 3 %. Il faut aussi noter que 60 % des études sur l'industrie portent sur de multi pays.

4.2.12. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR CONTINENT ET PAR SUJET D'ÉTUDE

Dans le tableau de l'annexe 17, nous pouvons remarquer que les quinze études sur la transformation numérique dans la gestion des PME 50 % des études ont eu lieu en Asie, l'Europe (27,3%). L'analyse du concept de l'industrie 4.0 concerne les continents suivants : Étude multi pays (40%), l'Europe (33,3%). Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME sont étudiés en Amérique du Nord (28,6%), l'Europe (15,2%). L'adoption des technologies et la perception des employés se répartit comme suit : Afrique (50%), l'Amérique du Nord (14,3%), l'Europe (9,1%). Les tendances de la transformation numérique des PME a été traité dans des études concentrées sur l'Amérique du Nord (14,3%), Étude multi pays (40%), l'Europe (6,1%). Les défis spécifiques

rencontrés par les PME ont été analysé en Afrique (50%), Amérique du Nord (14,3%) et dans des pays non identifiés (22,2%).

4.2.13. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ

D'après le tableau croisé de l'annexe 18, toutes les recherches portent sur la transformation numérique dans la gestion des PME dans le secteur de l'éducation et de l'énergie. Dans l'industrie, 25 % des études concernent l'analyse du concept de l'industrie 4.0 ; 18,8 % sur la transformation numérique dans la gestion des PME, les défis spécifiques (6,3%), l'intégration technologique (6,3%). Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME (40%), les tendances de la transformation numérique des PME et Micro-fondements et transformation numérique des PME respectivement (20%) ont été analysée dans le secteur du transport.

4.2.14. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ ET PAR TYPE DE LIMITE

L'annexe 19 nous montre que toutes les études sur l'éducation soulignent une limite méthodologique. Les études sur l'énergie sont confrontées à des limites méthodologique, d'échantillonnage, et deux limites plus respectivement 33,33 %. Les études sur l'industrie identifient 25, % de limite d'échantillonnage, 22,9 % de limite géographique, 20,8 % de limite temporelle et 18.8 % de limite méthodologique. Quant au secteur de la construction nous avons constaté les limites méthodologique, temporelle et d'absence de limite respectivement 33,3 %. Enfin les études sur le transport font face à plusieurs types de limites : temporelle (40%), géographique, deux limites et plus respectivement 20 %.

4.2.15. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR SUJET

La recherche mixte a été retenu dans les sujets suivants : l'adoption des technologies et la perception des employés, Les défis spécifiques rencontrés par les PME, Les tendances de la transformation numérique des PME, Micro-fondements et transformation numérique des PME respectivement (18,20%) ; les Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME, % (Annexe 20). Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME et la transformation numérique dans la gestion des PME respectivement (9,1%). La recherche qualitative a été retenue dans les sujets suivants : l'analyse du concept de l'industrie 4.0 (37,50%), la transformation numérique dans la gestion des PME, Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME respectivement (18,80%) ; l'adoption des technologies et la perception des employés, les défis spécifiques, Intégration technologique et culture d'entreprise respectivement (6,30%). Quant à la recherche quantitative nous avons remarqué qu'elle a été privilégiée dans les sujets suivants : la transformation numérique dans la gestion des PME (42,1%), Les tendances de la transformation numérique des PME (15,8%), l'adoption des technologies et la perception des employés (10,5%), Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME et l'analyse du concept de l'industrie 4.0 respectivement (5,3%). (Annexe 20)

4.2.16. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'OBJECTIF

D'après le tableau en annexe 21, la majorité des recherches menées sur la transformation numérique sont exploratoires (67.7%). L'analyse du concept de l'industrie 4.0 (11 études), les tendances de la transformation numérique des PME (5 études), les défis financiers et spécifiques respectivement (2 études), la transformation numérique dans la gestion des PME (10 études) se démarquent par une forte étude exploratoire. Les recherches descriptives représentent 25,8 % des études. Les sujets avec une forte composante descriptive incluent : la transformation numérique dans la gestion des PME (4 études), Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME (5 études), l'adoption des technologies et la perception des employés (2 études). Nous remarquons que les recherches explicatives ne représentent que 6,5 % des études. La transformation numérique dans la gestion des PME, les tendances de la transformation numérique des PME, Intégration technologique et culture d'entreprise, l'analyse du concept de l'industrie 4.0 respectivement un seul article

4.2.17. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR MODE D'INVESTIGATION

Le tableau de l'annexe 22 nous présente les sujets évoqués dans les articles par mode d'investigation utilisée. L'analyse des données secondaires a été utilisée pour l'adoption des technologies numériques et perception des employés, l'analyse du concept de l'industrie 4.0, Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME, Défis spécifiques rencontrés par les PME, Facteurs de succès de la transformation numérique des PME, Les

tendances de la transformation numérique des PME, Transformation numérique et gestion des PME. L'enquête a été utilisée pour l'adoption des technologies numériques et perception des employés, l'analyse du concept de l'industrie 4.0, défis financiers et manque de compétences internes, Défis spécifiques rencontrés par les PME, Transformation numérique et gestion des PME, Micro-fondements et transformation numérique des PME. Nous avons constaté que l'entrevue a été utilisée pour un seul sujet (Transformation numérique et gestion des PME). Cependant l'étude de cas a été utilisée pour les sujets suivants : l'analyse du concept de l'industrie 4.0, Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME, Intégration technologique et culture d'entreprise.

4.2.18. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE D'ÉCHANTILLON

Le tableau en annexe 23 nous présente les sujets avec leur type d'échantillonnage. Nous remarquons que les échantillons dans les études sont aléatoires (19,40%) sur : l'analyse du concept de l'industrie 4.0, défis financiers et manque de compétences internes, Les facteurs de succès de la transformation numérique des PME, Transformation numérique et gestion des PME et la transformation numérique et gestion des PME. En effet nous constaté que les auteurs ont préféré les échantillons non aléatoires (80,60%) pour les sujets suivants : la Transformation numérique dans la gestion des PME, Analyse du concept de l'Industrie 4.0, Facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME , Adoption des technologies numériques et perception des employés, Les

tendances de la transformation numérique, Défis spécifiques rencontrés par les PME, Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME, Intégration technologique et culture d'entreprise, Facteurs TOE de la transformation numérique dans la gestion des PME, Micro-fondements et transformation numérique.

4.2.19. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR SUJET ET PAR TYPE DE LIMITE

Le tableau de l'annexe 24 nous permet de croiser les limites avec les sujets abordés dans les études retenues. L'adoption des technologies numériques et perception des employés est sujet qui a rencontré les limites suivantes : limite d'échantillonnage, géographique, méthodologique, temporelle et aussi plus de deux limites à la fois. Les études sur l'analyse du concept de l'Industrie 4.0 présente les limites suivantes : limite d'échantillonnage, méthodologique. Quant aux études sur les défis financiers et manque de compétences internes dans les PME nous avons observé les limites suivantes : limite géographique et temporelle. Les recherches présentent les limites d'échantillonnage, méthodologique, temporelle. Les limites d'échantillonnage, géographique, méthodologique, temporelle se retrouve dans les études qui abordent les facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME. Les études sur les facteurs TOE et transformation numérique identifient deux limites (échantillonnage et temporelle). L'intégration technologique et la culture d'entreprise font état de limites (échantillonnage, géographique, temporelle). Les limite d'échantillonnage, géographique, méthodologique sont les plus mentionnées sur les tendances de la transformation numérique.

Il faut noter que parmi les études analysées, la transformation numérique et gestion des PME est le sujet qui rencontre les plus de limites (d'échantillonnage, géographique, méthodologique, temporelle). En définitive, les recherches sur les micro-fondements de la transformation numérique mettent en évidence les limites (géographique, temporelle).

4.2.20. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE DE L'APPROCHE GÉNÉRALE ET PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF

Dans le tableau de l'annexe 25, les recherches descriptives sont de type mixte (6,30%), qualitative (56,30%), et quantitatifs (37,50%). Quant aux recherches explicatives nous avons remarqué qu'elles sont majoritairement quantitatives (75%) et une faible proportion mixte (25%). Les recherches exploratoires qui sont les plus représentés dans les études suivent une approche mixte (21,4%), qualitative (54,8%), quantitatives (23,80%).

4.2.21. RÉPARTITION DES ÉTUDES PAR TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF ET PAR TYPE DE Limite

L'annexe 26 montre les différents types de recherches par rapport à l'objectif en fonction des limites. Les études descriptives présentent les limites d'échantillonnage (25%), géographique (25%), temporelle (31,3%), méthodologique (18,8%). Pour les études explicatives nous avons constaté des limites méthodologiques et temporelle respectivement 25%, Les recherches exploratoires présentent des limites d'échantillonnage (21,40%), géographique (19%), méthodologique (23,80), temporelle (16,70%).

CHAPITRE 5

DISCUSSION

Dans ce chapitre, nous allons proposer une synthèse générale des résultats obtenus et faire une discussion approfondie. Par la suite nous présenterons les limites, apports, recommandations et perspectives de recherche.

5-1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES RÉSULTATS

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons opté pour une revue systématique de la littérature qui sera notre approche méthodologique et les variables identifiées ont été analysées avec SPSS. L'objectif principal est de fournir une synthèse des études ayant pour sujet principal la transformation numérique dans la gestion des PME, qui nous permettra d'approfondir nos connaissances sur le sujet que nous avons acquises par le biais d'un échantillon constitué de 62 articles publiés par 47 revues dont 27 revues en gestion et entrepreneuriat et 35 revues axées sur la technologie, l'innovation et les systèmes d'information. Les études ont été réalisé sur les 10 dernières années entre 2015 et 2025 par 199 auteurs répartis dans le monde.

Nous avons rassemblé au début de cette étude plusieurs définitions relatives à la transformation numérique mais une seule définition peut suffire à comprendre le concept. La transformation numérique est un phénomène subi et/ou voulu par les entreprises les poussant à modifier leur organisation en intégrant la technologie du numérique dans le but d'améliorer fondamentalement les performances de l'entreprise.

Nous pensons que l'introduction des premiers outils numériques a été réalisé vers la fin des années 1980 jusqu'au début des années 1990. Au début des années 2000 le terme transformation numérique (digital transformation en anglais) commence à émerger et ce n'est qu'en 2010 qu'on a connu l'arrivée des technologies de l'industrie 4.0. Néanmoins dès la fin des années 2010 et jusqu'à la fin des années 2015, peu de recherches ont été publiées dans les revues scientifiques. Entre 2015 et 2021, les publications indiquent une adoption progressive du numérique par les PME. Cependant, nous remarquons une accélération des études en 2022 et 2023. Nous constatons que plus de la moitié des articles (51%) ont été publiées après 2022. Les études ont eu lieu dans différents pays et continents. Les études se concentrent sur certains territoires notamment l'Allemagne (16.1%) et le Canada (11,3%). La France et l'Italie apparaissent à un niveau intermédiaire avec 6,5% tandis que les pays comme la Chine, l'Espagne, le Royaume-Uni et le Portugal sont moins représentés. Il faut noter que 11 études ne précisent pas le pays étudié. Les résultats montrent que plus de la moitié des études (51,6%) ont eu lieu en Europe. L'Amérique du Nord (Canada) avec 11,3% reflètent aussi un contexte favorable à l'innovation technologique. L'Asie et l'Afrique sont nettement moins représentés. En effet nous avons remarqué aussi que 9,5% des publications adoptent une perspective multi pays.

D'après nos résultats, l'analyse de données secondaires (48,4%), l'étude de cas (22,6%), et l'enquête (16,1%) sont les principaux modes d'investigation les plus mentionnées dans les articles. La plupart des études est faite dans une approche qualitative

(51,61%) et de nature exploratoire (67,74%). Ces études ont présenté de diverses limites mais la limite méthodologique a un plus grand pourcentage avec 22,6%.

L'adoption des technologies numériques par les PME diffère selon les secteurs d'activités. L'industrie (77,42%) suivi du transport (8,06%) sont les secteurs d'activités où les solutions numériques émergent progressivement. Différents sujets ont été étudiés et ceux qui ont été les plus débattus dans les articles que nous avons retenus sont : la transformation numérique dans la gestion des PME (24,2%), l'analyse du concept de l'Industrie 4.0 (21%), les facteurs de succès de la transformation numérique dans la gestion des PME (12,9%), l'adoption des technologies numériques et perception des employés (9,7%), Les tendances de la transformation numérique (9,7%). La répartition des articles nous montre que l'Intelligence artificielle (24,88%), le Big Data et l'analyse avancée (22,10%), l'Internet des objets (20,99%), l'Infonuagique (19,34%), la cybersécurité (8,29%) et les systèmes cyber-physiques (4,42%) sont les technologies numériques les plus mise en évidence par les auteurs.

Les résultats nous montrent plusieurs indicateurs de performance pour évaluer le niveau d'adoption des technologies numériques des PME qui sont les plus évoqués par les auteurs à savoir : Compétitivité des PME (20,98%), la productivité et efficacité (19,58%), Satisfaction client (17,48%), Innovation (13,99%), la croissance du chiffre d'affaires (12,59%), la qualité des produits (8,39%) et la performance financière (6,99%). Nous constatons que l'analyse des articles révèle les défis rencontrés par les PME à savoir : les contraintes financières (24,54%), la résistance au changement organisationnel (23,31%), le

manque de compétences techniques (21,47%), l'incompatibilité avec les systèmes existants (18,4%) et l'absence de vision stratégique claire (12,27%). Quant aux stratégies mise en œuvre par les PME pour accompagner leur transformation numérique, nous remarquons que la formation et développement de compétences numériques (30,41%), la gestion progressive du changement (23,65%), les collaborations avec des partenaires technologiques externes (20,27%), l'investissement dans la cybersécurité (13,51%) et enfin l'adoption progressive des technologiques numériques (12,16%) sont les recommandations évoqués par les auteurs dans les études pour une réussite de l'intégration des technologies dans les PME. Les auteurs mettent en lumière les facteurs déterminants pour la réussite de la transformation numérique des PME notamment le leadership stratégique des dirigeants des PME (33,33%), la culture organisationnelle (29,17%), l'accès aux financements (25%) et le choix d'investissement stratégique (12,5%).

5-2 DISCUSSION DES RÉSULTATS

La discussion consiste à interpréter les résultats à la lumière des théories existantes et des données empiriques dans le but de comprendre le phénomène étudié. La question qui a guidé notre recherche est la suivante : Comment les PME abordent-elles l'adoption des technologies numériques de l'industrie 4.0, à travers les stratégies qu'elles mettent en œuvre, les défis qu'elles rencontrent et quels sont les facteurs qui jouent un rôle dans leur transformation numérique ?

Nous avons adopté une démarche méthodologique fondée sur une revue systématique de la littérature pour répondre à la question de recherche. Chaque phase de la revue systématique a été suivie avec rigueur : de la formulation de la question de recherche incluant la mise au point des critères de sélection et d'exclusion, la recherche, la sélection des articles pertinents et l'analyse des données. A l'issue de cette démarche méthodologique, nous avons obtenu un échantillon de 62 articles publiés à travers le monde provenant des revues spécialisées en gestion et entrepreneuriat et des revues axées sur la technologie, l'innovation et les systèmes d'information. Nous avons obtenu des données à partir d'une grille de lecture des articles rigoureusement conçue qui nous ont permis d'effectuer des analyses descriptive univariée et bivariée afin de dégager les résultats conséquents.

Les objectifs spécifiques que nous nous sommes fixés dans ce mémoire sont atteints :

Concernant le premier objectif (identification des technologies numériques de l'industrie 4.0), la littérature mobilisée nous a permis d'identifier les technologies numériques de l'industrie 4.0 durant les dix dernières années à savoir : l'Internet des objets, Usines intelligentes, systèmes cyber physiques, Internet des services, Intégration de systèmes, l'Infonuagique, Analyse du Big data et IA, Interopérabilité, Robots, Cybersécurité (Ricadela, 2023). Les technologies sont reconnues dans la littérature pour transformer les processus de production, favoriser l'autonomie décisionnelle dans les entreprises. Ces composantes technologiques ne sont pas seulement des outils comme l'a

constaté (Pereira et Romero, 2017) mais elles sont bien des piliers d'un nouveau modèle de gestion basée sur l'automatisation intelligente, l'analyse prédictive et la connectivité en temps réel. La convergence des technologies crée un environnement industriel interconnecté pour les PME leur permettant de s'adapter aux changements.

