



**HAL**  
open science

# Vers une méthode d'aide à la décision pour définir la stratégie numérique des PME industrielles

Benjamin Dethine

► **To cite this version:**

Benjamin Dethine. Vers une méthode d'aide à la décision pour définir la stratégie numérique des PME industrielles. Sciences de l'ingénieur [physics]. Université de Lorraine, 2023. Français. NNT : 2023LORR0003 . tel-04213915

**HAL Id: tel-04213915**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-04213915v1>**

Submitted on 21 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES  
UNIVERSITAIRES**

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : [ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr)  
*(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)*

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



Université de Lorraine  
École doctorale SIMPPÉ  
Laboratoire ERPI (Équipe de Recherche sur les Processus Innovatifs)

---

Thèse présentée et soutenue publiquement pour l'obtention du titre de

**DOCTEUR**  
**DE**  
**L'UNIVERSITE DE LORRAINE**

Spécialité : GÉNIE DES SYSTÈMES INDUSTRIELS

par Benjamin DETHINE

**Vers une méthode d'aide à la décision pour**  
**définir la stratégie numérique des PME**  
**industrielles**

Soutenue le 5 janvier 2023 devant le jury d'examen :

Mme Nada Matta	Professeure Université de Technologie de Troyes	Rapporteur
M. Ludovic Koehl	Professeur, Université de Lille	Rapporteur
M. Jean Renaud	Professeur émérite, INSA Strasbourg	Examineur et président du Jury
M. Pierre-Emmanuel Arduin	Maître de conférences, Université Paris-Dauphine	Examineur
M. Davy Monticolo	Professeur des Universités, Université de Lorraine	Directeur de thèse
M. Daniel Galvez	Professeur, Université de Santiago du Chili	Co-encadrant de thèse
Mme Manon Enjolras	Maître de conférences, Université de Lorraine	Membre invité
M. Johan Claire	Président d'Innovation Way	Membre invité





## Remerciements

Durant ces trois années de thèse, j'ai été encadré par Davy Monticolo, mon directeur de thèse, et Daniel Galvez, mon co-directeur de thèse que je tiens à remercier pour leur aide, leur soutien, leur compréhension et leur pédagogie à travers mes trois années de thèse.

Je tiens à remercier tout particulièrement une personne qui m'a suivi et beaucoup aidé tout au long de ma thèse, Manon Enjolras, pour son extrême patience et son investissement dans nos travaux de recherche.

Que serait une thèse CIFRE sans une entreprise et une entreprise sans son dirigeant Johan Claire. Merci de m'avoir formé au monde de l'entreprise, d'avoir été transparent sur tout le fonctionnement d'une start-up, de la thèse, de m'avoir accompagné et soutenu pendant la thèse et après.

Je souhaite remercier Mauricio Camargo, directeur du laboratoire ERPI, pour son aide et sa disponibilité.

Pour avoir assuré une super ambiance de travail, pour les conseils, l'animation des bureaux, les histoires drôles, les balades à vélo, les soirées inoubliables, je remercie, Carlos pour son animation du bureau, Linda pour ses conseils avisés, Halima pour les séances d'œnologie, Jose pour nos pauses café, Andréa pour soutien psychologique, Fedoua pour sa bonne humeur constante, Ferney pour ces précieux conseils, Diana pour son rire communicatif, Guillaume pour ses CM de mécanique, Mathilde pour ses séances de gymnastique, Corentin pour ses conseils musicaux, Fanny pour l'animation des pauses, Virginie pour nos repas au RU, Brice pour ses expressions françaises, Juliana pour ses entrées dans le D7, Marie pour sa sérénité, Neal pour sa motivation débordante, Valentine pour nos discussions sur la psychologie, Léa pour ses croissants et bien sûr tout le monde pour les échanges enrichissants au cours des dernières années.

Merci à l'ensemble de l'équipe de l'ERPI, de l'ENSGSI, à Aurélia et Aurianne pour leur aide dans les démarches administratives, à Amélie, Anne-Mairet, Célia pour leur renfort dans la recherche de contacts.

Je remercie également les dirigeants d'entreprise que j'ai rencontré au fil de ma thèse de m'avoir accordé du temps afin d'échanger sur le sujet de la transformation numérique.

Enfin, je remercie bien évidemment ma famille qui m'a offert un profond soutien pendant les bons comme les mauvais moments.



# Table des matières

<b>Introduction générale</b>	<b>11</b>
1. Contexte général	11
2. Questions de recherche et problématique	13
3. Objectifs de la thèse	14
4. Contributions	16
<b>CHAPITRE 1 : contexte de la thèse</b>	<b>18</b>
1.1. Introduction	18
1.2. Innovation Way	18
1.3. ERPI	20
1.4. Outils sur la capacité	20
1.5. Conclusion	22
<b>CHAPITRE 2 : Etat de l'art : Evaluation de la maturité numérique</b>	<b>23</b>
2.1. Introduction	23
2.2. Mesure de la maturité numérique	23
2.2.1. Les entreprises faces au numérique	23
2.2.2. Focus sur les PME	24
2.2.3. Vers une approche tridimensionnelle	28
2.3. Etude des modèles de la littérature	33
2.3.1. Démarche	33
2.3.2. Analyse systématique des modèles	35
2.4. Etude des méthodes d'aide à la décision	43
2.4.1. Démarche	43
2.4.2. Définition de l'aide à décision	44
2.4.3. Catégories de méthodes	44
2.4.4. Phases du processus d'aide à la décision	45
2.5. Discussion	48
2.6. Conclusion	49
<b>CHAPITRE 3 : Création d'un modèle tridimensionnel pour mesurer la maturité numérique des PME industrielles</b>	<b>51</b>
3.1. Introduction	51
3.2. Proposition d'un modèle de pratiques selon trois dimensions	52
3.2.1. Dimension organisationnelle	52
3.2.2. Dimension humaine	58
3.2.3. Dimension Ressources Numériques	61

3.3.	Proposition d'une structure d'évaluation	62
3.4.	Consultation d'experts	64
3.5.	Démarche de validation du modèle en entreprise	65
3.6.	Résultats et discussion	66
3.7.	Conclusion	71
<b>CHAPITRE 4 : Construction du modèle de maturité</b>		<b>72</b>
4.1.	Introduction	72
4.2.	Définition de la méthode d'évaluation	72
4.2.1.	Vers une évaluation des pratiques	72
4.2.2.	Les grilles de maturité	74
4.3.	Vers une évaluation basée sur des niveaux de maturité	77
4.3.1.	Définition des niveaux des dimensions	77
4.3.2.	Définition des niveaux pour les grilles de maturité	80
4.4.	Construction des grilles de maturité numérique	82
4.4.1.	Grilles de maturité : dimension organisationnelle niveau stratégique	83
4.4.2.	Grilles de maturité : dimension humaine niveau stratégique	85
4.4.3.	Grilles de maturité : dimension organisationnelle niveau opérationnel	87
4.4.4.	Grilles de maturité : dimension ressources numériques	88
4.5.	Vers un indice de la maturité numérique	90
4.5.1.	Mécanisme d'évaluation	90
4.5.2.	Score et règles interprétation	90
4.6.	Conclusion	92
<b>CHAPITRE 5 : Conception d'une méthode d'aide à la décision</b>		<b>93</b>
5.1.	Introduction	93
5.2.	Notion d'équilibre entre les dimensions	94
5.3.	Définition de scénarii de développement	95
5.3.1.	Les axes de développement d'entreprises	96
5.3.2.	Stratégie basée sur l'exportation, l'internationalisation	98
5.4.	Méthodologie d'aide à la décision	100
5.4.1.	Priorisation des pratiques à développer	100
5.4.2.	Mécanique d'évolution	103
5.4.3.	Itérations des évaluations de la maturité	104
5.5.	Conclusion	105
<b>CHAPITRE 6 : Expérimentations</b>		<b>106</b>
6.1.	Introduction	106
6.2.	Méthodologie d'approche expérimentale	106
6.2.1.	Les entreprises sélectionnées	106

6.2.2.	Processus d'entretien	108
6.2.3.	Prototype d'application	110
<b>6.3.</b>	<b>Analyse des résultats</b>	<b>112</b>
<b>6.4.</b>	<b>Résultats de l'application de l'axe export</b>	<b>120</b>
<b>6.5.</b>	<b>Prise en compte des retours</b>	<b>121</b>
<b>6.6.</b>	<b>Discussion</b>	<b>125</b>
<b>6.7.</b>	<b>Conclusion</b>	<b>127</b>
<b>CHAPITRE 7 : Conclusion et perspectives</b>		<b>128</b>
<b>7.1.</b>	<b>Introduction</b>	<b>128</b>
<b>7.2.</b>	<b>Synthèse des contributions</b>	<b>128</b>
7.2.1.	Etat de l'art sur les modèles de maturité	129
7.2.2.	Modèle d'évaluation de la maturité numérique	130
7.2.3.	Mise en œuvre de notre modèle	130
7.2.4.	Méthode d'aide à la décision	131
7.2.5.	Expérimentations en conditions réelles	132
<b>7.3.</b>	<b>Limites des travaux</b>	<b>133</b>
<b>7.4.</b>	<b>Perspectives</b>	<b>135</b>
7.4.1.	Renforcement théorique	135
7.4.2.	Amélioration de notre outil	137
<b>BILBIOGRAPHIE</b>		<b>138</b>
<b>ANNEXES</b>		<b>150</b>
<b>Résumé</b>		<b>151</b>
<b>Abstract</b>		<b>152</b>

## Liste des figures

Figure 1 : Structure de la thèse	16
Figure 2 : L'entreprise Innovation Way	18
Figure 3 : Démarche de développement d'une méthode d'évaluation de la "capacité à" du laboratoire ERPI	21
Figure 4 : Dimensions de l'Indice d'Innovation Potentiel	21
Figure 5 : Dimensions de l'Indice d'Exportation Potentielle	22
Figure 6 : Dimensions de l'indice de Collaboration/Co-innovation Potentiel	22
Figure 7 : Obstacles des PME à l'engagement d'une transformation numérique durable	25
Figure 8 : Résultats septembre 2022 pour la recherche WebOfScience TO = digital transformation sme	25
Figure 9 : Equation de recherche	26
Figure 10 : Résultats de la visionneuse VOSviewer	27
Figure 11 : Les défis de la transformation numérique (Gökalp et al. 2017)	29
Figure 12 : Modèle conceptuel	34
Figure 13 : Méthodologie	34
Figure 14 : Critères de recherche pour les publications scientifiques	34
Figure 15 : Critères de recherche pour les publications scientifiques	44
Figure 16 : Méthodologie de construction du modèle	52
Figure 17 : Concepts de la dimension organisationnelle	53
Figure 18 : Concepts de la dimension humaine	59
Figure 19 : Concepts de la dimension ressources numériques	61
Figure 20 : Schéma structurel de notre modèle d'évaluation	63
Figure 21 : Types d'approches d'évaluation d'une entreprise	73
Figure 22 : Lien entre la méthodologie de développement de grille de maturité et nos travaux	76
Figure 23 : Règle 2 : inclusion des réponses	77
Figure 24 : Niveaux de maturité selon la norme ISO 15504	80
Figure 25 : Nouveau schéma structurel de notre modèle d'évaluation	82
Figure 26 : Grille de maturité de la pratique "Définir la vision stratégique"	85
Figure 27 : Grille de maturité de la pratique "S'assurer du bien-être de ses employés"	86
Figure 28 : Grille de maturité de la pratique "Gérer sa logistique"	88
Figure 29 : Grille de maturité de la caractéristique "Complexité"	89
Figure 30 : Résumé des étapes de notre méthodologie	93
Figure 31 : Rang des trois dimensions (source : notre recherche)	94
Figure 32 : Processus d'entretien	109
Figure 33 : Fonctions du prototype d'application	110
Figure 34 : Interface du prototype d'application	111
Figure 35 : Résultats de l'étude de cas n°1	114
Figure 36 : Résultats de l'étude de cas n°2	117
Figure 37 : Résultats de l'étude de cas n°3	119
Figure 38 : Résultats de l'étude de cas n°3 selon l'axe de développement par l'export	121
Figure 39 : Processus de validation des retours	121

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Identification des clusters	28
Tableau 2 : Etude des articles de référence	31
Tableau 3 : Modèles de littérature sur la transformation numérique (1/2)	36
Tableau 4 : Modèles de littérature sur la transformation numérique (2/2)	37
Tableau 5 : Modèles expérimentaux (1/2)	38
Tableau 6 : Modèles expérimentaux (2/2)	39
Tableau 7 : Modèles de littérature sur des dimensions particulières	39
Tableau 8 : Analyse des modèles	42
Tableau 9 : Suppression des concepts liés à la dimension organisationnelle	54
Tableau 10 : Fusion des concepts liés à la dimension organisationnelle	56
Tableau 11 : Ajouts de pratiques liées à la dimension organisationnelle	57
Tableau 12 : Pratiques de la dimension organisationnelle	57
Tableau 13 : Suppression des concepts liés à la dimension humaine	59
Tableau 14 : Fusion des concepts liés à la dimension humaine	60
Tableau 15 : Pratiques de la dimension humaine	61
Tableau 16 : Caractéristiques de la dimension ressources numériques	62
Tableau 17 : Grille d'entretien	64
Tableau 18 : Pratiques de la dimension organisationnelle au niveau stratégique	67
Tableau 19 : Pratiques de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel	68
Tableau 20 : Pratiques de la dimension humaine au niveau stratégique	69
Tableau 21 : Caractéristiques de la dimension ressources numériques	70
Tableau 22 : Exemple de quatre cas fictifs	91
Tableau 23 : Résultats du questionnaire sur le niveau d'importance des pratiques de la dimension organisationnelle	99
Tableau 24 : Extrait de la pratique 4 : Surveiller les indicateurs de l'entreprise	104
Tableau 25 : Présentation des trois entreprises évaluées	107
Tableau 26 : Etude de cas n°3 : Pratiques les plus faibles de la dimension organisationnelle et leurs coefficients export	120
Tableau 27 : Niveaux 2 et 3 de la pratique "2) Assurer le support informatique"	122
Tableau 28 : Niveaux 2 de la pratique "3) Contrôler la cybersécurité"	123
Tableau 29 : Niveaux 2 de la pratique "15) Gérer le service après-vente"	123
Tableau 30 : Version antérieure de la caractéristique "D) Coût"	124
Tableau 31 : Grille de maturité de la caractéristique "D) Coût"	124
Tableau 32 : Liste des contributions	129



## Introduction générale

### 1. Contexte général

L'émergence de plus en plus rapide des nouvelles technologies du numérique conduit les entreprises de tous les secteurs à s'intéresser et se développer dans le numérique. Les universitaires et les industriels ont l'habitude d'utiliser l'expression "transformation numérique" comme un mot clé pour exprimer des changements organisationnels influencés par les technologies numériques. Une définition claire n'est pas largement adoptée. Dans la littérature, il existe de nombreux articles qui définissent le concept de numérique. Patel et McCarthy (Patel et McCarthy 2000) ont été parmi les premiers à mentionner l'expression "transformation numérique" mais ne sont pas allés jusqu'à conceptualiser le terme. D'un autre point de vue, Lankshear et Knobel (Lankshear et Knobel 2008) définissent la transformation numérique comme un accélérateur de changement des habitudes de travail et des manières de réfléchir, permettant de développer l'innovation et la créativité. La transformation numérique est donc liée à l'innovation comme soulignent Hinings et al. (Hinings et al. 2018) qui précisent qu'elle représente les effets combinés de plusieurs innovations numériques à l'origine de l'émergence de nouveaux acteurs, organisations, pratiques, valeurs et croyances qui challengent, menacent, remplacent ou complètent les règles du jeu existantes au sein des entreprises, des écosystèmes et des institutions. L'ensemble des articles scientifiques sont unanimes pour exprimer le fait que la transformation numérique induit un changement "radical" des organisations et parlent même de "révolution numérique" (Burki 2018 ; Martin et al. 2019).

Par ailleurs certains chercheurs ont observé les avantages du numérique dans les entreprises (Bedell-Pearce 2018 ; Subramaniam et al. 2019 ; von Leipzig et al. 2017 ; Rojo et al. 2017) et ont souligné que les entreprises ayant débuté leurs transformations numériques sont plus compétitives et sont en mesure de s'adapter à l'évolution des technologies. Si certains aspects de la transformation numérique sont à forte valeur ajoutée, très offensifs et très différenciants pour les entreprises, d'autres sont devenus des indispensables. Une étude de (Gökalp et al. 2017) montre également que la transformation numérique est favorable au développement des entreprises car elle contribue à l'amélioration de la relation client, de la production, de la vision et du management de l'entreprise ainsi que la gestion de ses ressources.

Au-delà du développement d'un secteur d'activité totalement numérique constitué de startups et des géants d'internet (GAFAM), tous les secteurs d'activité sont impactés par le développement des technologies numériques. En effet les entreprises explorent et expérimentent des moyens d'utiliser les outils numériques au sein de leurs organisations. Les nouvelles technologies numériques telles que

l'analyse des données, la communication numérique, les objets connectés, les systèmes intelligents et l'étude de l'expérience utilisateur, trouvent des champs d'application dans tous les secteurs d'activités, y compris dans les industries les plus traditionnelles (Pagani et Pardo 2017).

Cette évolution devient un sujet de plus en plus central pour les entreprises en France et à l'international (Dufva 2019 ; Delorme et Djellalil 2015). Toutefois, malgré l'importance accordée à ce phénomène, la plupart des entreprises, en particulier les PME et ETI, peinent à engager une démarche de transformation numérique globale et cohérente (Cf. rapport annuel sur l'évolution des PME 2017, <https://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/184000135.pdf>).

En effet, la révolution numérique peut toucher tous les services de l'entreprise : des pratiques commerciales aux actions de maintenance en passant par les nouvelles approches de conception et la robotisation de la production (Ferreira et al. 2019 ; Chantias et al. 2019). Or, l'intégration de la technologie numérique nécessite des investissements et fait évoluer les pratiques internes de l'entreprise nécessitant parfois la mise en place de nouvelles organisations internes et le développement de nouvelles compétences. Les PME font face à des freins dans leur adoption en raison de leurs caractéristiques particulières, notamment leurs ressources limitées (Dethine et al. 2020 ; von Leipzig et al. 2017). Pour Cassetta et al (Cassetta et al. 2020), le contexte interne dans lequel les outils/ressources numériques sont intégrés au sein des PME est souvent ignoré. Le besoin initial est généralement peu ou mal défini (Fabi et al. 2012). De nombreuses organisations considèrent les technologies numériques comme des ajouts progressifs pour améliorer uniquement les produits ou les services, mais n'envisagent pas de faire évoluer les pratiques au sein de leurs organisations et leurs modèles d'affaires. Cette tendance est renforcée dans les industries dont les produits ne peuvent pas être entièrement numérisés (Hanelt et al. 2020). Ainsi, leur transformation se traduit par l'intégration ad hoc d'outils numériques mais n'implique pas de changements dans l'organisation des entreprises (Cimini et al. 2020). Selon Hanelt et al. (Remane et al. 2017), certaines activités sont simples à numériser mais une difficulté peut apparaître lors de la numérisation d'un processus complet. Les PME, en particulier dans les secteurs d'activités traditionnels, peinent à suivre le rythme des développements techniques et à prioriser les actions pour permettre une transition numérique efficace et efficiente (Goerzig et Bauernhansl 2018). Ces obstacles conduisent à une transformation éphémère orientée vers la technologie au lieu de représenter un défi organisationnel (Westerman et al. 2011) pour une transformation durable (Szopa et Cyplik 2020).

La transformation numérique représente donc un nouveau type de défi pour les PME industrielles. Ces entreprises ont besoin de réévaluer, non seulement leur position sur le marché, mais également le processus de création de valeur dans son ensemble. Ce défi exige une stratégie de transformation

numérique globale impactant tous les services de l'entreprise. Les modèles de la littérature proposant un cadre pour la transformation numérique des entreprises présentent une méthodologie incluant par exemple des niveaux ainsi que des pratiques (Teichert 2019). Cependant, ils semblent inadaptés aux PME industrielles car ils ne prennent pas en compte leur contexte et sont souvent centrés sur une vision monocritère.

Le résultat de ce travail de recherche ne sera pas seulement un produit déterminé ou un nouveau service, mais plutôt le développement d'une capacité, à s'adapter aux évolutions de la culture numérique et de l'arrivée des nouvelles générations, et aux changements des pratiques qui suivent le développement technologique lié au numérique. Cette adaptation nécessite la transformation des métiers et de l'organisation de l'entreprise.

## 2. Questions de recherche et problématique

La transformation numérique est un sujet récemment mis au premier plan et il n'y a pas à ce jour de démarche proposée pour diffuser les meilleures pratiques ou aboutir à des plans d'action directs sur la façon de faire face à l'ensemble des défis de cette transformation. De plus, la transformation numérique doit être abordée de manière différente en fonction des spécificités du secteur d'activité de l'entreprise et de l'entreprise elle-même (culture, savoir-faire, etc.). La littérature reste limitée sur le sujet (Kraus et al. 2021). En effet, il n'existe pas d'outil spécifique permettant de mesurer la maturité numérique des PME industrielles (Valdez-de-Leon 2016) ni de méthodologie d'accompagnement (Hanelt et al. 2020).

Ainsi, la principale problématique de cette thèse concerne la démarche de transformation des entreprises à travers le numérique et soulève les questions suivantes :

- Comment définir une stratégie de transformation numérique spécifique aux PME, permettant de maximiser la création de valeur permise par le numérique ?
- Comment mesurer et améliorer la maturité numérique dans le contexte particulier des PME industrielles ?
- Comment évaluer la maturité numérique des PME industrielles afin d'identifier les pratiques à développer en priorité selon un axe particulier décidé par l'entreprise ?

Pour la résolution de cette problématique, plusieurs verrous scientifiques apparaissent. Le premier concerne la caractérisation de la maturité numérique, la capacité à intégrer des nouvelles technologies ; comment évaluer la maturité numérique des PME industrielles ? (V1). Le second verrou porte sur l'exploitation du modèle ; comment mettre en place une évaluation de la maturité

numérique et assurer la cohérence entre les différentes dimensions du modèle de maturité pour définir un score global ? (V2). Le troisième verrou scientifique concerne la définition d'une méthode d'aide à la décision : comment accompagner les entreprises à définir leur stratégie numérique et comment prioriser les pratiques à développer ? (V3).

### 3. Objectifs de la thèse

Ces travaux de thèse abordent la capacité des entreprises à se développer grâce au numérique en élaborant un modèle d'évaluation de la maturité numérique de l'entreprise et en proposant une méthode d'aide à la décision pour aider l'entreprise à définir sa stratégie de transformation numérique.

Le contexte de la transformation numérique décrit précédemment soulève plusieurs enjeux tels que l'évaluation de la maturité numérique et la mise en place d'une démarche de transformation qui prennent en compte les aspects technologiques, organisationnels, culturels, concurrentiels des entreprises dans une perspective d'améliorer ses modèles métiers (modèles d'affaires, modèles d'innovation, modèles industriels etc.) à travers le numérique. Afin d'accompagner les entreprises lors de la transformation numérique et de répondre aux verrous scientifiques identifiés dans la section précédente, nous avons sélectionné trois objectifs à atteindre lors de ces travaux de recherche.

Dans cette perspective, le travail de recherche sera scindé en cinq parties : un état de l'art sur la transformation numérique, la création d'un modèle pour l'évaluation de la maturité numérique des entreprises, une méthodologie d'évaluation des pratiques via l'étude de phénomènes observables et de grilles de maturité et la création d'une méthode d'aide à la décision pour finir sur une phase d'expérimentations (Figure 1).

Ainsi, la première partie a pour objectif d'une part de conduire une étude approfondie des démarches et modèles de transformation numérique décrits dans la littérature à ce jour, mais également de réaliser un état de l'art sur les méthodes d'aide à la décision en vue de concevoir notre propre méthode pour guider la transformation numérique des entreprises.

La seconde partie consistera à créer un modèle pour mesurer la maturité numérique des PME industrielles. Cette partie visera notamment à résoudre le premier verrou sur la définition des éléments à évaluer au sein de PME industrielles (O1). Les premières hypothèses proposent que la transformation des entreprises puisse être évaluée par la maturité numérique selon plusieurs dimensions : le côté humain, la capacité organisationnelle mais aussi la dimension numérique. Réaliser sa transformation numérique consiste donc à accroître sa maturité numérique. Pour l'augmenter, il

faudrait alors développer sa capacité à intégrer les changements organisationnels ainsi qu'à gérer l'humain en termes de compétences, de formations, de bien-être etc. ainsi que le numérique.

Ensuite, il s'agira de s'intéresser à l'évaluation des pratiques définies dans la seconde partie. L'objectif correspond à la construction de la méthodologie à mettre en place pour l'évaluation des pratiques et l'étude des phénomènes observables ainsi que la mécanique d'évaluation de la maturité numérique (O2). Les hypothèses mises en avant évoquent que l'évolution de la maturité numérique pourrait être structurée sous forme de marches correspondant aux différents niveaux de maturité. Concernant l'évaluation des pratiques, les grilles de maturité semblent être l'approche la plus pertinente en se basant sur les travaux déjà réalisés au sein du laboratoire ERPI (Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs).

Dans la prochaine phase, nous proposons une approche d'aide à la décision dont l'objectif sera d'assister les managers dans la définition de leur stratégie de transition numérique (O3). Cette stratégie devra permettre de maximiser l'acquisition de valeur pour l'entreprise tout en prenant en compte ses capacités d'intégration. Elle répondra au verrou (V3) portant, sur l'élaboration d'une méthode de définition de recommandations basée sur l'évaluation de la maturité numérique ainsi que sur l'axe de développement choisi par l'entreprise. Des hypothèses émises au sujet des pratiques proposent d'augmenter le niveau des dimensions organisationnelle et humaine, puis les pratiques ayant les niveaux les plus faibles afin d'établir un équilibre de niveau dans les dimensions selon des seuils minimaux à définir, et enfin la dimension numérique. Il est aussi possible que dans certains cas les recommandations portent immédiatement sur la dimension ressources numériques si les deux autres dimensions dépassent le niveau de celle-ci ou les seuils fixés.

La dernière partie porte sur la mise en application de nos travaux afin de tester les résultats issus de nos travaux. Cela consiste à évaluer la maturité numérique au sein de PME industrielles et à appliquer notre méthode d'aide à la décision. Ces expérimentations permettent d'une part de valider nos objectifs mais aussi d'améliorer notre modèle, outil et méthode proposés.

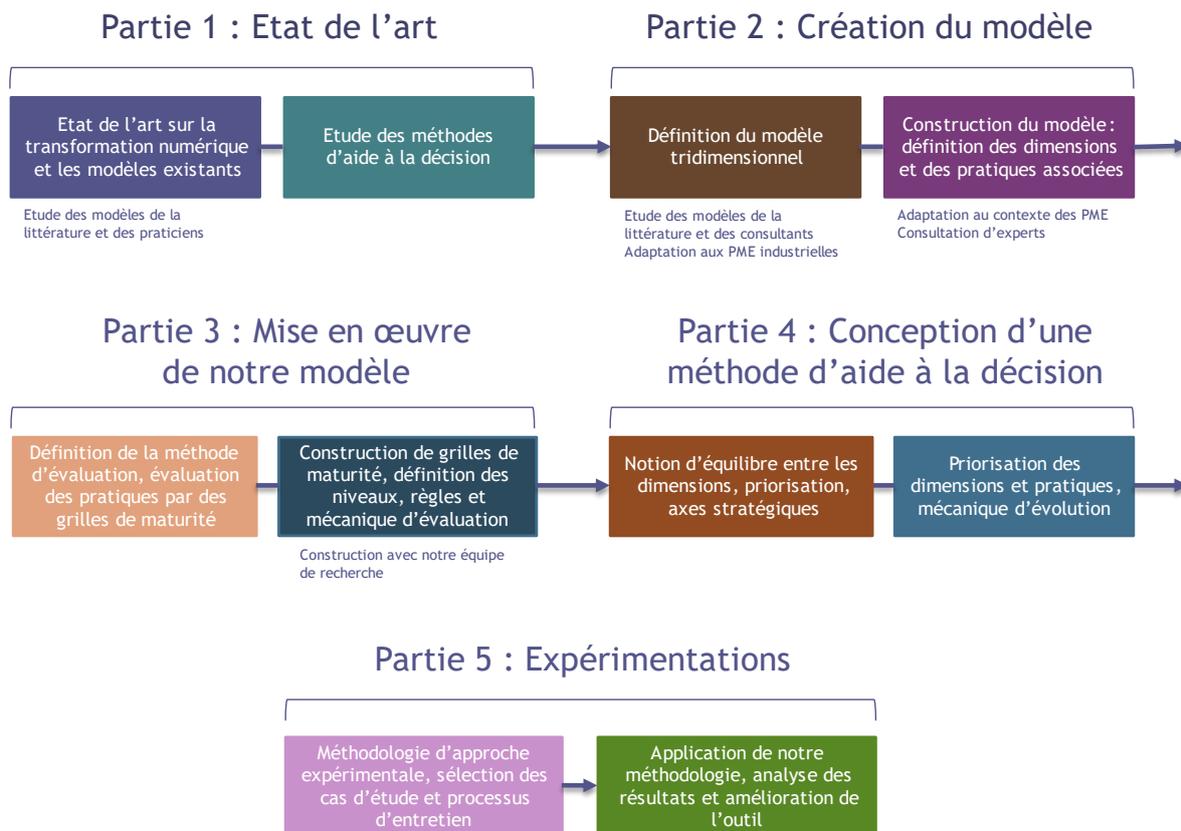


Figure 1 : Structure de la thèse

#### 4. Contributions

Les contributions de cette thèse peuvent être présentées selon trois ordres, à savoir théorique, méthodologique et applicatif.

Le volet théorique comprend un état de l'art sur les modèles d'évaluation de la maturité numérique mais aussi des types de méthodes d'aide à la décision. Il comprend également notre modèle de maturité à trois dimensions, 19 pratiques, 6 caractéristiques et l'ensemble des grilles de maturité à 5 niveaux pour évaluer ces dernières.

La méthode d'aide à la décision pour guider les entreprises dans le développement de leur maturité numérique - priorisation des dimensions, des pratiques à développer en priorité par rapport à un axe stratégique particulier, la mécanique d'évolution – ainsi que les règles d'interprétation des résultats, constituent les contributions d'ordre méthodologique.

Les contributions d'ordre applicatif sont composées de notre processus de mise en application de notre méthodologie et de notre outil, ainsi que de tous les résultats et leur exploitation dans l'amélioration de nos travaux.

Le développement de ces contributions comprendra l'utilisation des termes suivants :

- **Niveau** : position sur une échelle de maturité.
- **Niveau de maturité** : représente l'état de maturité d'une dimension. Chaque niveau doit être décrit clairement et les caractéristiques de chaque niveau doivent être distinctes (Rafael et al. 2020).
- **Dimension** : composant, aspect de la Transformation Numérique. Une dimension comprend un nombre défini de pratiques (A. Cleven, R. Winter 2012). Chaque dimension est différente et possède ses propres pratiques.
- **Pratique** : succession de tâches pour arriver à un résultat.
- **Phénomène observable** : Enjolras (Enjolras 2016) considère que : « Un phénomène observable peut être défini comme la ou les preuve(s) tangible(s) et vérifiable(s) d'une activité réalisée de façon routinière au sein de l'entreprise ».
- **Modèle de maturité** : ensemble de niveaux structurés qui décrit des comportements, des pratiques et des processus de l'entreprise (Lemieux 2013).

# CHAPITRE 1 : contexte de la thèse

## 1.1. Introduction

Ce premier chapitre concernera le contexte spécifique du déroulement de la thèse. En effet, ce travail de thèse a été réalisé sous contrat CIFRE entre l'entreprise Innovation Way et le laboratoire ERPI de l'Université de Lorraine (Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs). Le dispositif CIFRE (Convention Industrielle de Formation par la Recherche) permet à une entreprise, ici Innovation Way, de bénéficier d'une aide financière afin de recruter un doctorant dont les travaux de recherche, encadrés par un laboratoire de recherche, l'ERPI, conduiront à la soutenance d'une thèse.

## 1.2. Innovation Way

Créée en janvier 2017, Innovation Way vise à objectiver l'accompagnement des entreprises en innovation en déployant des outils et méthodes issus de travaux de Recherche, auprès d'acteurs de l'accompagnement des entreprises et des territoires, et en proposant des ateliers, formations et conférences favorisant le partage d'expériences et de bonnes pratiques au sein d'écosystèmes territoriaux (Figure 2). A travers un outil de diagnostic de la capacité à innover et des formations, Innovation Way permet aux consultants de moderniser leurs pratiques et de développer leur expertise. Mieux outillés, ils peuvent alors améliorer l'efficacité de leurs accompagnements et favoriser le développement des entreprises du territoire.

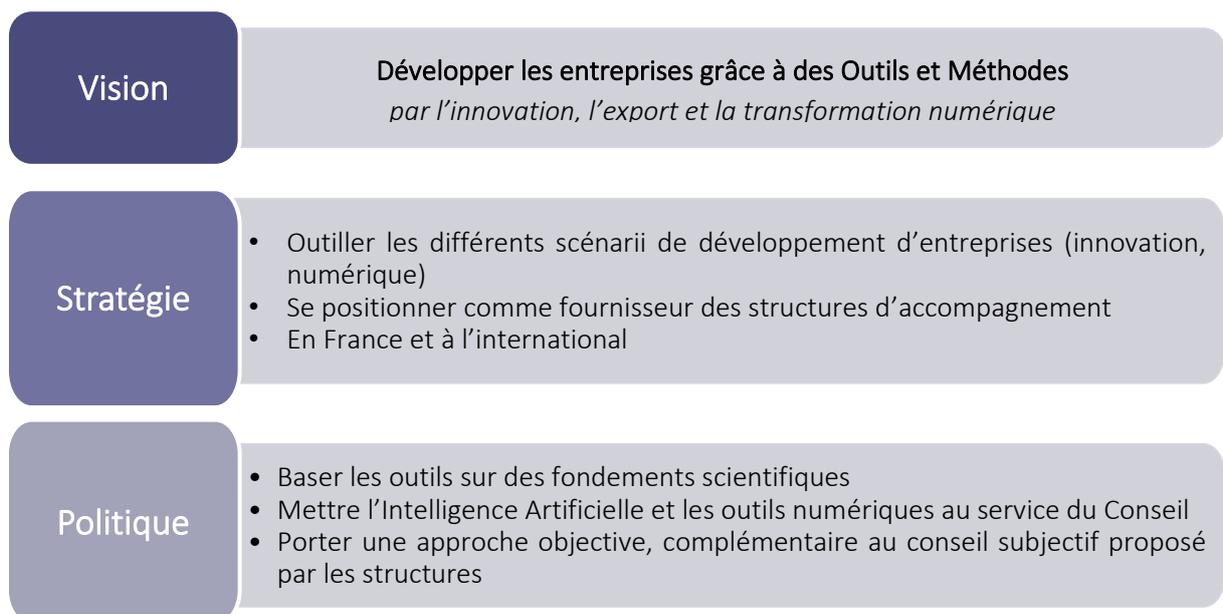


Figure 2 : L'entreprise Innovation Way

Innovation Way a porté la voix française dans la rédaction de la norme ISO 56002 – Système de Management de l’Innovation qui a été publiée en juillet 2019. Ce document est un guide de bonnes pratiques, non certifiant, et est le résultat de 4 années de travail d’un comité de 70 experts issus de 59 Pays.

Les activités permettant de développer la capacité à innover en entreprise sont nombreuses et l’ISO 56002 – Système de Management de l’Innovation en présente un ensemble assez complet. Afin de former à cette norme, Innovation Way a conçu, en collaboration avec des responsables innovation, des professeurs en Management de l’Innovation et des consultants internationaux, L’année de l’innovation®, un serious game qui propose un contenu technique de haut niveau associé à une forme ludique. Il permet notamment de former et de simuler l’impact de chaque action mise en place ou conseillée pour améliorer la capacité à innover d’une organisation.

Dans les pratiques actuelles, nous observons que la transformation numérique incite souvent les entreprises à poursuivre des innovations et des activités qui ne sont pas étroitement liées aux activités existantes de l’entreprise (Hanelt et al. 2020 ; Matt et al. 2015 ; Girodon et al. 2015). L’intrapreneuriat est, par exemple, une source importante d’innovation (Benitez et al. 2010) et plus particulièrement de création d’innovations technologiques et numériques (Menzel et al. 2007 ; Monticolo et al. 2014). Ce type d’innovation développé en interne (appelée intrapreneuriale) dans les organisations modernes repose souvent sur un partage des connaissances, un accroissement de la culture innovante, une connaissance solide des capacités numériques, une volonté d’obtenir une excellence technologique et une vision organisationnelle forte (Benitez et al. 2010 ; Christensen et al. 2005). Par conséquent, l’entrée dans la nouvelle ère numérique semble étroitement liée au développement de la capacité à innover des entreprises. Or à ce jour, cette interaction entre le développement de la capacité à mener une transformation numérique et le développement de la capacité à innover est peu étudiée dans la littérature. Plus précisément aucune démarche d’évaluation issue de la science ne repose sur la logique systémique et l’analyse des pratiques qui nous semble des principes fondateurs essentiels. De plus, aucune ne permet d’être indépendante de l’évaluateur, or, le premier outil (capacité à innover) se base sur la définition de phénomènes observables réputée plus fiable dans la partie collecte des données (Boly et al. 2016). L’objectif d’Innovation Way serait alors d’élargir les outils qu’elle propose pour répondre aux nouveaux enjeux apportés par la transformation numérique. Un programme de Recherche d’Innovation Way vise donc à concevoir un outil de diagnostic de la transformation numérique des entreprises et d’aide à la décision : représenté par cette thèse CIFRE, en collaboration avec le laboratoire de l’ERPI.

### 1.3. ERPI

Le laboratoire de l'ERPI (Equipe de Recherche sur les Processus Innovatifs) est un laboratoire de l'Université de Lorraine. Les recherches de l'ERPI sont dédiées à la conduite et au pilotage des processus innovatifs et plus précisément des compétences, outils et méthodes pour leur optimisation. L'approche de l'ERPI se différencie par sa vision système d'un produit, intégrant les activités autour de celui-ci.

Le projet de thèse vise à accompagner l'amélioration des entreprises par l'évaluation de leur maturité numérique et par une méthode d'aide à la décision pour améliorer leurs modèles métiers (modèle commercial, modèle de production, modèle d'innovation, etc.). Les travaux présentés ici sont en adéquation avec le thème de recherche du laboratoire qui porte sur la compréhension, le diagnostic et le pilotage des processus d'innovation et d'ingénierie. En effet, un des axes de recherche du laboratoire est l'analyse des innovations numériques, aussi bien en termes d'usage que d'utilisation des ressources numériques. Dans ce cadre, des chercheurs de l'ERPI travaillent sur la modélisation des communautés numériques, sur la conception et le développement de systèmes intelligents pour assister l'innovation sur le Web et sur les approches d'analyses sémantiques pour la comparaison de corpus de données en créativité. Les systèmes développés sont issus des travaux de recherche sur les Systèmes Multi Agents pour la simulation de réseaux d'internautes, le support à des communautés créatives en ligne, et la conception de systèmes d'aide à la décision sur le Web utilisant les dernières avancées du domaine du traitement des langues (analyses sémantiques, ontologies, apprentissage profond et par renforcement, ...).

La transformation numérique est liée à l'innovation puisqu'elle transforme l'ensemble des processus et modèles de l'entreprise. Des travaux du laboratoire ERPI proches de ce thème ont déjà été réalisés, comme l'évaluation des processus de développement des compétences (thèse de Julien Girodon 2015, Girodon 2015) ou l'analyse des impacts d'une innovation (thèse d'Alex Gabriel 2016, Gabriel et al. 2016) ou la génération de processus métiers à partir de trace d'activités (thèse de Hind Darwiche soutenue en 2014, Darwich Akoum 2014).

### 1.4. Outils sur la capacité

De nombreux outils d'évaluation de la « capacité à » ont été créés au sein du laboratoire. Ils suivent une démarche générique, expliquée par Moya (Moya 2021) par un schéma (Figure 3).



Figure 3 : Démarche de développement d'une méthode d'évaluation de la "capacité à" du laboratoire ERPI

Une première phase consiste en l'identification des bonnes pratiques correspondantes au processus visé, via l'étude de la littérature et des études de cas. Ensuite la méthode d'évaluation est définie par l'utilisation de grilles de maturité qui viendront évaluer chacune des pratiques. La troisième phase consiste à classer les entreprises à travers des catégories décrivant leur posture par rapport à leur environnement. Par exemple, pour l'étude de la capacité à exporter, les catégories sont : « Casanier », « Explorateur », « Voyageur », « Aventurier » (Enjolras 2016). Basée sur les résultats de l'évaluation précédente, la dernière phase vise à définir des recommandations pour l'amélioration des pratiques actuelles de l'entreprise.

A ce jour, trois outils ont été développés. Le premier est l'indice d'innovation potentiel dont le développement a commencé en 2000.

### IIP (Indice d'Innovation Potentiel)

Cet indice, basé sur l'évaluation des bonnes pratiques, vise à évaluer la maturité d'innovation des entreprises. Il a notamment été testé et validé tant sur le plan théorique (Rejeb et al. 2008 ; Boly et al. 2014 ; Boly et al. 2014 ; Claire et al. 2014) qu'empirique (Sepulveda et al. 2010 ; Galvez 2018). Sa structure d'évaluation est basée sur 6 dimensions (Figure 4), chacune d'entre elles comprenant plusieurs pratiques, 20 au total, évaluées par le biais de grilles de maturité basées sur cinq niveaux. Chaque niveau est défini par un texte de description et associé à des phénomènes observables. Un phénomène observable représente une activité régulière au sein de l'entreprise, nécessitant des ressources et produisant un résultat tangible et vérifiable. Les phénomènes observables servent d'indicateurs pour mesurer la pratique et offrent une évaluation objective : l'entreprise se réfère aux descriptions correspondant à son niveau actuel et l'évaluation se base sur des faits réels et non la vision subjective de la personne interrogée.



Figure 4 : Dimensions de l'Indice d'Innovation Potentiel

Une analyse multicritère est ensuite réalisée pour mesurer la capacité à innover des entreprises. Le premier résultat de cet outil est un classement des entreprises selon 4 catégories : « proactive »

(stratégie offensive et précurseur), « préactive » (anticipation, adaptation), « réactive » (défensive, subissent les variations du marché) et « passive » (survie, stratégie floue) (Enjolras 2016).

### **IEP (Indice d'Exportation Potentiel)** (Enjolras 2016)

A la manière de l'IIP, l'Indice d'Exportation potentielle est représenté par des dimensions (Figure 5), activités, phénomènes observables. L'IEP est ainsi composé de 8 dimensions, 25 activités évaluées grâce à une centaine de phénomènes observables. L'évaluation de la capacité à exporter donne un classement des entreprises selon 4 catégories : Casanière (exportation irrégulière), Voyageuse (exportation proche en sécurité), Exportatrice (exportation régulière, sans limite de distance), Aventurière (exportation intensive, sur des marchés difficiles).



*Figure 5 : Dimensions de l'Indice d'Exportation Potentielle*

### **I2CIP (Indice de Collaboration/Co-innovation Potentiel)** (Moya 2021)

L'I2CIP reprend exactement la même structure que les précédents outils mais cette fois orientée pour l'évaluation de la capacité à collaborer entre les clients et les fournisseurs. Il est composé de 18 pratiques regroupées en 5 dimensions présentées ci-après (Figure 6).



*Figure 6 : Dimensions de l'indice de Collaboration/Co-innovation Potentiel*

Le développement de tous ces outils ainsi que les publications associées, montrent l'expertise du laboratoire de l'ERPI dans l'élaboration d'outils d'évaluation des pratiques. C'est pourquoi ce travail de recherche suivra la même méthodologie.

#### 1.5. Conclusion

Ainsi, ce chapitre a permis de présenter le contexte de la thèse CIFRE ainsi que les deux acteurs en collaboration. Le laboratoire de l'ERPI apportera un encadrement scientifique fort de son expérience dans le développement d'outils sur l'évaluation de la capacité à innover, exporter, collaborer. De son côté, Innovation Way offrira une ouverture dans le milieu industriel permettant de rencontrer des entreprises PME, ETI, de tester l'outil, d'échanger avec des experts terrain en transformation numérique.

## CHAPITRE 2 : Etat de l'art : Evaluation de la maturité numérique

### 2.1. Introduction

Ce chapitre vise à faire un état des lieux de l'évaluation de la maturité numérique d'après la recherche scientifique. Dans un premier temps, nous présenterons un aperçu de la littérature concernant les modèles de maturité numérique des PME industrielles. Dans un deuxième temps, nous présenterons notre méthodologie de recherche. Puis nous fournirons un benchmark des outils existants et une synthèse des différentes approches et méthodes utilisées par ces modèles.

### 2.2. Mesure de la maturité numérique

#### 2.2.1. Les entreprises faces au numérique

Les principaux leaders du numérique sont les GAFAM, à savoir Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft. Ils génèrent des profits importants grâce à leur positionnement fort, qui se transforment en investissements et leur permettent de mener une évolution dynamique et un développement titanesque de leur stratégie numérique. Ces dernières années, elles ont été rejointes par NATU, Netflix, Airbnb, Tesla et Uber, qui ont basé leur croissance sur l'utilisation maximale du potentiel des technologies numériques, dépassant ainsi les entreprises historiques qui avaient jusqu'à présent le monopole de la clientèle comme, par exemple, les grandes chaînes hôtelières comme Accor en France en concurrence directe avec Airbnb qui s'impose dans le monde actuel.

Comme ces leaders du numérique, les groupes importants ont également compris la nécessité de prendre la vague du numérique (Tartar et Fayon 2014). Leurs ressources importantes leur permettent de consacrer des budgets spécifiques pour réaliser leur transformation, soit en interne, soit via des agences de conseil et des fournisseurs de solutions. Les programmes liés à l'industrie du futur sont totalement adaptés à leur structure économique et peuvent donc facilement intégrer des outils numériques d'aide à la gestion de l'entreprise et de ses services tels que ERP, PLM, PPS etc.

A plus petite échelle, les start-ups bénéficient d'incubateurs qui leur permettent de se développer dans un écosystème riche en communication, notamment numérique. Leurs créateurs, souvent issus de la génération GAFAM, sont naturellement sensibilisés aux enjeux du monde numérique.

La transformation numérique fait partie de l'actualité, si elle est déjà bien intégrée dans la stratégie des grandes ou jeunes entreprises, elle reste parfois inconnue des petites entreprises (Leipzig et al. 2016). De plus, celle-ci possède des ressources limitées (Borštnar et Pucihar 2021). Ainsi, une analyse

centrée sur les PME, qui représentent une part majoritaire de la population active, 90% selon une étude de l'OCDE de l'INSEE (INSEE 2017), serait adéquate pour mettre en évidence leurs spécificités face au numérique, leur retard par rapport aux grands groupes, leur manque d'accompagnement ainsi que d'informations et de ressources. Il faut donc aider à la transformation numérique des PME industrielles. En effet la transformation nécessite de nombreuses ressources et beaucoup de temps (Rafael et al. 2020).

### 2.2.2. Focus sur les PME

Les petites et moyennes entreprises (PME), d'après la définition donnée par la Commission Européenne (Commission européenne 2016), sont des entreprises d'effectif inférieur à 250 et avec un chiffre d'affaires annuel de moins de 50 millions d'euros ou un bilan annuel inférieur à 43 millions d'euros (Galvez 2018). Les entreprises doivent passer à un modèle basé sur le numérique afin de profiter des évolutions technologiques. (Pînzaru et al. 2019). De plus, les PME ont conscience des enjeux de la transformation numérique par rapport à leur modèle d'affaires (Pousttchi et al. 2019). Les activités de transformation imposent des changements dans les pratiques de travail des membres de l'organisation (Wessel et al. 2021). La transformation implique des changements fondamentaux dans la stratégie de l'entreprise, les technologies qu'elle utilise, sa structure interne et sa proposition de valeur. Les entreprises sont sous pression lors de leur transformation numérique alors qu'elles cherchent principalement à obtenir des ressources clés pour leur survie (Azam 2015). Dans les PME, la prise de décision est le plus souvent assurée par le PDG en raison de leur petite taille. Proche des salariés, il est ainsi en mesure d'échanger facilement et d'impliquer ces équipes dans le développement de l'entreprise, mais il peut aussi freiner voire bloquer certains projets s'il n'est pas lui-même volontaire (Moeuf 2018). Hess et al. (Hess et al. 2016) montrent que les managers n'ont pas une vision assez large des options disponibles pour gérer leur transformation numérique. Une source de difficultés mise en avant par Pettersen et al. (Pettersen et al. 2012), qui soulignent que ces entreprises manquent de méthodologie et rencontrent donc des difficultés à s'adapter au changement. De plus, Bensiak & Kuehn (Bensiak et Kuehn 2012) soulignent que les PME ont un réel manque de temps et d'argent qui ne leur permet pas de mettre en place des modèles de valorisation complexes. Les PME sont également confrontées à des obstacles structurels et organisationnels, tels que des compétences trop limitées (Hai 2021) ou inadaptées à la gestion de projets de changement, ainsi qu'un manque de connaissances techniques et une résistance culturelle (Calabrese et al. 2020). Malgré cela, leur structure plus simple que celle des grandes entreprises peut leur permettre d'effectuer des changements rapides au sein de l'entreprise (Wang et al. 2018).

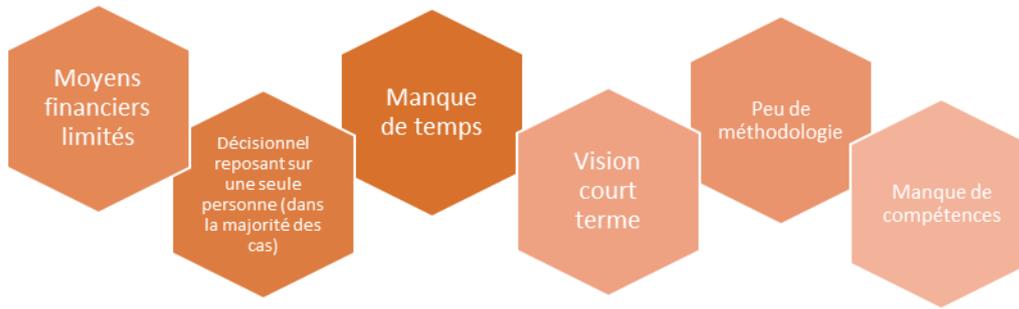


Figure 7 : Obstacles des PME à l'engagement d'une transformation numérique durable

Ces obstacles (Figure 7) empêchent les PME de s'engager dans un processus de transformation numérique cohérent et adapté à leur stratégie. L'intégration des technologies numériques est souvent synonyme d'investissements, de changements dans les pratiques internes, de modification de la stratégie organisationnelle, de développement de nouvelles compétences (Burki 2018). Il en résulte une transformation numérique composée de changements incrémentaux, l'ajout d'éléments décorrélés, sans ligne directrice sur le long terme (Bensiek and Kuehn 2012 ; Westerman et al. 2011). Les PME industrielles souffrent donc d'un manque d'outils et de méthodes pour guider non seulement leur évolution technologique (Krishnamurthy et al. 2008) mais aussi la stratégie organisationnelle et les compétences pour faciliter leur processus de transformation numérique (Mittal et al. 2018). Une recherche sur WebOfScience « TO=digitale transformation sme » présente 116 résultats avec une franche augmentation des publications ces trois dernières années (Figure 8).

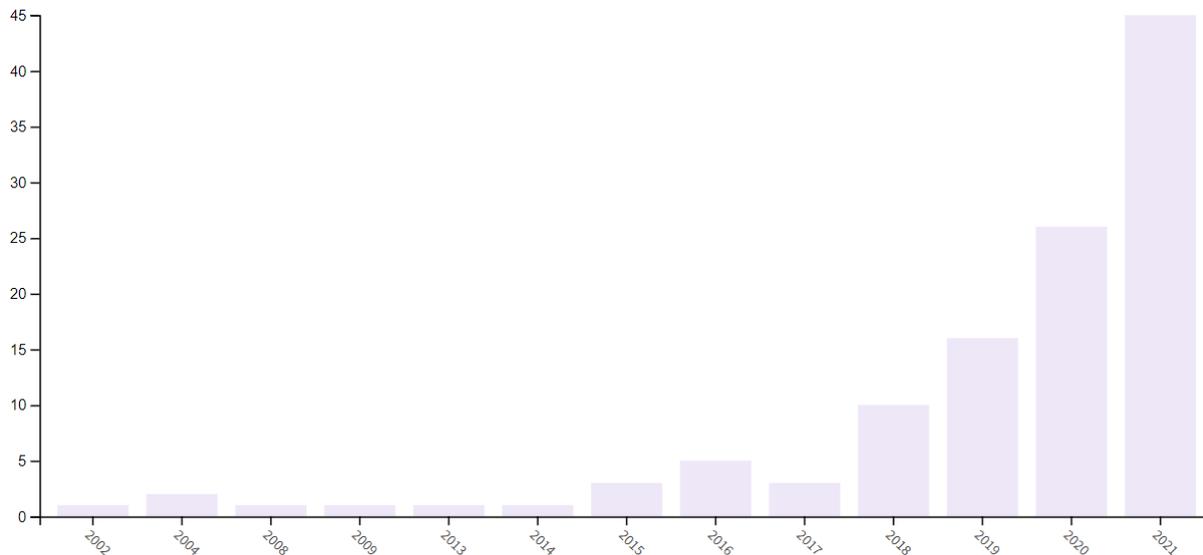


Figure 8 : Résultats septembre 2022 pour la recherche WebOfScience TO = digitale transformation sme

Suite au nombre réduit de résultats trouvés lors de la recherche de publications sur la transformation numérique spécifique aux PME, nous nous sommes intéressés à la transformation et la maturité numérique et avons mené une analyse bibliométrique.

### Analyse bibliométrique

Une étude bibliométrique exploratoire a été menée afin d'examiner la littérature à un niveau global, dans l'objectif d'avoir une vue d'ensemble des éléments liés à la transformation numérique et de mieux appréhender la façon dont la maturité numérique est traitée dans la littérature. Le choix de ne pas centrer la recherche sur les PME industrielles permet d'obtenir une vision globale sur les tendances et corrélations possibles entre les éléments potentiellement non liés aux PME industrielles.

L'analyse bibliométrique a été réalisée avec le logiciel VOSviewer. Une première requête sur le Web of Science avec la formule "TOPIC : (transformation numérique) OU TOPIC : (maturité numérique)" nous a donné 16 334 résultats. Une analyse rapide de ces résultats a révélé que beaucoup d'entre eux n'étaient pas liés à la transformation numérique. Nous avons donc limité notre équation de recherche à "TITLE : (digital transformation) OR TITLE : (digital maturity)" (Figure 9) pour 3 100 résultats présentés dans la Figure 10.

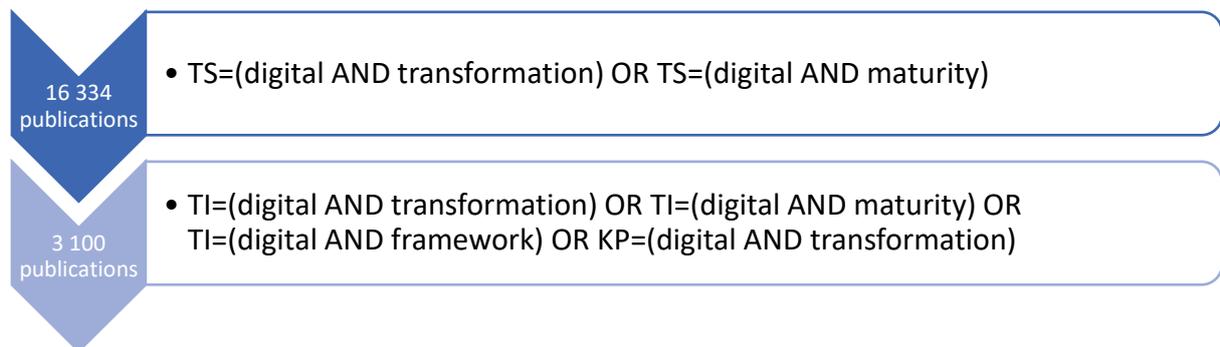


Figure 9 : Equation de recherche

La première observation est la prédominance du terme « innovation » qui peut appartenir à un niveau général, ainsi les termes qui concernent un niveau macro ne seront pas isolés dans des clusters spécifiques. Cette analyse bibliométrique a permis d'identifier trois potentiels groupements des mots clés présentés dans le Tableau 1.