Concernant le deuxième objectif (Identification des défis auxquels sont confrontées les PME dans le cadre de leur transformation numérique), la revue systématique a mis en évidence plusieurs obstacles. La question de ressources financières est primordiale : les PME sont souvent bridées par des fonds limités ce qui freine l'investissement dans les technologies numériques (Gamache *et al.*, 2017; Torn et Vaneker, 2019). Par ailleurs, elles manquent de compétences internes en technologies numériques qui les constraint à recourir à un accompagnement externe surtout dans les régions comme le SLSJ. La réticence au changement est également un frein majeur comme le souligne (Conseillers en gestion et informatique) en 2022. Beaucoup de PME perçoivent encore la technologie comme un simple outil d'appoint plutôt qu'un atout stratégique. Cette vision restreinte entrave une transformation profonde. La complexité des technologies émergentes, leur rapide évolution et le manque de clarté sur les retours sur investissement accentuent l'incertitude ressentie par les dirigeants de PME. Vivier et Ducrey (2019) ont souligné que les PME doivent gérer les mutations technologiques tout en maintenant les opérations quotidiennes entraînant une surcharge organisationnelle. Les résultats du sondage Leger (2024) confirment que le manque de vision stratégique, la pénurie de personnel qualifié et

l'absence de culture numérique intégrée sont des facteurs qui influencent la transformation numérique des PME.

Concernant le troisième objectif (Identification de la méthodologie dominante dans les recherches), nous avons pu mettre en lumière la méthodologie dominante dans les études portant sur la transformation numérique. En effet, les résultats de nos analyses révèlent que plus de la moitié des recherches a été menée par des études qualitatives axées sur l'analyse des données secondaires et les études de cas. Ce résultat s'explique d'une part par la nature exploratoire du sujet : la transformation numérique constitue un phénomène complexe en constante évolution. D'autre part, les approches qualitatives permettent aux chercheurs de saisir les dynamiques internes propres aux PME comme les résistances au changement et les perceptions des gestionnaires. Cette tendance méthodologique met en lumière une volonté des auteurs d'adopter une posture interprétative pour éclairer les défis de la transformation numérique des PME dans des environnements complexes comme celui du SLSJ.

Concernant le quatrième objectif (détermination du secteur d'activités le plus porteur sur des études sur la transformation numérique), nous avons pris pour repère le Système de Classement des Industries en Amérique du Nord (SCIAN) et trois secteurs d'activités se trouvent comme prioritaires pour avoir bénéficié 90,32 % des études en rapport avec la transformation numérique. Il s'agit de : l'Industrie, le transport et la construction. Ces secteurs ont connu une évolution remarquable au cours des dernières

années sous les avancées technologiques liée à la transformation numérique. Depuis les années 2015, nous remarquons une augmentation significative des travaux scientifiques portant sur la transformation numérique.

On peut avancer que la transformation numérique est considérée comme indispensable pour assurer la pérennité et la compétitivité des PME en référence aux études de (Meier *et al.*, 2025; Skare *et al.*, 2023). Elle modernise les processus internes des entreprises mais favorise l'innovation en permettant de développer de nouveaux produits, renforce la capacité des PME à s'adapter aux changements environnementaux. La transformation numérique n'est pas une finalité mais un moyen incontournable pour que les PME demeurent performantes dans un monde en constante évolution. Wenbing *et al.* (2024) rappellent que la transformation numérique repose sur trois piliers à savoir : une stratégie claire, des capacités managériales solides et un environnement externe favorable. Elle n'est pas sans risques pour les PME et peut entraîner des coûts importants et des perturbations internes.

Dans le contexte des PME africaines, (Kamdjoug, 2024) met en évidence que les échecs des projets de transformation numérique sont souvent liés à une mauvaise gestion du changement. La formation continue des employés permet de les rassurer face à la complexification du travail. Il faut une bonne implication des parties prenantes notamment les collaborateurs dès le début du processus de transformation numérique afin de favoriser une meilleure acceptation du changement. Enfin la communication autour des étapes, objectifs et bénéfices du projet numérique doit être claire et régulière pour maintenir

l'adhésion et l'engagement. Behrens *et al.* (2023) montrent quatre composantes qui constituent la démarche numérique dans les PME à savoir : la vision des dirigeants, la communication organisationnelle, une stratégie claire et l'implication des personnes. Une stratégie de transformation numérique repose autant sur les humains que sur la technologie.

Le manque d'attractivité sur le marché de l'emploi freine la capacité des PME à recruter des experts en TI, cybersécurité (Trabert *et al.*, 2024). En parallèle, l'absence de gouvernance numérique claire constitue un autre obstacle majeur pour les PME dans leur processus de transformation numérique. L'adoption des technologies liés à l'industrie 4.0 par les PME repose sur une interaction complexe entre des facteurs technologiques, organisationnels et environnementaux comme le soulignent Morteza *et al.* (2022).

Du point de vue technologique les facteurs les plus déterminants sont la compatibilité des nouvelles solutions avec les systèmes existants, le degré de maturité des technologies. Sur le plan organisationnel, les compétences techniques et managériales, le leadership et la disponibilité de ressources financières et humaines sont les facteurs internes qui influencent la capacité des PME à adopter les technologies de l'industrie 4.0. Enfin, la pression concurrentielle peut inciter les PME à accélérer leur modernisation.

L'implémentation de l'industrie 4.0 dans les PME manufacturières ne dépend pas uniquement de l'acquisition de technologies avancées mais selon Nwaiwu *et al.* (2020), cinq facteurs déterminent le succès de transition numérique à savoir : avoir une stratégie

claire, une adéquation organisationnelle, compétitivité accrue, amélioration des opérations et une gestion efficace des ressources humaines. Les PME manufacturières québécoises font face à la concurrence internationale et la complexité croissante des technologies émergentes. L'infonuagique permet de déployer des systèmes flexibles et les Systèmes cyber-physiques peuvent faciliter l'intégration des flux physiques et numériques. L'étude bibliométrique de Marino-Romero *et al.* (2024) ont identifié trois composantes structurant la transformation numérique des PME à savoir : les technologies numériques à implémenter, les stratégies organisationnelles et les capacités numériques à développer. L'étude de Deltour *et al.* (2020) met en lumière le rôle de la localisation géographique en soulignant que les entreprises situées dans des zones à faible densité présentent un niveau d'investissement numérique inférieur à celui situées dans les grandes villes. En effet si on applique cette idée au contexte du SLSJ, nous remarquons que les disparités territoriales demeurent significatives même si la région est dotée d'un tissu entrepreneurial dynamique. Les PME localisées peuvent éprouver des difficultés à accéder aux ressources numériques, à recruter des talents spécialisés en numérique ou à bénéficier d'un accompagnement soutenu dans leur projet de transformation numérique.

L'analyse des articles explorés dans la littérature met en évidence une explication significative des études sur les aspects stratégiques de la transformation numérique dans les PME. Nous constatons une forte présence des recherches liés à la transformation numérique dans la gestion des PME et l'analyse du concept de l'industrie 4.0. Différentes études qui mettent en lumière les facteurs de succès comme l'implication

des dirigeants, vision claire, de ressources adéquates, de compétences internes techniques nous montrent que pour qu'une PME réussisse sa transformation numérique les dirigeants doivent savoir comment intégrer et utiliser les technologies. La manière dont les employés perçoivent l'introduction de nouvelles technologies dans leur milieu de travail est un facteur déterminant dans la réussite d'un projet numérique.

Pour réussir une transformation numérique, il faut se concentrer sur la redéfinition des propositions de valeur pour les clients et l'amélioration des opérations à l'aide de la technologie numérique pour favoriser davantage de liens et de coopération avec les clients (Berman, 2012). Un éventail de compétences en leadership est essentiel à la mise en œuvre réussie du changement. Les leaders jouent un rôle crucial dans les entreprises, en particulier dans la conduite du changement, et doivent faire preuve d'une profonde compréhension du processus et être prêts à accepter le changement, reconnaissant que l'alignement de leurs compétences en leadership avec l'approche de gestion du changement améliore l'efficacité (Sow et Aborbie, 2018). De plus les leaders devraient stimuler les individus à exécuter des tâches de manière plus efficace et créative (Grigore et Coman, 2018).

En effet la transformation numérique ne se limite pas à l'adoption des technologies de pointe, il s'agit d'abord et avant tout d'un changement culturel, structurel et opérationnel qui modifie la façon dont les organisations créent de la valeur, interagissent avec leurs parties prenantes et se positionnent sur le marché. Dans ce contexte, (Benitez et al., 2022, p. 5) soulignent que « l'alignement culturel est essentiel pour favoriser un

environnement propice à l'adoption des changements technologiques ». Le leadership joue un rôle clé car le succès de la transformation numérique dépend de la capacité à guider les équipes à travers la complexité et l'incertitude inhérentes à ce processus.

CHAPITRE 6

APPORTS, LIMITES, PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE

Dans cette étude, il s'agissait de faire la synthèse de l'état des connaissances sur la transformation numérique dans la gestion des PME pour éclairer les pratiques des entreprises du SLSJ. Les apports de l'étude font référence à ce que la recherche ajoute concrètement à la connaissance existante sur les plans théoriques, méthodologiques et/ou pratiques.

Pour atteindre cet objectif, les questions suivantes ont guidé notre réflexion tout au long de cette recherche : quelles technologies sont les plus adoptées par les PME dans le cadre de leur gestion? Quels sont les défis auxquels sont confrontées les PME? Quelles stratégies peuvent être mises en œuvre par les PME pour surmonter les défis rencontrés? Quels sont les facteurs déterminants pour réussir cette transformation numérique?

Les apports issus de cette recherche permettent ainsi de mieux comprendre la dynamique de la transformation numérique dans la gestion des PME à partir de données secondaires.

6.1 APPOINT THÉORIQUE

Il est important de revenir sur l'état des connaissances présentées dans la revue de littérature pour mettre en évidence les apports théoriques de ce mémoire. Cette étude

identifie trois principales dimensions notamment l'industrie 4.0, la PME manufacturière et la transformation numérique.

Premièrement nous avons remarqué que l'industrie 4.0 est présent dans les discours industriels et scientifiques mais il n'existe pas une seule définition consensuelle. Le travail propose justement une synthèse structurée de l'industrie 4.0 en identifiant quatre composantes principales qui reviennent dans les études. Les CPS sont des machines capables d'analyser et de réagir en temps réel leur environnement. Dans une entreprise par exemple, une machine équipée de capteurs peut détecter un défaut en cours d'assemblage, ajuster les mouvements pour corriger l'erreur. Le CPS échange des données en continu avec d'autres systèmes de contrôle mais cela implique de gros enjeux en matière de cybersécurité. L'IoT permet aux machines et outils de production de communiquer entre eux via Internet. Les objets deviennent intelligents parce qu'ils peuvent émettre des données, recevoir des instructions et se coordonner avec les autres machines. Par exemple les capteurs qu'on place sur les appareils de production peuvent permettent de prévoir à l'avance une panne et par la suite programmer une maintenance avant que la chaîne de production ne soit interrompue. L'IOS quant à elle permet de connecter les services entre eux dans un même écosystème numérique. A ce niveau il s'agit de fournir des services intelligents et personnalisés. Une entreprise peut alors proposer une plateforme numérique à ses clients pour leur permettre de personnaliser un produit ou obtenir des services après-vente en temps réel. Enfin l'usine intelligente est le cœur de l'industrie 4.0, un environnement de production totalement interconnecté où les humains, les systèmes et machines travaillent ensemble tout en s'adaptant en temps réel à la demande et contraintes

logistiques. La recherche nous éclaire sur le concept de l'industrie 4.0 pour comprendre ce que les PME ont réellement à gagner notamment les gains de productivité, une meilleure flexibilité, une meilleure gestion des ressources et une amélioration de l'expérience client.

Deuxièmement, les PME jouent un rôle essentiel dans l'économie au Québec et dans une région comme le SLSJ. Nous constatons que les PME n'ont pas toujours les moyens d'évoluer aussi vite que la technologie. D'après la littérature, il y a peu de personnel qualifié dans les entreprises pour gérer l'adoption des nouvelles technologies et il existe également un manque de temps pour se former et explorer de nouvelles solutions. En effet la transformation numérique coûte cher donc investir dans les technologies numériques représente un énorme budget élevé. La transformation numérique est un changement en profondeur du fonctionnement de l'entreprise. Les PME doivent s'adapter aux nouvelles technologies en créant de nouveaux objectifs, modifier les hiérarchies, faire travailler ensemble toutes les équipes pour une collaboration parfaite.

6.2 APPORT MÉTHODOLOGIQUE

Nous avons cherché à analyser les concepts associés à la transformation numérique dans la gestion des PME avec pour objectif de dresser un état actuel des connaissances existantes dans ce champ de recherche. Nous avons adopté la méthodologie rigoureuse de la revue systématique de la littérature. L'apport méthodologique de cette étude réside sur le fait que l'utilisation de la revue systématique en gestion des organisations est une démarche porteuse.

L'étude adopte une approche méthodologique hybride, alliant à la fois l'analyse qualitative des articles et l'analyse quantitative des données à l'aide du logiciel SPSS. Cette approche nous a permis de dégager des tendances significatives par exemple, une sous-représentation des études centrées sur le Canada plus particulièrement sur des régions comme le SLSJ et une prédominance des études européennes. Une grille d'analyse a été élaboré afin de garantir la rigueur de l'analyse des articles retenus. Elle nous a permis d'extraire de façon homogène et structurée les éléments fondamentaux de chaque publication mais constitue un outil pertinent non seulement pour le chercheur et les acteurs qui veulent effectuer une veille scientifique sur la transformation numérique dans la gestion des PME.

6.3 LIMITES DE LA RECHERCHE

Les résultats de cette recherche doivent être interprétés avec prudence parce qu'aucune étude aussi scientifique qu'elle soit, n'est parfaite. La première limite est liée à l'échantillon final qui pourrait être élargi bien que notre revue systématique nous ait permis de collecter un nombre important d'articles. Une base de données avec davantage d'articles scientifiques publiés dans des langues autres que le français et l'anglais nous aurait permis de mieux généraliser les résultats.

La deuxième limite est liée aux critères définis dans la grille de lecture des articles. Elle pourrait plus être approfondie par l'ajout d'autres variables ce qui permettrait

d'optimiser la phase d'analyse des données. Par ailleurs, les articles n'ont pas été évalués d'un point de vue critique sur leur apport théorique. Enfin la troisième limite est liée au traitement des données. L'analyse descriptive univariée et bivariée a été retenue pour décrire les caractéristiques des variables des articles. Nous pouvons remarquer l'absence d'une analyse descriptive multivariée qui permettra d'étudier plus de deux variables simultanément. Dans la section suivante, nous présenterons les perspectives de la recherche.

6.4 PERSPECTIVES DE LA RECHERCHE

Les pistes de recherche potentielles correspondent à ce que l'on pourrait explorer dans le futur à partir des connaissances actuellement.

Concernant l'approche méthodologique, nous proposons de reprendre l'étude avec une stratégie interactive en s'appuyant sur une méthodologique qualitative avec l'idée de comprendre les perceptions des employés gestionnaires d'entreprises au sujet de la transformation numérique. Cette recherche pourra s'intéresser à comprendre comment les gestionnaires perçoivent la transformation numérique, explorer le niveau de maîtrise des outils numériques dans les PME, étudier l'impact de la culture d'entreprise sur l'adoption technologique.

Concernant l'échantillon de l'étude, on peut élargir la recherche en ajoutant d'autres mots clés pour interroger les bases de données et obtenir un échantillon plus important. Ce qui suppose une analyse plus conséquente avec des outils méthodologiques adaptés.

Concernant l'analyse descriptive des données, nous proposons d'approfondir l'étude en faisant une analyse multivariée ou bibliométrique pour tester les caractéristiques existantes entre plusieurs variables. Nous proposons qu'une étude soit faite aussi en prenant les articles publiés dans d'autres langues que l'anglais et le français.

6.5 RECOMMANDATIONS

Les résultats révèlent que les contraintes financières, la résistance au changement organisationnel et le manque de compétences en technologie sont les principaux obstacles qui freinent la capacité des PME à innover et demeurer compétitives dans un environnement en pleine évolution constante. Il serait important de mieux renforcer les dispositifs d'accompagnement stratégique afin de soutenir les PME dans leur transition vers l'industrie 4.0. Par exemple la mise en place de programmes de subventions ciblés peut réduire la pression financière liée aux investissements technologiques. Les dirigeants d'entreprises doivent offrir des formations techniques pour leurs employés et gestionnaires afin de rehausser le niveau de compétences.

Par ailleurs, il faudrait plus d'engagement collectif est indispensable car l'implication active des acteurs internes doit être recherchée pour assurer une

compréhension des changements. La culture numérique permettra de réduire les résistances au changement et d'accroître la performance globale de l'entreprise. Enfin pour avoir de bons résultats, il est indispensable de mettre en place des outils de suivi et d'évaluation de la transformation numérique dans les entreprises pour garder le contrôle sur leur évolution et maximiser la valeur créée par leurs investissements numériques. Les PME doivent être soutenues aux niveaux opérationnel, stratégique, financier et culturel pour réussir leur transformation numérique.