Groupe 1 : Organisation	Groupe 2 : Ressources numériques	Groupe 3 : Côté humain
Numérisation	Information	Compétences numériques
Modèle	Blockchain	Acceptation
Défis	Internet	Connaissances
Stratégie numérique	Apprentissage automatique	Social
Business model	Intelligence artificielle	Adoption
Cadre de travail	Big data	Adaptation au changement
Mise en œuvre	Evolution	
Capacité	Industrie 4.0	
Processus	Simulation	
Communication	Réseau	
Marketing	Plateformes	
Gestion	Économie numérique	
Agilité	IOT	
Qualité		

Tableau 1 : Identification des clusters

En s'appuyant sur la revue de littérature précédente, il semble émerger un intérêt d'évaluer la maturité numérique des PME selon un point de vue tridimensionnel en tenant compte de leurs spécificités. La littérature considère donc clairement les trois dimensions mentionnées précédemment, à savoir l'organisation (cluster 1), les ressources numériques (cluster 2) et le côté humain (cluster 3). Néanmoins, il existe une asymétrie entre ces dimensions. En effet, la dimension humaine est moins étendue et comprend moins de mots-clés que les deux autres dimensions. De plus, nous pensons qu'il est nécessaire de considérer les liens entre ses dimensions pour mesurer la maturité numérique des PME industrielles.

Cette analyse nous a permis d'avoir une première idée de comment aborder la maturité numérique mais qui reste à développer.

### 2.2.3. Vers une approche tridimensionnelle

La transformation numérique peut bien être technologique, comme l'expliquent Carell et al. (Carell et al. 2018), mais ils soulignent que c'est tout le contexte organisationnel qui sera modifié. Cet aspect organisationnel peut concerner trois niveaux : externe, par exemple avec l'expérience client ; interne

avec les nouveaux objectifs, le business model et global : tous les services de l'entreprise (Barinova et al. 2020). Les entreprises utilisent des ressources numériques pour se développer plus efficacement sur les éléments qualité coût et délais (Wessel et al. 2021). La numérisation est alors considérée comme le processus technologique d'application de la technologie numérique au sein des industries qui affecte et façonne leurs infrastructures pour la création, le stockage et la distribution de contenu, de produits et de services (Koch et Windsperger 2017).

La transformation numérique change les humains et les technologies ensemble (Minchev 2020). Il est alors intéressant de se concentrer sur le facteur humain qui représente la culture de l'entreprise et une source importante de compétences (Issa et al. 2018). La transformation des entreprises permise par la technologie apporte de nouveaux emplois et de nouvelles compétences (Barinova, et al. 2020). Les nouvelles compétences permettent également l'intégration de nouvelles ressources numériques.

Les défis de cette transformation sont importants pour l'entreprise, cela induit un changement radical dans les entreprises (Burki 2018), tant en interne qu'en externe (Gökalp et al. 2017) (Figure 11).

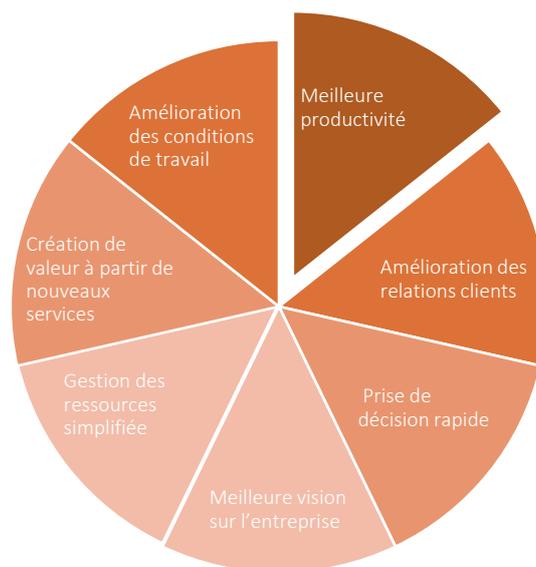


Figure 11 : Les défis de la transformation numérique (Gökalp et al. 2017)

La transformation numérique concerne une nouvelle culture d'entreprise, le passage à l'ère numérique et non des pratiques isolées mais le changement de l'organisation entière (Artemenko 2020). La maturité numérique définit le niveau de capacité d'une entreprise à intégrer des ressources numériques (Martin et al. 2019). L'analyse des définitions de la littérature nous conduit à la synthèse globale suivante. La transformation numérique est l'intégration d'outils et de méthodes utilisant des ressources et des compétences numériques spécifiques (Gray et Rumpe 2017 ; Carell et al. 2018 ; Zhu et al. 2006 ; Barinova et al. 2020 ; Kane 2019 ; Koch et Windsperger 2017). Augmenter ce niveau signifie

être capable d'intégrer des ressources numériques avec un niveau de complexité plus élevé (Colli et al. 2018).

L'évaluation de la transformation numérique semble être corrélée à la capacité de l'entreprise à intégrer les changements. Cette capacité d'intégration, qu'elle soit technologique ou organisationnelle, semble pouvoir être mesurée par la maturité numérique. Kane (Kane 2019) affirme que la capacité d'une entreprise à réaliser sa transformation dépend de sa maturité numérique. Colli et al. (Colli et al. 2018) expliquent que le facteur organisationnel entre dans l'évaluation de la maturité numérique. Ensuite, la maturité numérique dépend de l'organisation de l'entreprise et des compétences des employés (Martin et al. 2019). Mittal et al. (Mittal et al. 2018) montrent que la capacité à intégrer les changements, qu'il s'agisse de nouvelles ressources numériques ou de changements organisationnels, peut être mesurée par la maturité numérique. La transformation numérique est donc un processus complexe et dynamique.

Ainsi, l'augmentation de son niveau de maturité numérique peut créer une condition favorable pour obtenir un avantage concurrentiel (Martínez-Climent et al. 2019). Le niveau de maturité est donc bien un indicateur qui permet de mesurer, à un moment donné, le niveau d'une entreprise concernant son processus de transformation numérique. La solution semble être l'utilisation d'un modèle permettant de caractériser le niveau de maturité de la PME industrielle et donc sa capacité à intégrer les nouvelles technologies.

Parmi la littérature, une série d'articles pertinents ont été choisis. Ils ont été sélectionnés car ils répondaient aux critères suivants : propose une étude de la transformation numérique ; analyse selon plusieurs dimensions définies ; date postérieure à 2010. Une étude approfondie de neuf articles de référence (Tableau 2) a été menée dans l'objectif d'analyser quelles dimensions étaient étudiées afin de qualifier les dimensions à évaluer pour la maturité numérique. Ahmed et Capretz (Ahmed et Capretz 2010) présentent 4 dimensions : business (réactive - proactive), architecture (indépendant - standard de programmation), procédé (initial - optimisé) et organisation (centré sur un produit - ouverte). Hess et al. (Hess et al. 2016) présentent : la dimension technologie comme la capacité de l'entreprise à explorer et exploiter les nouvelles technologies ; la création de valeur (influence de la transformation numérique sur le changement de valeur) ; la structure (organisation différente, définition des processus) ; financier (habileté à financer ses projets de transformation). VanBoskirk et Gill (VanBoskirk et Gill 2016) utilisent quatre dimensions : culture, technologie, organisation et connaissances. Chonsawat (Chonsawat 2018) met en avant la résilience organisationnelle, l'infrastructure système, la production, l'analyse de données et technologie numérique. Schumacher et al. (Schumacher et al. 2019) étudient les dimensions : stratégie, leadership, clients, produits,

opérations, culture, humain, gouvernance et technologies. Ifenthaler et Egloffstein (Ifenthaler et Egloffstein 2019) offrent une vision avec davantage de dimensions : équipement et technologie, stratégie et leadership, organisation, employés, culture, apprentissage et enseignement numériques, tendances technologiques. Zaoui et Soussi (Zaoui et Souissi 2020) présentent 9 dimensions : structurelle, informationnelle, environnementale, sécurité, qualité, financière, culturelle, innovation, participative. Selon eux, ces dimensions sont nécessaires pour mesurer pour définir la roadmap de la transformation numérique. Rafael et al. (Rafael et al. 2020) sont orientés vers de grandes entreprises du secteur industriel et mettent en avant : la stratégie et l'organisation, les employés, les produits connectés, usine intelligente avec les opérations numériques, l'orientation vers les données. Gamache et al. (Gamache et al. 2020) montrent une approche avec des dimensions similaires : leadership, culture et organisation, technologie, gestion des données et système de mesure.

(Ahmed et Capretz 2010)	(Hess et al. 2016a)	(VanBoskirk et Gill 2016)	(Chonsawat 2018)	(Schumacher et al. 2019)	(Ifenthaler et Egloffstein 2019)	(Zaoui et Souissi 2020)	(Rafael et al. 2020)	(Gamache et al. 2020)
Modèle d'affaires	Création de valeur (stratégique)			Stratégie Leadership	Stratégie et leadership		Stratégie	Leadership
Procédé			Infrastructure système	Opérations		Sécurité	Opérations numériques	Système de mesure
Organisation	Structure	Organisation	Résilience organisationnelle		Organisation	Structure	Organisation	Organisation
	Technologie	Technologie	Technologie digitale	Technologie	Equipement et technologie			Technologie
	Financier					Financier		
		Culture		Culture	Culture	Culture		Culture
		Connaissances		Humain	Apprentissage	Participation	Employés	
			Production			Qualité		
			Analyse de données			Informations	Orientation données	Gestion des données
				Leadership				
				Produits			Produit connecté	
				Gouvernance				
Architecture						Environnement		

Tableau 2 : Etude des articles de référence

Certaines dimensions vues précédemment concernent les aspects spécifiques à la transformation numérique des grands groupes. Les PME ne pourront pas être évaluées avec les dimensions digitalisation, produits connectés du fait de leur faible maturité (Mittal et al. 2018). De plus, les éléments de structure et la dimension produit n'apportent pas d'information dans la mesure de la maturité numérique.

Le tableau d'analyse précédent nous permet de définir 4 dimensions, la dimension stratégie, la dimension organisation, la dimension ressources numériques qui rassemble technologies et gestion des données numériques ainsi que la dimension humaine. Les dimensions stratégie et organisation, dans le contexte des PME sont étroitement liées et pourront être réunies au sein de la dimension organisation afin de simplifier le modèle par la suite. La dimension humaine quant à elle doit être à part dans l'évaluation de la maturité numérique car elle est source de freins importants dans la transformation. La dimension organisation et ressources doivent être également étudiées séparément car les PME industrielles visées dans ce travail de recherche peuvent être peu ou pas développées dans le numérique. Il faudra alors montrer qu'il est nécessaire de structurer ses processus, définir ses pratiques, avant de débiter sa transformation numérique et d'intégrer des ressources numériques.

À ce stade, trois éléments semblent cruciaux, le côté organisationnel, le côté humain et le côté numérique, présenté par Pînzaru et al. (Pînzaru et al. 2019) qui proposent le trio culture (humain), technologies et agilité (stratégie et organisation).

Après avoir proposé notre cadre d'analyse selon trois dimensions, nous allons définir plus précisément leurs significations pour l'entreprise.

### **Dimension organisationnelle**

Cette dimension correspond à la manière dont est gérée toute l'entreprise. Plus le niveau est élevé, plus les pratiques internes de l'entreprise seront formalisées : l'entreprise sera alors plus stable à long terme, ses besoins seront plus clairs et définis, les aléas liés à la gestion de l'entreprise, le budget, gestion de projets, les coûts de production, problèmes clients seront minimisés.

### **Dimension humaine**

Plus cette dimension possède un niveau élevé, plus le côté humain est inscrit dans la stratégie de l'entreprise. Cela signifie que le bien-être des employés est davantage pris en compte, favorisant ainsi l'engagement mais aussi que la communication est excellente et rend la transformation numérique plus efficace, mieux perçue et les outils numériques mieux compris et utilisés. Cela limite donc les pertes d'investissement dû à la mauvaise utilisation des outils.

## **Dimension ressources numériques**

Cette dimension concerne le niveau des ressources numériques utilisées dans l'entreprise. Elle permet de savoir si l'outil est majoritairement adopté et utilisé ou s'il a été ajouté pour son image novatrice et numérique qu'il véhicule. Elle permet aussi de constater si l'outil a été choisi dans une pensée à court ou long-terme dans la stratégie de l'entreprise, notamment au niveau des investissements en temps, ressources financières et humaines, et s'il est adapté au besoin de l'entreprise. Cette dimension donne un indicateur direct sur sa capacité à intégrer de nouvelles ressources numériques et donc sur la maturité numérique de l'entreprise.

Cette approche tridimensionnelle semble alors être une réponse possible à la mesure de la maturité numérique. Cependant, des modèles d'évaluation présents dans la littérature proposent différentes approches et différents cas d'étude.

### 2.3. Etude des modèles de la littérature

#### 2.3.1. Démarche

La section précédente souligne que même si les aspects technologiques de la transformation numérique sont prédominants dans la littérature, d'autres dimensions sont considérées comme cruciales et font référence à la capacité d'organisation des entreprises ainsi qu'à la gestion de leurs ressources humaines et de leurs compétences. Cependant, il ne semble pas y avoir de lien explicite entre ces dimensions et l'aspect humain de la transformation numérique est particulièrement peu développé. De plus, il manque des modèles spécifiques d'évaluation de la maturité numérique dédiés aux PME industrielles.

Ainsi, l'objectif de cette analyse est la proposition d'un modèle tridimensionnel pour l'évaluation de la maturité numérique des PME, intégrant les aspects technologiques, humains et organisationnels de la transformation numérique, ainsi que le contexte particulier des PME industrielles.

Pour mettre en œuvre notre démarche de recherche, nous proposons de nous appuyer sur le cadre théorique de l'indice d'innovation potentielle (IIP), comme cadre méthodologique pertinent pour notre étude. Cet indice vise à évaluer la maturité d'innovation des entreprises et a été testé et validé tant sur le plan théorique (Rejeb et al. 2008 ; Boly et al. 2018 ; Boly et al. 2014) qu'empirique (Galvez 2018 ; Sepulveda et al. 2010). Cette structure d'évaluation est basée sur des dimensions, chacune d'entre elles comprenant plusieurs pratiques, évaluées à travers des phénomènes observables. Un phénomène observable représente une activité régulière au sein de l'entreprise, nécessitant des

ressources et produisant un résultat tangible et vérifiable. Les phénomènes observables servent d'indicateurs pour mesurer la pratique.

Notre approche s'appuiera donc sur cette structure à 3 niveaux (Figure 12) pour proposer un cadre d'évaluation hiérarchique. Notre modèle est alors construit à partir de dimensions théoriques, déclinées en pratiques à valider ultérieurement par des expériences de terrain conduisant à des phénomènes observables.



Figure 12 : Modèle conceptuel

Pour atteindre cet objectif, nous proposons de suivre une méthodologie en deux étapes (Figure 13). Une première phase d'exploration permettra de lister les concepts des modèles. La seconde étape consistera à les analyser selon notre cadre tridimensionnel afin d'en déduire des pratiques.

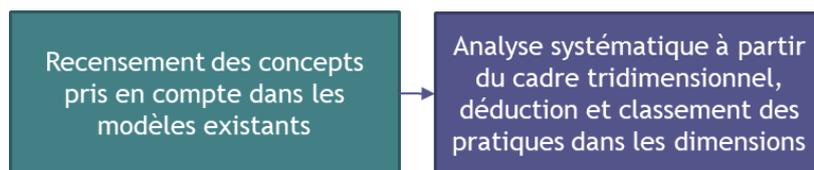


Figure 13 : Méthodologie

La première étape consiste à sélectionner et à rassembler les modèles existants dans la littérature académique ainsi que les modèles expérimentaux. Une revue systématique de la littérature a été effectuée et a conduit à la sélection de 54 publications à examiner (Figure 14).

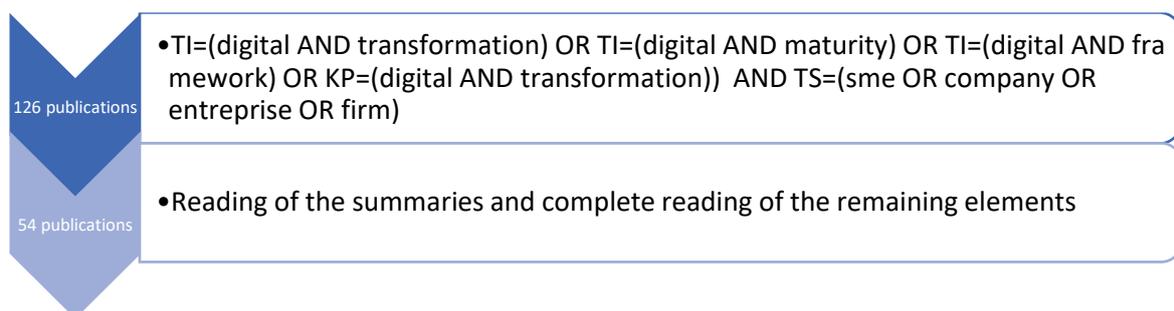


Figure 14 : Critères de recherche pour les publications scientifiques

Cette revue de littérature est composée de 15 modèles issus de la recherche mais aussi de 16 modèles déployés sur le terrain par des consultants cités dans des articles ou sur le web ainsi que de 3 modèles d'évaluation de dimensions pouvant intervenir dans l'évaluation de la maturité numérique.

La deuxième étape vise à définir un cadre de référence qui caractérise la transformation numérique des entreprises à partir de l'identification de bonnes pratiques.

En nous appuyant sur notre approche tridimensionnelle comme cadre d'analyse, nous avons identifié au sein des différents modèles, les dimensions qui ont été abordées, les pratiques évaluées pour caractériser ces dimensions, les méthodes d'évaluation utilisées, les domaines d'application spécifiques ainsi que la mécanique d'évolution ou le processus de recommandations associé.

La dernière étape consistera à identifier et à adapter les pratiques sélectionnées au contexte des PME industrielles en combinant, ajoutant ou supprimant des éléments et en proposant une structure multicritère.

### 2.3.2. Analyse systématique des modèles

#### **Sélection des modèles**

Pour accompagner la transformation numérique des PME, nous nous sommes intéressés aux moyens de mesure disponibles dans la littérature pour évaluer le niveau de transformation numérique. Dans cette première partie, nous avons donc étudié les modèles issus de la recherche ciblés sur le numérique ou sur une des dimensions. Les diagnostics contenus dans des livres blancs, orientés sur l'aspect terrain (Rafael et al. 2020), sont également étudiés, 16 modèles de la transformation numérique ont été sélectionnés selon plusieurs critères : accessibilité en ligne, ciblés sur l'évaluation des entreprises et récents, prise en compte des technologies actuelles (réalité virtuelle, IOT, Big Data...). L'objectif est de cibler les différences avec les outils académiques de la littérature et de comprendre comment la maturité numérique est abordée. Ainsi, trois types de modèles ont été étudiés, ceux créés directement pour la transformation numérique, ceux construits sur la base du mouvement industrie 4.0 et ceux qui évaluent les dimensions de notre cadre théorique sur les volets organisationnels et la gestion des compétences. Ces résultats sont détaillés et expliqués ci-après (Tableau 3 ; Tableau 4 ; Tableau 5 ; Tableau 6 ; Tableau 7).

Référence	Modèle	Dimension Ressources Numériques	Dimension Humaine	Dimension Organisationnelle	Approche	Domaine d'application
(Paulk et Curtis 1993)	CMM Extensions : - Systems Engineering Capability Maturity Model (SE-CMM), Version 1.0 (Décembre 1994) - People Management Capability Maturity Model (P-CMM)	Niveau technologique	Formation RH	Gestion de projet Qualité Processus Performance Gestion des ressources	Auto-évaluation des bonnes pratiques  Descriptif : décrit le niveau de l'entreprise mais nécessite une expertise pour le mettre en œuvre	Télécommunication, logiciel
(George Westerman et al. 2011)	Transformation Digital Vision		Compétences	Stratégie Roadmap Expérience client Business Model Procédés opérationnels Culture	Auto-évaluation  Descriptif	Industrie
(Valdez-de-Leon 2016)	DMM	Technologie		Stratégie Organisation Clients Ecosystème Opérations Innovation	Auto-évaluation  Descriptif	Télécommunication, logiciel
(Geissbauer et al. 2014)	Industry 4.0: Building the digital enterprise	Analyse des données Architecture IT agile	Culture de l'entreprise	Business model Offre produit service Intégration verticale et horizontale de la chaîne de valeur Administration	Auto évaluation Descriptif	Industrie
(Kane 2019)	2014 Digital Business Global Executive Survey	Technologies misent en œuvre Veille technologique	Expérience des collaborateurs	Stratégie Vision Maturité de l'organisation Freins à la transformation Management du changement Rôle du dirigeant	Evaluation par un consultant  Descriptif	Général
(Anderl 2017)	Industry 4.0 Maturity index	Système d'informations		Ressources Structure organisationnelle Culture	Auto-évaluation  Roadmap	Industrie
(Leipzig et al. 2017)	Digital maturity of an organization	Technologies	Leadership Culture Personnes	Stratégie Produit Opérations Direction	Description	Général
(Stachowiak et Szlapka 2018)	Agility Capability Maturity Framework		Formation RH en continue	Vision long terme Communication, besoin, plan d'action Utilisation de méthodes récentes Relation client partenaire Evaluation des risques	Auto-évaluation  Descriptif	Général
(Chonsawat 2018)	SMEs 4.0 readiness indicators	Système de fabrication Transformation des données Technologie numérique		Résilience organisationnelle (stratégie, structure, etc.) Système d'infrastructure	Indicateurs de maturité	PME industrielles

Tableau 3 : Modèles de littérature sur la transformation numérique (1/2)

Référence	Modèle	Dimension Ressources Numériques	Dimension Humaine	Dimension Organisationnelle	Approche	Domaine d'application
(North et al. 2019)	DIGROW	Opportunités liées à la technologie Sécurité	Leadership numérique Etat d'esprit numérique Développement des employés Compétences numériques et apprentissage	Ressources externes Besoins des clients Investissements numériques Stratégie numérique Présence sur le marché Expérience client Déploiement agile	Description	PME
(Amaral 2019)	Framework for Assessing SMEs Industry 4.0 maturity	Technologie (modélisation numérique, infrastructure des équipements, sécurité informatique, utilisation du Cloud)	Employés (compétences, acquisition, volonté de changement, confiance, création et gestion des connaissances).	Processus de production (collaboration interentreprises, collecte et traitement des données dans la production, planification) Produit Organisation (coopération avec le réseau, mesure, etc.) Changement (stratégie, modèle d'entreprise, gestion, investissements)	Description et niveaux détaillés	PME
(Rauch et al. 2020)	A maturity level-based assessment tool to enhance the implementation of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises	Télésurveillance Systèmes de service numérique des produits Impression 3D Technologie d'identification et de suivi ERP Mise à niveau numérique	Formation 4.0	Système de fabrication agile Branchez et produisez Feuille de route	Echelle de Likert à 5 niveaux	PME industrielles
(González et al. 2020)	Organizational Competence for Digital Transformation	Technologie (sélection, utilisation)	Culture (apprentissage, etc.) Employés (compétences, développement des talents)	Direction (stratégie, etc.) Alignement organisationnel (agilité, changements structurels, financier, création de valeur)	Description	PME
(Gamache et al. 2020)	Digital performance assessment model	Gestion des données Gestion de la technologie	Leadership Culture	Organisation Système de mesure Expérience client	Description	PME
(Borštnar et Pucihar 2021)	Multi-attribute assessment of digital maturity of SMEs	Technologies avancées SMACIT (médias sociaux, mobile, cloud) Business modèle de base	Culture des employés GRH (compétence, etc.) Culture organisationnelle (autonomie, etc.)	Rôle du support informatique Modèle d'entreprise numérique Stratégie Management (agilité, etc.)	Description et DEX (décision expert)	PME

Tableau 4 : Modèles de littérature sur la transformation numérique (2/2)

Référence	Modèle	Dimension Ressources Numériques	Dimension Humaine	Dimension Organisationnelle	Approche	Domaine d'application
(Bain & Company 2018)	Bain Radar 360 Strategy: Digital Readiness Survey	Facilitateurs		Stratégie digitale Business model Organisation	Auto-évaluation	Général
(PCO EP 2019)	Smart Diag'	Vos outils de gestion Vos outils de production Votre utilisation d'internet Votre utilisation des réseaux sociaux La e-réputation de votre entreprise Les autres outils de communication digitale Vos outils de vente en ligne	Vos collaborateurs	Votre politique de Sécurité des données Votre organisation interne Votre marché Vos relations avec vos clients et vos partenaires	Auto-évaluation	PME
(Human Matter 2019)	Are You Digital	Culture web Data E-commerce Sécurité informatique Web design Communication web	Métiers du numérique	Environnement de travail	Auto-évaluation	Général
(Bariteau 2019)	Diagnostic de maturité numérique	Données Technologies utilisées		Leadership Culture et organisation Ecosystème et architecture Marketing Mesure	Auto-évaluation	
(BPI France 2019)	Digital Guide	Outils numériques	Formation	Clients Marketing	Auto-évaluation	Général
(Mont Blanc Industries 2019)	Diagnostic Label 360	Technologies de pilotage et performance	Management et mobilisation	Pilotage stratégique Pilotage de l'innovation Réseau et partenaires	Auto-évaluation	Général
(MEDEF 2019)	Diag-Numérique			Clients Offre et partenaires Organisation interne et collaborateurs Stratégie Caractéristique de l'entreprise	Auto-évaluation	Général
(CCI Alsace 2019)	Diag Pilotage Transformation	Data	Ressources humaines	Transformation des offres Processus internes Pilotage du digital	Auto-évaluation	PME
(Spring2 Innovation 2019)	Innovation Maturity Analysis Survey	Connectivité Système information	RH & Compétences	Vision Stratégie Structure	Auto-évaluation	Général
(Digital Wallonia, be et BDO 2019)	Digi Score	Gestion administrative informatique	Ressources humaines	Processus commerciaux Gestion interne	Auto-évaluation	Général
(Nariaconseil 2019)		Site web Vente en ligne E-réputation Veille technologique RGPD Equipement Cloud	RH et formation	Stratégie	Auto-évaluation	PME

Tableau 5 : Modèles expérimentaux (1/2)

Référence	Modèle	Dimension Ressources Numériques	Dimension Humaine	Dimension Organisationnelle	Approche	Domaine d'application
(Le Monde des Artisans 2019)	Artisans, réussir avec le Web	Présence en ligne Usage du numérique		Réputation Visibilité Développement commercial	Auto-évaluation	Artisan
(Université H2 2019)	H2 Innovate	Présence en ligne Outils de communication numérique Outils marketing numérique Stockage des données Cybersécurité		Communication et collaboration Commercial Veille	Auto-évaluation	Général
(TM Forum 2019)	TM Forum	Technology	Culture	Client Strategy Operations	Auto-évaluation	Général
(Keople 2019)	Digi'Diag / Digi'Comp			Information et données Création numérique Communication et collaboration Sécurité Résolution de problème	Evaluation par un tiers	Compétence en entreprise
(Observatoire des industries chimiques 2021)	DEFi	R&D outils numériques Système d'information		Gestion et administration Ingénierie maintenance Logistique et achats Marketing Communication	Auto-évaluation	Industrie chimique

Tableau 6 : Modèles expérimentaux (2/2)

Référence	Modèle	Dimension Ressources Numériques	Dimension Humaine	Dimension Organisationnelle	Approche	Domaine d'application
(Lahrman et al. 2011)	BIMM (Business Intelligence Maturity Model)	Technologie de l'information		Gouvernance Stratégie Controls Organisation Procédés Qualité	Auto-évaluation Descriptif	Général
(Whitney 2015)	Maturity model			Modèle d'affaires Réseau Structure Processus Offre Expérience	Auto-évaluation Descriptif	Général
(Galvez et al. 2018)	Evaluation de la capacité à Innover		Ressources humaines	Stratégie Génération d'idées Conception Gestion de projet Capitalisation	Auto évaluation Descriptif Recommandations opérationnelles et spécifiques	Spécifique à un domaine sélectionné

Tableau 7 : Modèles de littérature sur des dimensions particulières

## **Analyse systématique**

L'étude nous a permis d'identifier les différentes approches proposées dans la littérature concernant les entreprises confrontées à la transformation numérique. Cette section se concentre sur les indicateurs et moyens de mesure de la transformation numérique afin de visualiser les pistes de réponse potentielles au premier verrou défini ci-dessus, sur la dimension à évaluer. L'objectif sera d'extraire les outils et méthodes d'évaluation de la maturité numérique pour les PME et autres entreprises, trouver des adaptations à d'autres outils, mettre en évidence les lacunes des outils étudiés afin de démontrer la légitimité du nouvel outil proposé. L'étude sera structurée selon les points suivants, la méthode d'évaluation, le domaine du modèle, les éléments mesurés, les résultats et les recommandations.