CONCLUSION

Ce projet de mémoire nous a permis de comprendre la portée stratégique de la transformation numérique dans la gestion des PME et comment elles peuvent éclairer les pratiques des PME du SLSJ. L'objectif général de cette étude était d'identifier les connaissances actuelles sur la transformation numérique appliquée aux PME en mettant en lumière les technologies numériques de l'industrie 4.0 et les défis auxquels sont confrontées les PME. Le travail s'inscrit dans un contexte où les PME et plus particulièrement celles du SLSJ doivent faire face à des mutations technologiques et économiques majeures. Ce projet de recherche propose le concept d'Industrie 4.0 pour explorer comment ces entreprises perçoivent et vivent la transformation numérique.

L'industrie 4.0 au cœur des discussions actuelles représente une évolution majeure qui est capable de transformer en profondeur l'ensemble des opérations dans les PME. Selon Hofmann et Rüsch (2017), elle remet en question les façons traditionnelles pour les entreprises de produire et de distribuer les biens.

Les résultats obtenus proviennent de l'analyse de 62 articles publiés sur les dix dernières années, entre 2015 et 2025 par 70 revues scientifiques réparties dans le monde avec comme langue de publication l'anglais ou le français. La littérature mobilisée nous a permis d'identifier les technologies numériques de l'industrie 4.0 durant les dix dernières années à savoir : l'Internet des objets, Usines intelligentes, systèmes cyber physiques,

Internet des services, Intégration de systèmes, l'Infonuagique, Analyse du Big data et IA, Interopérabilité, Robots. Les résultats mettent aussi en évidence les défis liés à l'intégration des technologies numériques tels que le manque de ressources, la faible maturité numérique, la résistance au changement mais soulignent les facteurs importants comme le leadership stratégique et la formation des employés qui influencent la réussite ou non de la transformation numérique. Enfin, les résultats de nos analyses révèlent que plus de la moitié des recherches a été menée par des études qualitatives axées sur l'analyse des données secondaires et les études de cas.

Malgré la rigueur scientifique employée dans la réalisation de cette revue systématique de la littérature, des limites méthodologiques ont été reconnues. Elles sont principalement liées aux difficultés rencontrées pendant la collecte et le tri des données, notamment la taille de l'échantillon qui aurait pu être étendue afin de consolider la portée analytique de l'étude. Ces limites ouvrent la voie à de futures recherches notamment qualitatives afin de mieux cerner les perceptions des acteurs en entreprises. Nous ne conseillons pas de généraliser ces résultats compte tenu de la taille restreinte de l'échantillon. Cette recherche peut être utile à toute personne qui souhaite améliorer ses connaissances sur la transformation numérique et à connaître l'état de la situation des écrits. La transformation numérique reste toujours un concept important à étudier.

BIBLIOGRAPHIE

Acatech- National Academy of Science and Engineering. (2013). *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*.

Alekseev, A. N., Evdokimov, S. Y., Tarasova, A. Y., Khachaturyan, K. S. et Khachaturyan, A. A. (2018). Financial strategy of development of industry 4.0 in the countries with developing economy. *Revista ESPACIOS*.

Andal-Ancion, A., Cartwright, P. A. et Yip, G. S. (2003). The digital transformation of traditional business. *MIT Sloan Management Review* 44(4), 34-41.

Badri, A., Boudreau-Trudel, B. et Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety Science*, 109, 403-411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>

Banque de développement du Canada. (2021). *Les PME qui investissent dans les technologies numériques sont plus concurrentielles* [05 Mai 2025]. Banque de développement du Canada. <https://www.bdc.ca/fr/a-propos/centre-des-medias/communiques-presse/petites-moyennes-entreprises-investissent-dans-technologies-numeriques-sont-plus-concurrentielles-etude-bdc>

Banque de développement du Canada. (2024). *Une nouvelle étude de BDC pose un regard vers l'avenir pour aider les entreprises canadiennes à déjouer les probabilités*. Banque de Développement du Canada <https://www.bdc.ca/fr/a-propos/centre-des-medias/communiques-presse/nouvelle-etude-bdc-pose-regard-avenir-aider-entreprises-canadiennes-dejouer-probabilites>

Banque mondiale. (2016). *Les petites entreprises dynamisent la croissance économique et créent des emplois*. <https://www.banquemonde.org/fr/news/feature/2016/06/20/entrepreneurs-and-small-businesses-spur-economic-growth-and-create-jobs>

Barreto, L., Amaral, A. et Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.045>

Bédard-Maltais, P.-O. (2017). *Industrie 4.0 : la nouvelle révolution industrielle. Les fabricants canadiens sont-ils prêts ?* B. d. d. d. Canada.

Bégon-Tavera, H. (2021). *La transformation numérique des administrations. La documentation française.*

Behrens, V. J., Pjero, E., Krause, S. et Hangl, J. (2023). What are the essential elements of a digital transformation process to develop an efficient digitization strategy for management? *Journal of Management Development*, 42(5), 399-419. <https://doi.org/10.1108/JMD-03-2023-0087>

Benitez, G. B., Ferreira-Lima, M., Ayala, N. F. et Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 technology provision: the moderating role of supply chain partners to support technology providers. *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(1), 89-112.

Berman, B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution. *Business horizons*, 55(2), 155-162.

Boivin Forcier, K. (2023). *PME : incontournables dans l'économie régionale.* <https://informeaffaires.com/regional/reseautage-et-evenement/pme-incontournables-dans-leconomie-regionale>

Brozzi, R., D'Amico, R. D., Pasetti Monizza, G., Marcher, C., Riedl, M. et Matt, D. (2018). *Design of self-assessment tools to measure Industry 4.0 readiness: A methodological approach for craftsmanship SMEs* (vol. 540). https://doi.org/10.1007/978-3-030-01614-2_52

Calexa Group. (2018). *Cinq étapes pour se préparer à une dématérialisation réussie.* <https://blog.calexa-group.com/etapes-processus-dematerialisation-rh/>

Castells, M. (1996). *The Rise of the Network Society* (vol. 1).

Castets-Renard. (2014). *Droit de l'internet : droit français et européen.* Montchrestien

Ceruzzi, P. E. (2012). *Computing: A Concise History.* MIT Press. <https://books.google.ca/books?id=BFT5DwAAQBAJ>

Chaintreuil, J.-N. (2015). *RH & digital : Regards collectifs de RH sur la transformation digitale.* Éditions Diateino.

Chambre de commerce du Montréal métropolitain. (2017). *Pourquoi le virage vers l'industrie 4.0 est-il si important pour nos entreprises manufacturières ?* https://www.ccmm.ca/fr/nouvelles/blog_pourquoi-le-virage-vers-l-industrie-4-0-est-il-si-important-pour-nos-entreprises-manufacturières/

- Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A. et Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia. *Computers in Industry*, , 100, 244–257. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.04.006>
- Chouanière, D., Boini, S. et Colin, R. (2009). *Conditions de travail et santé dans les centres d'appels téléphoniques*. https://portaildocumentaire.inrs.fr/Default/doc/SYRACUSE/150421/conditions-de-travail-et-sante-dans-les-centres-d-appels-telephoniques-extrait-de-comment-construire?_lg=fr-FR
- Claudia, P., Uwizeyemungu, S. et Raymond, L. (2023). *Six clés pour la transformation numérique de votre entreprise à l'ère de l'industrie 4.0*. Presses de l'Université du Québec. <https://doi.org/10.1353/book110190>
- Columb, M. O. et Lalkhen, A.-G. (2005). Systematic reviews & meta-analyses. *Current Anaesthesia & Critical Care*, 16(6), 391-394. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cacc.2006.02.004.\(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953711206000263\)](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cacc.2006.02.004.(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0953711206000263))
- Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement. (2022). *Rapport sur le commerce électronique et le développement 2022*. Nations Unies. CNUCED. https://unctad.org/system/files/official-document/ecn162022d2_fr.pdf
- Conseillers en gestion et informatique. (2022Pourquoi les organisations peinent à atteindre le plein potentiel de leurs programmes de transformation ? , article. <https://www.cgi.com/france/fr-fr/blog/digital-value-chain/trois-raisons-organisations-peinent-transformation-numerique>
- Danjou, C., Rivest, L. et Pellerin, R. (2017). *PME 2.0 : le passage au numérique – Industrie 4.0 : des pistes pour aborder l'ère du numérique et de la connectivité*. CEFARIO. <https://espace2.etsmtl.ca/id/eprint/14934/1/le-passage-au-num%C3%A9rique.pdf>
- Deltour, F., Le Gall, S. et Lethias, V. (2020). L'accompagnement de l'innovation par le numérique : quelles opportunités pour les PME ? *Reflets et perspectives de la vie économique*, LVIII(1), 101-114. <https://doi.org/10.3917/rpve.591.0101>
- Direction Générale du Travail et du Centre d'analyse Stratégique. (2012). Les Technologies de l'information et de la communication au travail : quels impacts sur les conditions de travail ? *Rapport n°49.* https://strategie.archives-spm.fr/cas/system/files/raptic_web_light_final28022012.pdf.pdf

- Dorn, D., Autor, D., Katz, L. F., Patterson, C. et Reenen, J. V. (2017). Concentrating on the Fall of the Labor Share. *The American Economic Review*, 107(5),, 180–185. <https://doi.org/10.1257/aer.p20171102>
- Echchakoui, S., Frini, A. et Metohoue, O. F. (2021). Barrières, leviers, défis et opportunités de l'adoption de l'Industrie 4.0 par les PME manufacturières en Chaudière-Appalaches. *Centre d'expertise universitaire voué au développement des organisations (CEUDO)*.
- Favre, F. et Greenan. (1998). L'informatisation de l'« ancienne » économie : nouvelles machines et nouvelles organisations. *Économie et Statistique*, 339-340.
- Fayon, D. et Tartar, M. (2014). *Transformation digitale : 5 leviers pour l'entreprise*.
- Fortin, F., Côté, J. et Filion, F. (2006). *Fondements et étapes du processus de recherche*. Montréal : Chenelière-éducation, ©2006.
- Fortin, M.-F. et Gagnon, J. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche : Méthodes quantitatives et qualitatives*. Chenelière Éducation.
- Fuchs, C. (2007). *Internet et société La théorie sociale à l'ère de l'information*. <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9780203937778/internet-society-christian-fuchs>
- Gamache, S., Abdul-Nour, G. et Baril, C. (2017). *Industrie 4.0 dans les PME québécoises : bilan et premiers constats*. 12e Congrès international de génie industriel (CIGI), Compiègne, France.
- Ganzarain, J. et Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SME's toward industry 4.0. *Journal of Industrial Engineering and Management*,, 1119–1128. <https://doi.org/10.3926/jiem.2073>
- Gimpel, H., Huber Rocco, X. R., Röglinger, M., Hosseini, S., Probst, L. et Faisst, U. (2018). Structuring Digital Transformation: A Framework of Action Fields and its Application at ZEISS. *JITTA : Journal of Information Technology Theory and Application*, 19(1), 1-23.
- Götz, M. et Jankowska, B. (2017). Clusters and Industry 4.0 – do they fit together? . *European Planning Studies*, 1633–1653. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09654313.2017.1327037>

Gouvernement du Québec. (2023). *Secteur des entreprises – Saguenay–Lac-Saint-Jean* Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie <https://www.economie.gouv.qc.ca/pages-regionales/saguenay-lac-saint-jean/portrait-regional/secteur-des-entreprises>

Gouvernement du Québec. (2024). *Occupation du territoire – Saguenay–Lac-Saint-Jean*. <https://www.economie.gouv.qc.ca/pages-regionales/saguenay-lac-saint-jean/portrait-regional/occupation-du-territoire>

Greenan, N., Hamon-Cholet, S., Moatty, F. et Rosanvallon, J. (2012). TIC et conditions de travail : Les enseignements de l'enquête COI. . <https://hal.science/hal-00710223/document>

Grigore, A.-M. et Coman, A. (2018). The hourglass effect: Leadership transformations in the digital era. Dans. In Proceedings of the 12th international management conference: Management perspectives in the digital era.

Hammer, M. et Champy, J. (1993). Reengineering the corporation. *Small Business Reports*, 65.

Hammond, E. B., Coulon, F., Hallett, S. H., Thomas, R., Hardy, D. et Beriro, D. J. (2023). Digital tools for brownfield redevelopment: Stakeholder perspectives and opportunities. *Journal of Environmental Management*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116393>

Hermann, M., Pentek, T. et Otto, B. (2016). *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*. 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

Hofmann, E. et Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>

HUB Institute. (2017). *Future of Work. Avenir du travail*.

Innovation Sciences et Développement économique Canada. (2022). *Principales statistiques relatives aux petites entreprises 2022*. G. d. Canada. <https://ised-isde.canada.ca/site/recherche-statistique-pme/fr/principales-statistiques-relatives-aux-petites-entreprises/principales-statistiques-relatives-aux-petites-entreprises-2022#s2.1>

International Business Machines Corporation. (2024). *Transformation numérique*. International Business Machines Corporation (IBM). <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/digital-transformation>

- Ipinnaiye, O., Dineen, D. et Lenihan, H. (2017). Les moteurs de la performance des PME : une approche holistique et multivariée. *Small Business Economics*, 48(4), 883-911. <http://www.jstor.org/stable/26154726>
- Jacob, S., Defacqz, S. et Agossou, N. (2022). Promesses et défis de la transformation numérique du secteur public. *Cahiers de recherche sur l'administration publique à l'ère numérique*, 6, 29.
- Jacob, S. et Souissi, S. (2020). La fourniture de services publics à l'ère numérique. Évolution du rôle et des compétences des employés de première ligne. 48.
- Jean-François, G. (2020). *Prendre un virage numérique, c'est aussi transformer la gouvernance*. Institut de gouvernance numérique.
- Julien, P.-A. (1994). *Les PME : bilan et perspectives*. Presses interuniversitaires ; Economica. (ouvrage original publié en Cap-Rouge : Presses interuniversitaires ; Paris : Economica, 1994.)
- Kagermann, H., Wahlster, W. et Helbig, J. (2013). Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. *Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, 13.
- Kamdjoug, J. R. K. (2024). Change management and digital transformation project success in SMEs located in the Democratic Republic of the Congo. *Journal of Enterprise Information Management*, 37(2), 580-605. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2022-0340>
- Kiel, D., Arnold, C., Collisi, M. A. T. T. H. I. A. S. et Voigt, K. I. (2016). *The impact of the industrial internet of things on established business models*. Proceedings of the 25th International Association for Management of Technology (IAMOT) Conference.
- Klein, D. et Govaere, V. (2012). L'impact des TIC sur les conditions de travail. .
- Kovács, G. et Kot, S. (2016). New logistics and production trends as the effect of global economy changes. *Polish Journal of Management Studies*, 14, 115-126.
- L'Atelier du B2B. (2024). *Transformation numérique des PME : booster la compétitivité avec peu de moyens*. <https://latelierdub2b.fr/transformation-numerique-des-pme-booster-la-competitivite-avec-peu-de-moyens/>
- Lamlih, I. (2025). L'impact de la transformation digitale sur les modèles de gestion et de leadership dans les entreprises modernes. *African Scientific Journal* 3, 988-1005.