## **Méthode d'évaluation**

Une première observation sur la quasi-totalité des modèles étudiés est qu'ils sont réalisés par auto-évaluation. En effet, elle permet, en peu de temps, d'obtenir des informations spécifiques à l'entreprise puisque les dimensions évoquées la concernent directement. Toutefois, cet aspect doit être nuancé car la plupart des modèles ne présentent pas une évaluation concernant un domaine spécifique mais une évaluation générale du secteur d'activité et des caractéristiques de l'entreprise, qui ne sont pas toujours prises en compte. On peut citer le modèle Human Matter de 2019 ou le modèle H2 University de 2019 qui présentent des approches multi-domaines par exemple, industriel, service, etc. Il en résulte des questions qui ne sont pas pertinentes et applicables à certains types d'entreprises. Les modèles se concentrent principalement sur les notions de stratégie sans être adaptés aux caractéristiques de l'entreprise.

Les modèles empiriques proposent une approche similaire basée sur l'auto-évaluation mais deux proposent l'évaluation par une tierce personne.

Certains modèles proposent une approche par l'évaluation des bonnes pratiques. Ainsi, les entreprises considérées comme matures sont étudiées pour répertorier une série de pratiques qui leur ont permis d'atteindre ce niveau de maturité. Ils offrent aux entreprises une vision structurée pour améliorer leur fonctionnement par le biais de la technologie comme le CMM (Weber 1993) qui a été créé pour augmenter la productivité et la qualité dans les entreprises de développement de logiciels. En l'état, il est difficilement applicable aux structures non spécialisées dans le logiciel et aux PME industrielles (Arent 2000), mais il présente une structure organisée en 5 niveaux, ce qui permet de réaliser une succession d'étapes, fournissant ainsi un indicateur de la maturité de l'entreprise. Le CMM est donc le modèle le plus détaillé avec 5 niveaux définis par un texte explicatif, limitant ainsi le risque de mauvaise interprétation. Il est structuré avec 3 hauteurs différentes, le niveau, les dimensions associées, et les

pratiques associées à ces dimensions. Malgré plusieurs extensions, ingénierie système en 1994, gestion des ressources humaines en 1995, il reste spécifique au secteur du logiciel.

### **Domaine spécifique**

Dans ce chapitre, nous nous sommes concentrés sur les PME industrielles. Les modèles spécifiques aux PME sont assez rares, du moins dans la littérature puisque les deux recensés ici sont les modèles Nariaconseil de 2019 et le Smart Diag de PCO EP de 2019. Ils sont centrés sur les outils qui facilitent les activités au sein d'une PME et sont moins concernés par les actions de transformation totale, ce qui représente une difficulté pour les plus petites entreprises.

Les modèles spécifiques au secteur de l'industrie comme celui de Capgemini Consulting de 2011 montrent une dominance des mesures sur l'outil de production, les processus par rapport aux autres proposant une vision plus axée sur les technologies numériques comme la culture web, l'e-réputation, le e-commerce. Elles s'appuient sur la gestion des processus et les idées d'amélioration de la qualité par l'augmentation de la capacité, de la maturité et de la performance d'un processus (Watson 2002).

### **Concepts**

Une analyse systématique visant à identifier les concepts abordés et leur récurrence dans l'ensemble des modèles industriels sélectionnés montre une prédominance des aspects technologiques et financiers, en raison du mouvement Industrie 4.0 et des plans de financement gouvernementaux, et une faible récurrence de la dimension compétences. Certains modèles abordent néanmoins la dimension compétences mais l'évaluent sans lien avec la dimension organisationnelle. L'objectif ici est de proposer un modèle qui, avec une évaluation conjointe entre les dimensions organisation et compétence, permet de caractériser la capacité numérique de l'entreprise.

Le facteur humain est souvent abordé par le terme "culture". Il concerne davantage l'engagement des personnes. Or, dans le cas d'une PME, l'engagement des employés est plus facile que dans les grandes entreprises en raison de la petite taille des effectifs (Correia et al. 2020). Ainsi, comme nous l'avons vu précédemment, le facteur compétence a un impact important sur ces structures.

### **Scoring**

Les modèles visent principalement à noter les dimensions pour en faire la moyenne et présenter un résultat global. Si la première partie de l'évaluation par thème est pertinente et cohérente avec ce que nous avons vu dans les précédents outils étudiés, l'évaluation du niveau moyen global ne répond pas à nos objectifs d'obtenir un indice de maturité représentant l'état de la transformation numérique d'une PME industrielle. Une solution pourrait être la mise en place d'un système de pondération des thèmes définis par les futures expérimentations. Une autre limite de ces modèles est l'absence d'un plan de développement. Lacerda et von Wangenheim (Lacerda et Wangenheim 2018) montrent que deux évolutions sont possibles avec les modèles présentés. D'une part, l'évolution continue, plusieurs

processus d'évolution peuvent être appliqués en même temps à différents niveaux. D'autre part, l'évolution par étapes, où, pour augmenter le niveau de maturité de l'entreprise, un ensemble de critères devra être validé. Cependant, la plupart d'entre eux ne visent qu'à évaluer le niveau de maturité numérique sans proposer de plans d'action pour l'augmenter. D'autres suivent une évolution chronologique, où les étapes ont un ordre défini comme le DMM (Valdez-de-Leon 2016) ou le diagnostic Bariteau de 2019.

Quant aux modèles des praticiens, la principale méthode de notation est la notation (37%) au lieu du niveau ou du pourcentage.

### Recommandations

Les modèles étudiés ne fournissent pas une description claire des niveaux de maturité ou un processus d'évolution formalisé pour les PME industrielles. Cela se traduit par une caractérisation incomplète de la maturité numérique de l'entreprise et un manque de recommandations pour faire évoluer ce niveau, de plans d'action, etc.

Les éléments clés sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 8).

	Modèles de littérature	Modèles empiriques
Évaluation	Auto-évaluation : 100%	Auto-évaluation : 87%. Évaluation à la troisième personne : 13%
Dimensions couvertes	Organisation : 100% Technologie : 70 %. Facteur humain : 50% (compétences : 20%)	Organisation : 100% Technologie : 88%. Facteur humain : 50% (compétences : 37%)
Focus sur les PME industrielles	13%	12%
Scoring	Niveaux : 47 % Note : 10 % Pourcentage : 0 %.	Niveaux : 25 % Note : 37 % Pourcentage : 25 %
Recommandations	Etape de niveaux Critères à atteindre	Suggestion de coaching Mettre en lumière la dimension la plus faible

Tableau 8 : Analyse des modèles

En général, les modèles utilisent la technique de l'auto-évaluation, seuls 13% des modèles empiriques font appel à des experts externes. En ce qui concerne les dimensions abordées, tous les modèles abordent l'aspect organisationnel. La dimension technologique est mesurée plus fréquemment dans

les modèles expérimentaux, mais 70% des modèles de la littérature traitent de ce thème. Le facteur humain n'est pas aussi présent dans les modèles, la partie expérimentale s'intéresse davantage aux compétences avec 37% des modèles évaluant cette dimension contre 20% pour les modèles de la littérature. Un nombre minime de modèles s'intéresse spécifiquement aux PME industrielles, ce qui renforce notre objectif de construire un modèle spécifique à ces entreprises. Les résultats des évaluations par les modèles de la littérature sont principalement des niveaux de maturité à 50%, alors que les modèles expérimentaux ont la note la plus élevée à 37%. Certains modèles ne présentent pas de résultats, mais ils présentent des pistes d'amélioration. Les modèles proposés par les praticiens suggèrent un accompagnement par un expert ou mettent en évidence la dimension qui est en retard et doit donc être améliorée, tandis que les modèles scientifiques présentent une série de critères à valider ou de niveaux à atteindre.

## 2.4. Etude des méthodes d'aide à la décision

### 2.4.1. Démarche

L'étude précédente des outils existants montre qu'ils offrent une aide aux entreprises pour mesurer leur transformation numérique mais met aussi en avant un manque concernant la définition de plan d'action ou l'aide à la décision. Dans l'objectif de résolution du troisième verrou qui concerne donc la définition d'une stratégie de transformation numérique, nous nous sommes intéressés aux approches, aux méthodes d'aide à la décision. L'objectif de cette partie est d'étudier les méthodes d'aides à la décision afin de sélectionner la plus adaptée à notre problématique d'aide à la définition d'une stratégie numérique pour les PME industrielles. La première phase a donc consisté à explorer la littérature scientifique sur ce sujet. Cette phase permettra de développer les parties suivantes à savoir : la définition d'une méthode d'aide à la décision, les différentes catégories de méthodes et les phases du processus d'aide à la décision.

La première étape consiste donc à réaliser une étude systématique de la littérature concernant les méthodes d'aide à la décision à destination des PME. Une première recherche a été effectuée et a conduit à la sélection de 84 publications à examiner puis 20 à étudier (Figure 15).

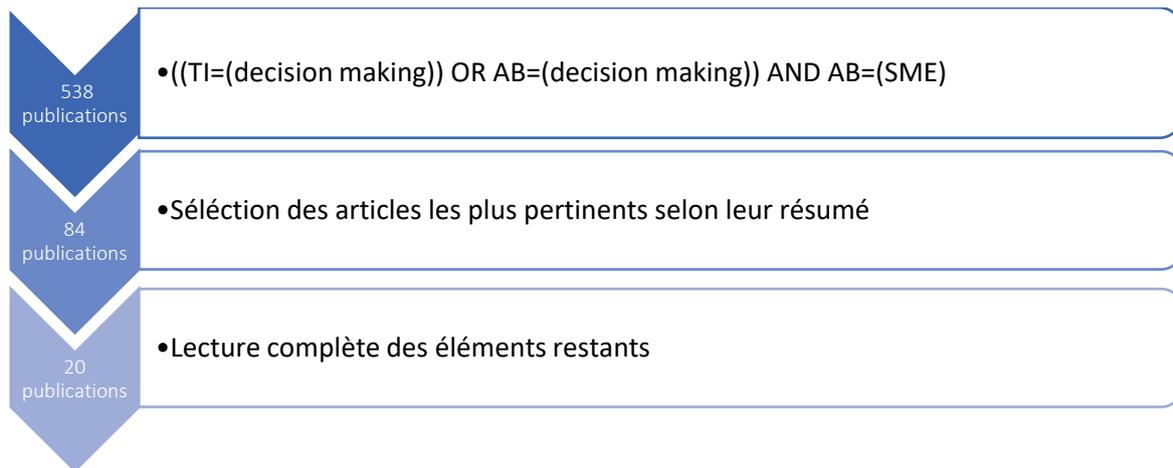


Figure 15 : Critères de recherche pour les publications scientifiques

#### 2.4.2. Définition de l'aide à décision

Il existe plusieurs définitions dans la littérature pour l'aide à la décision, Walus et al. (Walus et al.1997) définissent les systèmes d'aide à la décision comme des systèmes informatiques qui aident les décideurs à prendre une décision basée sur une série d'informations facilitant la compréhension. En résumé un système d'aide à la décision est un système d'information aidant les utilisateurs dans les activités de prise de décision (Ramdani 2021). Walus et al. (Walus et al. 1997) montrent que l'objectif de l'aide à la décision n'est pas de déterminer les solutions optimales à mettre en place mais de fournir toutes les informations nécessaires à la compréhension de la situation et des options disponibles. C'est-à-dire que l'aide à la décision vient améliorer la perception de l'utilisateur au lieu de remplacer son jugement. (Musso et Francioni 2012) précisent que la prise de décision peut être définie comme la comparaison entre les capacités de l'entreprise et les opportunités et menaces de son environnement. La prise de décision passe donc par la définition de l'objectif, la recherche de plusieurs alternatives et leur évaluation pour sélectionner la meilleure solution.

#### 2.4.3. Catégories de méthodes

Les travaux de Tran (Tran 2019) présentent les principaux types de méthode d'aide à la décision à savoir l'analyse multicritère, la programmation mathématique, l'intelligence artificielle et les méthodes intégrées.

L'aide à la décision multicritères est un processus à plusieurs étapes pour structurer et formaliser les prises de décision (Tran 2019). Il offre une série d'alternatives évaluées selon plusieurs critères et permet ainsi au décideur de trouver le meilleur compromis parmi un ensemble de solutions possibles.

Le principal inconvénient de ce type de méthode et qu'il n'est pas utilisable de façon dynamique, il n'est pas possible de l'utiliser pour prévoir des tendances futures.

En ce qui concerne les méthodes de programmation mathématique, elles fonctionnent par optimisation des objectifs selon des contraintes données et facilitent ainsi la prise de décision. Il existe plusieurs méthodes par la programmation, linéaire, stochastique, analyse de données etc. mais elles sont trop complexes pour être utilisées par des personnes non expertes (Sanayei et al. 2010).

Les avancées technologiques ont permis de développer l'aide à la décision via l'intelligence artificielle. Cette méthode, contrairement à celles vues précédemment, est utilisable en dynamique et prend en compte des problématiques non linéaires. Elle est basée sur la puissance de calcul informatique pour le traitement et l'analyse de données afin de résoudre des problèmes complexes (Tran 2019).

#### 2.4.4. Phases du processus d'aide à la décision

Le processus d'aide à la décision est une succession d'étapes avant d'arriver à la prise de décision par l'acteur. Ramdani (Ramdani 2021) définit le processus d'aide à la décision selon quatre étapes : 1) Représentation du problème, 2) Formulation du problème, 3) Construction du modèle d'évaluation, 4) Recommandations ou dans un cadre général, les résultats issus de l'utilisation du modèle d'évaluation.

##### **Représentation du problème**

Montani et Lakhmi (Montani et Lakhmi 2010) proposent de représenter le problème selon trois éléments, les caractéristiques de l'entreprise, le contexte actuel et la prise de décisions stratégiques. D'après Gabriel et al. (Gabriel et al. 2016), le contexte est composé du secteur industriel de l'entreprise, des compétences disponibles, de la stratégie de l'organisation et de l'expérience. Cette étape consiste donc à observer le fonctionnement de l'entreprise à un instant  $t$  selon un contexte particulier.

##### **Formulation du problème**

Lors de la formulation du problème il est important de connaître la position des décideurs afin d'adapter la méthode pour minimiser les influences de ces derniers. Les deux principaux niveaux de décision en entreprise sont d'ordre stratégique et opérationnel (Huet-kouo 2015). Le niveau stratégique comprend les processus et les activités répondant à des objectifs à long terme tandis que le niveau opérationnel correspond aux activités réalisées dans les services (Tran 2019). D'après les travaux de Tran (2019), la méthode MCDM est une méthode populaire pour le niveau stratégique. Dans le cas des PME industrielles, nous avons vu précédemment que la prise de décision d'ordre stratégique est assurée le plus souvent par le dirigeant lui-même ou une personne haut placée à la

direction. Selon Musso and Francioni (Musso et Francioni 2012), le décideur peut être influencé par quatre éléments principaux, les compétences, les traits de personnalité, les caractéristiques socio-démographiques et la typologie des décideurs. Ces influences pourront induire un biais dans l'interprétation des alternatives proposées par la méthode utilisée. D'autres acteurs peuvent également participer aux décisions, notamment des décideurs assignés par le dirigeant. Dans cette situation la décision devient une action de groupe, le concept de prise de décision collective défini comme un processus de sélection de la meilleure alternative sélectionnée à partir d'un ensemble de solutions, basé sur les opinions d'un groupe de personnes (Pérez et al. 2018).

Ainsi, la méthode d'aide à la décision développée devra minimiser les effets des différents facteurs influençant des preneurs de décision afin d'assurer un niveau d'efficacité constant auprès des entreprises interrogées.

### **Construction du modèle d'évaluation**

La construction du modèle d'évaluation correspond à la construction d'un modèle décrivant les éléments à évaluer selon les dimensions vues précédemment. L'évaluation de la transformation numérique se traduit donc par l'étude de plusieurs dimensions, organisationnelle, humaine et numérique. Ainsi, de nombreux paramètres interviennent dans la prise de décision. Chacune des étapes de développement d'une méthode d'aide à la décision doit alors être supportée en respectant les spécificités inhérentes.

### **Les recommandations**

La dernière phase consiste à mettre en œuvre le modèle créé et fournir des informations facilitant la prise de décision et la création de plan d'actions. L'apport d'informations permet de venir supporter la prise de décision dans le processus de transformation numérique des entreprises (Albukhitan 2020). L'étude des travaux sur ce sujet en section 2.3 montre que la littérature ne propose pas de méthodologie d'aide à la décision complète, allant de la définition du problème à la délivrance d'informations pertinentes, et applicable dans les PME industrielles. En effet, la plupart des auteurs étudiés proposent une série de recommandations générales qui ne permettent pas d'évaluer les caractéristiques, les pratiques de l'entreprise mais qui peuvent constituer des règles d'usage pour le développement de la future méthode d'aide à la décision. Pour synthétiser les étapes de transformation au niveau stratégique trouvées dans la littérature, nous utilisons le découpage chronologique en trois temps présenté par Kadir et Broberg (Kadir et Broberg 2020b) soit, avant, pendant, et après le déploiement de la stratégie numérique en établissant des tâches adaptées aux PME industrielles.

Lors de la première phase correspondant à la préparation de la transformation, plusieurs éléments sont à définir :

- Les objectifs sont à définir et à mettre en lien avec les freins associés (Calabrese et al. 2020) mais aussi avec la stratégie globale (Albukhitan 2020) afin que l'entreprise comprenne les enjeux de la transformation (Leonardi et al. 2021), se focalise sur la valeur ajoutée souhaitée (Kretschmer et Khashabi 2020) et minimise les freins organisationnels (Kadir et Broberg 2020a).
- Prioriser les processus d'importance stratégique et faciles à transformer (Kretschmer et Khashabi 2020).
- Déconstruire son business model et le reconstruire en l'adaptant au numérique (Remane et al. 2017).
- Préparation des infrastructures, adaptation des technologies aux processus de l'entreprise (Hai 2021) ; (Stoyanova 2020) ; (Aslanova et Kulichkina 2020). Etude des technologies par rapport à tous les services de l'entreprise (Albukhitan 2020).
- Renforcement des connaissances numériques et l'apprentissage de nouvelles compétences numériques (Hai 2021) ; (Kadir et Broberg 2020).
- Etudier ses ressources humaines : résistance au changement, à l'utilisation de nouvelles technologies (Kadir et Broberg 2020a).
- Introduire les ressources humaines dans la boucle d'informations dès les premières étapes du processus de transformation (Kadir et Broberg 2020) ; (Kretschmer et Khashabi 2020) ; (Stoyanova 2020) ; (Aslanova et Kulichkina 2020).

Durant la phase de transformation, la priorité est mise sur des actions de surveillance et d'adaptation :

- Surveiller le déroulement des projets et allouer les ressources nécessaires tout au long du processus (Kadir et Broberg 2020a)
- Analysez les flux d'informations de l'organisation (Kretschmer et Khashabi 2020)
- Vérifier la bonne intégration des nouveaux outils / processus auprès des employés (Kadir et Broberg 2020).

La phase qui intervient lorsque les objectifs principaux sont validés consiste à capitaliser les méthodes utilisées :

- Mettre à jour les processus de l'entreprise pour correspondre aux nouvelles solutions numériques (Kadir et Broberg 2020).
- Capitaliser sur les méthodes d'apprentissage des employés pour développer la culture du numérique
- Combiner les tâches afin de simplifier les futurs processus (Kretschmer et Khashabi 2020).

Ces recommandations s'intéressent au niveau stratégique, tactiques et opérationnels. L'objectif de nos travaux est de fournir une méthode permettant d'une part d'évaluer une entreprise selon ses pratiques mais aussi de fournir des informations claires et compréhensibles comme un classement des pratiques à développer pour venir aider la définition de plans d'action dans l'entreprise.

## 2.5. Discussion

Ce chapitre aborde une problématique plus spécifique des PME face à la complexité de la transformation numérique dans le but de guider les entreprises à travers des modèles d'évaluation numérique et des méthodes d'aide à la décision. Cependant, au regard des modèles existants, certaines barrières subsistent et peuvent figer complètement le processus de transformation. Les principales lacunes concernent l'adaptation des modèles qui sont trop génériques pour être appliqués dans les PME industrielles (Teichert 2019) et, surtout, une négligence de l'aspect humain lié à la capacité organisationnelle de l'entreprise.

Il existe des modèles qui tentent de résoudre un problème similaire, mais qui sont associés à des pratiques de très grandes entreprises et peuvent donc être difficiles à utiliser pour une PME. Les dimensions abordées sont également très diverses et certaines sont peu ou pas étudiées, alors qu'une recherche rapide sur la caractérisation du niveau numérique d'une entreprise montre leur importance. Par exemple, la dimension humaine semble être ignorée dans de nombreux modèles étudiés. La dimension orientée vers la technologie semble être prédominante. De plus, ces dimensions sont le plus souvent mesurées ensemble, ce qui entraîne des effets de compensation indésirables ou des erreurs de mesure aboutissant à une évaluation insuffisante. Par ailleurs, le résultat de la mise en œuvre du modèle ne permet pas de construire directement une feuille de route pour améliorer le niveau numérique de l'entreprise.

Par ailleurs, suite aux crises actuelles liées au covid 19, la transformation numérique a été fortement encouragée et les organisations ont dû s'adapter rapidement et intégrer des outils numériques pour compenser les restrictions engendrées par cette crise sanitaire. Les conséquences ont été variées, certaines entreprises ont adopté avec succès leur nouvel outil et en ont tiré des bénéfices, tandis que d'autres ont perdu de l'argent et du temps parce qu'elles n'ont pas réussi à mettre en place leur outil par manque de maturité, de formation ou par une mauvaise étude du besoin.

En ce qui concerne les méthodes d'aide à la décision, nous avons fait le constat qu'il n'existait pas de méthode correspondant à nos attentes et permettant d'aider la définition de plans d'action pour réaliser sa transformation numérique. La plupart des approches étudiées viennent structurer une

démarche globale de transformation sans atteindre l'évaluation et l'interprétation du niveau des pratiques internes de l'entreprise. En effet notre approche comportera une évaluation combinée à une méthode liée aux résultats de l'évaluation. La combinaison de ces deux étapes permettra de fournir une méthode complète offrant une vision des pratiques internes de l'entreprise et des règles pour l'interprétation et la définition d'une stratégie de transformation numérique spécifique aux PME industrielles. Cette méthode sera mise en œuvre dans la phase de préparation avant le processus de transformation numérique et donc correspondant au niveau stratégique. A cet état d'avancée, nous pouvons poser l'hypothèse que l'analyse multicritère est la méthode la plus adaptée à notre contexte. L'analyse multicritère offre de nombreux avantages tels que : des résultats clairs et compréhensibles, une durée d'application courte, une utilisation possible par des non experts, une vision du problème et des alternatives claires. Les décideurs pourront cependant être amenés à interpréter les résultats en fonction de leur expérience, la méthode doit donc intégrer ce facteur d'influence.

Une limite de ce travail est liée à la tendance actuelle de création de modèles de maturité. En effet, il existe d'autres sources de modèles, le contexte mentionné ci-dessus montre un nombre croissant de modèles. Il est donc difficile d'assurer l'exhaustivité. Une autre limite du modèle concerne l'effort nécessaire pour sa mise en œuvre, il doit donc être développé pour être simple à utiliser. Un autre domaine inexploré concerne l'évaluation de l'être humain, les sciences du management, la psychologie, l'étude des compétences et les sciences cognitives. Un travail de recherche pourrait renforcer la portée du modèle. Néanmoins, l'idée de niveau de maturité numérique suggère que l'on peut être immature numériquement. Si le terme n'a pas une connotation positive, il faut noter que dans certains cas, il n'est pas nécessaire et pourrait même nuire à une organisation qui cherche à devenir très mature numériquement si cela ne correspond pas aux objectifs de l'entreprise (Colli et al. 2019). Cela met en évidence qu'il n'est pas nécessaire de disposer d'outils complexes pour bénéficier des avantages de la transformation numérique, mais qu'il existe un réel besoin d'un cadre pour aider à l'intégration des nouvelles ressources numériques afin de surmonter les obstacles causés par le manque de temps, de connaissances, de dynamique d'apprentissage, de ressources financières et humaines.

## 2.6. Conclusion

L'objectif de ce chapitre était donc d'étudier d'une part les modèles d'évaluation de la transformation numérique des entreprises afin d'identifier les lacunes et de proposer un nouveau modèle permettant de caractériser de manière précise le niveau de maturité numérique des PME industrielles et d'autre

part d'analyser les différentes méthodes d'aide à la décision existantes et les recommandations utilisées dans les entreprises pour leur transformation numérique.

Cette partie présente donc des modèles permettant de caractériser la transformation numérique des entreprises ainsi que les méthodes d'aide à la décision disponibles. La transformation numérique est un mouvement de plus en plus adopté, ce qui se traduit par l'augmentation du nombre de modèles, même si la plupart d'entre eux ont une vocation commerciale et proposent un accompagnement par des experts en conséquence. Il existe de nombreuses approches différentes pour caractériser la maturité numérique des PME.

La principale contribution de ce chapitre se trouve dans l'approche par trois dimensions ainsi que la définition des méthodes d'aide à la décision existantes et les recommandations en entreprise. L'étude des modèles existants nous amène à la conclusion suivante : la dimension humaine n'est pas suffisamment mise en avant alors que de nombreux auteurs précisent que cette dimension joue un rôle important dans le bon déroulement d'une transformation (Coulet 2018). La plupart des modèles observés sont des modèles de maturité et montrent que l'approche de la maturité permet une définition plus précise de la capacité de l'entreprise, notamment pour les PME industrielles. Les modèles de maturité peuvent fournir une approche pour mesurer le niveau numérique des entreprises mais montrent également la nécessité d'une adaptation aux petites et moyennes entreprises. De plus, comme nous l'avons vu précédemment dans la littérature, une évaluation efficace pour les PME implique l'évaluation de trois dimensions qui ne sont pas unanimement abordées dans les modèles existants, montrant ainsi le verrou concernant les moyens disponibles pour caractériser le niveau de transformation numérique de ces entreprises. Cela montre la nécessité de créer un modèle intégrant les trois dimensions et dont les niveaux sont définis par une série de pratiques bien décrites.

## **CHAPITRE 3 : Création d'un modèle tridimensionnel pour mesurer la maturité numérique des PME industrielles**

### 3.1. Introduction

Nous avons vu que des modèles centrés sur l'évaluation de la maturité numérique sont disponibles dans la littérature (Colli et al. 2018) et offrent une vision structurée de la transformation numérique (Teichert 2019). La transformation numérique a été abordée en grande partie d'un point de vue technologique (Westerman et al. 2011), mais nous avons vu dans l'état de l'art que l'étude de cette unique dimension n'est pas suffisante pour répondre au défi global qu'elle représente. Différentes dimensions autres que technologiques peuvent s'appliquer, notamment dans le cas des PME industrielles (Borštnar et Pucihar 2021). En effet, nous observons que les modèles existants adoptent principalement une vision centrée sur des fonctions spécifiques d'une entreprise, conduisant à une perspective analytique de la transformation numérique qui pourrait manquer d'une approche intégrative et globale. De plus, le contexte des PME implique le besoin d'un accompagnement spécifique compte tenu des contraintes induites par leur taille et leur manque de structuration interne. Cependant, des modèles de transformation numérique dédiés aux PME sont peu présents dans la littérature comme l'explique Teichert (Teichert 2019).

Afin de répondre à ces manques sur l'évaluation de la maturité numérique des PME industrielles, l'objectif de ce chapitre est de proposer un modèle de maturité avec des pratiques associées pour les PME industrielles. En effet, elles souffrent d'un manque de ressources dédiées et d'outils pour gérer leur transformation numérique (Colli et al. 2018).

Nous nous basons sur l'hypothèse selon laquelle la transformation numérique des PME peut être évaluée en fonction de trois dimensions : le niveau organisationnel, le côté humain et les ressources numériques utilisées par l'entreprise. L'organisation peut être représentée par les services de l'entreprise comme la stratégie, la R&D, la production, la logistique, etc. La dimension humaine fait référence à la gestion des ressources humaines, aux méthodes de recrutement, au développement et à la gestion des compétences, ainsi qu'à l'engagement des personnes dans l'entreprise. La dimension numérique est la qualification du niveau numérique des outils utilisés au sein de l'entreprise.

En prenant en compte le contexte des PME industrielles, l'identification des pratiques pertinentes pour soutenir la transformation numérique des PME apporte une contribution à la littérature sur l'évaluation de la maturité numérique et ouvre de nouvelles pistes de recherche pour surmonter le paradigme technologique associé à la transformation numérique.