- Landry, R. et Québec. (2008). *La recherche, comment s'y retrouver? : revue systématique des écrits sur le transfert de connaissances en éducation*. Ministère de l'éducation, du loisir et du sport. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/1839482>
- Larousse. (2024). *Dictionnaire de la langue française*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/synonymes>
- Le Réseau des centres d'expertise industrielle. (2022) Le Réseau des centres d'expertise industrielle lance le programme Virage PME. article. <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/le-reseau-des-centres-d-expertise-industrielle-lance-le-programme-virage-pme-884891694.html>
- Leger. (2019). *État de situation de l'industrie 4.0 au Québec*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/economie/contenu/transformation_numerique/RA_industrie4_2019.pdf
- Leger. (2024). *L'état de la numérisation des entreprises au Québec*. https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/economie/contenu/transformation_numerique/RA_enquete-numerique-manufacturier_2023.pdf
- Lemay, S. P., Cloutier, Y. et Godbout, S. (2008). Revue systématique de la littérature sur les performances des biofiltres pour le traitement de l'air [Journal Article]. *Agrosolutions*, 19(2), 47-56.
- Li, G., Hou, Y. et Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts and coping methods. *Chinese Geographical Science*, 626–637. <https://doi.org/10.1007/s11769-017-0890-x>
- Marino-Romero, J. A., Palos-Sánchez, P. R. et Velicia-Martín, F. (2024). Evolution of digital transformation in SMEs management through a bibliometric analysis. *Technological Forecasting & Social Change*, 199. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123014>
- Mazzzone, D. M. (2014). *Digital or Death: Digital Transformation: The Only Choice for Business to Survive Smash and Conquer*. Smashbox Consulting Inc. <https://books.google.ca/books?id=nI8ZBQAAQBAJ>
- Meier, A., Eller, R. et Peters, M. (2025). Creating competitiveness in incumbent small- and medium-sized enterprises: A revised perspective on digital transformation. *Journal of Business Research*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.115028>

- Mekki, D. (2014). Revue systématique des écrits sur les projets de partenariats public-privé. Université du Québec à Chicoutimi.
- Mergel, I., Edelmann, N. et Haug, N. (2019). Defining digital transformation: Results from expert interviews. *Government Information Quarterly*, 36(4). <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.06.002>
- Michela, P., Barbara, A. et Corrado, G. (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 10(10), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su10103821>
- Ministère de l'Économie de l'Innovation et de l'Énergie. (2022a). *Internet des objets*. Ministère de l'Économie et de l'Innovation et de l'énergie du Québec. <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/les-sous-secteurs/logiciel/internet-des-objets>
- Ministère de l'Économie de l'Innovation et de l'Énergie. (2022b). *Portrait manufacturier des régions du Québec*. MEIE. https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/publications/etudes_statistiques/secteur_manufacturier/portrait_manufacturiers_du_Quebec.pdf
- Ministère des Affaires municipales et de la Métropole. (2001). *Limites des arrondissements – Ville de Saguenay*. Ministère des Affaires municipales et de la Métropole.
- Moatty, F. et Rouard, F. (2009). Lecture et écriture au travail : les enjeux en termes de formation et de conditions de travail. 59-73. .
- Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S. et Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1372647>
- Monica, F., Malodia, S., Mishra, M., Papa, A. et Dezi, L. (2023). To digit or to head? Designing digital transformation journey of SMEs among digital self-efficacy and professional leadership. *Journal of Business Research*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113547>
- Monostori, L., Kádár, B., Bauernhansl, T., Kondoh, S., Kumara, S., Reinhart, G., Sauer, O., Schuh, G., Sihn, W. et Ueda, K. (2016). Cyber-physical systems in manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 65, 621-641. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.005>
- Morteza, G., Iranmanesh, M., Vilkas, M., Grybauskas, A. et Amran, A. (2022). Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a

- systematic review and transformation roadmap. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(6), 1029-1058. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2021-0505>
- Müller, J. M., Buliga, O. et Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 2-17.
- Müller, J. M., Buliga, O. et Voigt, K.-I. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*, 132, 2-17. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- Nwaiwu, F., Duduci, M., Chromjakova, F. et Otekhile, C. A. F. (2020). Industry 4.0 concepts within the czech sme manufacturing sector: An empirical assessment of critical success factors. *Business: Theory and Practice*, 21(1), 58-70. <https://doi.org/10.3846/btp.2020.10712>
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2004). *Caractéristiques et importance des PME*. OCDE. <https://shs.cairn.info/revue-de-l-ocde-sur-le-developpement-2004-2-page-37?lang=fr>
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2016). *Skills for a Digital World: 2016 Ministerial Meeting on the Digital Economy Background Report*. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). <https://doi.org/10.1787/5jlwz83z3wnw-en>
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2017). *Financer la croissance des PME et des entrepreneurs 2017 : Tableau de bord de l'OCDE*. Éditions Organisation de coopération et de développement économiques.
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2021). *Entreprises selon leur taille*. OCDE. <https://www.oecd.org/fr/data/indicators/enterprises-by-business-size.html>
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2023). *Commerce des PME, chaînes de valeur mondiales et concurrence*. OCDE. <https://www.oecd.org/fr/themes/commerce-des-pme-chaines-de-valeur-mondiales-et-concurrence.html>
- Pan, M., Sikorski, J., Kastner, C. A., Akroyd, J., Mosbach, S., Lau, R. et Kraft, M. (2015). Applying industry 4.0 to the Jurong Island eco-industrial park. *Energy Procedia*, 75, 1536-1541. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.313>

- Pech, M. et Vrchota, J. (2020). Classification of Small- and Medium-Sized Enterprises Based on the Level of Industry 4.0 Implementation. *Applied Sciences*, 10(15), 5150. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/15/5150>
- Pereira, A. C. et Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206-1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Prause, G., Atari, S. et Tvaronavičienė, M. (2017). On sustainable production networks for Industry 4.0. 421–431. [https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4\(2\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2017.4.4(2))
- Programme des Nations Unies pour le développement. (2022). *Garantir un avenir numérique équitable pour tous*. PNUD. <https://www.undp.org/fr/actualites/garantir-un-avenir-numerique-equitable-pour-tous>
- Qin, J., Liu, Y. et Grosvenor, R. (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond. *Procedia CIRP*, 52, 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Rauch, E. et Vickery, A. R. (2020). Systematic analysis of needs and requirements for the design of smart manufacturing systems in SMEs☆. *Journal of Computational Design and Engineering*, 7(2), 129-144. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa012>
- Ricadela, A. (2023). *Industry 4.0: Key Components and Critical Technologies*. <https://www.oracle.com/ca-fr/industrial-manufacturing/industry-4-components/#critical>
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. et Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. 54-89.
- Sanders, A., Elangeswaran, C. et Wulfsberg, J. (2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), 811-833. <https://doi.org/10.3926/jiem.1940>
- Schmidt, R., Möhring, M., Härtling, R. C., Reichstein, C., Neumaier, P. et Jozinović, P. (2015). *Industry 4.0 – Potentials for creating smart products: Empirical research results*. International Conference on Business Information Systems.
- Seifert, A. (2022). 7 obstacles persistants à la transformation digitale. <https://www.lemondeinformatique.fr/actualites/lire-7-obstacles-persistants-a-la-transformation-digitale-86839.html>

- Singh, A. N. (2022). Leading Digital: Turning Technology into Business Transformation. *South Asian Journal of Management*, 227–230.
- Skare, M., de las Mercedes de Obesso, M. et Ribeiro-Navarrete, S. (2023). Digital transformation and European small and medium enterprises (SMEs): A comparative study using digital economy and society index data. *International Journal of Information Management*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102594>
- Sow, M. et Aborbie, S. (2018). Impact of leadership on digital transformation. *Business and Economic Research*, 8(3), 139-148.
- Statistiques Canada. (2021). *Analyse des petites entreprises au Canada, premier trimestre de 2021*.
- Synox. (2024). *Systèmes cyber-physiques : fondation de l'usine 4.0*. <https://www.synox.io/cat-industrie-4-0/systemes-cyberphysiques-pilliers-usine-4-0/>
- Talsom. (2022). *La transformation numérique au Québec*. <https://jobmarketmonitor.com/2022/02/23/la-transformation-numerique-au-quebec-le-manque-de-competences-technologiques-est-le-principal-frein-pour-70-des-entreprises-selon-talsom/>
- Torn, I. A. R. et Vaneker, T. H. J. (2019). Mass personalization with Industry 4.0 by SMEs: A concept for collaborative networks. *Procedia Manufacturing*, 28, 135-141. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.12.022>
- Trabert, T., Doerr, L. et Lehmann, C. (2024). The struggle of sensor-based digital servitization: analysis and perspectives for organizational digital transformation in SMEs. *European Journal of Innovation Management*, 27(9), 52-72. <https://doi.org/10.1108/EJIM-05-2023-0434>
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 233-238. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Vivier, E. et Ducrey, V. (2019). *Le guide de la transformation digitale: La méthode en 6 chantiers pour réussir votre transformation!* Publisher : Editions Eyrolles. Editions Eyrolles.
- Wahlster, W., Grallert, H.-J., Wess, S., Friedrich, H. et Widenka, T. (2014). *Towards the Internet of Services: The THESEUS Research Program*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06755-1>

Wenbing, L., Yu, Y. et Deng, M. (2024). The impact of enterprise digital transformation on risk-taking: Evidence from China. *Research in International Business and Finance*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2024.102285>

Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M. et Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine*,, 579-584. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.143>

Zhou, K., Liu, T. et Zhou, L. (2015). *Industrie 4.0 : Towards future industrial opportunities and challenges*. 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery. <https://doi.org/10.1109/FSKD.2015.7382284>

ANNEXES

ANNEXE 1 : DÉFINITIONS DU SYSTÈME CYBER-PHYSIQUE

Auteurs	Définition
Lee <i>et al.</i> , 2015	Les systèmes cyber-physiques représentent des technologies clés de transformation numérique permettant l'intégration étroite entre les actifs physiques et les capacités de calcul, facilitant ainsi la gestion de systèmes interconnectés (p. 18).
Kagermann <i>et al.</i> , 2013	Les systèmes cyber-physiques sont conçus pour interagir de manière autonome, en échangeant des informations en prenant des décisions tout en exécutant des actions et un contrôle entre les différents composants du système (p.13).
Hofmann et Rüsch, 2017	Les systèmes cyber-physiques sont des intégrations de calcul avec des processus physiques. Les ordinateurs et les réseaux intégrés surveillent et contrôlent les processus physiques, généralement avec des boucles de rétroaction dans lesquelles les processus physiques affectent les calculs et inversement (p. 1).
Pereira et Romero, 2017	Le CPS peut être défini comme une technologie innovante facilitant la gestion de systèmes interconnectés grâce à l'intégration harmonieuse entre les environnements physique et numérique (p. 1210).
Monostori <i>et al.</i> , 2016 ;	Les CPS sont des systèmes d'entités informatiques collaborant étroitement en relation avec le monde physique environnant et ses processus en cours, fournissant et utilisant simultanément des services d'accès et de traitement de données disponibles sur Internet (p. 621).

Auteur (2025)

ANNEXE 2 : DÉFINITIONS DE L'INTERNET DES OBJETS

Auteurs	Définition
Piccarozzi <i>et al.</i> , 2018	L'Internet des objets « est un nouveau paradigme qui gagne rapidement du terrain dans le scénario des télécommunications sans fil modernes. L'idée de base de ce concept est la présence omniprésente autour de nous d'une variété d'objets ou d'objets, tels que des étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID), des capteurs, des actionneurs, des téléphones portables, etc., qui permettent interagir et coopérer avec leurs voisins pour atteindre des objectifs communs » (p. 2787).
Kagermann <i>et al.</i> , 2013	L'Internet des objets permet l'interconnexion entre les systèmes physiques (machines, robots) ainsi que des dispositifs intelligents comme les ordinateurs portables, téléphones mobiles en facilitant l'échange d'informations afin de poursuivre des objectifs communs. (P. 15).
Hofmann et Rüschi, 2017	L'Internet des objets désigne les produits connectés et intelligents offrant des opportunités en croissance exponentielle pour de nouvelles fonctionnalités, une fiabilité bien supérieure, une utilisation beaucoup plus élevée des produits et des fonctionnalités qui transcendent les frontières des produits traditionnels (p. 4).
Kiel <i>et al.</i> , 2016 ; Piccarozzi <i>et al.</i> , 2018	L'Internet des objets industriel, fait référence à l'intégration des technologies de l'Internet des objets création de valeur permettant aux fabricants d'exploiter des chaînes de valeur entièrement numérisées, connectées, intelligentes et décentralisées. (p. 2)
Hermann <i>et al.</i> , 2016	L'Internet des objets peut être défini comme un réseau dans lequel les CPS coopèrent les uns avec les autres via des schémas d'adressage uniques. (p. 9)

Auteur (2025)

ANNEXE 3 : DÉFINITIONS DE L'INTERNET DES SERVICES

Auteurs	Définition
Hofmann et Rüschi, 2017	L'IOS est une forme d'échange dans laquelle une entité accorde à une autre un accès temporaire à certains ressources (main d'œuvre, données) en vue de réaliser une fonction déterminée. (P. 6).
Pereira et Romero, 2017	L'IOS peut être décrit comme un modèle d'affaires qui transforme les modes de prestation des services en favorisant une création de valeur accrue issue des interactions entre divers acteurs de la chaîne de valeur (p. 1211).

Auteur (2025)

ANNEXE 4 : DÉFINITIONS DE L'USINE INTELLIGENTE

Auteurs	Définition
Kagermann <i>et al.</i> , 2013 ; Hofmann et Rüsch, 2017	L'usine intelligente repose sur le principe d'un système de production décentralisé, où les systèmes cyber-physiques interagissent à travers l'IDO et l'IOS. Dans cet environnement, les êtres humains, les machines et les ressources communiquent entre eux (p. 19).
Piccarozzi <i>et al.</i> , 2018	Les usines intelligentes visent à relever et à surmonter les défis actuels des cycles de vie des produits plus courts aux produits hautement personnalisés et à la forte concurrence mondiale » (p. 579).

Auteur (2025)

ANNEXE 5 : GRILLE EXCEL DE LECTURE DES DOCUMENTS

Titre	
Auteurs	
Année de publication	
Source	
Langue	
Pays où s'est déroulée l'étude	
Continent	
Secteur d'activités	
Problématique centrale	
Objectifs de la recherche	
Type de recherche par rapport à son objectif	
Type de recherche par rapport à l'approche générale	
Méthode de recherche	
Type d'échantillon	
Limite de l'étude	

Technologies étudiées	
Indicateurs de performances analysées	
Défis identifiés	
Stratégies et recommandations	
Facteurs déterminants de réussite / échec	

Auteur (2025)

ANNEXE 6 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * ANNÉE

Type de revue		Année											Total
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Revue en gestion et entrepreneuriat	Effectif	0	0	0	1	3	2	0	5	10	5	1	27
	% dans												
	Type de revue	0,00%	0,00%	0,00%	3,70%	11,10%	7,40%	0,00%	18,50%	37,00%	18,50%	3,70%	100,00%
Revue en technologie, innovation, et système d'information	% du total	0,00%	0,00%	0,00%	1,60%	4,80%	3,20%	0,00%	8,10%	16,10%	8,10%	1,60%	43,50%
	Effectif	1	2	3	3	1	1	4	4	7	8	1	35
	% dans												
	Type de revue	2,90%	5,70%	8,60%	8,60%	2,90%	2,90%	11,40%	11,40%	20,00%	22,90%	2,90%	100,00%
	% du total	1,60%	3,20%	4,80%	4,80%	1,60%	1,60%	6,50%	6,50%	11,30%	12,90%	1,60%	56,50%
	Effectif	1	2	3	4	4	3	4	9	17	13	2	62
Total	% dans												
	Type de revue	1,60%	3,20%	4,80%	6,50%	6,50%	4,80%	6,50%	14,50%	27,40%	21,00%	3,20%	100,00%
	% du total	1,60%	3,20%	4,80%	6,50%	6,50%	4,80%	6,50%	14,50%	27,40%	21,00%	3,20%	100,00%

ANNEXE 7: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * CONTINENT

Type de revue	Afrique	Continent					N. D	Total
		Amérique du Nord	Asie	Étude multi pays	Europe			
Revue en gestion et entrepreneuriat	Effectif	1	2	2	1	16	5	27
	% dans Type de revue	3,7%	7,4%	7,4%	3,7%	59,3%	18,5%	100,0%
	% du total	1,6%	3,2%	3,2%	1,6%	25,8%	8,1%	43,5%
Revue en technologie, innovation, et système d'information	Effectif	1	5	4	4	17	4	35
	% dans Type de revue	2,9%	14,3%	11,4%	11,4%	48,6%	11,4%	100,0%
	% du total	1,6%	8,1%	6,5%	6,5%	27,4%	6,5%	56,5%
Total	Effectif	2	7	6	5	33	9	62
	% dans Type de revue	3,2%	11,3%	9,7%	8,1%	53,2%	14,5%	100,0%
	% du total	3,2%	11,3%	9,7%	8,1%	53,2%	14,5%	100,0%

ANNEXE 8: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE

Type de revue		Type de recherche par rapport à l'approche générale			Total
		Mixte	Qualitative	Quantitative	
Revue en gestion et entrepreneuriat	Effectif	6	13	8	27
	% dans Type de revue	22,2%	48,1%	29,6%	100,0%
	% du total	9,7%	21,0%	12,9%	43,5%
Revue en technologie, innovation, et système d'information	Effectif	5	19	11	35
	% dans Type de revue	14,3%	54,3%	31,4%	100,0%
	% du total	8,1%	30,6%	17,7%	56,5%
Total	Effectif	11	32	19	62
	% dans Type de revue	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%
	% du total	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%

ANNEXE 9 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * SUJET DE L'ÉTUDE

Type de revue		Sujet de l'étude										Total
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Défis financiers et manque de compétences internes dans l'industrie 4.0	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et culture numérique d'entreprise	Intégration technologique et culture numérique des PME	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME		
Revue en gestion et entrepreneuriat	Effectif	1	2	0	3	5	0	1	3	2	10	27
	% dans Type de revue	3,7%	7,4%	0,0%	11,1%	18,5%	0,0%	3,7%	11,1%	7,4%	37,0%	100,0%
	% du total	1,6%	3,2%	0,0%	4,8%	8,1%	0,0%	1,6%	4,8%	3,2%	16,1%	43,5%
Revue en technologie, innovation, et système d'information	Effectif	5	11	3	1	3	2	2	3	0	5	35
	% dans Type de revue	14,3%	31,4%	8,6%	2,9%	8,6%	5,7%	5,7%	8,6%	0,0%	14,3%	100,0%
	% du total	8,1%	17,7%	4,8%	1,6%	4,8%	3,2%	3,2%	4,8%	0,0%	8,1%	56,5%
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62
	% dans Type de revue	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%