L'objectif de ce chapitre est d'approfondir l'étude des trois dimensions identifiées, à savoir la dimension organisationnelle, humaine et ressources numériques. Le but est de synthétiser les pratiques à évaluer selon la littérature et de couvrir l'ensemble de celles-ci en proposant une adaptation pour les PME industrielles. Une attention sera donc portée sur la pertinence des pratiques par rapport aux caractéristiques des PME industrielles selon la méthodologie présentée en étape 3 de la Figure 16, les étapes 1 et 2 ayant été réalisées lors de l'état de l'art présenté précédemment.

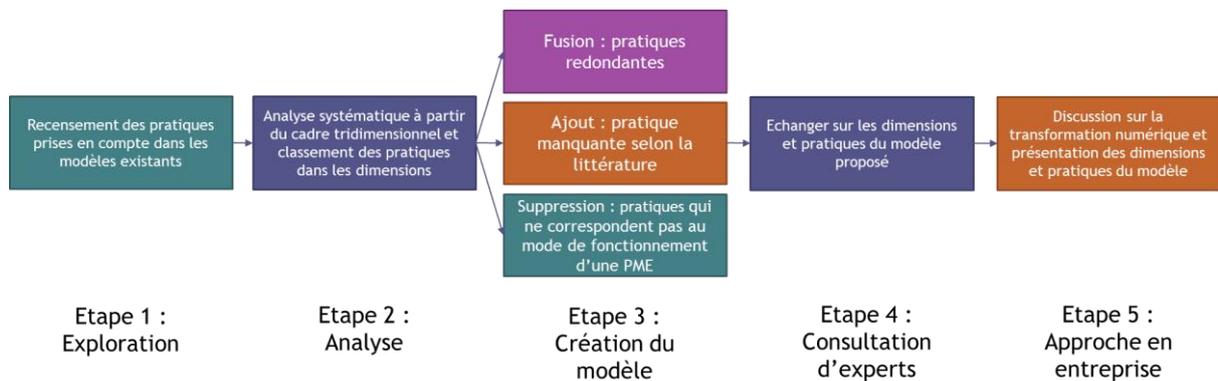


Figure 16 : Méthodologie de construction du modèle

### 3.2. Proposition d'un modèle de pratiques selon trois dimensions

#### 3.2.1. Dimension organisationnelle

Conformément à la méthodologie proposée précédemment, toutes les pratiques des modèles ont été analysées selon le contexte spécifique des PME industrielles et répertoriées dans des tableaux à l'aide de notre cadre tridimensionnel en les comparant à la littérature.

La dimension organisationnelle vise à évaluer la capacité de l'entreprise à intégrer le changement organisationnel. De plus, lors de la phase de traitement, de nombreuses pratiques redondantes ont été fusionnées, certaines ont été supprimées, comme la gestion du budget du service d'innovation, selon North, K. (North et al. 2019), ce service est peu ou non présent dans une PME en raison de sa petite taille. Le modèle a été construit en partie grâce à l'analyse de la littérature, réalisée à la deuxième étape de notre méthodologie. La structure de l'évaluation de la capacité organisationnelle a également été influencée par les travaux de Porter sur la chaîne de valeur (Walsh 2011). En effet, de nombreux éléments sont communs à Porter et à nos observations sur l'évaluation de la transformation numérique (Walsh 2011); (Nagy et al. 2018); (Xu et Koivumäki 2019). Cela peut s'expliquer par notre focalisation sur les PME industrielles.



<p>Ingénierie</p> <p>Structure (relevé 3 fois)</p> <p>Ecosystème</p> <p>Freins à la transformation</p> <p>Management du changement</p> <p><i>Modèles : (Galvez et al. 2018) ; (Whitney P. 2015) ; (Paulk et Curtis 1993) ; (Mark et al. 1993) ; (MIT (Deloitte 2017) ; (Anderl et al. 2017) ; (Chonsawat 2018)</i></p>	
<p>Structure réseau</p> <p>Infrastructure système</p> <p><i>Modèles : (Amaral 2019) ; (Chonsawat 2018)</i></p>	<p>Concerne un secteur spécifique donc ne concerne pas toutes les PME industrielles</p>
<p>Caractéristique de l'entreprise</p> <p><i>Modèles : (MEDEF 2019)</i></p>	<p>Nous nous intéressons à une catégorie d'entreprise spécifique ayant des caractéristiques similaires</p>
<p>Offre produit service (relevé 3 fois)</p> <p>Offre et partenaires</p> <p>Produit</p> <p><i>Modèles : (MEDEF 2019) ; (PWC Industry 4.0 2016) ;</i></p>	<p>Le type de produits / services ne rentre pas dans le cadre de notre évaluation</p>
<p>Innovation</p> <p><i>Modèle : (Mont Blanc Industries 2019)</i></p>	<p>L'entreprise n'a pas besoin d'être innovante pour réaliser sa transformation</p>
<p>Intégration verticale et horizontale de la chaîne de valeur</p> <p><i>Modèle : (PWC Industry 4.0 2016)</i></p>	<p>Requiert un niveau numérique élevé, inadapté aux pme</p>
<p>Plan d'action</p> <p><i>Modèle : (Stachowiak et Szlapka 2018)</i></p>	<p>Elément de sortie de notre méthode donc pas d'évaluation préalable.</p>
<p>Relations avec vos clients et vos partenaires</p> <p>Réseau et partenaires clients</p> <p><i>Modèles : (Stachowiak et Szlapka 2018) ; (PCO EP 2019)</i></p>	<p>Séparer : connaissance client, veille, agilité financière</p>

Tableau 9 : Suppression des concepts liés à la dimension organisationnelle

L'étape suivante consiste d'une part à fusionner les concepts redondants et d'autre part à définir la pratique résultante qui traduit ces concepts (Tableau 10).

Concepts	Pratique résultante
<p>Vision (relevé 4 fois)</p> <p>Stratégie (relevé 12 fois)</p> <p>Modèle d'affaires (relevé 4 fois)</p> <p>Gouvernance, direction, leadership</p> <p>Changement, roadmap</p> <p><i>Modèles : (Capgemini 2011) ; (Valdez-de-Leon 2016) ; (MIT Deloitte 2017) ; (Leipzig et al. 2017) ; (Stachowiak and Szlapka 2018) ; (Chonsawat 2018) ; (North et al. 2019) ; (Amaral 2019) ; (Rauch &amp; al. 2020) ; (González-Varona et al. 2020) ; (Gamache et al. 2020) ; (Borštnar et Pucihar 2021) ; (Lahrmann et al. 2011) ; (Galvez et al. 2018)</i></p>	<p>Définir la vision stratégique</p>
<p>Gestion de projet</p> <p>Gestion des ressources</p> <p>Gestion R&amp;D</p> <p><i>(Modèles Paulk et Curtis 1993) ; (Mark et al. 1993) ; (Galvez et al. 2018) ; (North et al. 2019)</i></p>	<p>Gérer ses projets</p>
<p>Politique de sécurisation des données</p> <p>Gestion des données</p> <p><i>Modèles : (Amaral 2019) ; (Gamache et al. 2020) ; (PCO EP, 2019)</i></p>	<p>Contrôler la cybersécurité</p>
<p>Administration (relevé 2 fois)</p> <p>Ressources (financières)</p> <p><i>Modèles : (PWC Industry 4.0 2016) ; (Digital Wallonia 2019) ; (González-Varona et al. 2020)</i></p>	<p>Gérer son agilité financière</p>
<p>Méthodes récentes</p> <p>Veille (relevé 3 fois)</p> <p><i>Modèles : (Nariaconseil 2019) ; (Université H2 2019) ; (MIT Deloitte 2017) ; (Paulk et Curtis 1993) ; (Mark et al. 1993)</i></p>	<p>Réaliser sa veille</p>
<p>Maintenance</p> <p>Système de surveillance</p> <p><i>Modèles : (DeFi 2021) ; (Rauch et al. 2020)</i></p>	<p>Assurer la maintenance</p>
<p>Evaluer les risques</p> <p>Qualité</p>	<p>Surveiller les indicateurs de l'entreprise</p>

<p>Gestion interne</p> <p><i>Modèles : (Lahrmann et al. 2011) ; (Paulk et Curtis 1993) ; (Mark et al. 1993) ; (Digital Wallonia 2019)</i></p>	
<p>Logistique</p> <p>Achats, Stockage</p> <p><i>Modèles : (Université H2 2019) ; (DeFi 2021)</i></p>	Gérer sa logistique
<p>Marketing (relevé 3 fois)</p> <p>Communication et collaboration commercial (relevé 2 fois)</p> <p>Développement commercial</p> <p>Réputation</p> <p>Visibilité</p> <p>Processus commerciaux</p> <p><i>Modèles : (Bariteau 2019) ; (BPI France 2019) ; (Université H2 2019) ; (Valdez-de-Leon (2016) ; (Stachowiak et Szlapka 2018) ; (PCO EP 2019) ; (Human Matter 2019) ; (Université H2 2019) ; (Keople 2019) ; (Anderl et al. 2017) ; (Digital Wallonia 2019)</i></p>	<p>Communiquer sur son offre</p> <p>Utiliser les canaux de vente à distance</p>
<p>Veille client</p> <p>Clients</p> <p>Relation client partenaire</p> <p>Expérience client (relevé 3 fois)</p> <p><i>Modèles : (Capgemini 2011) ; (Valdez-de-Leon 2016) ; (Stachowiak et Szlapka 2018) ; (North et al. 2019) ; (Gamache et al. 2020) ; (PCO EP 2019)</i></p>	Apprendre à connaître ses clients
<p>Operations (relevé 2 fois)</p> <p>Flexibilité de production</p> <p>Processus de production</p> <p>Système de fabrication agile</p> <p>Qualité (Production) (relevé 3 fois)</p> <p><i>Modèles : (Capgemini 2011) ; (Valdez-de-Leon 2016) ; (Leipzig et al. 2017) ; (Amaral 2019) ; (Galvez et al. 2018) ; (PCO EP 2019) ; (Lahrmann et al. 2011)</i></p>	Adapter son outil de production

Tableau 10 : Fusion des concepts liés à la dimension organisationnelle

Dans cette dernière étape, l'objectif est de combler des potentiels manques dans la liste les concepts évoqués dans les modèles étudiés précédemment qui seraient néanmoins discutés dans la littérature (Tableau 11).

<b>Pratique ajoutée</b>	<b>Justification</b>
Assurer le support informatique	Les PME ont besoin de gérer et d'entretenir un nouveau système informatique. Elles doivent donc être capable d'assurer son déploiement (Marche et al. 2019).
Installation de l'équipement	La mise en place de nouveaux équipements nécessite l'analyse de son environnement pour mieux définir ses besoins (Krishnamurthy et al. 2008).
Gérer le service après-vente	Souvent intégré dans d'autres concepts, la gestion du SAV est impactante (Joensuu-Salo et al. 2018) pour les PME industrielles et nécessite une évaluation séparée.

*Tableau 11 : Ajouts de pratiques liées à la dimension organisationnelle*

Après avoir appliqué notre méthodologie, 14 pratiques ont été définies (Tableau 12).

1)	Définir la vision stratégique
2)	Assurer le support informatique
3)	Contrôler la cybersécurité
4)	Surveiller les indicateurs de l'entreprise
5)	Réaliser sa veille
6)	Gérer son agilité financière
7)	Gérer ses projets
8)	Apprendre à connaître ses clients
9)	Utiliser les canaux de vente à distance
10)	Communiquer sur son offre
11)	Gérer sa logistique
12)	Adapter son outil de production
13)	Assurer la maintenance
14)	Gérer le service après-vente

*Tableau 12 : Pratiques de la dimension organisationnelle*

Conformément à notre modèle tridimensionnel, les prochaines dimensions à développer sont les dimensions humaines et ressources numériques. La section suivante portera donc sur la dimension humaine.

### 3.2.2. Dimension humaine

La transformation numérique est un changement lié aux ressources numériques, mais le facteur clé de succès est l'humain (Artemenko 2020). Le bien-être des employés est important pour faciliter l'adaptation aux nouvelles méthodes de travail et assurer la productivité de l'entreprise (Pînzaru et al. 2019). Cette dimension est la plus complexe car elle concerne l'évaluation des humains, la compréhension des besoins des employés. Elle peut concerner les aptitudes et les compétences.

Deux approches sont disponibles dans la littérature pour identifier les niveaux de compétences. La première consiste à décrire les niveaux de manière générique (Castelli et al. 2010), tandis que la seconde vise à décrire de manière explicite, pour une compétence donnée, à quoi correspond précisément le niveau. Dans notre étude, nous nous concentrerons sur la première approche, qui semble mieux correspondre à nos objectifs, notamment pour la création d'un modèle, permettant d'évaluer le niveau général de compétence, simple et rapide à mettre en œuvre pour une PME.

Un lien avec la dimension organisationnelle est présenté par Largier et al. (Largier et al. 2008) : les compétences ne concernent pas seulement une activité définie mais aussi l'adaptation au changement et la résolution de problèmes. Pour débiter une transformation, le dirigeant et son équipe doivent posséder les compétences nécessaires pour travailler avec les technologies (Artemenko 2020). Notre objectif ici est de mesurer une capacité à intégrer de nouvelles compétences, notamment dans le domaine du numérique.

Notre étude se concentrera sur l'organisation et ne pourra pas examiner les profils des employés pour des raisons de respect des données relatives à la vie privée, même si ces informations sont incluses dans l'évaluation des compétences selon Largier et al. (Largier et al. 2008). De plus, l'engagement des employés est un facilitateur pour augmenter la productivité (Savage et al., 2019). Mittal et al. (Mittal et al. 2018) vont plus loin et précisent que la participation des salariés est une exigence. L'engagement des personnes permet de réussir la transformation des entreprises (Westerman et al. 2011).

L'étude des modèles du chapitre précédent nous a permis de collecter un certain nombre d'éléments présentés ci-après Figure 18. Les concepts mis en avant dans les modèles étudiés portent sur la culture du numérique, la formation, le recrutement, la gestion des compétences et la motivation des employés. La culture du numérique, notamment la communication dans l'entreprise permet de

faciliter l'intégration des changements organisationnels (Chonsawat 2018). Les entreprises doivent dédier une partie de leurs ressources pour la formation de ses ressources humaines (Khin et Ho 2019). Les compétences doivent être en accord avec les besoins de l'entreprise (Gatautis et Vitkauskaite 2009). L'engagement des employés est indispensable pour conduire le changement (Amaral 2019), (Soto-Acosta 2020). La phase de recrutement est un paramètre influençant dans la réalisation de la transformation numérique (Gamache et al. 2020).



Figure 18 : Concepts de la dimension humaine

En suivant une méthodologie similaire à celle utilisée pour la dimension organisationnelle, les concepts relevés (Figure 18) ont été modifiés pour les adapter à notre modèle. La première phase de suppression est présentée ci-après avec les justifications associées (Tableau 13).

Concepts supprimés	Justification
Profils employés Etat d'esprit numérique Développement personnel des employés (relevé 2 fois) <i>Modèles : (North &amp; al. 2019) ; (González-Varona &amp; al. 2020)</i>	En dehors de nos domaines de compétences, perspectives pour de futurs travaux

Tableau 13 : Suppression des concepts liés à la dimension humaine

L'étape suivante consiste à fusionner et à associer les concepts relevés à une pratique correspondante qui couvre ces concepts (Tableau 14).

<b>Concepts fusionnés</b>	<b>Pratique résultante</b>
Compétences (relevé 2 fois) Expérience des collaborateurs Compétences numériques (relevé 3 fois) Apprentissage Formation RH (relevé 4 fois) Formation 4.0 <i>Modèles : (Capgemini 2011); (North et al. 2019); (Amaral 2019); (González-Varona et al. 2020); (Borštnar et Pucihar 2021); (Spring2 Innovation 2019); (Paulk et Curtis 1993); (Mark C. et al. 1993); (MIT Deloitte 2017); (Stachowiak et Szlapka 2018); (Chonsawat 2018); (Rauch et al. 2020); (González-Varona et al. 2020); (Nariaconseil 2019); (Keople 2019)</i>	Gestion des compétences
Métiers du numérique Recrutement Gestion des ressources humaines <i>Modèles : (Human Matter 2019); (Digital Wallonia 2019); (Galvez et al. 2018)</i>	Gérer ses ressources humaines
Culture de l'entreprise (relevé 4 fois) Leadership numérique Management et mobilisation Communication <i>Modèles : (Capgemini 2011); (PWC Industry 4.0 2016); (Anderl et al. 2017); (Leipzig et al. 2017); (González-Varona et al. 2020); (Gamache et al. 2020); (Borštnar et Pucihar 2021); (Bariteau 2019)</i>	Engagement

Tableau 14 : Fusion des concepts liés à la dimension humaine

Contrairement à la dimension organisationnelle, la littérature n'a pas incité à compléter davantage les pratiques de la dimension humaine.

En conclusion, la dimension humaine de notre modèle sera composée de trois pratiques (Tableau 15).



L'évaluation de cette dimension sera basée sur les ressources numériques présentes et utilisées dans l'entreprise. Hess et al. (Hess et al. 2016) indiquent que non seulement l'intégration des technologies numériques correspond à une transformation numérique, mais aussi leur utilisation. Dans les modèles existants, la dimension numérique correspond aux technologies numériques acquises par l'entreprise. L'idée principale ici est de pouvoir qualifier ces technologies actuelles et ensuite mesurer sa capacité à intégrer des ressources numériques à l'aide du modèle tridimensionnel. Nos travaux ont ainsi permis de construire une structure présentant les caractéristiques des outils et ressources numériques. Rios et al. (Rios et al. 2006) présentent deux facteurs à mesurer ; (1) le degré d'intégration, le lien avec les autres outils de l'entreprise et (2) la facilité d'intégration, comment les outils déjà en place contribuent à l'intégration du nouveau. Les outils numériques n'ont pas été suffisamment intégrés dans les PME (Bensiek et Kuehn 2012). De plus, le temps d'intégration, le coût sont des facteurs influençant la capacité des PME à réaliser leur transformation numérique (Hess et al. 2016). Notre proposition doit donc être capable d'évaluer la maturité des ressources numériques à l'aide des caractéristiques présentées dans le tableau suivant (Tableau 16).

A)	Complexité (besoin de compétences ou d'équipements spécifiques)
B)	Portée (% service concerné)
C)	Temps de mise en place
D)	Coût (rapport à la capacité d'investissement)
E)	Degré d'intégration
F)	Intégrabilité (compatibilité)

*Tableau 16 : Caractéristiques de la dimension ressources numériques*

Les trois dimensions de notre modèle sont définies, par des pratiques pour les dimensions organisationnelle et humaine et par des caractéristiques pour la dimension ressources numériques. L'objectif à présent est de définir une structure ainsi que de clarifier les niveaux d'action des différentes dimensions.

### 3.3. Proposition d'une structure d'évaluation

Après la définition de ces trois dimensions, il semble intéressant de les organiser afin d'explicitier leur niveau d'évaluation et leurs liens. Pour cela, nous nous sommes inspirés du schéma directeur (dénommé FD X50-271) qui présente le processus d'innovation (Huet-kouo 2015). Le schéma FD X50-271 offre une vision claire de la démarche de création de valeur dans son entreprise. Il est divisé en

deux niveaux, stratégique et opérationnel. Ces niveaux permettent à l'entreprise de comprendre plus rapidement la portée des actions à mettre en place. L'application de cette structure avec les pratiques évoquées précédemment clarifie la présentation de notre modèle.

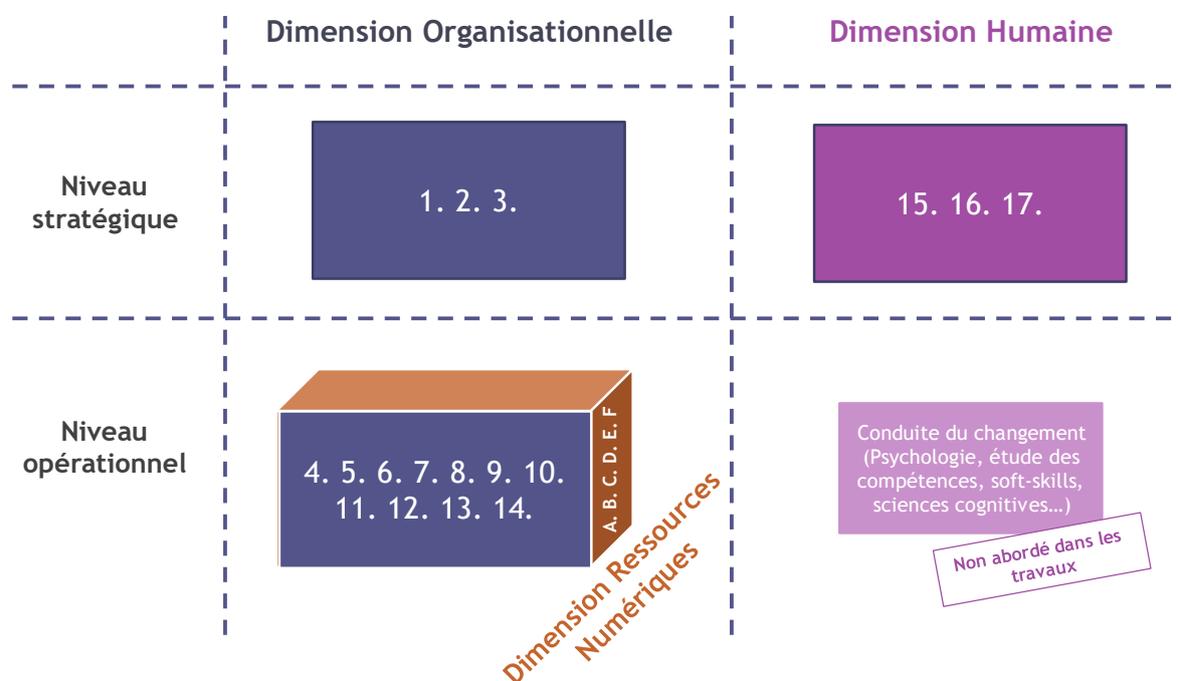


Figure 20 : Schéma structurel de notre modèle d'évaluation

Sur la Figure 20, nous avons positionné les pratiques énoncées précédemment en les numérotant dans chaque case. Les lettres font quant à elles référence aux caractéristiques des ressources numériques présentées auparavant. Ce schéma met en avant le niveau d'évaluation de la dimension « ressources numériques ». En effet, cette dimension est reliée à la dimension organisationnelle. L'évaluation des pratiques organisationnelles donne lieu à un questionnement sur la présence de ressources numériques pour réaliser ces dernières. Si une ressource numérique est utilisée dans l'entreprise pour supporter une pratique organisationnelle, la réponse sera donc positive. Les caractéristiques énoncées dans la dimension ressources numériques permettront alors de qualifier le niveau numérique de chaque outil utilisé pour ainsi en déduire le niveau numérique de l'entreprise.

Cette section conclut la construction du modèle par l'étude de la littérature, ce qui constitue la première version de notre modèle qui sera amenée à évoluer avec une consultation d'experts et une approche terrain.

### 3.4. Consultation d'experts

L'objectif principal de cette étape est d'échanger avec des experts de la transformation numérique et de discuter des dimensions et pratiques de notre modèle afin d'apporter une vision plus orientée terrain :

Objectif 1 : Découvrir les approches des entreprises vis-à-vis de la transformation numérique

Objectif 2 : Comparer leurs approches avec notre modèle

Objectif 3 : Ajustement du modèle en fonction des interviews d'experts

Pour répondre à ces objectifs, nous avons sélectionné quatre experts, le premier est le créateur d'un diagnostic en ligne pour la mesure de la maturité numérique ouvert à toute taille d'entreprises mais particulièrement les grandes entreprises. Le second est président d'une entreprise proactive dans le numérique. Le troisième est manager de projet numérique dans une banque publique d'investissement. Le dernier expert interviewé est chef de projet dans une PME du numérique.

Les rencontres se sont organisées en entretien semi-directifs avec en appui, une grille d'entretien (Tableau 17), proposant ainsi une discussion libre sur les thèmes abordés suivie d'une présentation du modèle et d'échanges.

Pratiques dimension organisationnelle	Pratique connue	Pertinent/à modifier ?
1) Définir la vision stratégique	Oui/non	Commentaire
2) Assurer le support informatique		
3) Contrôler la cybersécurité		
4) Surveiller les indicateurs de l'entreprise		
5) Réaliser sa veille		
6) Agilité financière		
7) Gérer ses ressources humaines		
8) Apprendre à connaître ses clients		
9) Utiliser les canaux de vente à distance		
10) Communiquer sur son offre		
11) Gérer sa logistique		
12) Adapter son outil de production		
13) Assurer la maintenance		
14) Gérer le service après-vente		
<b>Pratiques dimension humaine</b>		
15) Gérer les compétences		
16) Engager les équipes dans la transformation		
17) Développer la culture du numérique		
<b>Caractéristiques dimension ressources numériques</b>		
A) Complexité		
B) Portée		
C) Durée de mise en œuvre		
D) Coût		
E) Degré d'utilisation		
F) Intégrabilité		

Tableau 17 : Grille d'entretien

A l'issue de ces entretiens, nous pouvons confirmer la difficulté des PME à définir une stratégie de transformation numérique et donc le besoin d'un outil spécifique, dédié aux PME. La dimension humaine a aussi été au centre des discussions, son évaluation doit être séparée de l'évaluation des autres dimensions du fait de son importance capitale. En effet, une dimension humaine trop faible peut représenter un frein pour l'adoption de technologie. De plus, les experts sont unanimes sur le fait de ne pas prôner le 100% numérique mais plutôt l'intégration d'outils pour simplifier les procédés et expliquent la nécessité d'avoir un niveau organisationnel minimum avant de déployer des outils numériques complexes.

En termes de modifications de l'outil suite aux retours des experts, la dimension humaine a évolué pour intégrer la pratique « S'assurer du bien-être de ses employés » suite à son impact fort relevé par les experts. Une autre modification de cette dernière dimension est la séparation de la gestion des ressources humaines en deux pratiques :

- « Développer la culture du numérique » qui concerne la communication de l'entreprise vis-à-vis de la culture numérique, des nouvelles technologies, des événements et des actions de transformation etc.
- « Gérer ses ressources humaines » qui sera dans la dimension organisationnelle car elle concerne la manière dont l'entreprise formalise son processus de recrutement et de gestion des carrières.

Les experts ont ainsi validé toutes les pratiques et l'approche tridimensionnelle. Le modèle a donc été construit en s'appuyant sur la littérature puis en mettant à profit l'expérience d'experts en transformation numérique. Afin d'intégrer les utilisateurs finaux dans le développement de l'outil et conformément à la méthodologie proposée précédemment, la prochaine étape consistera à présenter le modèle à des PME industrielles n'ayant pas débuté leur transformation numérique.

### 3.5. Démarche de validation du modèle en entreprise

Une première approche terrain a été effectuée auprès d'entreprises afin d'entrer plus en détail dans les pratiques et de confirmer l'exhaustivité de celles-ci dans le contexte d'une PME. La méthode précédemment utilisée pour les échanges avec les experts a été à nouveau mise en application pour réaliser les entretiens. Cependant, les objectifs sont différents de la consultation d'experts.

Objectif 1 : Apporter une vision PME à notre modèle

Objectif 2 : Aborder notre modèle en tant qu'utilisateur final

Objectif 3 : Valider la compréhension des textes descriptifs

Au total, sept entreprises ont été interrogées, dans des domaines industriels tels que la réalisation de machines, de cristaux de lasers, d'outils pour les entreprises, de chauffage, de protections machines,

de chalumeaux, de soudage coupage et de lunettes. Les échanges ont mis en avant l'importance capitale de la gestion RH et également des problèmes au niveau de la gestion de projets pour les petites structures.

La pratique agilité financière a été modifiée, renommée sous le nom de « piloter sa comptabilité » car d'après les retours de plusieurs entreprises interrogées, l'agilité financière fut mal interprétée et donnait lieu à des questionnements. Le numérique dans la comptabilité se traduit par une analyse des données permettant ainsi de mieux suivre les variations de budgets en fonctions de leur origine (vente produit, achat pour tel service de l'entreprise) (Pashaeva et al. 2020). Selon Marius et al. (Marius et al. 2012), la comptabilité au sein des PME peut offrir de nombreux avantages si elle est correctement réalisée, elle est un outil d'aide à la décision puissant et permet notamment de négocier les prix des achats/ventes, de mesurer précisément le ROI, la croissance des différents services de l'entreprise etc. Pashaeva et al. (Pashaeva et al. 2020) ajoutent que le fait d'améliorer la gestion de la comptabilité en interconnectant les dépenses de toutes les opérations de l'entreprise permet de fluidifier son fonctionnement, d'assurer un rythme de projets plus régulier, d'optimiser les dépenses, d'obtenir un meilleur retour sur investissement etc.