ANNEXE 10: TABLEAU CROISÉ TYPE DE REVUE * SECTEUR D'ACTIVITÉ

Type de revue	Secteur d'activité						Total
	Secteur de l'éducation	Secteur de l'énergie	Secteur de l'industrie	Secteur de la construction	Secteur de la santé	Secteur du transport	
Revue en gestion et entrepreneuriat	Effectif	0	3	18	3	1	27
	% dans Type de revue	0,0%	11,1%	66,7%	11,1%	3,7%	7,4%
	% du total	0,0%	4,8%	29,0%	4,8%	1,6%	43,5%
Revue en technologie, innovation, et système d'information	Effectif	1	0	30	0	1	35
	% dans Type de revue	2,9%	0,0%	85,7%	0,0%	2,9%	8,6%
	% du total	1,6%	0,0%	48,4%	0,0%	1,6%	56,5%
Total	Effectif	1	3	48	3	2	62
	% dans Type de revue	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	8,1%
	% du total	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	100,0%

ANNEXE 11 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE

Année		Type de recherche par rapport à l'approche générale			Total
		Mixte	Qualitative	Quantitative	
2015	Effectif	0	1	0	1
	% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%
2016	Effectif	0	2	0	2
	% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	3,2%	0,0%	3,2%
2017	Effectif	0	3	0	3
	% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	4,8%	0,0%	4,8%
2018	Effectif	0	4	0	4
	% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	6,5%	0,0%	6,5%
2019	Effectif	2	1	1	4
	% dans Année	50,0%	25,0%	25,0%	100,0%
	% du total	3,2%	1,6%	1,6%	6,5%
2020	Effectif	1	1	1	3
	% dans Année	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	1,6%	4,8%
2021	Effectif	1	3	0	4
	% dans Année	25,0%	75,0%	0,0%	100,0%

	% du total	1,6%	4,8%	0,0%	6,5%
2022	Effectif	1	7	1	9
	% dans Année	11,1%	77,8%	11,1%	100,0%
	% du total	1,6%	11,3%	1,6%	14,5%
2023	Effectif	5	7	5	17
	% dans Année	29,4%	41,2%	29,4%	100,0%
	% du total	8,1%	11,3%	8,1%	27,4%
2024	Effectif	0	2	11	13
	% dans Année	0,0%	15,4%	84,6%	100,0%
	% du total	0,0%	3,2%	17,7%	21,0%
2025	Effectif	1	1	0	2
	% dans Année	50,0%	50,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	0,0%	3,2%
Total	Effectif	11	32	19	62
	% dans Année	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%
	% du total	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%

ANNEXE 12 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * MODE D'INVESTIGATION UTILISÉE

Année		Analyse des données secondaires	Mode d'investigation utilisée				Total
			Deux modes et plus	Enquête	Entrevue	Étude de cas	
2015	Effectif	0	0	0	0	1	1
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%
2016	Effectif	1	1	0	0	0	2
	% dans Année	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%
2017	Effectif	2	1	0	0	0	3
	% dans Année	66,7%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%
2018	Effectif	3	0	0	0	1	4
	% dans Année	75,0%	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	100,0%
	% du total	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	6,5%
2019	Effectif	2	0	2	0	0	4
	% dans Année	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	6,5%
2020	Effectif	0	2	0	0	1	3
	% dans Année	0,0%	66,7%	0,0%	0,0%	33,3%	100,0%
	% du total	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	1,6%	4,8%
2021	Effectif	2	1	0	1	0	4
	% dans Année	50,0%	25,0%	0,0%	25,0%	0,0%	100,0%
	% du total	3,2%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	6,5%
2022	Effectif	4	0	1	0	4	9

	% dans Année	44,4%	0,0%	11,1%	0,0%	44,4%	100,0%
	% du total	6,5%	0,0%	1,6%	0,0%	6,5%	14,5%
2023	Effectif	7	2	2	0	6	17
	% dans Année	41,2%	11,8%	11,8%	0,0%	35,3%	100,0%
	% du total	11,3%	3,2%	3,2%	0,0%	9,7%	27,4%
2024	Effectif	8	0	4	0	1	13
	% dans Année	61,5%	0,0%	30,8%	0,0%	7,7%	100,0%
	% du total	12,9%	0,0%	6,5%	0,0%	1,6%	21,0%
2025	Effectif	1	0	1	0	0	2
	% dans Année	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	3,2%
Total	Effectif	30	7	10	1	14	62
	% dans Année	48,4%	11,3%	16,1%	1,6%	22,6%	100,0%
	% du total	48,4%	11,3%	16,1%	1,6%	22,6%	100,0%

ANNEXE 13 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * SUJET DE L'ÉTUDE

		Sujet de l'étude										
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analysé du concept de l'industrie 4.0.	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique	Intégration technologique et culture d'entreprise	Les tendances de fondements et la transformation numérique des PME	Micro-transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME	Total
Année	2015	Effectif	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% du total	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%
	2016	Effectif	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
		% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% du total	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%
	2017	Effectif	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
		% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% du total	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%
	2018	Effectif	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
		% dans Année	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% du total	0,0%	6,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%
	2019	Effectif	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4
		% dans Année	25,0%	25,0%	0,0%	25,0%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% du total	1,6%	1,6%	0,0%	1,6%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%
	2020	Effectif	0	1	0	0	1	0	0	1	0	3
		% dans Année	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	100,0%
		% du total	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	4,8%
	2021	Effectif	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4
		% dans Année	0,0%	25,0%	0,0%	25,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	100,0%
		% du total	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	6,5%

2022	Effectif	2	0	0	0	2	1	1	0	1	2	9
	% dans Année	22,2%	0,0%	0,0%	0,0%	22,2%	11,1%	11,1%	0,0%	11,1%	22,2%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	1,6%	1,6%	0,0%	1,6%	3,2%	14,5%
2023	Effectif	1	0	2	2	2	0	2	3	1	4	17
	% dans Année	5,9%	0,0%	11,8%	11,8%	11,8%	0,0%	11,8%	17,6%	5,9%	23,5%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	3,2%	3,2%	3,2%	0,0%	3,2%	4,8%	1,6%	6,5%	27,4%
2024	Effectif	2	0	1	0	2	1	0	1	0	6	13
	% dans Année	15,4%	0,0%	7,7%	0,0%	15,4%	7,7%	0,0%	7,7%	0,0%	46,2%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	1,6%	0,0%	3,2%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	9,7%	21,0%
2025	Effectif	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	3,2%
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62
	% dans Année	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%

ANNEXE 14 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * SECTEUR D'ACTIVITÉ

Année		Secteur d'activité						Total
		Secteur de l'éducation	Secteur de l'énergie	Secteur de l'industrie	Secteur de la construction	Secteur de la santé	Secteur du transport	
2015	Effectif	0	0	1	0	0	0	1
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%
2016	Effectif	0	0	2	0	0	0	2
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%
2017	Effectif	0	0	3	0	0	0	3
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%
2018	Effectif	0	0	3	0	1	0	4
	% dans Année	0,0%	0,0%	75,0%	0,0%	25,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	1,6%	0,0%	6,5%
2019	Effectif	0	0	4	0	0	0	4
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%
2020	Effectif	0	0	3	0	0	0	3
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%

	% du total	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%
2021	Effectif	0	0	4	0	0	0	4
	% dans Année	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	6,5%	0,0%	0,0%	0,0%	6,5%
2022	Effectif	0	0	6	0	1	2	9
	% dans Année	0,0%	0,0%	66,7%	0,0%	11,1%	22,2%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	9,7%	0,0%	1,6%	3,2%	14,5%
2023	Effectif	0	0	15	2	0	0	17
	% dans Année	0,0%	0,0%	88,2%	11,8%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	24,2%	3,2%	0,0%	0,0%	27,4%
2024	Effectif	1	3	6	1	0	2	13
	% dans Année	7,7%	23,1%	46,2%	7,7%	0,0%	15,4%	100,0%
	% du total	1,6%	4,8%	9,7%	1,6%	0,0%	3,2%	21,0%
2025	Effectif	0	0	1	0	0	1	2
	% dans Année	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	50,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	3,2%
Total	Effectif	1	3	48	3	2	5	62
	% dans Année	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	8,1%	100,0%
	% du total	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	8,1%	100,0%

ANNEXE 15 : TABLEAU CROISÉ ANNÉE * CONTINENT

Année		Afrique	Amérique du Nord	Asie	Continent		Total
					Étude multi pays	Europe	
2015	Effectif	0	0	0	0	1	1
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%
2016	Effectif	0	0	0	1	1	2
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	0,0%
2017	Effectif	0	0	0	0	3	3
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%
2018	Effectif	0	0	0	1	3	4
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	25,0%	75,0%	0,0%

		% du total	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	4,8%	0,0%	6,5%
2019	Effectif	0	3	0	0	1	0	4	
	% dans Année	0,0%	75,0%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	100,0%	
	% du total	0,0%	4,8%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	6,5%	
2020	Effectif	0	0	0	0	3	0	3	
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%	
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	4,8%	
2021	Effectif	0	0	0	0	3	1	4	
	% dans Année	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	75,0%	25,0%	100,0%	
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	1,6%	6,5%	
2022	Effectif	0	1	2	0	2	4	9	
	% dans Année	0,0%	11,1%	22,2%	0,0%	22,2%	44,4%	100,0%	
	% du total	0,0%	1,6%	3,2%	0,0%	3,2%	6,5%	14,5%	
2023	Effectif	1	1	2	1	9	3	17	
	% dans Année	5,9%	5,9%	11,8%	5,9%	52,9%	17,6%	100,0%	
	% du total	1,6%	1,6%	3,2%	1,6%	14,5%	4,8%	27,4%	
2024	Effectif	1	1	2	2	6	1	13	

	% dans Année	7,7%	7,7%	15,4%	15,4%	46,2%	7,7%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	3,2%	3,2%	9,7%	1,6%	21,0%
2025	Effectif	0	1	0	0	1	0	2
	% dans Année	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	3,2%
Total	Effectif	2	7	6	5	33	9	62
	% dans Année	3,2%	11,3%	9,7%	8,1%	53,2%	14,5%	100,0%
	% du total	3,2%	11,3%	9,7%	8,1%	53,2%	14,5%	100,0%

ANNEXE 16 : TABLEAU CROISÉ CONTINENT * SECTEUR D'ACTIVITÉ

Continent		Secteur d'activité						Total
		Secteur de l'éducation	Secteur de l'énergie	Secteur de l'industrie	Secteur de la construction	Secteur de la santé	Secteur du transport	
Afrique	Effectif	0	0	1	1	0	0	2
	% dans Continent	0,0%	0,0%	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	0,0%	0,0%	3,2%
Amérique du Nord	Effectif	0	0	6	0	0	1	7
	% dans Continent	0,0%	0,0%	85,7%	0,0%	0,0%	14,3%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	9,7%	0,0%	0,0%	1,6%	11,3%
Asie	Effectif	0	1	4	0	0	1	6
	% dans Continent	0,0%	16,7%	66,7%	0,0%	0,0%	16,7%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	6,5%	0,0%	0,0%	1,6%	9,7%
Étude multi pays	Effectif	0	0	3	1	1	0	5
	% dans Continent	0,0%	0,0%	60,0%	20,0%	20,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	4,8%	1,6%	1,6%	0,0%	8,1%
Europe	Effectif	1	2	28	1	0	1	33
	% dans Continent	3,0%	6,1%	84,8%	3,0%	0,0%	3,0%	100,0%
	% du total	1,6%	3,2%	45,2%	1,6%	0,0%	1,6%	53,2%
N. D	Effectif	0	0	6	0	1	2	9
	% dans Continent	0,0%	0,0%	66,7%	0,0%	11,1%	22,2%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	9,7%	0,0%	1,6%	3,2%	14,5%

Total	Effectif	1	3	48	3	2	5	62
	% dans Continent	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	8,1%	100,0%
	% du total	1,6%	4,8%	77,4%	4,8%	3,2%	8,1%	100,0%

ANNEXE 17 : TABLEAU CROISÉ CONTINENT * SUJET DE L'ÉTUDE

Continent		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analyse du concept de l'industrie 4.0.	Sujet de l'étude								Total
				Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique	Intégration technologique et culture d'entreprise	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME	
Afrique	Effectif	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
	% dans Continent	50,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%
Amérique du Nord	Effectif	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	7
	% dans Continent	14,3%	0,0%	0,0%	14,3%	28,6%	14,3%	14,3%	14,3%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	3,2%	1,6%	1,6%	1,6%	0,0%	0,0%	11,3%
Asie	Effectif	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	6
	% dans Continent	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	16,7%	16,7%	0,0%	16,7%	50,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	0,0%	1,6%	4,8%	9,7%
Étude multi pays	Effectif	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	5
	% dans Continent	0,0%	40,0%	20,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	40,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	8,1%
Europe	Effectif	3	11	2	0	5	0	1	2	0	9	33
	% dans Continent	9,1%	33,3%	6,1%	0,0%	15,2%	0,0%	3,0%	6,1%	0,0%	27,3%	100,0%
	% du total	4,8%	17,7%	3,2%	0,0%	8,1%	0,0%	1,6%	3,2%	0,0%	14,5%	53,2%
N. D	Effectif	1	0	0	2	1	0	0	1	1	3	9
	% dans Continent	11,1%	0,0%	0,0%	22,2%	11,1%	0,0%	0,0%	11,1%	11,1%	33,3%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	0,0%	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	4,8%	14,5%
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62
	% dans Continent	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%

ANNEXE 18 : TABLEAU CROISÉ SECTEUR D'ACTIVITÉ * SUJET DE L'ÉTUDE

Secteur d'activité		Sujet de l'étude										Total	
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analysé du concept de l'industrie 4.0.	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique	Intégration technologique et culture d'entreprise	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME		
Secteur de l'éducation	Effectif	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	% dans Secteur d'activité	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%
Secteur de l'énergie	Effectif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	4,8%	4,8%
Secteur de l'industrie	Effectif	5	12	3	3	6	2	3	4	1	9	48	
	% dans Secteur d'activité	10,4%	25,0%	6,3%	6,3%	12,5%	4,2%	6,3%	8,3%	2,1%	18,8%	100,0%	
	% du total	8,1%	19,4%	4,8%	4,8%	9,7%	3,2%	4,8%	6,5%	1,6%	14,5%	77,4%	
Secteur de la construction	Effectif	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	3
	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	33,3%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	4,8%	
Secteur de la santé	Effectif	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	% dans Secteur d'activité	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	50,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	3,2%
Secteur du transport	Effectif	0	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	5
	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	40,0%	0,0%	0,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	1,6%	1,6%	8,1%
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62	
	% dans Secteur d'activité	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%	
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%	

ANNEXE 19 : TABLEAU CROISÉ SECTEUR D'ACTIVITÉ * LIMITE DE L'ÉTUDE

Secteur d'activité		Limite de l'étude						Total
		Deux limites et plus	Limite d'échantillonnage	Limite géographique	Limite méthodologique	Limite temporelle	Pas de limite	
Secteur de l'éducation	Effectif	0	0	0	1	0	0	1
	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%
Secteur de l'énergie	Effectif	1	1	0	1	0	0	3
	% dans Secteur d'activité	33,3%	33,3%	0,0%	33,3%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	4,8%
Secteur de l'industrie	Effectif	6	12	11	9	10	0	48
	% dans Secteur d'activité	12,5%	25,0%	22,9%	18,8%	20,8%	0,0%	100,0%
	% du total	9,7%	19,4%	17,7%	14,5%	16,1%	0,0%	77,4%

	Effectif	0	0	0	1	1	1	3
Secteur de la construction	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	1,6%	4,8%
	Effectif	0	0	0	2	0	0	2
Secteur de la santé	% dans Secteur d'activité	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,0%	3,2%
	Effectif	1	0	1	0	2	1	5
Secteur du transport	% dans Secteur d'activité	20,0%	0,0%	20,0%	0,0%	40,0%	20,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	3,2%	1,6%	8,1%
	Effectif	8	13	12	14	13	2	62
Total	% dans Secteur d'activité	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%	100,0%
	% du total	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%	100,0%

ANNEXE 20 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE *
SUJET DE L'ÉTUDE

Type de recherche par rapport à l'approche générale		Sujet de l'étude											Total
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analyse du concept de l'industrie	4.0.	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique	Intégration technologique et culture d'entreprise	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME	
Mixte	Effectif	2	0	1	2	1	0	0	2	2	2	1	11
	% dans Type de recherche par rapport à l'approche générale	18,2%	0,0%	9,1%	18,2%	9,1%	0,0%	0,0%	18,2%	18,2%	18,2%	9,1%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	1,6%	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	3,2%	3,2%	3,2%	1,6%	17,7%
Qualitative	Effectif	2	12	0	2	6	1	2	1	0	0	6	32
	% dans Type de recherche par rapport à l'approche générale	6,3%	37,5%	0,0%	6,3%	18,8%	3,1%	6,3%	3,1%	0,0%	0,0%	18,8%	100,0%
	% du total	3,2%	19,4%	0,0%	3,2%	9,7%	1,6%	3,2%	1,6%	0,0%	0,0%	9,7%	51,6%
Quantitative	Effectif	2	1	2	0	1	1	1	3	0	0	8	19
	% dans Type de recherche par rapport à l'approche générale	10,5%	5,3%	10,5%	0,0%	5,3%	5,3%	5,3%	15,8%	0,0%	42,1%	100,0%	
	% du total	3,2%	1,6%	3,2%	0,0%	1,6%	1,6%	1,6%	4,8%	0,0%	12,9%	30,6%	
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62	
	% dans Type de recherche par rapport à l'approche générale	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%	
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%	