Ces entretiens ont permis de faire une première adaptation des pratiques vis-à-vis de la situation des PME, notamment sur le fonctionnement des entreprises par rapport aux outils intégrés. Ces retours seront intégrés dans les prochains chapitres dans la définition des pratiques, des niveaux et des phénomènes observables.

### 3.6. Résultats et discussion

A la suite des interviews d'experts et de la première approche en entreprise, des modifications ont été apportées à notre modèle. Le modèle tridimensionnel après modification est présenté dans les tableaux suivants. Le premier tableau (Tableau 18) présente les trois pratiques de la dimension organisationnelle au niveau stratégique avec leur question associée ainsi qu'une description. Par exemple la première pratique « Définir la vision stratégique » est associée à la question « Comment intégrez-vous la dimension numérique dans votre stratégie ? ». Cette question permet d'interroger l'entreprise afin d'évaluer la pratique. Elle est suivie d'un court texte explicatif « Se servir du numérique pour définir sa stratégie de développement de son entreprise permet de mieux orienter ses objectifs, son activité de veille, de sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, de faciliter la communication en interne et à l'extérieur, de renforcer la cohérence du développement numérique ».

Niveau stratégique	Dimension organisationnelle		
	Pratique	Question	Description
1) Définir la vision stratégique	Comment intégrez-vous la dimension numérique dans votre stratégie ?	Se servir du numérique pour définir sa stratégie de développement de son entreprise permet de mieux orienter ses objectifs, son activité de veille, de sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, de faciliter la communication en interne et à l'extérieur, de renforcer la cohérence du développement numérique.	
2) Assurer le support informatique	Quelle est la capacité de votre service informatique ?	Les avancées du numérique mènent à repenser son modèle informatique, nouvelles politiques de gestion des données, nouveaux outils de collaboration, logiciels de gestion commerciale, etc. Avoir un service informatique capable de répondre à toutes ces nouvelles exigences facilite l'adoption de nouveaux outils et méthodes.	
3) Contrôler la cybersécurité	Quelles est votre politique de sauvegarde des données ?	Dans la transformation numérique, les données sont au cœur de l'entreprise et peuvent concerner des informations sensibles comme des données stratégiques et financières. Pour les protéger et répondre au RGPD, l'entreprise doit développer une politique de sécurisation des données (sauvegarde, gestion des accès, logiciel antivirus, etc.).	

Tableau 18 : Pratiques de la dimension organisationnelle au niveau stratégique

Le tableau suivant (Tableau 19) fait aussi partie de la dimension organisationnelle mais correspond au niveau opérationnel. Il est composé de 12 pratiques et comme précédemment, les pratiques sont présentées avec une question et un court texte explicatif. La pratique, anciennement « agilité financière », est devenue « Piloter sa comptabilité » suite aux retours des entreprises. Elle est associée à la question « Comment assurez-vous le pilotage de votre comptabilité ? » ainsi que le court texte « Un pilotage bien organisé permet de gagner du temps, d'optimiser les coûts et de minimiser les erreurs de calculs. » défini suite aux échanges avec les experts et les entreprises.

Dimension organisationnelle			
Pratique	Question	Description	
Niveau opérationnel	4) Surveiller les indicateurs de l'entreprise	Analyse des données stratégiques : comment identifiez-vous les gisements de valeur ?	Disposer d'indicateurs permet d'identifier et de prioriser les projets de transformation numérique à mener (diminuer coût de production avec l'IOT ou accélérer le traitement de commandes grâce à un ERP). La présentation de ces informations joue un rôle très important, car il s'agit de rendre visibles les bonnes données au bon moment et d'ainsi créer un tableau de bord, affichant des indicateurs pertinents pour optimiser sa stratégie.
	5) Réaliser sa veille	Comment organisez-vous votre activité de veille ?	Être à l'écoute de son écosystème passe par une activité de veille. Participer à des événements, s'inscrire à des newsletters, utiliser des outils de veille constitue un gisement d'informations. Une veille efficace permet de capter des tendances sur l'évolution des marchés, de repérer l'apparition de ressources numériques qui permettront de se différencier dans les années à venir.
	6) Piloter sa comptabilité	Comment assurez-vous le pilotage de votre comptabilité ?	Un pilotage bien organisé permet de gagner du temps, d'optimiser les coûts et de minimiser les erreurs de calculs.
	7) Gérer ses projets	Comment pilotez-vous vos projets ?	Le pilotage de projet se traduit par le suivi d'une succession d'étapes, de jalons à franchir. Ces étapes peuvent traiter de la faisabilité technique, commerciale, financière... Leur bonne définition vis à vis de la stratégie de l'entreprise permet de limiter la consommation de ressources et doit aussi permettre d'arrêter au plus tôt les projets qui ne pourront pas arriver à terme par le biais de validations régulières.
	8) Gérer ses ressources humaines	Comment sont gérées vos ressources humaines ?	Organiser sa gestion des ressources humaines permet de prévoir les besoins en personnel, de définir des plans de carrière, de faciliter le recrutement en vous positionnant comme un partenaire incontournable et une entreprise où l'atmosphère de travail est excellente.
	9) Apprendre à connaître ses clients	Comment valorisez-vous les données clients ?	Connaître ses clients et leurs habitudes permet d'adapter son offre et de mieux répondre à leurs attentes présentes et futures. Collecter et analyser des données (historique d'achat, fréquence, visite sur le site, clics, etc.) peut offrir une vision sur l'état actuel du marché, les tendances clients, les flux sur le site et les réseaux.
	10) Utiliser les canaux de vente à distance	Quelle-est votre présence sur internet ?	Plus de la moitié des achats sont maintenant réalisés en ligne, cette part augmente de façon exponentielle, réduisant ainsi celle des ventes physiques. La présence en ligne permet donc d'accéder à ce marché grandissant mais également de profiter d'une vitrine accessible à tous.
	11) Communiquer sur son offre	Comment communiquez-vous ?	Informez vos clients sur de nouvelles offres, de nouveaux produits/services est primordial, votre façon de communiquer doit permettre de toucher le plus grand nombre. De plus, internet donne aux utilisateurs la possibilité d'agir sur votre réputation, avis, notes... S'assurer d'être irréprochable aux yeux de vos clients permet d'avoir une meilleure image de l'entreprise et donc d'être plus visible et recommandé auprès de futurs clients.
	12) Gérer sa logistique	Comment gérez-vous les achats / ventes et votre stock ?	La gestion de la chaîne logistique optimisée par le numérique peut permettre de contrôler ses flux en temps réel en limitant à la fois le surstock et les ruptures. Cela peut passer par l'anticipation des tendances du marché afin d'adapter les commandes en amont. De plus, le traitement des commandes client/fournisseur est un processus parfois chronophage et apportant peu de valeur ajoutée. Outiller correctement sa logistique peut offrir de nombreux avantages comme la réduction du délai de traitement, la satisfaction client, la réduction des coûts, la simplification du processus.
	13) Adapter son outil de production	Quel est le niveau de flexibilité de votre outil de production ?	Les nouvelles tendances, un nouveau produit, les fluctuations de production ne doivent pas vous handicaper. Un système de production intégrant du numérique peut être davantage flexible. Il est ainsi capable d'être rapidement adapté pour la réalisation d'un autre produit ou pour subvenir à un accroissement ponctuel, et offre à l'entreprise la capacité de répondre instantanément à de nouvelles opportunités.
	14) Assurer la maintenance	Comment optimisez-vous la maintenance de vos infrastructures ?	Optimiser son processus de maintenance permet d'assurer une productivité accrue : maintenance simplifiée et assistée, réduction du temps d'arrêt, prévision des pannes, surveillance de la productivité des équipements, flexibilité et d'ainsi réduire les coûts inhérents et augmenter la marge de l'entreprise.
	15) Gérer le service après-vente	Comment assurez-vous le service après-vente de vos produits ?	Le service après-vente donne accès à davantage d'informations sur les habitudes des clients et permet de détecter et d'améliorer la prestation de l'entreprise. Un SAV efficace peut également exercer une influence sur la réputation perçue et la fidélité des clients.

Tableau 19 : Pratiques de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel

La dimension humaine n'intervient que dans le niveau stratégique, comme vu dans la section 3.2.2, le niveau plus proche des employés ne pourra pas être exploité. Le Tableau 20 contient donc les quatre pratiques de la dimension humaine au niveau stratégique présentées comme les tableaux précédents. Suite aux avis d'experts, la pratique « S'assurer du bien-être de ses employés » a été ajoutée à la dimension humaine. Elle est associée à la question « Interrogez-vous vos employés sur leurs conditions de travail ? » avec le texte descriptif issu de la consultation d'experts « Il est possible de penser que tout va bien dans l'entreprise et que les actions mises en place sont bénéfiques pour les employés, mais quand est-il réellement ? Laisser la possibilité aux employés de partager leur avis pourra permettre de connaître un peu plus vos collaborateurs et leurs besoins ».

Dimension humaine : niveau stratégique		
Pratique	Question	Description
16) S'assurer du bien-être de ses employés	Interrogez-vous vos employés sur leurs conditions de travail ?	Il est possible de penser que tout va bien dans l'entreprise et que les actions mises en place sont bénéfiques pour les employés, mais quand est-il réellement ? Laisser la possibilité aux employés de partager leur avis pourra permettre de connaître un peu plus vos collaborateurs et leurs besoins.
17) Gérer les compétences (entreprise apprenante)	Apprentissage et Gestion des Compétences : comment sont gérées les compétences dans l'entreprise ?	Entretenir une dynamique d'apprentissage au sein de votre entreprise permettra de faire évoluer votre organisation. Il est essentiel de savoir intégrer les nouveautés pour pouvoir en proposer à votre tour. Diversifier les compétences de vos équipes sur le volet numérique participe à la transformation numérique de toute l'entreprise.
18) Engager les équipes dans la transformation (acclimatation)	Comment favorisez-vous l'engagement de vos employés ?	L'implication des équipes est indispensable car c'est elles qui seront moteur, ainsi que le dirigeant dans la transformation de l'entreprise. Le digital peut favoriser une atmosphère productive. En interne, cela permet de mobiliser plus largement les salariés et de leur permettre de se projeter vers l'avenir dans l'entreprise. Vers l'extérieur, cela dynamise votre image, et participe à la bonne réputation de l'entreprise. Un employé heureux sera plus investi, plus efficace et plus agréable pour ses collègues.
19) Développer la culture du numérique	Communiquer-vous sur le numérique ?	Communiquer sur le numérique permet de maintenir tous vos employés à jour sur les innovations récentes et de les familiariser aux évolutions technologiques.

Tableau 20 : Pratiques de la dimension humaine au niveau stratégique

La dernière dimension, sur les ressources numériques est composée de six caractéristiques (Tableau 21) chacune correspondant à une question et à une courte description. La caractéristique « Complexité » est expliquée par le texte « Un outil de complexité élevé nécessitera également une formation plus conséquente qu'un outil plus simple » c'est-à-dire que si l'entreprise possède des outils complexes, cela montre un niveau de maturité plus élevé que si elle ne possédait que des outils basiques à mettre en place.

Dimension Ressources Numériques			
Caractéristique	Question	Description	
Niveau opérationnel	A) Complexité	Quelle est la complexité de votre outil ?	Un outil de complexité élevé nécessitera également une formation plus conséquente qu'un outil plus simple.
	B) Portée	Combien de services sont connectés à cet outil ? (Direction, RH, R&D, Communication, Production, Achat, Stock, Vente/Expédition, SAV)	Désiloter vos services permet de gagner de la flexibilité, de la productivité, à condition que les processus soient formalisés.
	C) Durée de mise en œuvre	Combien de temps est nécessaire à la mise en place de l'outil ? (Date d'installation à usage)	Mettre une partie de son entreprise en transition trop longtemps peut décourager vos employés et déranger le flux de projets de l'entreprise. Bien prioriser ses projets et assurer une communication régulière est primordial.
	D) Coût	Quelle part de votre budget représente l'installation de cet outil ?	Un outil représente un investissement parfois important, il est alors important de bien évaluer les apports et les risques potentiels.
	E) Degré d'utilisation	Utilisez-vous 100% des capacités de votre outil ?	Investir dans un outil est important, mais l'utiliser 100% et encore plus important.
	F) Intégrabilité	Avez-vous pensé au futur de votre outil ?	Un outil améliorera vos processus, mais il devra évoluer en fonction de la croissance de l'entreprise et de ses marchés.

Tableau 21 : Caractéristiques de la dimension ressources numériques

La contribution présentée dans ce chapitre apporte une réponse aux lacunes mentionnées précédemment, c'est-à-dire éviter la compensation entre plusieurs dimensions et en fournissant une approche claire pour les PME via les pratiques des entreprises. En effet nous avons vu que si la dimension humaine était intégrée à la dimension organisationnelle par exemple, un niveau organisationnel élevé pouvait se traduire par un niveau de maturité élevé même lorsque la dimension humaine est faible. Or nous avons posé le postulat qu'une entreprise ne peut pas être considérée comme mature si elle ne possède pas un niveau de la dimension humaine minimal.

L'évaluation de la situation actuelle de l'entreprise permet l'organisation des opérations futures (Treichert 2019). Le modèle est donc adapté aux PME industrielles et sa construction est soutenue par une vision théorique ainsi qu'une approche de terrain en mobilisant les travaux existants sur la mesure de la capacité d'innovation des entreprises (Boly 2004 ; Boly et al. 2014 ; Rejeb et al. 2008 ; Galvez 2018 ; Sepulveda et al. 2010). Le modèle présenté a été créé par la collecte et l'analyse des modèles de maturité existants, la littérature sur les principaux sujets liés à la transformation numérique et en l'adaptant au contexte spécifique des PME.

Un constat montre une dimension organisationnelle plus conséquente que la dimension humaine. La dimension organisationnelle rassemble plusieurs éléments forts et représente toute l'entreprise (stratégie, procédés, pratiques) alors que la dimension humaine est plus contenue. Elle représente uniquement l'humain en termes d'apprentissage, de bien-être, d'engagement sans pour autant étudier les parties cognitives, science du changement qui s'éloigne de notre domaine d'expertise. Cela se traduit donc par un nombre de pratiques moindres dans la dimension humaine. Cependant, le

modèle offre la possibilité d'évaluer séparément les deux dimensions et ainsi de gérer le facteur d'importance d'une dimension sur l'autre dans le cadre de la mesure de la maturité numérique.

### 3.7. Conclusion

Nos travaux de recherche ont conduit à étudier les modèles existants afin d'en extraire et d'adapter des pratiques aux PME industrielles, puis de venir consolider les résultats via des échanges avec des experts et une approche en entreprise. Ainsi, la première contribution est un modèle tridimensionnel mettant en évidence les éléments clés à mesurer pour évaluer la maturité numérique en fonction des conditions spécifiques des PME industrielles. En outre, notre modèle de maturité offre une vision entre les dimensions humaine, organisationnelle et ressources numériques. L'approche proposée par ce modèle est l'évaluation des pratiques des entreprises, développée par l'étude non seulement de la littérature mais aussi du terrain avec des experts et des modèles de praticiens. L'approche suggérée a conduit à la proposition d'un modèle tridimensionnel avec 19 pratiques et 6 caractéristiques numériques mettant en évidence les éléments clés à mesurer pour évaluer la maturité numérique en fonction du contexte spécifique associé aux PME industrielles. Nous avons validé notre grille d'analyse auprès de la communauté scientifique, via une publication en 2020 (Dethine et al. 2020). En outre, elle offre un cadre visant à éviter les effets de compensation entre les dimensions humaine, organisationnelle et des ressources numériques qui peuvent apparaître dans une évaluation globale, c'est-à-dire sans séparation entre la mesure des facteurs humains, organisationnels et purement technologiques. Elle aborde également le manque d'outils spécifiques aux PME industrielles adaptés à leurs ressources limitées car la plupart des modèles sont conçus pour de grandes entreprises dans divers domaines. Ce chapitre représente une première étape dans le développement d'un système d'évaluation des pratiques des entreprises afin de définir leur stratégie numérique.

Dans le chapitre suivant, il sera nécessaire de caractériser ces dimensions et les pratiques selon des niveaux à définir pour pouvoir les mesurer. Ces évaluations pourront être réalisées à l'aide de grilles de maturité, couramment utilisées dans l'évaluation des pratiques.

## CHAPITRE 4 : Construction du modèle de maturité

### 4.1. Introduction

Dans le précédent chapitre, nous avons construit le modèle tridimensionnel dans le but de proposer une approche pour l'évaluation de la maturité numérique des entreprises. L'objectif de ce nouveau chapitre est de répondre à la problématique de mise en place de cette évaluation ainsi que d'assurer la cohérence entre les différentes dimensions du modèle de maturité et définir un score global (V2). En effet, notre modèle ne permet pas à lui seul de répondre à notre problématique, une prochaine étape doit conduire à une utilisation cadrée pour garantir une bonne exécution de la mesure de la maturité numérique.

Ce chapitre se concentrera donc sur l'application du modèle tridimensionnel. Dans un premier temps, nous définirons la méthode d'évaluation de la maturité la plus adaptée. Basée sur l'état de l'art réalisé dans le chapitre 2, l'application de notre modèle utilisera des grilles de maturité pour l'évaluation des pratiques de l'entreprise. La suite détaillera les règles utilisées pour leur construction, mais aussi les niveaux qui les composent. La section suivante portera sur la construction des grilles pour chaque dimension et chaque pratique, permettant l'évaluation des pratiques selon notre modèle. Enfin, ce chapitre se conclura sur la présentation de la mécanique d'évaluation spécifique avec des règles d'interprétation des résultats. La description des niveaux sera renforcée à l'aide de textes explicatifs afin de guider la compréhension de ces derniers.

### 4.2. Définition de la méthode d'évaluation

Dans cette section nous allons étudier les différentes méthodes d'évaluation de la maturité des entreprises existantes.

#### 4.2.1. Vers une évaluation des pratiques

D'après (Moya 2021), la mesure des résultats et ressources de l'entreprise présente de nombreuses limites concernant les liens entre les moyens mis en place, les spécificités des projets et les résultats. Cela ne constitue pas une orientation d'évaluation satisfaisante. En effet il existe trois approches différentes présentées par (Boly et al. 2022). La première est l'approche basée sur les résultats, l'évaluation mesure la performance économique. La seconde mesure les ressources engagées tandis que la troisième s'intéresse aux pratiques dans le cadre d'une augmentation globale des capacités de l'entreprise (Figure 21).

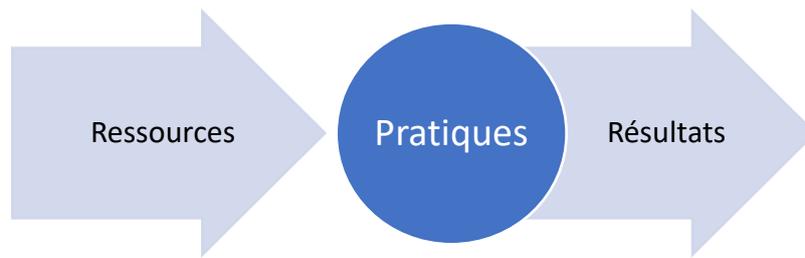


Figure 21 : Types d'approches d'évaluation d'une entreprise

Ainsi, mesurer les pratiques pourrait permettre de palier à ces limites et d'évaluer la maturité numérique à l'aide de phénomènes observables. Une pratique est l'application d'une technique, méthodologie, procédure ou processus dont l'impact positif sur la performance de l'entreprise est validé par des données (Moya 2021). En termes de management, la maturité fait référence aux étapes par lesquelles une organisation progresse dans la réalisation d'un objectif final (Storbjerg et al. 2016).

L'état de l'art du chapitre 2 nous a permis d'avoir une vision globale sur les méthodes d'évaluation des différents modèles d'évaluation des pratiques. En effet, pour les modèles trouvés dans la littérature, l'évaluation est descriptive et associée à des niveaux (Teichert 2019). Les méthodes de calcul sont très peu expliquées et sont souvent liées à une valeur de réponse avec une échelle de Likert ou encore une échelle binaire (Maier et al. 2012). A la différence des modèles de maturité, les grilles de maturité identifient les caractéristiques idéales d'un processus pour assurer une meilleure performance et est structurée autour d'une matrice avec différents niveaux de maturité pour chaque cellule. De plus, les grilles de maturité sont généralement un processus de diagnostic moins complexe qu'un modèle (Lannon et al. 2021).

Schuyler (Schuyler 1997) montre une tendance à l'évaluation des bonnes pratiques afin de mesurer la performance d'une entreprise. Pour cela, Gurzawska (Gurzawska 2021) décrit une approche par questionnaire avec des questions qualitatives, ouvertes sur le fonctionnement de l'entreprise. Cependant, cette approche nécessite un important travail de traitement des informations et ne permet pas d'être généralisée à toutes les évaluations d'entreprises. La méthode de Wieder et al. (Wieder et al. 2009) ne présente pas ce défaut. Elle est basée sur des grilles de maturité car elle offre de la modularité pour évoluer avec les besoins des utilisateurs.

Moya (2021) sur la « capacité à innover d'une entreprise » propose une méthodologie d'évaluation en 4 étapes principales :

1. Identification et recensement des bonnes pratiques : cette première étape consiste à définir les bonnes pratiques pour chaque processus étudié dans l'entreprise à l'aide de la littérature

scientifique mais aussi d'études de cas. Comme pour les autres outils, nous avons défini une série de pratiques liées à la transformation numérique.

2. Evaluation par grilles de maturité et phénomènes observables : cette étape nous intéresse plus particulièrement ici car elle correspond à la méthode employée pour évaluer les pratiques déterminées lors de la première étape. Il s'agit donc de réaliser des grilles de maturité, une grille par pratique afin de les mesurer grâce à des niveaux définis et décrits explicitement pour faciliter la prise d'information.
3. Classification des entreprises : l'objectif de cette partie est d'utiliser les résultats de l'évaluation précédente et d'une analyse multicritère afin de classer les entreprises selon des catégories. Ces catégories traduisent l'état de l'entreprise par rapport à leur « capacité à ».
4. La dernière étape vise à définir des plans d'action basés sur les résultats précédents. Ainsi, l'évaluation permet d'établir le niveau de l'entreprise à un instant donné, puis la génération de recommandation vient en support pour faire évoluer les pratiques de l'entreprise et améliorer ses processus.

Ainsi, les différents modèles issus de ces travaux sont basés sur une approche par grille de maturité pour l'évaluation des pratiques (Galvez 2018). De plus, l'utilisation de grilles de maturité offre de nombreux avantages comme une vision objective, notamment via l'utilisation de textes descriptifs (Moya 2021), mais aussi un retour sur l'évolution des pratiques. Les grilles sont construites de façon à ce que le niveau supérieur inclut les niveaux inférieurs, cela met en évidence les étapes à franchir pour passer au niveau supérieur. Le niveau ici correspond au degré de maîtrise de la pratique.

La prochaine section s'intéressera plus particulièrement aux grilles de maturité dans la littérature et aux études de cas déjà réalisées.

#### 4.2.2. Les grilles de maturité

L'idée principale de cette partie est de mettre en avant l'utilisation des grilles pour évaluer des pratiques. Il s'agira de démontrer si cette approche permet de résoudre les verrous définis précédemment. Les articles sélectionnés (Maier et al. 2012 ; Wieder et al. 2009 ; Fraser et al. 2002) présentent des grilles de maturité. Les résultats de leur analyse est présentée ci-après. Nous nous sommes intéressés aux points clés qui sont respectivement : les objectifs des grilles, les processus de construction et de validation.

## **Objectifs des grilles de maturité**

Les deux principaux buts des grilles de maturité sont la mesure de la capacité de l'entreprise et de la performance des éléments et processus clés (Maier et al. 2012). Sur l'ensemble des grilles de maturité étudiées, deux sont dédiées uniquement à l'évaluation de bonnes pratiques tandis que huit montrent une volonté de proposer un benchmark des entreprises afin de les comparer avec d'autres entreprises de secteur comparables. La majorité concerne l'amélioration des pratiques internes, quinze grilles sont utilisées pour la mesure et l'évolution de la performance de l'entreprise en étudiant ses résultats. Ce dernier point correspond parfaitement à notre objectif d'évaluer et de développer la maturité numérique des entreprises.

## **Applications**

Cette méthode est utilisée dans des domaines variés, montrant ainsi des cas d'étude montrant des résultats concrets : en santé pour l'évaluation d'un réseau de neurones apprenant (Lannon et al. 2021) ; en design pour l'accroissement de son agilité (Wieder et al. 2009) ; dans le domaine industriel (Storbjerg et al. 2016). Maier et al. (Maier et al. 2012) présentent l'étude de 24 grilles de maturité dans plusieurs domaines industriels. La démarche de conception de grilles de maturité utilisée dans les travaux sur la « capacité à » a été présentée dans une série de publications (Moya 2021 ; Boly 2004 ; Boly et al. 2013 ; Morel et Boly 2008 ; Rejeb et al. 2008) suite à des expérimentations dans des PME en France, en Argentine et au Chili (Sepulveda et al., 2010 ; Galvez et al., 2013). Il a donc été démontré que l'approche par grilles de maturité fournit une méthode structurée pour évaluer les pratiques internes qui permet in fine de soutenir la stratégie de développement des entreprises. En effet cette évaluation mesure un niveau à un instant donné et permet d'appréhender les prochains niveaux à atteindre pour augmenter sa maturité.

La prochaine partie vise à comprendre plus en détail les méthodes utilisées lors de la conception des grilles de maturité dans la littérature.

## **Méthodologie de construction des grilles**

La construction d'une grille de maturité doit permettre d'obtenir une évaluation fiable et réaliste du niveau organisationnel, numérique ou technologique d'une entreprise (Maier et al. 2012). Les grilles de maturité sont majoritairement utilisées pour l'évaluation d'éléments d'ordre organisationnels. Maier et al. (Maier et al. 2012) proposent la méthodologie suivante basée sur l'étude de 24 grilles de maturité. Cette méthodologie peut aussi s'appliquer, par exemple, aux approches de type échelle de Likert. Fraser et al. (Fraser et al. 2002) proposent également des étapes de construction comprises dans cette méthodologie avec laquelle nous pouvons lier nos étapes de recherche (Figure 22).

Etape de la méthodologie	Section correspondante
<b>Phase 1 : Planification</b>	
a. Audience cible	Introduction générale
b. Objectif	3.2
c. Domaine	Introduction générale
d. Définition des critères de succès	Sans objet dans notre cas
<b>Phase 2 : Développement des grilles</b>	
a. Définition des pratiques	3.2
b. Définition des niveaux de maturité	4.3.1 et 4.3.2
c. Rédaction des textes descriptifs (lien entre les pratiques et le niveau de maturité)	4.4
d. Support d'évaluation	4.5.1
<b>Phase 3 : Evaluation</b>	
a. Validation des grilles (littérature et étude de cas)	6.2
b. Vérification des résultats par rapport au planning de la phase 1	6.4

Figure 22 : Lien entre la méthodologie de développement de grille de maturité et nos travaux

Dans notre cas, la première phase a déjà été présentée et validée dans les chapitres précédents. A cette étape de développement nous sommes au cœur de la phase 2, les pratiques ayant été définies dans le chapitre 3, la suite concerne la définition des niveaux de maturité.

### Règles de construction

Afin d'assurer une régularité dans la rédaction des grilles de maturité, nous avons explicité quelques règles de construction. Ces règles seront appliquées tout à long du processus de création des grilles. Elles concernent le nombre de réponses possibles, leur niveau de maturité et les textes d'aide. Les règles que nous allons suivre pour construire nos grilles de maturité sont les suivantes :

Première règle : les réponses doivent correspondre à une maturité qui augmente de façon croissante. La première réponse est le point de départ et le niveau minimal possible. Le passage au niveau 2 sera relativement simple tandis que le passage du niveau 4 à 5 sera beaucoup plus difficile.

Deuxième règle : la réponse suivante doit inclure la capacité de répondre aux phénomènes observables de la précédente (Figure 23). Par exemple, si la réponse 4 est choisie, cela signifie aussi que l'entreprise possède la capacité de répondre aux prérequis des réponses 3, 2, 1 seront aussi comprises. Cette règle permet d'assurer une évolution graduelle et surtout d'éviter le passage prématuré à un niveau suivant qui ne correspondrait pas au niveau réel de l'entreprise.