ANNEXE 21 : TABLEAU CROISÉ SUJET DE L'ÉTUDE * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF

Sujet de l'étude	Type de recherche par rapport à son objectif				Total
	Descriptive	Explicative	Exploratoire		
Adoption des technologies numériques et perception des employés	Effectif	2	0	4	6
	% dans Sujet de l'étude	33,3%	0,0%	66,7%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	6,5%	9,7%
Analyse du concept de l'industrie 4.0.	Effectif	1	1	11	13
	% dans Sujet de l'étude	7,7%	7,7%	84,6%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	17,7%	21,0%
Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Effectif	1	0	2	3
	% dans Sujet de l'étude	33,3%	0,0%	66,7%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	3,2%	4,8%
Défis spécifiques rencontrés par les PME	Effectif	2	0	2	4
	% dans Sujet de l'étude	50,0%	0,0%	50,0%	100,0%
	% du total	3,2%	0,0%	3,2%	6,5%

Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Effectif	5	0	3	8
	% dans Sujet de l'étude	62,5%	0,0%	37,5%	100,0%
	% du total	8,1%	0,0%	4,8%	12,9%
Facteurs TOE et transformation numérique	Effectif	0	0	2	2
	% dans Sujet de l'étude	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	3,2%	3,2%
Intégration technologique et culture d'entreprise	Effectif	1	1	1	3
	% dans Sujet de l'étude	33,3%	33,3%	33,3%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	1,6%	4,8%
Les tendances de la transformation numérique des PME	Effectif	0	1	5	6
	% dans Sujet de l'étude	0,0%	16,7%	83,3%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	8,1%	9,7%
Micro-fondements et transformation numérique des PME	Effectif	0	0	2	2
	% dans Sujet de l'étude	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	3,2%	3,2%
Transformation numérique et gestion des PME	Effectif	4	1	10	15
	% dans Sujet de l'étude	26,7%	6,7%	66,7%	100,0%
	% du total	6,5%	1,6%	16,1%	24,2%
Total	Effectif	16	4	42	62
	% dans Sujet de l'étude	25,8%	6,5%	67,7%	100,0%
	% du total	25,8%	6,5%	67,7%	100,0%

ANNEXE 22 : TABLEAU CROISÉ MODE D'INVESTIGATION UTILISÉE * SUJET DE L'ÉTUDE

Mode d'investigation utilisée		Sujet de l'étude										Total
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analysé du concept de l'industrie 4.0.	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique	Intégration technologique et culture d'entreprise	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformation numérique et gestion des PME	
Analyse des données secondaires	Effectif	3	7	1	2	3	1	0	3	1	9	30
	% dans Mode d'investigation utilisée	10,0%	23,3%	3,3%	6,7%	10,0%	3,3%	0,0%	10,0%	3,3%	30,0%	100,0%
	% du total	4,8%	11,3%	1,6%	3,2%	4,8%	1,6%	0,0%	4,8%	1,6%	14,5%	48,4%
Deux modes et plus	Effectif	1	2	1	0	1	0	0	1	0	1	7
	% dans Mode d'investigation utilisée	14,3%	28,6%	14,3%	0,0%	14,3%	0,0%	0,0%	14,3%	0,0%	14,3%	100,0%
	% du total	1,6%	3,2%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	11,3%
Enquête	Effectif	1	1	1	2	0	0	1	1	1	2	10
	% dans Mode d'investigation utilisée	10,0%	10,0%	10,0%	20,0%	0,0%	0,0%	10,0%	10,0%	10,0%	20,0%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	1,6%	3,2%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%	1,6%	3,2%	16,1%
Entrevue	Effectif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	% dans Mode d'investigation utilisée	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,6%	1,6%
Étude de cas	Effectif	1	3	0	0	4	1	2	1	0	2	14
	% dans Mode d'investigation utilisée	7,1%	21,4%	0,0%	0,0%	28,6%	7,1%	14,3%	7,1%	0,0%	14,3%	100,0%
	% du total	1,6%	4,8%	0,0%	0,0%	6,5%	1,6%	3,2%	1,6%	0,0%	3,2%	22,6%
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62
	% dans Mode d'investigation utilisée	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%

ANNEXE 23: TABLEAU CROISÉ TYPE D'ÉCHANTILLON * SUJET DE L'ÉTUDE

Type d'échantillon		Sujet de l'étude											Total	
		Adoption des technologies numériques et perception des employés	Analysé du concept de l'industrie 4.0.	Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Défis spécifiques rencontrés par les PME	Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Facteurs TOE et transformation numérique des PME	Intégration et culture d'entreprise	Les tendances de la transformation numérique des PME	Micro-fondements et transformation numérique des PME	Transformations numériques et gestion des PME			
Aléatoire	Effectif	2	0	1	0	1	0	0	3	0	5	12		
	% dans Type d'échantillon	16,7%	0,0%	8,3%	0,0%	8,3%	0,0%	0,0%	25,0%	0,0%	41,7%	100,0%		
	% du total	3,2%	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	4,8%	0,0%	8,1%	19,4%		
Non aléatoire	Effectif	4	13	2	4	7	2	3	3	2	10	50		
	% dans Type d'échantillon	8,0%	26,0%	4,0%	8,0%	14,0%	4,0%	6,0%	6,0%	4,0%	20,0%	100,0%		
	% du total	6,5%	21,0%	3,2%	6,5%	11,3%	3,2%	4,8%	4,8%	3,2%	16,1%	80,6%		
Total	Effectif	6	13	3	4	8	2	3	6	2	15	62		
	% dans Type d'échantillon	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%		
	% du total	9,7%	21,0%	4,8%	6,5%	12,9%	3,2%	4,8%	9,7%	3,2%	24,2%	100,0%		

ANNEXE 24 : TABLEAU CROISÉ SUJET DE L'ÉTUDE * LIMITÉ DE L'ÉTUDE

Sujet de l'étude		Limite de l'étude						Total
		Deux limites et plus	Limite d'échantillonnage	Limite géographique	Limite méthodologique	Limite temporelle	Pas de limite	
Adoption des technologies numériques et perception des employés	Effectif	1	1	1	2	1	0	6
	% dans Sujet de l'étude	16,7%	16,7%	16,7%	33,3%	16,7%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	1,6%	1,6%	3,2%	1,6%	0,0%	9,7%
Analyse du concept de l'industrie 4.0.	Effectif	4	2	0	7	0	0	13
	% dans Sujet de l'étude	30,8%	15,4%	0,0%	53,8%	0,0%	0,0%	100,0%
	% du total	6,5%	3,2%	0,0%	11,3%	0,0%	0,0%	21,0%
Défis financiers et manque de compétences internes dans les PME	Effectif	0	0	2	0	1	0	3
	% dans Sujet de l'étude	0,0%	0,0%	66,7%	0,0%	33,3%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	0,0%	3,2%	0,0%	1,6%	0,0%	4,8%
Défis	Effectif	0	1	0	1	2	0	4

spécifiques rencontrés par les PME	% dans l'étude	0,0%	25,0%	0,0%	25,0%	50,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	3,2%	0,0%	6,5%
Facteurs de succès de la transformation numérique des PME	Effectif	1	2	1	1	3	0	8
	% dans l'étude	12,5%	25,0%	12,5%	12,5%	37,5%	0,0%	100,0%
	% du total	1,6%	3,2%	1,6%	1,6%	4,8%	0,0%	12,9%
Facteurs TOE et transformation numérique	Effectif	0	1	0	0	1	0	2
	% dans l'étude	0,0%	50,0%	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	3,2%
Intégration technologique et culture d'entreprise	Effectif	0	1	1	0	1	0	3
	% dans l'étude	0,0%	33,3%	33,3%	0,0%	33,3%	0,0%	100,0%
	% du total	0,0%	1,6%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	4,8%
Les tendances de la transformation numérique des PME	Effectif	0	2	2	0	0	2	6
	% dans l'étude	0,0%	33,3%	33,3%	0,0%	0,0%	33,3%	100,0%
	% du total	0,0%	3,2%	3,2%	0,0%	0,0%	3,2%	9,7%

	Effectif	0	0	1	0	1	0	2
Micro-fondements et transformation numérique des PME	% dans l'étude	0,0%	0,0%	50,0%	0,0%	50,0%	0,0%	100,0%
PME	% du total	0,0%	0,0%	1,6%	0,0%	1,6%	0,0%	3,2%
Transformation numérique et gestion des PME	Effectif	2	3	4	3	3	0	15
	% dans Sujet de l'étude	13,3%	20,0%	26,7%	20,0%	20,0%	0,0%	100,0%
	% du total	3,2%	4,8%	6,5%	4,8%	4,8%	0,0%	24,2%
Total	Effectif	8	13	12	14	13	2	62
	% dans Sujet de l'étude	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%	100,0%
	% du total	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%	100,0%

ANNEXE 25 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF * TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À L'APPROCHE GÉNÉRALE

Type de recherche par rapport à son objectif		Type de recherche par rapport à l'approche générale			Total
		Mixte	Qualitative	Quantitative	
Descriptive	Effectif	1	9	6	16
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	6,3%	56,3%	37,5%	100,0%
	% du total	1,6%	14,5%	9,7%	25,8%
Explicative	Effectif	1	0	3	4
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	25,0%	0,0%	75,0%	100,0%
	% du total	1,6%	0,0%	4,8%	6,5%
Exploratoire	Effectif	9	23	10	42
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	21,4%	54,8%	23,8%	100,0%
	% du total	14,5%	37,1%	16,1%	67,7%
Total	Effectif	11	32	19	62
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%

% du total	17,7%	51,6%	30,6%	100,0%
------------	-------	-------	-------	--------

ANNEXE 26 : TABLEAU CROISÉ TYPE DE RECHERCHE PAR RAPPORT À SON OBJECTIF * Limite de l'étude

Type de recherche par rapport à son objectif		Limite de l'étude						Total
		Deux limites et plus	Limite d'échantillonnage	Limite géographique	Limite méthodologique	Limite temporelle	Pas de limite	
Descriptive	Effectif	0	4	4	3	5	0	16
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	0,0%	25,0%	25,0%	18,8%	31,3%	0,0%	100,0%
Explicative	Effectif	1	0	0	1	1	1	4
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	25,0%	0,0%	0,0%	25,0%	25,0%	25,0%	100,0%
Exploratoire	Effectif	7	9	8	10	7	1	42
	% dans Type de recherche par rapport à son objectif	16,7%	21,4%	19,0%	23,8%	16,7%	2,4%	100,0%
Total	Effectif	8	13	12	14	13	2	62

% dans Type de recherche par rapport à son objectif	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%	100,0%
	% du total	12,9%	21,0%	19,4%	22,6%	21,0%	3,2%

ANNEXE 27 : SYNTHÈSE QUALITATIVE DES DONNÉES

N°	Titre	Auteur(s)	Source	Année	Langue	Pays ou s'est déroulée l'étude	Continent	Secteur d'activité	Problématique centrale
1	Creating competitiveness in incumbent small-and medium-sized enterprises: A revised perspective on digital transformation.	Andrea Meir/ Robert Eller/ Mike Peters	The Journal of Business Research	2025	Anglais	N.D	Europe	secteur de l'industrie	Les PME doivent surmonter les défis (ressources limitées) pour renforcer leur compétitivité dans un marché en évolution constante
2	Digital transformation and European small and medium enterprises: A comparative study using digital economy and society index data.	Marinko skare/Maria de las Mercedes de Obeso/Samuel Ribeiro-Navarette	The International Journal of Information Management	2023	Anglais	N.D	Europe	secteur de l'industrie	Les PME doivent surmonter les défis tels que l'accès au financement, la pénurie de main d'œuvre et les couts élevés
3	Entrepreneurs as strategic transformation managers: Exploring micro-foundations of digital information in Small and medium internationalisers.	Vahid jafari-Sadeghi/Hannan M/Ghazi A/Alberto M.	The Journal of Business Research	2022	Anglais	N.D	N.D	secteur du transport	Explorer comment les micro-fondements comportementaux et managériaux individuels contribuent à la Transformation numérique des PME.

4	Making obsolescence obsolete : Execution of Digital transformation in a high tech manufacturing SME.	Aylin Ates/Nuran Acur	The Journal of Business Research	2022	Anglais	Royaume-Uni	Europe	secteur de l'industrie	Les PME doivent survivre et prospérer dans un environnement où les changements technologiques rendent obsolète les pratiques, produits, services
5	Organisational roles in the context of digital transformation: A micro-level perspective.	Alessandro Z/Cécilia R/ Ludovico B/Sacha Kraus/Alessia Z.	The Journal of Business Research	2022	Anglais	Italie	Europe	secteur du transport	Les facteurs humains (rôles des individus) et organisationnels jouent un rôle clé dans la réussite ou l'échec de la transformation numérique
6	The impact of enterprise digital transformation on risk-taking: Evidence from China.	Mingjun D/Yuxin Yu/Wenbing Luo	The International Business and Finance	2024	Anglais	Chine	Asie	secteur de l'énergie	La transformation numérique a un impact sur la prise de risques des entreprises chinoises cotées en bourse.
7	To digit or to head? Designing digital transformation journey of SME among digital self-efficacy and professional leadership	Monica Fait/Luca Dezi/Mahima M/Suresh Malodia/Armando Papa	The Journal of Business Research	2023	Anglais	Inde	Asie	secteur de l'industrie	Les caractéristiques individuelles des entrepreneurs exercent une influence sur leur parcours de transformation numérique.
8	Successful configurations of technology–organization–environment factors in digital transformation: Evidence from exporting small and medium-sized enterprises in the	Amoin Bernadine N'Dri/Zhan Su	The Information & Management	2024	Anglais	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	Les facteurs technologie- organisation-environnement exerce une influence sur le succès de la transformation numérique des PME manufacturières

	manufacturing industry.								
9	Influence of digital transformation on the servitization level of manufacturing SMEs from static and dynamic perspectives	Jing Gao/ Wanfei Zhang / Tao Guan /Qiuhong Feng /Abbas Mardani	The International Journal of Information Management	2023	Anglais	Chine	Asie	secteur de l'industrie	L'effet de la transformation numérique sur la servitisation des PME manufacturières chinoises tout en analysant les différences entre les perspectives statiques et dynamiques.
10	SMEs and digital transformation during a crisis: The emergence of resilience as a second-order dynamic capability in an entrepreneurial ecosystem	Indu Khurana /Dev K. Dutta / Singh Ghura	The Journal of Business Research	2022	Anglais	N.D	N.D	secteur de la santé	La transformation numérique influence la résilience organisationnelle des PME pendant la crise, la capacité des PME à s'adapter et réagir rapidement aux perturbations et innover pour rester compétitive
11	Investigating the impact of digital transformation on relationship and collaboration dynamics in supply chains and manufacturing networks – A multi-case study	Jacob Hamann-Lohmer /Miriam Bendig/ Rainer Lasch	Revue en technologie, innovation, et système d'information	2023	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	La transformation numérique a un impact sur la manière dont les PME collaborent et gèrent leurs relations dans le cadre des chaînes d'approvisionnement et des réseaux de fabrication
12	The digital transformation process in the small and medium enterprise (sme) sector in the era of the covid-19	Joanna Kuczewska/Daniela Garbin Pranicevic/Aleksandar Alek	The Journal of Contemporary Management Issues	2023	Anglais	Pologne /Croatie	Europe	secteur de l'industrie	La Pandémie Covid a accéléré la transformation numérique dans la gestion des PME et cette transition a un impact sur les stratégies commerciales.

	pandemic: a study in poland and croatia	sandra Borowicz/ Anita Talaja							
13	Adoption paths of digital transformation in manufacturing SME	Elisa Battistoni / Simone Gitto /Gianluca Murgia /Domenico Campisi	The International Journal of Production Economics	2023	Anglais	Italie	Europe	secteur de l'industrie	Analyser les voies d'adoption des technologies numériques par les PME manufacturières, identifier les facteurs qui influencent la transition numérique,
14	Toward SMEs digital transformation success: a systematic literature review	Gafar Hafz Saga la/Dóra Őri	The Information systems and e-commerce management	2024	Anglais	N.D	N.D	secteur du transport	Comprendre les facteurs clés de succès de la transformation numérique des PME, les PME manquent de connaissances stratégiques et empiriques pour réussir leur transformation numérique.
15	Digital transformation of small and medium enterprises: a systematic literature review and an integrative framework	Sonia, S/ Régis, C/Hatem, M	The International Studies of Management & Organization.	2022	Anglais	N.D	N.D	secteur de l'industrie	Comprendre les implications de la transformation numérique dans la gestion des PME, identifier les défis organisationnels et managériaux que les PME rencontrent face à la numérisation.
16	The integration of circular economy and digital transformation as a catalyst for small and medium enterprise innovation	Marta F. Arroyabe/Carlos F. A. Arranz/Juan Carlos	The Business Strategy and the Environment	2024	Anglais	Espagne	Europe	secteur de l'énergie	L'intégration des technologies numériques influence l'innovation des PME, comprendre le rôle des outils numériques dans l'amélioration des pratiques environnementales et