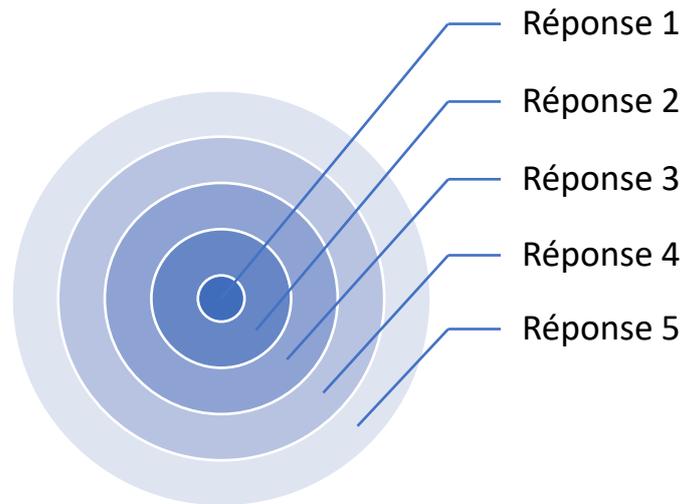


Figure 23 : Règle 2 : inclusion des réponses

Troisième règle : ajout de textes d'aide pour chaque question en plus des textes descriptifs des pratiques. Les grilles de maturité décrivent généralement les caractéristiques de maturité pour chaque activité à chaque niveau de maturité par une description textuelle (Storbjerg et al. 2016). Cette description offre une explication et un point de vue supplémentaire sur la portée de la pratique et limite les erreurs de jugement des utilisateurs des grilles.

Ces trois règles viendront s'ajouter à la méthode vue précédemment pour la définition des niveaux et la construction des grilles de maturité, sujet de la prochaine section.

#### 4.3. Vers une évaluation basée sur des niveaux de maturité

##### 4.3.1. Définition des niveaux des dimensions

Dans l'objectif de rendre compréhensible la signification des dimensions et de leurs 5 niveaux, des textes de référence ont été rédigés.

##### **Les niveaux de la Dimension organisationnelle**

Plus le niveau de cette dimension est élevé, plus les pratiques internes de l'entreprise seront formalisées : l'entreprise sera alors plus stable à long terme, ses besoins seront plus clairs et définis, les aléas liés à la gestion de l'entreprise, budget, gestion de projets, production, clients seront minimisés.

Pour chaque niveau de chacune des dimensions, un court texte explicatif permet de donner plus d'éléments de discernement :

- 1 : L'entreprise n'a pas formulé ses processus, ne possède pas de stratégie définie, ne surveille pas son environnement externe et interne (client, veille, RH, canaux de vente etc.), n'a mis en place aucune méthode particulière pour gérer sa production, sa logistique, sa maintenance et l'après-vente.
- 2 : L'entreprise suit une stratégie définie par des axes peu détaillés, elle tente de structurer ses procédés mais ils restent manuels et peu formalisés. Elle assure une surveillance limitée des indicateurs externes et internes. La gestion de la production, logistique et maintenance est assurée au minimum.
- 3 : L'entreprise a bien formulé sa stratégie, possède une activité de veille et de surveillance des indicateurs définies. Elle sait faire appel à des prestataires pour réaliser les activités qu'elle ne maîtrise pas. Elle possède une gestion de ressources humaines lui permettant d'assurer le suivi des carrières et des futurs postes. Son offre est claire, mise en avant sur plusieurs supports et structurée selon les besoins clients. La logistique, la production, la maintenance sont optimisées en fonction des besoins étudiés.
- 4 : La stratégie est parfaitement définie et intègre quelques éléments de la transformation numérique. L'entreprise sait mettre en œuvre les bons outils pour optimiser tous les services. Elle surveille en temps réel et de façon automatique les indicateurs internes et externes (veille, données clients, financières, résultats de production, logistique, SAV, etc.). Elle intègre le numérique dans certaines tâches pour faciliter ces dernières et met à profits de nombreux canaux de communication et de vente pour maximiser sa croissance.
- 5 : L'entreprise est parfaitement structurée dans chacun de ses services, ses pratiques sont considérées comme les meilleures. En constante amélioration, elle s'ouvre au futur en analysant les données pour prédire les tendances, optimiser son outil de production, les nouveaux usages. Elle intègre le numérique partout où il peut accélérer son développement.

### **Les niveaux de la Dimension humaine**

Plus cette dimension possède un niveau élevé, plus le côté humain est inscrit dans la stratégie de l'entreprise : prise en compte du bien-être des employés favorisant l'engagement, la communication. Cela rend la transformation numérique plus efficace, mieux perçue, outils numériques mieux compris et utilisés, limite les pertes d'investissement dues à la mauvaise utilisation des outils.

- 1 : L'entreprise n'interagit pas avec ses employés, pas de gestion des compétences en place.

- 2 : L'entreprise communique très rarement avec ses employés sur leur condition de travail et leur engagement. La gestion des compétences se limite à quelques compétences clés décrites dans des fiches de poste.
- 3 : Une entreprise extérieure se charge d'étudier le bien-être des employés. L'entreprise quant à elle assure une bonne communication auprès de ses employés et développe une culture du numérique. La gestion des compétences est formalisée.
- 4 : L'entreprise assure de meilleures conditions de travail grâce à sa stratégie de mesure du bien-être régulier et de l'engagement des employés. La gestion des compétences s'étend jusqu'aux soft skills et vise à explorer les pistes concernant les nouvelles compétences. La culture du numérique est animée par l'entreprise qui met également les employés au centre des communications afin de renforcer la cohésion des ressources humaines.
- 5 : L'entreprise est tournée vers l'avenir, elle met en place et étudie les futurs outils et méthodes pour l'amélioration des conditions de travail. Elle effectue une veille prospective afin de prévoir les compétences à acquérir. Tous les moyens disponibles sont utilisés pour favoriser la prise d'initiative des employés (Serious Game, team building, outils de consortium, etc.). L'entreprise est exemplaire sur la communication et l'animation de la culture du numérique (podcast, médias variés, participation des employés, suivi et partage des futures tendances).

### **Les niveaux de la dimension ressources numériques**

Elle concerne le niveau des ressources numériques utilisées dans l'entreprise et permet de savoir si l'outil est majoritairement adopté et utilisé ou s'il a été ajouté pour l'image novatrice et numérique qu'il véhicule. Elle permet aussi de constater si l'outil a été choisi dans une pensée à court ou long-terme dans la stratégie de l'entreprise, notamment au niveau des investissements en temps, RH, argent et de l'adaptation aux besoins de l'entreprise. Cette dimension donne à la fois un indicateur sur la maturité numérique de l'entreprise et à la fois sur sa capacité à intégrer de nouvelles ressources numériques.

- 1 : Les ressources numériques utilisées dans l'entreprise sont très basiques, gratuites, isolées par service et ne représentent pas d'effort particulier d'intégration.
- 2 : L'outil représente un faible investissement financier et temporel pour l'entreprise mais reste peu déployé à travers les services.
- 3 : L'entreprise a mis en place un outil en lien avec plusieurs services qui ont été formés à son utilisation pour maximiser son intégration.

- 4 : Plusieurs outils sont intégrés et maîtrisés dans l'entreprise qui a mis en place une stratégie d'intégration définie et efficace.
- 5 : Les ressources numériques sont parfaitement intégrées, maîtrisées à travers les services de l'entreprise, les ressources humaines ont toutes les formations associées aux outils. Les outils sont également compatibles avec les logiciels des fournisseurs/clients et bénéficient d'un suivi et de mises à jour régulières. L'entreprise a su investir suffisamment pour assurer un développement à long terme et possède ainsi une très grande capacité d'intégration du numérique.

#### 4.3.2. Définition des niveaux pour les grilles de maturité

La prochaine étape de notre méthodologie consiste à définir les différents niveaux de maturité. Cette partie portera sur une rapide analyse des niveaux utilisés dans la littérature.

Le nombre de niveaux est dans une certaine mesure arbitraire, et dépend de la capacité à déterminer des textes descriptifs appropriés qui différencient clairement un niveau du suivant (Fraser et al. 2002). La construction des grilles dans leur configuration dépend surtout des caractéristiques du processus à mesurer.

D'un point de vue normatif, la norme **ISO 15504** présente 6 niveaux pour évaluer les processus d'une organisation (Figure 24).

Niveau 0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus incomplet, soit le processus n'est pas réalisé, soit il n'atteint que partiellement son objectif.</li> </ul>
Niveau 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus réalisé, il est mis en œuvre et les objectifs sont atteints.</li> </ul>
Niveau 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus géré, sa mise en œuvre est planifiée, surveillée et ajustée.</li> </ul>
Niveau 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus établi, il se base sur des pratiques documentées et est capable de répondre à ses objectifs.</li> </ul>
Niveau 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus prévisible, sa mise en œuvre est conditionnée par des objectifs de performance définis, il se base sur une approche quantitative.</li> </ul>
Niveau 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Processus en optimisation, pour atteindre les objectifs actuels et futurs, il est constamment amélioré.</li> </ul>

Figure 24 : Niveaux de maturité selon la norme ISO 15504

Nous verrons que dans le contexte des PME industrielles, définir un nombre important de niveaux ne participe pas à la compréhension du modèle. La formulation des niveaux présentés dans la norme permet néanmoins de structurer la définition de nos futurs niveaux. Lemieux (Lemieux 2013) présente une évaluation de la capacité organisationnelle, permettant de s'adapter rapidement aux changements de son écosystème au sein de PME industrielles par exemple. Il met en place une grille à 5 niveaux allant du niveau 1 avec aucune gestion du changement jusqu'au niveau maximum 5 où la gestion du changement est totale et dans un processus d'amélioration continue. D'autres auteurs mettent en œuvre un nombre inférieur de niveaux. Zaoui et Souissi (Zaoui et Souissi 2020) proposent un modèle pour évaluer les technologies de la communication et de l'information selon trois niveaux, faible, modéré et haut. Cependant, Ifenthaler et Egloffstein (Ifenthaler et Egloffstein 2019) montrent qu'un minimum de 4 niveaux est nécessaire pour évaluer la maturité numérique. De plus, 5 niveaux sont souvent utilisés dans les travaux étudiés, le premier correspond à une absence de maturité tandis que le dernier correspond à une maturité totale ou un processus d'amélioration continue selon un expert dans les transformations des organisations. D'un point de vue global, on peut observer deux tendances fortes. Parmi les 24 grilles de maturité étudiées par Maier et al. (Maier et al. 2012), 9 possèdent 4 niveaux et les 23 autres présentent 5 niveaux ainsi qu'une autre série de grilles présentée par Rafael et al. (Rafael et al. 2020).

Ainsi, d'après cette nouvelle étude de la littérature, les niveaux des grilles de maturité ont été définis.

Niveau 1 : Processus non réalisé (Ne fait pas)

Le premier niveau est le niveau le plus bas et signifie que la pratique n'est pas du tout réalisée.

Niveau 2 : Processus incomplet (Fait partiellement)

Ce niveau fait référence à une pratique partiellement formalisée où quelques éléments sont définis.

Niveau 3 : Processus géré (Fait)

Le niveau 3 montre que l'entreprise a formalisé ses pratiques de façon claire et explicite.

Niveau 4 : Processus établi et outillé (Fait avec des outils facilitateurs)

Ce niveau montre une parfaite maîtrise de la pratique avec l'utilisation d'outils pour venir faciliter les tâches de l'entreprise.

Niveau 5 : Processus en optimisation (Expert, proactivité, amélioration continue)

Le dernier niveau le plus élevé démontre une expertise totale, une utilisation accrue d'outils et surtout une politique d'amélioration continue et d'optimisation tournée vers l'avenir de l'entreprise.

La définition de ces niveaux servira de guide pour la construction des grilles de maturité, présentée dans la prochaine section, conformément à la méthodologie suivie.

#### 4.4. Construction des grilles de maturité numérique

Cette section est dédiée à la construction des différentes grilles. Chacune des trois dimensions se verra associer une série de grilles. Chaque pratique possèdera une grille de maturité. Chaque grille possèdera 5 niveaux différents, un texte de réponse associé et un texte descriptif d'aide à la compréhension. Le schéma structurel de notre modèle d'évaluation mis à jour servira de guide pour la rédaction des grilles de maturité (Figure 25).

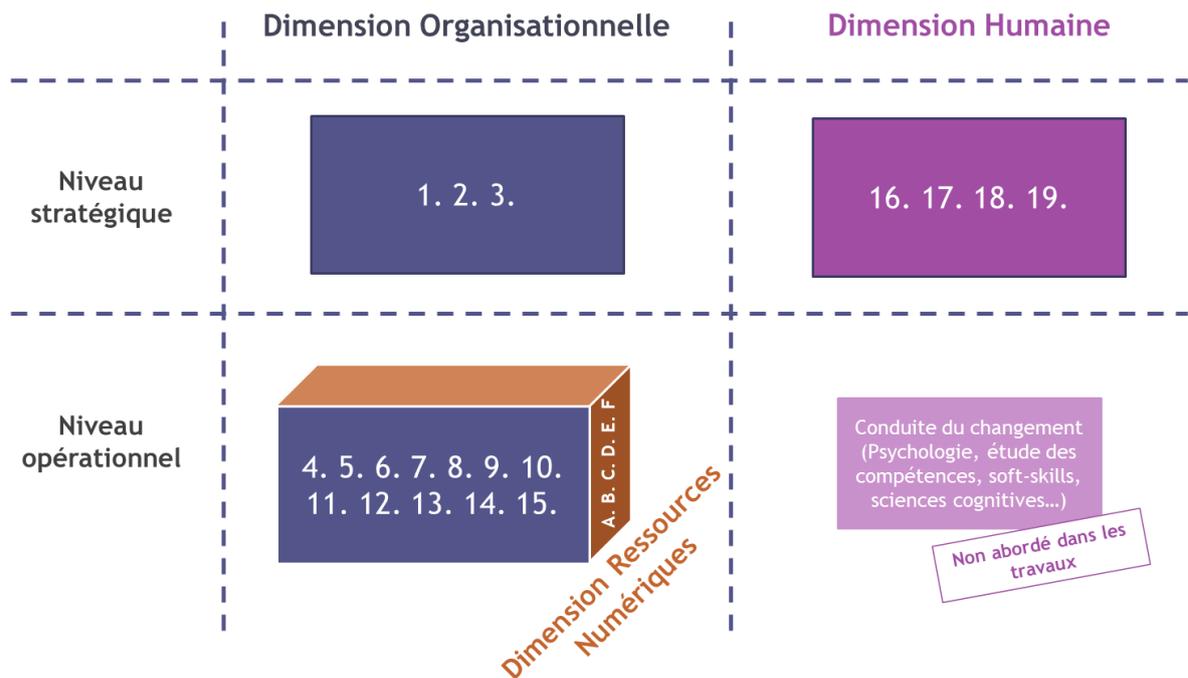


Figure 25 : Nouveau schéma structurel de notre modèle d'évaluation

- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Définir la vision stratégique</li> <li>2) Assurer le support informatique</li> <li>3) Contrôler la cybersécurité</li> <li>4) Surveiller les indicateurs de l'entreprise</li> <li>5) Réaliser sa veille</li> <li>6) Piloter sa comptabilité</li> <li>7) Gérer ses projets</li> <li>8) Gérer ses ressources humaines</li> <li>9) Apprendre à connaître ses clients</li> <li>10) Utiliser les canaux de vente à distance</li> <li>11) Communiquer sur son offre</li> <li>12) Gérer sa logistique</li> <li>13) Adapter son outil de production</li> <li>14) Assurer la maintenance</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>15) Gérer le service après-vente</li> <li>16) S'assurer du bien-être de ses employés</li> <li>17) Gérer les compétences</li> <li>18) Engager les équipes dans la transformation</li> <li>19) Développer la culture du numérique</li> <li>A) Complexité</li> <li>B) Portée</li> <li>C) Durée de mise en œuvre</li> <li>D) Coût</li> <li>E) Degré d'utilisation</li> <li>F) Intégrabilité</li> </ol> |
|---|---|

L'ensemble de la définition et rédaction des grilles de maturité a été réalisé en co-construction avec un expert en innovation, engagé dans le comité Technique ISO TC 279 Systèmes de Management de l'Innovation, un membre de la commission CN-INNOV, ainsi qu'une équipe de recherche composée d'experts en numérique et en gestion d'entreprise. La base de travail composée des pratiques définies dans le chapitre précédent a permis à notre équipe de rédiger l'ensemble des grilles de maturité. Afin de détailler la méthode utilisée ici, quatre pratiques, deux pour la dimension organisationnelle aux niveaux stratégique et opérationnel, une de chaque autre dimension et sont présentées intégralement ci-après.

#### 4.4.1. Grilles de maturité : dimension organisationnelle niveau stratégique

La première dimension traitée est la dimension organisationnelle. Nous avons défini des pratiques qui appartiennent au niveau stratégique de l'entreprise. Il s'agit maintenant de s'intéresser à la définition de chaque niveau avec une question, chaque texte descriptif et les phénomènes observables associés.

La première pratique de cette dimension est la pratique « Définir la vision stratégique ». La stratégie est une liste d'actions spécifiques et claires nécessaires pour atteindre un niveau de maturité plus élevé. La stratégie de transformation numérique nécessite le déploiement de ressources nécessaires au développement et à l'amélioration de l'organisation (Aslanova et Kulichkina 2020). Deux approches sont possibles pour mesurer cette pratique. La première est d'évaluer à quel point le numérique est intégré dans la stratégie globale de l'entreprise, c'est-à-dire quels objectifs liés au numérique sont présents dans l'entreprise. La deuxième approche consiste à mesurer la formulation de celle-ci et le recours au numérique pour aider la réalisation de cette pratique. Dans notre cas, la deuxième vision représente un niveau de maturité déjà élevé pour que le numérique agisse dans la définition de la stratégie. De ce fait, nous avons choisi la première approche possible en mesurant le niveau de maturité de la définition de la stratégie pour l'intégration du numérique.

Pour construire la grille de la pratique numéro 1 « Définir la vision stratégique », la première étape consiste à déterminer une question simple et claire.

➔ Question : « Comment intégrez-vous la dimension numérique dans votre stratégie d'entreprise ? »

Pour donner plus d'informations et de détails sur cette question, nous avons ajouté pour chaque question, un court texte explicatif.

- ➔ Description : « Intégrer la dimension numérique dans sa stratégie d'entreprise permet de mieux orienter ses objectifs, son activité de veille, de sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, de faciliter la communication en interne et à l'extérieur, et enfin de renforcer la cohérence de son développement numérique. »

Pour définir les niveaux, nous avons commencé par définir les niveaux minimum et maximum pour les niveaux intermédiaires. Ainsi, le cadrage de l'évaluation de la pratique était plus clair et limitait les erreurs d'échelle. Puis la construction des autres niveaux a suivi la méthodologie vue précédemment.

- ➔ Niveau 1 : le premier niveau correspond à l'absence de la pratique, ici « La stratégie d'entreprise n'est pas formulée ». Afin de vérifier ce niveau, le texte suivant est associé : « Vous fonctionnez par opportunité. Vous basez votre pilotage exclusivement sur votre expérience. Vous ne pouvez fournir aucun plan précisant la stratégie de l'entreprise ».
- ➔ Niveau 5 : la maturité maximum de cette pratique entend une formalisation parfaite et de la proactivité : « L'entreprise déploie une feuille de route stratégique dédiée à sa transformation numérique. Une action prospective vient en appui à cette stratégie incluant un système de veille interne et externe et de capitalisation complet ». Le texte pour valider ce niveau est le suivant : « La stratégie d'entreprise a été construite et optimisée pour permettre l'utilisation d'outils de prospective. Elle sert de base à la sélection des projets, mais peut également être mise à jour en fonction de l'évolution du contexte de l'entreprise. Vous pouvez présenter la roadmap de votre entreprise à horizon 5 ans ainsi que les critères d'évaluation des projets digitaux ».

En appliquant le même cheminement, les 5 niveaux de la grille ont été complétés (Figure 26).

Les trois pratiques qui composent la dimension organisationnelle au niveau stratégiques ont été construites en suivant cette méthodologie (les grilles en version finale sont disponibles en Annexe 1).

1) Définir la vision stratégique		
Comment intégrez-vous la dimension numérique dans votre stratégie ?		
1	La stratégie d'entreprise n'est pas formulée.	Vous fonctionnez par opportunité. Vous basez votre pilotage exclusivement sur votre expérience. Vous ne pouvez fournir aucun plan précisant la stratégie de l'entreprise.
2	Des orientations générales ont été définies.	Vous fonctionnez à l'expérience. Votre intuition vous amène à orienter votre entreprise vers un projet particulier. Ceci est clair pour vous, mais n'a pas fait l'objet d'une réelle formalisation. L'historique de vos projets montre une stratégie partiellement définie.
3	La stratégie d'entreprise est formulée sans intégrer particulièrement la dimension numérique.	Vous pouvez citer au moins un projet pour lequel une réflexion stratégique a été formalisée. Vous pouvez fournir des documents écrits sur ce projet tels que : une analyse des atouts et des risques du projet, quelques éléments de marché, ou tout autre document qui vous a permis de choisir, de poursuivre ou d'arrêter le projet. L'entreprise peut faire appel à des technologies numériques ponctuellement sans avoir de stratégie digitale définie.
4	La stratégie est formulée et intègre des objectifs en termes de transformation numérique.	Vous pouvez fournir un document synthétisant la stratégie d'entreprise incluant le volet numérique à horizon 5 ans. Celui-ci a été construit par l'équipe de direction, avec ou sans recours à un prestataire extérieur en se basant sur des outils d'analyse stratégique classique (Force de Porter, SWOT, analyse de l'environnement, identification de Facteurs Clés de Succès...). Il sert de base à un Comité projet (ou au Codir) pour choisir les projets de transformation à développer.
5	L'entreprise déploie une feuille de route stratégique dédiée à sa transformation numérique. Une action prospective vient en appui à cette stratégie incluant un système de veille interne et externe et de capitalisation complet.	La stratégie d'entreprise a été construite et optimisée pour permettre l'utilisation d'outils de prospective. Elle sert de base à la sélection des projets, mais peut également être mise à jour en fonction de l'évolution du contexte de l'entreprise. Vous pouvez présenter la roadmap de votre entreprise à horizon 5 ans ainsi que les critères d'évaluation des projets digitaux.

Figure 26 : Grille de maturité de la pratique "Définir la vision stratégique"

#### 4.4.2. Grilles de maturité : dimension humaine niveau stratégique

Le niveau stratégique comprend également la dimension humaine, sujet de cette section. Nous allons prendre l'exemple de la pratique « S'assurer du bien-être de ses employés » (Tableau 20). En effet, si la transformation numérique améliore les conditions sociales (Bessonova et Battalov 2021), de mauvaises conditions à l'introduction d'une transformation peut ralentir, voire empêcher, l'entreprise de gagner en maturité. La réussite de la mise en œuvre de la stratégie suppose que le personnel soit prêt et conscient des changements à venir. L'engagement, la motivation et la participation des personnes aux changements stratégiques au sein d'une organisation est la clé du succès (Aslanova et Kulichkina 2020).

Pour construire la grille de la pratique « S'assurer du bien-être de ses employés », la première étape a consisté à déterminer une question simple et claire, adaptée au contexte des PME industrielles :

➔ Question retenue : « Interrogez-vous vos employés sur leurs conditions de travail ? »

Un texte explicatif clarifie la question.

➔ Description : « Il est possible de penser que tout va bien dans l'entreprise et que les actions mises en place sont bénéfiques pour les employés, mais quand est-il réellement ? Laisser la possibilité aux employés de partager leur avis pourra permettre de connaître un peu plus vos collaborateurs et leurs besoins ».

L'étape suivante est la définition des niveaux. Les premiers niveaux définis sont les extrêmes, minimum et maximum afin de cadrer la portée des réponses.

- ➔ Niveau 1 : le niveau le plus faible est ici basiquement une réponse négative soit : « L'entreprise n'interroge pas ses employés ». Le phénomène observable qui en découle est : « Aucune action particulière n'est mise en place »
- ➔ Niveau 5 : le maximum de maturité pour cette pratique se traduit par une politique d'amélioration continue des conditions de travail. Pour vérifier cette réponse, l'entreprise doit montrer qu'elle interroge régulièrement ses employés et leur permet de transmettre leurs idées, de façon anonyme, s'ils le souhaitent, pour améliorer leurs conditions de travail. Elle étudie également les nouvelles méthodes et moyens pour mesurer la pénibilité et l'ergonomie des postes de travail. Elle organise des séances de développement personnel.

Les prochains niveaux correspondent aux niveaux intermédiaires 2, 3 et 4. En appliquant notre méthodologie nous obtenons ainsi les 5 niveaux présentés dans la Figure 27.

16) S'assurer du bien-être de ses employés		
Interrogez-vous vos employés sur leurs conditions de travail ?		
1	L'entreprise n'interroge pas ses employés.	Aucune action particulière n'est mise en place.
2	L'entreprise mesure la satisfaction des ses employés chaque années et leur permet de proposer des idées d'amélioration de leurs conditions de travail.	Un questionnaire est proposé tous les ans pour mesurer le niveau de satisfaction des employés. L'entreprise dispose d'une boîte à idées relevée au moins une fois par trimestre.
3	Une société extérieure est chargée de mesurer les des conditions de travail des employés et leur état de satisfaction. L'entreprise prévoit des actions pour faire évoluer les conditions de travail si celles-ci sont en dessous de la moyenne.	L'entreprise fait appel à un prestataire pour étudier l'engagement de ses employés ainsi que leurs conditions de travail. Ce prestataire lui donne des informations de benchmark sur le niveau de satisfaction des employés d'autres entreprises. Elle a pour objectif de ne pas passer en dessous de la moyenne mais ne cherche pas à l'augmenter si celui-ci est dans la moyenne.
4	L'entreprise a mis en place une stratégie de mesure de l'engagement de ses employés. Cela lui permet d'assurer de très bonnes conditions de travail et de maintenir un frot degré d'engagement de ses employés.	Des outils logiciels sont accessibles pour tous les employés, l'entreprise fait régulièrement des demandes sous forme de quizz pour s'assurer du bien-être de ses employés. Elle analyse les réponses et tente de répondre au mieux aux demandes chaque mois.
5	Une politique d'amélioration continue des conditions de travail est en place.	L'entreprise interroge régulièrement ses employés et leur permet de transmettre leurs idées, de façon anonyme, s'ils le souhaitent, pour améliorer leurs conditions de travail. Elle étudie également les nouvelles méthodes et moyens pour mesurer la pénibilité et l'ergonomie des postes de travail. Elle organise des séances de développement personnel.

Figure 27 : Grille de maturité de la pratique "S'assurer du bien-être de ses employés"

Les grilles de maturité des pratiques « Gérer les compétences », « Engager les équipes dans la transformation » et « Développer la culture du numérique » ont été construites en suivant le même cheminement. Ainsi, la première version de l'évaluation de la dimension humaine est complète. Les grilles de maturité de la dimension humaine sont disponibles dans leur version finale en Annexe 2.

#### 4.4.3. Grilles de maturité : dimension organisationnelle niveau opérationnel

Le niveau opérationnel comprend 12 pratiques de la dimension organisationnelle. Ce niveau s'intéresse plus particulièrement aux activités des services. Par exemple, la gestion de projets, la production, la logistique, la veille sont étudiées.

Nous allons prendre l'exemple de la gestion de la logistique afin de détailler la construction de cette grille de maturité :

- ➔ Question : « Comment gérez-vous les achats / ventes et votre stock ? »
- ➔ Description : « La gestion de la chaîne logistique optimisée par le numérique peut permettre de contrôler ses flux en temps réel en limitant à la fois le surstock et les ruptures. Cela peut passer par l'anticipation des tendances du marché afin d'adapter les commandes en amont. De plus, le traitement des commandes client/fournisseur est un processus parfois chronophage et apportant peu de valeur ajoutée. Outiller correctement sa logistique peut offrir de nombreux avantages comme la réduction du délai de traitement, la satisfaction client, la réduction des coûts, la simplification du processus ».

Ensuite, des interviews d'experts en fonderie, usinage et production d'outils industriels ont contribué à la définition des niveaux.

- ➔ Niveau 1 : « L'entreprise gère l'ensemble de sa logistique sans procédure définie ». Le texte de vérification associé est le suivant : « L'entreprise constate une rupture de stock et rédige une commande auprès de son fournisseur habituel. L'envoi des commandes est géré manuellement au fil de l'eau. Les produits ne bénéficient pas de suivi, ils sont comptés et stockés ».
- ➔ Niveau 5 : « L'ensemble de la logistique est géré avec un outil qui permet notamment d'analyser les données de gestion pour offrir une vision prospective ». Afin de valider ce niveau, l'entreprise devra répondre aux conditions : « L'entreprise dispose d'un outil qui peut être partagé avec le fournisseur et qui prend en compte les données de l'entreprise (historique d'achat, commandes clients, consommation des machines en matière première, indicateurs d'évolution des tendances du marché, offres des fournisseurs, négociation, niveau de stock actuel et futur) afin de réaliser automatiquement des bons de commande ainsi qu'un suivi du processus de commande ».