		Fernandez de Arroyabe							économiques des PME
17	Exploring digital transformation and dynamic capabilities in agrifood SMEs	Rita Cannas	The Journal of Small Business Management	2023	Anglais	Italie	Europe	secteur de l'industrie	La transformation numérique influence les capacités dynamiques des PME du secteur agroalimentaire
18	Change management and digital transformation project success in SMEs located in the Democratic Republic of the Congo	Jean Robert Kala Kamdjoug	The Journal of Enterprise Information Management	2024	Anglais	RDC	Afrique	secteur de l'industrie	Les stratégies de gestion du changement influencent la réussite des projets de transformation numérique.
19	Keeping pace with the digital transformation — exploring the digital orientation of SMEs	Kevin Escoz Barragan /Félix Simon Rudolf Becker	The Small Business Economics	2024	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de la construction	Les PME sont souvent en retard dans la transformation numérique par rapport aux grandes entreprises, Comprendre si une stratégie d'orientation numérique peut réellement améliorer leur performance.
20	Collaborative approach to digital transformation (CADT) model for manufacturing SMEs manufacturing SMEs	Jonathan, B/ Robert, P/Isabelle, D.,	The Journal of Manufacturing Technology Management	2022	Anglais	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	Comprendre comment les PME manufacturières peuvent collaborer efficacement pour réussir leur transformation numérique vers l'industrie 4.0, défis liés à l'intégration des nouvelles technologies

21	Regional variations in digital transformation: the impact of industry 5.0 on business quality performance	Jelena Russo/ Isidora Milošević/ Andelka Stojanović/Maja Glogovac/Ana Rakić & Sanela Arsić	The Total Quality Management & Business Excellence	2024	Anglais	Slovaquie/Serbie/Pologne/Hongrie/Bulgarie	Europe	secteur de l'éducation	La perception de la numérisation par les employés influence l'adoption des technologies numériques dans la gestion des PME, examiner la relation entre la familiarité des travailleurs de l'industrie 4.0 et performance de la qualité des entreprises.
22	The struggle of sensor-based digital servitization: analysis and perspectives for organizational digital transformation in SMEs	Thomas Trabert/Luca Doerr /Claudia Lehmann	The European Journal of Innovation Management	2024	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'énergie	Identifier les défis et opportunités liés à la transformation numérique des PME à travers la servitisation numérique basée sur les capteurs.
23	Digital transformation success under undustry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs.	Morteza, G/Mohammad I	The Journal of Manufacturing Technology Management.	2021	Anglais	Slovaquie/Serbie/Pologne/Hongrie/Bulgarie	Europe	secteur de l'industrie	L'intégration des technologies numériques influence l'innovation des PME, comprendre le rôle des outils numériques dans l'amélioration des pratiques environnementales et économiques des PME, explore les défis liés à la transformation numérique dans la gestion des PME.
24	What are the essential elements of a digital transformation process to develop an efficient digitization strategy for management?	Victoria Joy/Elenico Pjero/ Simon Krause/ Johannes,	The Journal of Management Development	2023	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	La transformation numérique implique une amélioration des processus et la culture organisationnelle dans la gestion des PME, les facteurs stratégiques clés influencent la manière dont les

		Hangl,						gestionnaires adoptent les technologies numériques.	
25	Organizational changes approaches to facilitate the management of Industry 4.0 transformation in manufacturing SMEs	Jonathan Brodeur/ Isabelle Deschamps /Robert Pellerin	The Journal of manufacturing technology Management	2023	Anglais	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	La transition numérique vers l'industrie 4.0 implique une restructuration organisationnelle des PME, Les PME doivent leur organisation et adopter une approche progressive et adaptative pour réussir la transformation numérique.
26	Is digitalization a source of innovation? Exploring the role of digital diffusion in SME innovation performance	Sohaib S. Hassan /Konrad Meisner /Kevin Krause /Levan Bzhalava /Petra Moog	The Small Business Economics	2023	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	La transformation numérique est devenue un facteur clé de compétitivité pour les entreprises, en particulier les PME en faisant face aux défis liés à l'innovation et à l'adaptation aux nouvelles technologies.
27	Drivers and barriers of Industry 4.0 technology adoption among manufacturing SMEs: a systematic review and transformation roadmap	Morteza Ghobakhloo/ Mohammad Iranmanesh/Azlan Amran/ Mantas Vilkas / Andrius Grybauskas	The Journal of Manufacturing Technology Management	2022	Anglais	N.D	N.D	secteur de l'industrie	Les innovations technologiques offrent aux entreprises une transformation profonde de leur manière de produire, gérer et innover. Quels sont les moteurs et obstacles liés à l'adoption de l'industrie 4.0 dans les PME.

28	Toward SME digital transformation in the supply chain context: the role of structural social and human capital	Le Dang Lang/Abhishek Behl/Nguyen Ngoc Duy Phuong/Jighyas u Gau/Nguyen Tien Dzung	The International Journal of Physical Distribution	2022	Anglais	Vietnam	Asie	secteur de l'industrie	Les entreprises doivent intégrer les nouvelles technologies mais aussi adapter leur organisation et leur culture d'entreprise,
29	Industry 4.0, transition or addition in SMEs? A systematic literature review on digitalization for deviation management	Zuhara Chavez/J annicke Baalsrud Hauge/Monica Bellgran	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology	2021	Anglais	N.D	N.D	secteur de l'industrie	Les PME manufacturières rencontrent encore de nombreux obstacles créant des écarts technologiques, organisationnels par rapport aux standards de l'industrie4.0.
30	Industry 4.0 concepts within the czech sme manufacturing sector: an empirical assessment of critical success factors	Fortune NWAIWU Meri DUDUCI /Felicia CHROMJAKO VA /Cathy- Austin Funke OTEKHILE	The Business: Theory and Pratice	2020	Anglais	Républi que Tcheque	Europe	secteur de l'industrie	Identifier et analyser les facteurs qui permettent aux PME de réussir leur transition numérique.
31	Does digitalisation enable small and medium-sized enterprises to become more sustainable?	Laura Trueba-Castañeda/Francisco M. Somohano-Rodríguez/Bego	The Corporate Social Responsibility and Environmental	2024	Anglais	Espagne	Europe	secteur de l'industrie	La numérisation est un levier essentiel pour les entreprises souhaitant améliorer leur compétitivité et efficacité, Apporter les preuves empiriques sur l'impact réel de la numérisation et identifier les

		ña Torre-Olmo	Management						meilleures pratiques pour aider les PME réussir la transition.
32	Evolution and Trends in SME Digitization Research: A Bibliometric Analysis	Paul Sarango-Lalangui /Jhon Rodríguez / Karla Tapia Carreño /Boris Galarza	The Journal of Technology Management & Innovation	2023	Anglais	N.D	N.D	secteur de l'industrie	Cartographier l'évolution de la recherche sur la numérisation des PME en identifiant les tendances, comprendre comment les chercheurs ont abordé la digitalisation des PME au fil du temps.
33	Factors influencing Industry 4.0 adoption	Sabai Khin /Daisy Mui Hung Kee	Journal of manufacturing technology Management	2022	Anglais	Malaisie	Asie	secteur de l'industrie	Quels sont les facteurs qui influencent la décision d'adopter les technologies de l'industrie 4.0 pour les PME, l'industrie 4.0 représente un enjeu majeur pour les entreprises manufacturières qui souhaitent s'adapter aux nouvelles technologies.
34	Digital Transformation Driving SME Business Model Innovation: A Dynamic Capabilities Perspective	Kam Pui Liu/Ka Wai Chung/Weishen g Chiu/Gary Chen	Journal of Global Information Management	2024	Anglais	Chine	Asie	secteur du transport	La transformation numérique est devenue un levier essentiel pour les entreprises souhaitant maintenir leur compétitivité, les PME disposent de ressources limitées pour adopter les technologies numériques.

35	Digital transformation and SME internationalisation: unravelling the moderated-mediation role of digital capabilities, digital resilience and digital maturity	Hashem Aghazadeh /Farzad Zandi/ Hannan Amoozad Mahdiraji/ Razieh Sadraei	Journal of enterprise Information Management	2024	Anglais	Royaume-Uni / Iran	Europe/Asie	secteur de l'industrie	Les PME disposent de ressources limitées pour mener la transformation numérique ce qui pose des défis quant à leur capacité à tirer profit des technologies, la transformation numérique implique une restructuration du modèle économique et des opérations d'une entreprise
36	The adoption of Industry 4.0 technologies in SMEs: results of an international study	Agostini, L., & Nosella, A	Management Decision,	2019	Anglais	France/Allemagne/Italie/Espagne /	Europe	secteur de l'industrie	L'étude cherche à comprendre si les ressources financières investies dans les technologies de fabrication avancées influencent l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 par les PME
37	Digital business transformation adoption in SMEs and large firms during COVID-19	Milad Pira /Gregory Fleet	The Technology Analysis & Strategic Management	2025	Anglais	Canada	Amérique du Nord	secteur du transport	La pandémie a forcé les entreprises à adopter des solutions numériques plus rapidement mais elles souffrent d'un manque de financement et de compétences numériques, Comparer les différences d'adoption de la transformation numérique entre les PME et les Grandes entreprises
38	Conceptualising digital transformation in SMEs: an ecosystemic perspective.	Claudia Pelletier/L. Martin Cloutier	The Journal of Small Business and Enterprise Development	2019	Anglais	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	Les obstacles et les leviers de la transformation numérique des PME en fonction des perceptions et des dynamiques d'interaction entre PME, comprendre comment les PME adoptent

									et utilisent les technologies de l'industrie 4.0 pour réussir leur gestion.
39	Digitalisation des PME de l'agroalimentaire : vers une évolution des modèles d'affaires et des processus d'innovation	Sophie, R/ Sonia Lequin/Corinne, T,	La Revue Innovations (N° 64), Éditions De Boeck Supérieur	2021	Français	France	Europe	secteur de l'industrie	La transformation numérique affecte les modèles d'affaires des PME agroalimentaires, les PME ne réagissent pas de la même manière face à la transformation numérique en fonction de leur structure, capacité d'absorption et leur perfection et leur perception du changement.
40	Drivers of digital transformation in SMEs.	Nessrine Omrani/Nada Rejeb /Adnane Maalaoui/Maria Dabi/ Sascha Kraus	Transactions IEEE sur la gestion de l'ingénierie	2024	Anglais	France	Europe	secteur de l'industrie	Proposer un cadre d'analyse basé sur l'interaction entre les facteurs qui facilitent ou freinent l'adoption des technologies numériques par les PME, les PME doivent adopter une approche cohérente et progressive dans leur processus de transformation numérique.
41	Étude du potentiel de l'Industrie 4.0 quant à la transformation de la PME manufacturière québécoise : Une analyse littéraire et expérimentale.	Gamache, Sébastien/ Abdul-Nour/ Georges, /Baril, Chantal.	Génie industriel et productique	2019	Français	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	Les PME doivent faire face à une évolution rapide des technologies numériques qui transforment leur processus de production et leur gestion, les PME québécoises accusent un retard dans l'adoption des technologies.

42	Evolution of digital transformation in SMEs management through a bibliometric analysis.	Jorge Alberto Marino-Romero/Pedro R./ Palos-Sanchez /Felix Velicia-Martín	The Technological Forecasting & Social Change	2024	Anglais	Italie / Royaume-Uni / Chine	Europe/Asie	secteur de l'industrie	Comprendre comment la transformation numérique a évolué dans la gestion des PME en utilisant une analyse bibliométrique pour évaluer l'impact des recherches, identifier les principaux de recherche, les méthodologies employées et les évolutions dans l'adoption des technologies numériques par les PME.
43	L'accompagnement de l'innovation par le numérique: quelles opportunités pour les PME?	François Deltour/Sébastien Le Gall,/ Virginie Lethias.	Reflets et perspectives de la vie économique	2020	Français	France	Europe	secteur de l'industrie	Les PME font face à de nombreux défis liés à la mondialisation et à la transformation numérique, l'innovation est un levier majeur pour la compétitivité et la survie des PME.
44	Digital transformation in SMEs: A taxonomy of externally supported digital innovation projets.	Andreas Hermann/Torsten Gollhardt /Ann-Kristin Cordes /Lasse von Lojewski/ Max Patrick Hartmann/Jorg Becker	The International Journal of Information Management	2023	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	Les PME disposent moins de ressources pour intégrer efficacement les innovations numériques, les unités d'innovations numériques externes jouent un rôle d'accompagnement et de facilitation dans cette démarche.

45	Returns on digitalisation in SMEs – a systematic literature review.	Paul Pfister/ Claudia Lehmann	The Journal of Small Business & Entrepreneurship	2023	Anglais	Canada /USA/ Allemagne/Royaume-Uni/Chine//France	Amérique du Nord/Europe/Asie	secteur de la construction	Les effets concrets de la transformation numérique sur les performances des PME restent peu documentés. Analyser l'impact de la numérisation sur la performance des PME
46	La transformation numérique au sein des PME marocaines: Enjeux et perspectives	CHRAIBI, K / EL YAACOUBI, Y	La Revue Alternative Managériale Economiques	2023	Français	Maroc	Afrique	secteur de la construction	Comprendre le niveau d'adoption de la transformation numérique dans les PME marocaines et à identifier les obstacles qui freinent cette adoption.
47	Quel est l'impact de la transformation numérique sur l'internationalisation des petites et moyennes entreprises?	Laurice Alexandre/ Alexis Catanzaro/ Véronique Favre-Bonté / Lynda Saoudi	La Revue internationale P.M.E.	2023	Français	N.D	N.D	secteur de l'industrie	L'internationalisation est un processus complexe pour les PME qui doivent surmonter plusieurs défis (ressources limitées, connaissance insuffisante des marchés étrangers etc...)
48	Transformation digitale et performance des PME: une analyse bibliométrique pour comprendre et agir	Lynda Saoudi/Mathilde Aubry/Timothée Gomot /Alexandre Renaud	La Revue internationale P.M.E.	2023	Français	N.D	N.D	secteur de l'industrie	Le manque de recherches approfondies sur la transformation numérique dans la gestion des PME et son impact sur leur performance,

49	La numérisation comme accélérateur de l'internationalisation des PME... Les compétences numériques comme carburant.	Pierre-Louis Meuric /Véronique Favre-Bonté	La Revue internationale P.M.E.	2023	Français	France	Europe	secteur de l'industrie	Les compétences numériques influencent la vitesse d'internationalisation des PME et peuvent être un levier stratégique pour accélérer leur expansion sur le marché international
50	Accompagner la transformation numérique des petites et moyennes entreprises: une perspective écosystémique de la création de valeur.	Claudia Pelletier /Vanessa Martel	La Revue internationale P.M.E.	2019	Français	Canada	Amérique du Nord	secteur de l'industrie	La transformation numérique implique un changement organisationnel et ont besoin d'un cadre structuré pour adopter efficacement les technologies de l'industrie 4.0, Comment les PME sont accompagnées dans leur transformation numérique.
51	A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept	Pereira, A. C / & Romero, F.	Procedia Manufacturing ,	2017	Anglais	Portugal	Europe	secteur de l'industrie	L'industrie 4.0 représente une opportunité majeure pour les entreprises de gagner en compétitivité mais elle nécessite une transformation des modes de production et les compétences.
52	Industry 4.0 Implementation Challenges and Opportunities : A Managerial Perspective	Bajic, B. /Rikalovic, A./ Suzic, N./ Piuri, V.	IEEE Systems Journal,	2021	Anglais	Serbie/Italie	Europe	secteur de l'industrie	Identifier les défis et opportunités de mise en oeuvre de l'industrie 4.0

53	Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics.	Hofmann, E./ Rüsch, M.	Computers in Industry,	2017	Anglais	Suisse	Europe	secteur de l'industrie	Explorer les opportunités et implications de l'Industrie 4.0 dans la gestion logistique
54	Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern?	Badri, A /Boudreau-Trudel, B. / Souissi, A. S	Safety Science	2018	Anglais	Canada / Tunisie	Amérique du Nord/Afrique	secteur de la santé	Évaluer l'impact de l'Industrie 4.0 sur la santé et la sécurité au travail
55	Industrie 4.0 process transformation: findings from a case study in automotive logistics.	Hermann, M/ Bücker, I./Otto, B.	The Journal of Manufacturing Technology Management,	2020	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	Analyser la transformation des processus logistiques vers les exigences de l'Industrie 4.0
56	Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems.	Weyer, S / Schmitt, M. /Ohmer, M./ Gorecky, D.	IFAC-PapersOnLine,	2015	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie	Évaluer l'importance de la standardisation pour les systèmes de production multifournisseurs
57	A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond.	Qin, J./ Liu, Y /Grosvenor, R	Procedia CIRP,	2016	Anglais	Royaume-Uni	Europe	secteur de l'industrie	Développer un cadre catégoriel pour mieux comprendre et implémenter l'Industrie 4.0
58	Cyber-physical systems in manufacturing.	Monostori, L / Kádár, B./ Bauernhansl, T./ Kondoh, S./	CIRP Annals - Manufacturing Technology,	2016	Anglais	Hongrie/ Allemagne/ Japon/	Amérique du Nord/Europe/Asie	secteur de l'industrie	Analyser les systèmes cyber-physiques et leur impact sur l'industrie manufacturière

		Kumara, S. /Reinhart, G. /Sauer, O. / Schuh, G. / Sihn, W./ Ueda, K.			États- Unis/ Autriche			
59	Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing	Sanders, A./Elangeswaran, C./& Wulfsberg, J	Journal of Industrial Engineering and Management,	2016	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie
60	Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review.	Michela Piccarozzi /Barbara Aquilani / Corrado Gatti.	Sustainability,	2018	Anglais	Italie	Europe	secteur de l'industrie
61	Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0.	Müller, J. M./ Buliga, O., /Voigt, K.-I.	Technological Forecasting & Social Change,	2018	Anglais	Allemagne	Europe	secteur de l'industrie
62	Industry 4.0 implications in logistics: an overview.	Barreto, L./ Amaral, A./ & Pereira, T.	Procedia Manufacturing	2017	Anglais	Portugal	Europe	secteur de l'industrie

ANNEXE 27 (SUITE)

N°	Questions de recherche posées / Objectifs de recherche	Type de recherche par rapport à son objectif	Méthode employée/Mode d'investigation utilisée	Type de recherche par rapport à l'approche générale	Type d'échantillon	Taille de l'échantillon	Limite de l'étude
1	Le but est de proposer un cadre conceptuel pour relier la transformation numérique et l'avantage concurrentiel des PME et d'examiner les leviers spécifiques qui permettent aux PME de tirer pleinement parti de la transformation numérique. Quel est l'impact de la transformation numérique sur la compétitivité des PME, examiner les leviers spécifiques qui permettent aux PME de tirer pleinement parti de la transformation numérique?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	71 articles	Limite géographique / méthodologique
2	Quel est l'impact de la transformation numérique sur les activités commerciales des PME? Analyser les liens entre la transformation numérique et les principales préoccupations des PME (accès aux clients, concurrence, couts et changements réglementaires).	descriptive	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	162 PME	limite géographique
3	Identifier les comportements et actions managériaux pertinents pour la transformation numérique des PME, analyser la relation entre ces micro-fondations, proposer un modèle conceptuel décrivant leur impact.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Mixte	Non aléatoire	N.D	limite géographique

4	Comment les PME peuvent-elles transformer numériquement leurs processus pour éviter l'obsolescence dans des environnements technologiques en rapide évolution?	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	1 PME	Limite géographique / méthodologique
5	Comment les individus supervisent et gèrent-ils la transformation numérique dans les PME au niveau micro? comprendre les différences entre les approches adoptées par les PME et les GE pour la transformation numérique.	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	31 PME	limite géographique / méthodologique
6	Quel est l'effet de la transformation numérique sur la prise de risques des entreprises, identifier les facteurs modérateurs et mécanismes d'influence.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	N. D	limite géographique / temporelle
7	Quel est l'impact de l'auto-efficacité numérique des entrepreneurs de PME sur la transformation numérique des entreprises? Examiner le rôle du leadership professionnel dans la transformation numérique des PME, évaluer l'influence de la transformation numérique sur la performance des PME.	exploratoire	Enquête	Mixte	Non aléatoire	387 PME	limite temporelle
8	Analyser comment les facteurs technologie- organisation-environnement influence la gestion de la transformation numérique des PME, identifier les configurations optimales des facteurs pour assurer le succès de la transformation numérique.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Quantitative	Non aléatoire	N. D	limite temporelle

9	Dans quelle mesure l'intégration des technologies numériques contribue à améliorer la position des PME dans la chaîne de valeur mondiale, comprendre comment se fait la transition numérique des PME.	descriptive	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	N. D	limite géographique
10	Dans le cadre d'un écosystème entrepreneurial, comment les PME adoptent-elles les technologies numériques afin de fonctionner avec résilience en temps de crise?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	8 entrepreneurs de PME	limite méthodologique
11	Quels défis et opportunités posent la transformation numérique aux PME pour la gestion des relations avec les fournisseurs? Comprendre l'évolution de la transformation numérique dans les réseaux de fabrication distribués et analyser ses impacts sur la collaboration interne et externe des PME.	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	6 PME	limite d'échantillonnage
12	Analyser l'évolution de la transformation numérique des PME en période de crise sanitaire, quels sont les défis commerciaux auxquels les PME sont confrontées après le covid?	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	10 PME	limite d'échantillonnage
13	Quel est l'impact de la transformation numérique sur la gestion des données et la prise de décision des PME, identifier les principales technologies numériques adoptées par les PME manufacturières.	exploratoire	Deux modes et plus	Mixte	Aléatoire	421 PME	limite géographique
14	Quels sont les principaux facteurs de succès de la transformation numérique des PME? Analyser les stratégies et formaliser un cadre de référence basé sur les facteurs.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	365 articles	limite temporelle
15	Quels sont les dimensions managériales essentielles pour assurer une transformation numérique efficace des PME, Comment ces stratégies influencent la compétitivité des entreprises.	exploratoire	Analyse des données	Qualitative	Non aléatoire	273 articles	limite d'échantillonnage

			secondaire s				
16	Analyse de l'influence de la transformation numérique sur l'adoption de l'économie circulaire dans les PME, quels sont les principaux défis rencontrés par les PME dans l'intégration de la transformation numérique et l'économie circulaire.	exploratoire	Analyse des données secondaire s	Quantitat iive	Aléatoire	16365 PME	limite méthodologique
17	Quels sont les capacités dynamiques essentielles pour favoriser la numérisation des PME du secteur agroalimentaire? Identifier les défis et opportunités auxquels sont confrontés les entreprises.	descriptive	Etude de cas	Qualitat iive	Non aléatoire	21 répondants	limite temporelle
18	Comment la gestion du changement agit-elle sur la réussite des projets numériques ? En quoi la transformation numérique améliore-t-elle la capacité des PME à s'adapter aux crises économiques et aux évolutions du marché?	descriptive	Enquête	Quantitat iive	Aléatoire	299 répondants	limite d'échantillonnage
19	Quel est l'impact des investissements numériques sur la performance des PME ? Les PME doivent-elles continuellement adapter et reconfigurer leurs ressources numériques pour maximiser leurs impacts sur la performance?	explicative	Analyse des données secondaire s	Quantitat iive	Non aléatoire	1135 PME	limite méthodologique
20	Quels sont les défis et opportunités qui émergent de la collaboration entre PME manufacturières dans le cadre de la transformation numérique? Quels sont les principaux obstacles rencontrés par les PME?	descriptive	Etude de cas	Qualitat iive	Non aléatoire	2 PME	limite d'échantillonnage
21	Quel est l'impact de la perception de l'industrie 4.0 sur l'adoption des technologies numériques par les travailleurs des PME?	exploratoire	Analyse des données secondaire s	Quantitat iive	Non aléatoire	635 répondants	limite méthodologique

22	Quel est le rôle des technologies de capteurs dans la transition des PME vers la servitisation numérique? Évaluer comment l'intégration des capteurs influence la performance et la compétitivité des entreprises?	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	10 PME	limite d'échantillonnage
23	Quels sont les éléments qui facilitent l'adoption des technologies numériques dans la gestion des PME, Proposer un cadre stratégique permettant une transition numérique efficace dans la gestion des PME.	exploratoire	Deux modes et plus	Mixte	Non aléatoire	210 répondants	limite géographique
24	Quels approches les entreprises utilisent pour structurer leur transition numérique? Analyser l'impact de la transformation numérique sur le management et la performance organisationnelle des PME.	descriptive	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	12 PME	limite d'échantillonnage
25	Quels sont les changements organisationnels nécessaire pour permettre aux PME une transition réussie vers l'industrie 4.0, proposer une approche de gestion du changement organisationnel pour les PME.	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	1 PME	limite géographique
26	Analyser l'impact de la diffusion numérique sur la performance en innovation des PME, quels types de technologies numériques ont le plus d'impact sur la performance en innovation des PME?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	1100 PME	limite géographique
27	Identifier les facteurs technologiques organisationnels et environnementaux qui influence l'adoption des technologies numériques, Analyser les barrières et résistance à la transformation numérique des PME	descriptive	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	37 articles	limite méthodologique
28	L'adoption technologique est-elle un facteur clé expliquant le lien entre le capital humain/social et l'amélioration des performances commerciales des PME? Fournir des recommandations pour améliorer l'intégration des technologies numériques dans la gestion	explicative	Enquête	Quantitative	Non aléatoire	371 répondants	limite temporelle

	des PME						
29	Quels sont les principaux impacts de la transformation numérique sur la performance et la gestion des PME, quelles stratégies peuvent être mise en place par les PME pour accompagner efficacement la transition numérique des PME	descriptive	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	50 articles	limite méthodologique
30	Analyser l'impact de l'industrie 4.0 sur les processus de fabrication des produits des PME, Comment concevoir un cadre de gestion efficace permettant aux PME manufacturières d'adopter avec succès la transformation numérique.	descriptive	Deux modes et plus	Mixte	Non aléatoire	134 PME	limite géographique
31	Dans quelle mesure la numérisation influence-t-elle la durabilité des PME et quels sont les facteurs clés qui facilitent la transformation numérique? Évaluer les bénéfices et défis liés à la transformation numérique.	descriptive	Enquête	Quantitative	Aléatoire	975 PME	limite géographique
32	Quel est l'état de la recherche académique sur la numérisation des PME ? Évaluer les tendances actuelles et futures de la recherche sur la numérisation des PME.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	650 articles	limite géographique
33	Développer un modèle conceptuel triadique expliquant la prise de décision des entreprises en matière d'adoption de l'industrie 4.0, Accompagner les PME dans leur transformation numérique.	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	15 PME	limite d'échantillonnage
34	Dans un environnement commercial en évolution rapide, comment les PME peuvent-elles exploiter la transformation numérique pour innover dans leur modèle économique et améliorer leur performance,	exploratoire	Enquête	Quantitative	Non aléatoire	262 répondants	limite temporelle

35	Quel est le rôle des ressources numériques et du leadership numérique dans la capacité des PME s'internationaliser avec une gestion efficace? Quels sont les mécanismes par lesquels la transformation numérique impacte la compétitivité et la durabilité des PME sur le marché international?	exploratoire	Enquête	Quantitative	Non aléatoire	185 répondants	limite temporelle
36	La recherche vise à tester si les investissements en AMT et le capital social influencent l'adoption des technologies de l'industrie 4.0.	explicative	Enquête	Quantitative	Non aléatoire	163 PME	limite méthodologique / échantillonnage
37	Quels sont les facteurs qui influencent l'adoption des technologies numériques dans les PME?	explicative	Enquête	Mixte	Aléatoire	29 PME	Pas de limite
38	Identifier les défis et enjeux que les PME rencontrent lorsqu'elles adoptent et utilisent les technologies numériques, proposer un cadre théorique sur une approche écosystémique qui met en lumière les interactions entre les acteurs et leurs rôles dans le processus de transformation numérique.	exploratoire	Enquête	Mixte	Non aléatoire	39 répondants	limite d'échantillonnage
39	Quelles sont les stratégies et compétences d'innovation mobilisées par les PME agroalimentaires pour adapter leur modèle d'affaires pour adopter la transformation numérique, Analyser les différences d'adaptation des PME à la transformation numérique en fonction de leur structure et organisationnel.	descriptive	Entrevue	Qualitative	Non aléatoire	18 PME	limite temporelle
40	Comment les PME adoptent -elles les technologies numériques et quels sont les éléments déterminants qui influence la transition numérique?	descriptive	Analyse des données secondaires	Quantitative	Aléatoire	15346 PME	limite temporelle

41	Comment les PME manufacturières québécoises peuvent-elles intégrer efficacement les technologies de l'industrie 4.0 pour accélérer leur transformation numérique ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Mixte	Non aléatoire	460 PME	limite temporelle
42	Analyser l'évolution des publications scientifiques sur la transformation numérique dans la gestion des PME, Fournir une vision globale de l'état de la recherche et proposer des perspectives pour de futures études.	exploratoire	Analyse des données secondaires	Quantitative	Non aléatoire	N. D	limite d'échantillonnage
43	Quels sont les facteurs déterminants de l'accompagnement des innovations par le numérique dans la gestion des PME, Mieux comprendre le contexte dans lequel les PME utilisent le numérique pour gérer leurs activités.	exploratoire	Deux modes et plus	Quantitative	Aléatoire	711 PME	limite géographique
44	Comment structurer et classer les projets d'innovation dans les PME afin d'optimiser leur mise en œuvre et leur succès, quel est l'impact des unités d'innovation numériques externes sur le succès des projets numériques des PME	exploratoire	Deux modes et plus	Mixte	Non aléatoire	210 PME	limite géographique
45	Quels sont les technologies numériques les plus couramment adoptées par les PME ? Quels sont les limites et lacunes actuelles des recherches sur la transformation numérique dans la gestion des PME.6	exploratoire	Analyse des données secondaires	Mixte	Non aléatoire	124 articles	Pas de limite
46	Évaluer dans quelle mesure les PME intègre les outils numériques dans leur gestion, identifier les plus courantes et comprendre leur impact sur la gestion et la performance des entreprises.	exploratoire	Enquête	Mixte	Non aléatoire	67 PME	limite temporelle
47	Comment la transformation numérique influence-t-elle l'internationalisation des PME ? Identifier les composantes de la transformation numérique qui influencent l'internationalisation des	descriptive	Analyse des données	Qualitative	Non aléatoire	168 articles	limite temporelle

	PME.		secondaire s					
48	Quels sont les principaux axes de recherches existants sur le lien entre la transformation numérique et la performance des PME	descriptive	Analyse des données secondaire s	Quantitative	Non aléatoire	67 articles	limite temporelle	
49	Analyser l'impact de la numérisation sur la rapidité de l'expansion internationale des entreprises, identifier les compétences spécifiques qui influencent l'internationalisation des PME.	descriptive	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	7 PME	limite d'échantillonnage	
50	Quel sont les mécanismes d'accompagnement permettant aux PME d'intégrer efficacement les technologies numériques dans leur gestion, identifier les compétences nécessaires pour une transformation numérique réussie.	exploratoire	Analyse des données secondaire s	Qualitative	Non aléatoire	19 articles	limite méthodologique	
51	Comment le concept de l'Industrie 4.0 transforme-t-il les modes de production, les modèles économiques et les relations de travail, et quels sont les défis à relever pour en maximiser les bénéfices tout en minimisant les risques ?	exploratoire	Analyse des données secondaire s	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique	
52	Quels sont les principaux défis rencontrés par les entreprises dans la mise en œuvre de l'Industrie 4.0 et comment peuvent-ils être surmontés ?	exploratoire	Analyse des données secondaire s	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique	
53	Quelles sont les implications de l'Industrie 4.0 pour la gestion logistique future ?	exploratoire	Deux modes et plus	Qualitative	Non aléatoire	8 répondants	limite méthodologique / échantillonn	

							age
54	Quels sont les impacts positifs et négatifs de l'Industrie 4.0 sur la gestion de la santé et sécurité au travail ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique
55	Comment les processus logistiques peuvent-ils être transformés pour répondre aux exigences de l'Industrie 4.0 ?	descriptive	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	1 PME	limite méthodologique
56	Comment la standardisation peut-elle contribuer à la modularité et à l'interopérabilité des systèmes de production ?	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique / échantillonnage
57	Comment structurer et catégoriser les concepts de l'Industrie 4.0 pour faciliter son implémentation ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique
58	Quels sont les bénéfices et défis liés à l'intégration des systèmes cyber-physiques dans l'industrie manufacturière ?	exploratoire	Deux modes et plus	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite d'échantillonnage
59	Comment l'Industrie 4.0 peut-elle faciliter la mise en œuvre du Lean Manufacturing ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique / échantillonnage

60	Comment l'Industrie 4.0 est-elle définie d'un point de vue managérial ? Quels sont les thèmes majeurs étudiés ? Quels sont les axes de recherche futurs ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique
61	Comment les PME manufacturières perçoivent-elles et intègrent-elles l'Industrie 4.0 dans leur modèle économique ? »	exploratoire	Etude de cas	Qualitative	Non aléatoire	68 PME	limite d'échantillonnage
62	Quels sont les défis et exigences pour adapter la logistique à l'Industrie 4.0 ?	exploratoire	Analyse des données secondaires	Qualitative	Non aléatoire	N. D	limite méthodologique