La douzième pratique sur la gestion de la logistique a donné lieu à la construction de la grille de maturité (Figure 28) avec la même méthodologie aux autres dimensions. Cependant, une différence résulte dans l'application des grilles de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel.

12) Gérer sa logistique		
Comment gérez-vous les achats / ventes et votre stock ?		
1	L'entreprise gère l'ensemble de sa logistique sans procédure définie.	L'entreprise constate une rupture de stock et rédige une commande auprès de son fournisseur habituel. L'envoi des commandes est géré manuellement au fil de l'eau. Les produits ne bénéficient pas de suivi, ils sont comptés et stockés.
2	L'entreprise dispose d'une procédure structurée pour la gestion de sa logistique.	L'entreprise compare les offres pour obtenir des tarifs plus avantageux. Le système informatique transmet et imprime les étiquettes et bons de commande. La gestion des stocks est réalisée grâce à l'utilisation d'un outil type tableur, rempli manuellement.
3	L'entreprise modifie ses procédures en fonction des retours d'expérience.	L'entreprise analyse son historique d'achat, stockage, vente et interroge les employés pour ajuster les méthodes en place. Vous êtes capable de dire qu'elles ont été les faiblesses de l'entreprise dans le passé et ce que vous avez mis en place pour les surmonter.
4	L'entreprise optimise son processus d'achats : saisie de bon de commande semi-automatique afin de réduire au maximum le temps de rédaction, suivi de commande complet, rapidité de préparation et d'envoi. L'outil de gestion des stocks opère le réapprovisionnement automatique en fonction des paramètres de l'entreprise.	L'entreprise dispose d'un outil comparateur d'offres fournisseur, une vision statistique de ses précédentes commandes, du stock à jour et un système interactif et rapide pour la saisie de bon de commande. La préparation des commandes est assurée par une communication directe avec un opérateur qui permet une préparation dans la journée et un envoi au plus tard le lendemain. Les données de stock partagées avec le logiciel permettent de lancer automatiquement des réapprovisionnements.
5	L'ensemble de la logistique est géré avec un outil qui permet notamment d'analyser les données de gestion pour offrir une vision prospective.	L'entreprise dispose d'un outil qui peut être partagé avec le fournisseur et qui prend en compte les données de l'entreprise (historique d'achat, commandes clients, consommation des machines en matière première, indicateurs d'évolution des tendances du marché, offres des fournisseurs, négociation, niveau de stock actuel et futur) afin de réaliser automatiquement des bons de commande ainsi qu'un suivi du processus de commande.

Figure 28 : Grille de maturité de la pratique "Gérer sa logistique"

### Particularité de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel

Une spécificité de l'application des grilles de maturité de cette dimension est le lien avec la dimension numérique. En effet, pour chacune des questions de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel, viendra s'ajouter une question sur la présence de ressources numériques. Cette question sera proposée à partir du niveau 3, les niveaux 1 et 2 étant considérés comme ayant une formulation trop faible pour mesurer la maturité numérique. Pour rappel, les pratiques doivent être formalisées à un niveau minimum avant de passer sur des moyens numériques, la technologie ne remplaçant pas la définition des processus de l'entreprise. La question sera totale, un « non » n'entraînera aucune modification du questionnaire tandis qu'une réponse positive redirigera vers les grilles de maturité de la dimension numérique.

#### 4.4.4. Grilles de maturité : dimension ressources numériques

Une multitude de ressources numériques disponibles ne sont pas utilisées dans la plupart des entreprises notamment par une appréciation insuffisante de la valeur de la nouvelle technologie (Jonkman et al. 2002), alors que les technologies sont l'essence même de la transformation numérique (Aslanova et Kulichkina 2020). Cela renforce la nécessité de mesurer ses ressources technologiques.

Les grilles de maturité correspondant à la dimension ressources numériques sont différentes des autres grilles car elles ne s'utilisent qu'à la suite de l'évaluation de la dimension organisationnelle.

Chacune des évaluations de cette dimension donne lieu à un questionnement sur la présence ou non d'une ressource numérique. Si la réponse est positive, alors cette ressource est évaluée à l'aide des

grilles de la dimension ressources numériques. Si plusieurs outils numériques sont utilisés, et donc que plusieurs évaluations par les GDM (grilles de maturité) numériques sont réalisées, la moyenne par outil sera alors effectuée.

Une autre spécificité de cette dimension se situe dans la construction qui suit bien un nombre de 5 niveaux mais n'évalue pas des pratiques mais des caractéristiques de ressources numériques (cf. chapitre 3).

Par exemple, la caractéristique « complexité » est évaluée avec la question suivante : « Quelle est la complexité de votre outil ? ». Les réponses sont définies selon les 5 niveaux :

- ➔ Niveau 1 : « Pas de complexité particulière » avec la validation : « Votre outil est très facile à prendre en main et ne nécessite aucune formation. »
- ➔ Niveau 2 : « Faible complexité » avec la validation : « L'outil nécessite une mise en pratique assistée mais ne nécessite pas de formation spécifique. »
- ➔ Niveau 3 : « Complexité moyenne » avec la validation : « L'outil nécessite une formation particulière pour sa mise en œuvre. Néanmoins, la formation peut être assurée en interne. »
- ➔ Niveau 4 : « Complexité élevée » avec la validation : « Une formation spécifique est nécessaire, un organisme spécialisé est obligatoire pour assurer la formation des utilisateurs. »
- ➔ Niveau 5 : « Expertise totale nécessaire » avec la validation : « L'outil nécessite la présence continue d'un expert pour fonctionner correctement. »

A) Complexité		
Quelle est la complexité de votre outil ?		
1	Pas de complexité particulière	Votre outil est très facile à prendre en main et ne nécessite aucune formation.
2	Faible complexité	L'outil nécessite une mise en pratique assistée mais ne nécessite pas de formation spécifique.
3	Complexité moyenne	L'outil nécessite une formation particulière pour sa mise en œuvre. Néanmoins, la formation peut être assurée en interne.
4	Complexité élevée	Une formation spécifique est nécessaire, un organisme spécialisé est obligatoire pour assurer la formation des utilisateurs.
5	Expertise totale nécessaire	L'outil nécessite la présence continue d'un expert pour fonctionner correctement.

Figure 29 : Grille de maturité de la caractéristique "Complexité"

Ainsi, les 6 grilles de maturité pour l'évaluation des ressources, nommées de A à F pour mettre en évidence la dissemblance d'évaluation, ont été conçues selon cette dernière méthodologie (Figure 29).

Notre modèle a donné lieu à la définition de trois dimensions, composées de 25 pratiques, chacune évaluées par une grille de maturité (Figure 25). Cet ensemble permettra de mesurer la maturité

numérique des PME industrielles. Les grilles de maturité des dimensions sont présentées dans leur version finale en annexes (Annexe 1 ; Annexe 2 ; Annexe 3).

#### 4.5. Vers un indice de la maturité numérique

Cette section sera consacrée au calcul de la maturité numérique à l'aide des résultats des grilles de maturité construites précédemment.

##### 4.5.1. Mécanisme d'évaluation

Une somme pondérée sera utilisée pour calculer la maturité numérique. Dans un premier temps, chacune des trois dimensions possèdera un score propre calculé avec la moyenne des pratiques. Chaque pratique possède un coefficient qui pourra être ajusté en fonction des retours lors des expérimentations. Ils sont, à cette étape des travaux, tous égaux avec un poids de 1 afin de n'avantager aucune pratique.

Pour les dimensions organisationnelle et humaine, la moyenne s'effectue sur toutes les pratiques. Pour la dimension ressources numériques, le calcul est réalisé sur la ressource numérique ayant la meilleure moyenne au niveau des caractéristiques. Nous faisons l'hypothèse ici qu'un outil mature permet à l'entreprise de mieux intégrer les outils suivants car l'expérience lui permet de plus facilement adopter de nouveaux outils (Khin et Ho 2019).

Le calcul final du score de maturité numérique sera proposé seulement si des conditions sont réunies. De fait, l'étude de la littérature réalisée dans les précédents chapitres a montré la nécessité de posséder une organisation structurée avant de se lancer dans la transformation numérique (Saarikko et al. 2020). Cela se traduit par l'application de règles d'interprétation, présentées dans la section suivante.

##### 4.5.2. Score et règles interprétation

Lors du calcul de la maturité numérique, il faut prendre en compte le fait que les facteurs facilitant la transformation numérique sont davantage d'ordre organisationnel que technologique (Saarikko et al. 2020). Ainsi, l'ordre de priorité d'importance des dimensions semble être le suivant : la dimension organisationnelle est la plus importante, vient ensuite la dimension humaine puis la dimension ressources numériques. Ce classement, expliqué dans la section 5.2, se traduit dans le calcul par deux seuils correspondant au minimum de formalisation des pratiques. Ainsi, si la dimension

organisationnelle et/ou la dimension humaine est inférieure au niveau 2, la maturité numérique ne sera pas calculable. L'entreprise devra formuler davantage ses pratiques avant de démarrer une transformation numérique. Même si la transformation numérique a un impact positif sur l'entreprise (Calabrese et al. 2020), adopter des outils numériques trop tôt pourrait ensuite devenir un frein pour sa transformation.

Lors de l'évaluation des entreprises, quatre types de résultats sont possibles :

- L'équilibre entre les trois dimensions
- La dominance de la dimension organisationnelle
- La dominance de la dimension humaine
- La dominance de la dimension ressources numériques.

Dans le premier cas, la dimension la plus faible sera à travailler en priorité. Pour les autres cas, prenons l'exemple de quatre cas fictifs : Exemple de quatre cas fictifs (Tableau 22).

	Entreprise 1	Entreprise 2	Entreprise 3	Entreprise 4
Dimension organisationnelle	3	2	2	3
Dimension humaine	2	4	2	3
Dimension ressources numériques	0	0	4	3
Interprétation	Entreprise « Non numérique », sans déséquilibre, potentiellement prête à s'engager dans sa transformation numérique	Centrée sur l'humain mais peu développée → Favoriser la dimension organisationnelle	Fausse maturité numérique, l'entreprise, a intégré des outils mais ses pratiques ne sont pas suffisamment formalisées pour une transformation numérique à long terme	Entreprise de niveau supérieur à la moyenne et équilibrée, pas de priorisation au niveau des dimensions

Tableau 22 : Exemple de quatre cas fictifs

- L'entreprise 1 possède une dominance Organisationnelle, c'est le cas le plus propice pour débiter la transformation numérique car elle ne possède pas encore de ressources numériques mais ses pratiques sont suffisamment matures.
- L'entreprise 2, à dominance humaine, doit préférer un développement plus important de la partie organisationnelle.
- Le troisième cas correspond à une entreprise dans laquelle la dimension ressources numériques est très développée par rapport aux deux autres dimensions. Si sa maturité semble élevée, les

manques de formalisation des dimensions organisationnelle et humaine représenteront un frein important dans la poursuite de la transformation numérique

- Le dernier cas présente une entreprise équilibrée et à niveau supérieur à la moyenne des grilles, sa stratégie future pourra donc intégrer des éléments de chacune des dimensions.

L'utilisation des grilles et la compréhension des résultats donnera lieu à des interrogations de la part de l'utilisateur. Pour pallier ce biais de compréhension, la rédaction de description des niveaux semble indispensable.

#### 4.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons levé deux verrous qui concernaient la mise en place d'une évaluation de la maturité numérique et nous avons présenté une définition d'une méthode d'interprétation des résultats afin d'assurer la cohérence entre les dimensions et de définir un score global de maturité réel. L'approche utilisée est une série de grilles de maturité, construite à partir de l'analyse de la littérature et de la collaboration avec des experts. Les grilles de maturité permettent de connaître le niveau de maturité de l'entreprise à un instant donné mais également les étapes pour passer au niveau supérieur en validant les phénomènes observables des niveaux supérieurs. Les contributions de ce chapitre sont alors une série de 25 grilles de maturité, des textes explicitant les niveaux des dimensions, des textes explicatifs associant les niveaux avec les pratiques et la détermination de phénomènes observables associés à ces pratiques. Des hypothèses sur les seuils de calcul ont été formulées. La vérification des seuils est présentée dans le chapitre d'expérimentations.

La suite de nos travaux aura pour objectif d'utiliser le modèle de maturité pour proposer une méthode d'aide à la décision afin d'assister les managers dans l'élaboration de leur stratégie de transformation numérique.

## CHAPITRE 5 : Conception d'une méthode d'aide à la décision

### 5.1. Introduction

L'intérêt principal d'une méthode d'aide à la décision est de permettre de prendre la meilleure décision en fournissant des informations pertinentes. Ce type de méthode s'applique dans le cadre de décision multi acteurs mais aussi lors de problèmes complexes faisant intervenir plusieurs dimensions (organisationnelle, humaine, numérique) et plusieurs niveaux décisionnels (stratégique, opérationnel) (Tran et al. 2019). Une des difficultés relevées dans notre contexte de PME industrielles (section 2.2.2) est que les dirigeants manquent d'outils pour prendre des décisions concernant la transformation numérique. Il faut donc outiller les dirigeants afin de les guider dans leur parcours de transformation.

Ce chapitre visera à détailler notre méthode d'aide à la décision (Figure 30) dédiée à la définition d'une stratégie de transformation numérique pour les PME industrielles. Nous proposons dans ce chapitre un système pour accompagner les entreprises dans la définition de leur stratégie numérique et permettant de définir des plans d'actions en fonction de leur maturité numérique et de l'axe de développement choisi.

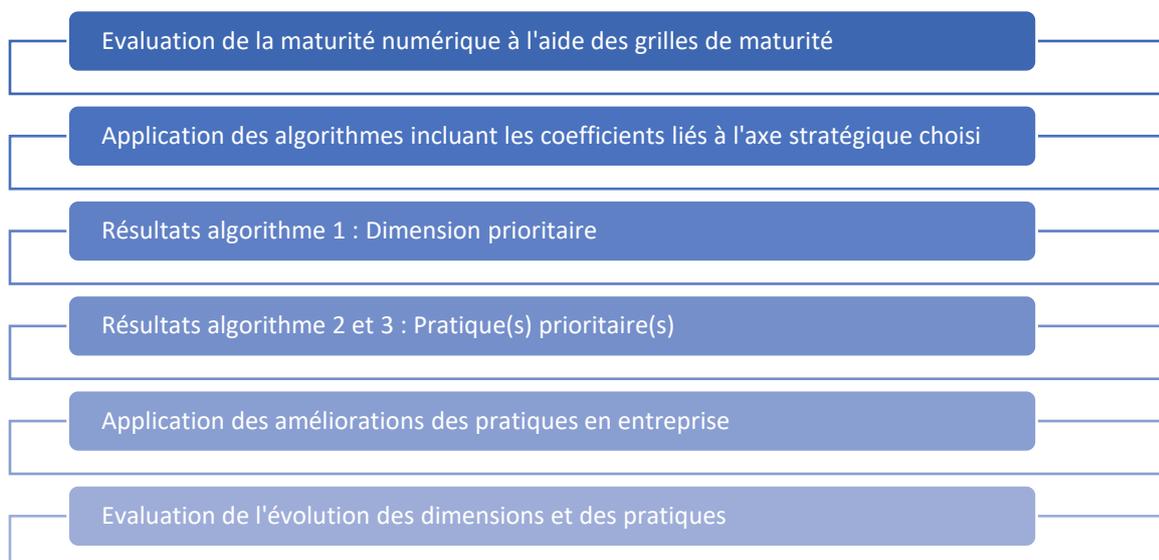


Figure 30 : Résumé des étapes de notre méthodologie

La transformation numérique ne doit pas remplacer les procédés de l'entreprise mais s'y intégrer afin de les simplifier (Artemenko 2020). Une première hypothèse consiste à partir de la stratégie existante de l'entreprise et d'ensuite ajouter de nouvelles perspectives liées au développement technologique de l'entreprise. Ensuite, les niveaux opérationnels et stratégiques ne devront pas être priorisés. Les deux niveaux pourront alors être traités dans l'ordre souhaité par l'entreprise. Certains cas amènent les entreprises à travailler sur un niveau plutôt que l'autre en fonction de leur contexte. D'après

Nambisan et al. (Nambisan et al. 2019) la transformation numérique n'implique pas seulement l'analyse des différents domaines, organisationnel et social mais aussi l'étude de leur corrélation. L'hypothèse de ce chapitre consiste à se baser sur la stratégie existante, puis définir à partir de cela les orientations stratégiques et ainsi construire un développement stratégique associé.

## 5.2. Notion d'équilibre entre les dimensions

La notion d'équilibre se traduit ici par une différence de priorité des trois dimensions mais aussi une évolution particulière de l'ensemble de celle-ci. Dans le contexte de la transformation numérique, un ordre est à respecter lors de la montée en niveaux des trois dimensions (Figure 31).



Figure 31 : Rang des trois dimensions (source : notre recherche)

### **La dimension organisationnelle avant la technologie**

Comme constaté dans l'état de l'art, la phase de préparation avant la transformation numérique joue un rôle décisif. En effet, l'entreprise doit posséder une maturité minimale et posséder une stratégie cohérente pour venir supporter les changements induits par le numérique. Ainsi, avant de passer à la phase de transformation, il est nécessaire d'effectuer un travail de formalisation et de structuration des processus internes de l'entreprise (Artemenko 2020). Cela revient à dire que toutes les pratiques doivent être à un niveau de formalisation défini pour passer au numérique. Cela permettra notamment d'une part de connaître ses besoins, de se focaliser sur le ou les services qui profiteraient des efforts de transformation et d'autre part de préparer l'ensemble des services à la nouvelle stratégie de l'entreprise.

### **L'humain avant la technologie**

L'évolution du capital humain n'est pas seulement un avantage compétitif mais un facteur fondamental pour l'acceptabilité humaine et le développement technologique (Kichigin et Gonin 2020). Même si le volet technique et scientifique sont des facteurs prédominants du développement numérique, il est impossible de ne pas développer l'humain qui est un véritable pilier de la transformation numérique : la sensibilisation et la formation sont nécessaires pour assurer la bonne maîtrise des technologies numériques, le facteur humain est alors prioritaire sur le facteur technique (Rodchenko et al. 2021). En effet, l'humain est la ressource clé pour assurer la bonne utilisation des

ressources numériques (Song et al. 2021). Il est donc nécessaire de développer la dimension humaine à un niveau pour lequel toutes ses pratiques sont formalisées, avant d'entreprendre l'intégration de nouvelles ressources numériques. Cela se traduit par un score minimal dans l'évaluation de la dimension humaine. De plus, les précédentes rencontres avec des experts (section 3.4) nous ont également montré que, sans développement des ressources humaines, la stratégie ne permettra pas une transformation pérenne. Dans notre cas, cela se traduit par la définition d'un seuil minimal qui fixera le niveau limite de la dimension humaine avant toute action en faveur du développement numérique comme l'adoption d'un nouvel outil.

### **Equilibre entre le volet organisationnel et la dimension humaine**

Les précédentes conclusions nous permettent de montrer que les dimensions organisationnelle et humaine sont des conditions nécessaires pour le développement de la dimension numérique. D'après Irtyshcheva et al. (Irtyshcheva et al. 2020), il faut minimiser les écarts au sein de la dimension humaine en assurant des bonnes conditions d'organisation et viser un équilibre entre ces dimensions. Le numérique viendra ensuite supporter celles-ci après que les pratiques auront été formalisées (Artemenko 2020).

### **Equilibre des pratiques au sein de l'entreprise**

Si le besoin d'équilibre entre les dimensions est présent, il en va de même au niveau des pratiques. En effet, lors de la construction du modèle, les pratiques choisies reflètent des éléments nécessaires au bon fonctionnement de l'entreprise. De plus, tous les niveaux ont été définis selon la même échelle. De ce fait, si une pratique possède un niveau très faible par rapport aux autres, elle pourrait représenter une faiblesse pour l'entreprise.

L'évaluation des trois dimensions selon les pratiques ainsi que les seuils, encore à définir, aideront l'entreprise à trouver quel service doit être formalisé, développé, quel outil doit être modifié. Ainsi, l'entreprise pourra sélectionner les tâches à réaliser en priorité, les investissements et les efforts nécessaires selon l'axe de développement choisi.

### **5.3. Définition de scénarii de développement**

Dans la définition d'une stratégie de transformation numérique, un point essentiel est l'adéquation avec la vision de l'entreprise. Cette vision est propre à chaque dirigeant et influe directement sur le devenir de l'entreprise. Les contextes propres à chaque entreprise impliquent aussi plusieurs parcours de développement. Ainsi, dans une nécessité d'adaptation de notre méthodologie aux PME évaluées, il est pertinent de proposer plusieurs scénarii de développement.

### 5.3.1. Les axes de développement d'entreprises

Selon Rakotobe-Joel et al. (Rakotobe-Joel et al. 2002), trois éléments clés sont à étudier pour qualifier un changement d'organisation : la stratégie actuelle (évaluation de l'entreprise), les orientations stratégiques (axe de développement) et le développement stratégique (méthodologie d'aide à la décision). Ces trois éléments se traduisent par :

- 1- L'évaluation de l'entreprise, à la fois au niveau de ses pratiques mais aussi de son écosystème : selon la théorie de la contingence, une entreprise s'adapte à son environnement (Mintzberg 1979).
- 2- L'axe de développement choisi correspondant à la vision du dirigeant.
- 3- La méthodologie d'aide à la décision.

Ils démontrent ainsi l'importance de proposer différents scénarios.

#### **Définition de la stratégie dans le contexte des PME industrielles**

Définir une stratégie pour déployer et exploiter le numérique dans ses processus est crucial pour l'avenir de l'entreprise (Hess et al. 2016a). Pourtant, l'élaboration de la stratégie dans les PME est généralement intuitive et les orientations stratégiques constituent la vision implicite et souvent approximative des dirigeants (Bagnoli et Vedovato 2014). Le développement stratégique reflète donc un objectif plus général de développement que nous traduirons par axe de développement. Cet axe conditionnera l'élaboration de la stratégie ainsi que tous les choix futurs.

#### **Différents axes possibles**

Les axes de développement sont nombreux et propres à chaque entreprise. Néanmoins, on peut lister trois axes que nous considérons comme principaux car ils concernent dans la majorité des PME industrielles, notamment celles rencontrées dans le cadre de nos travaux.

Le premier axe étudié est l'augmentation de sa visibilité (Kraus et al. 2021). Le numérique change les habitudes des consommateurs qui ne sont plus seulement des acheteurs individuels mais membres d'une communauté qui échange et qui est capable de rendre visible une marque à travers le web (Yenicioğlu et Christodoulides 2015). La transformation numérique est un défi important pour les entreprises de taille intermédiaire mais des études montrent que l'impact financier positif est lié au niveau de maturité numérique (Truant et al. 2021). Cet axe se traduit par une volonté prononcée pour la mise en avant de l'entreprise, de ses produits et de ses services. Les canaux de communication sont alors multipliés et une politique de communication est mise en place. De la simple façade internet au site web complet avec gestion des comptes clients, paiement en ligne, suivi de commande, gestion du SAV, les outils numériques permettent d'accéder à des marchés plus larges en un temps réduit.

Un autre axe potentiellement suivi dans la stratégie est l'internationalisation de l'entreprise, par l'importation et l'exportation. Les facteurs économiques entrent en jeu dans ce processus car il permet la croissance de l'entreprise, la réduction des coûts et le développement de nouveaux marchés (Enjolras 2016). En effet, les outils et technologies numériques peuvent être considérés comme des facilitateurs afin d'atteindre les objectifs commerciaux internationaux des PME et ainsi réduire le temps et coût de développement des projets (Safar et al. 2018). Il a ainsi été démontré qu'une entreprise qui a réalisé sa transformation numérique est plus compétitive à l'export et possède davantage de facilités pour l'adoption de nouvelles technologies (Dethine et al. 2020).

Le prochain axe concerne directement l'industrialisation des PME et le numérique, à savoir, l'industrie 4.0. Ce terme a été utilisé pour la première fois en 2011 en Allemagne lors du premier salon mondial de l'industrie à Hanovre et décrit l'interconnexion entre les machines de la production (Pacchini et al. 2019). L'industrie 4.0 fait référence à la quatrième révolution survenue dans le monde de l'industrie, la première étant l'invention de la machine à vapeur et de la technologie hydraulique, la deuxième, l'arrivée des machines électriques pour la production de masse. L'automatisation des procédés avec des robots marque la troisième révolution. Ainsi, la quatrième révolution, la plus récente aujourd'hui, correspond à l'arrivée des machines connectées, notamment avec les lots (Internet of Things : Internet des objets). L'industrie 4.0 peut être définie comme la colonne vertébrale intégrant les objets technologiques, les lignes de production et les procédés dépassant les frontières organisationnelles, qui forment une nouvelle chaîne de valeur, intelligente, connectée et agile (Schumacher et al. 2019). L'industrie 4.0 associe de nombreuses technologies dans le domaine de la production (Burrill et Christ 2016). D'après les entretiens réalisés dans la section 3.5 ainsi que la littérature étudiée dans la section 2.2.2, nous pouvons apporter l'affirmation suivante : dans le contexte des PME industrielles, la partie production ne représente pas nécessairement le service majoritaire de l'entreprise, les autres services tels que la direction, la logistique la gestion des ressources humaines sont aussi conséquents. Ainsi, l'industrie 4.0 ne concernera pas l'ensemble des services des PME à cause de leur contexte spécifique. De plus, nous avançons l'hypothèse que l'effort financier pour adopter les technologies de l'industrie 4.0 représentent un important effort financier au regard de la potentielle valeur ajoutée dans un contexte de petite entreprise. Cet axe sera donc mis en perspective pour de futures recherches.

La vision des entreprises est propre à chacune même si de grandes directions peuvent être définies afin de caractériser les axes de développement plus spécifiquement. L'export représente des enjeux forts pour les PME et requiert un certain niveau de développement, une structure interne solide (Andersen 2005), ce qui est en lien avec notre hypothèse de priorisation des pratiques. L'impact de l'export sur l'organisation est global pour les PME industrielles en particulier (production, SAV, logistique, la communication) (Dethine et al. 2020). Nos domaines de recherche nous permettent

d'approfondir cet axe, fortement lié à l'innovation et à la transformation numérique (Dethine et al. 2020).

L'objectif de cette section est de présenter plusieurs axes de développement stratégiques afin de les intégrer in fine à notre méthode d'aide à la décision. En effet, ils permettront d'adapter l'évaluation de certaines pratiques en appliquant des coefficients propres à chaque axe qui seront ainsi spécifiques à la stratégie choisie par l'entreprise. Chaque axe devra donc être défini selon des coefficients qui permettront de pondérer les niveaux de maturité des pratiques. Par exemple, en ce qui concerne l'axe stratégique basé sur la visibilité, la pratique sur le développement des canaux de vente aura un poids plus élevé qu'une pratique sur la gestion de la maintenance. Ces coefficients agissent dans le calcul de la moyenne des niveaux des pratiques par dimension ainsi que pour la comparaison des pratiques entre elles. C'est-à-dire que si deux pratiques sont de niveaux 1, celle avec le plus haut coefficient sera déclarée prioritaire.

Afin de pouvoir proposer des résultats avec une formalisation suffisante pour permettre l'utilisation des coefficients sur le terrain, nous nous sommes concentrés sur l'axe stratégique de l'internationalisation, l'export. Le choix s'est porté sur cet axe car nous disposons de forts liens avec la Fabrique de l'Exportation, un laboratoire d'idées sur les sujets de commerce international et d'internationalisation des entreprises, et le club Stratexio 54 qui vient en aide aux entreprises souhaitant développer leurs chiffres d'affaires à l'international en formalisant leur projet d'export. Les autres axes vus précédemment représentent des perspectives de nos travaux.

### 5.3.2. Stratégie basée sur l'exportation, l'internationalisation

Engesmo (Engesmo 2019) énonce que « La transformation numérique a mis l'accent sur l'utilisation et l'application des technologies numériques, tandis que d'autres ont adopté une approche plus large qui inclut une perspective stratégique des innovations numériques et leur impact sur le contexte commercial plus large et au-delà. ». Dans ce contexte de liaison entre le numérique et l'export, il est nécessaire de clarifier les interactions entre ces derniers au niveau des trois dimensions de notre modèle de maturité. De fait, ces interactions pourront être intégrées à notre méthode d'aide à la décision pour faire varier la pondération des pratiques et ainsi adapter automatiquement les recommandations en fonction de l'axe stratégique de l'entreprise.

Tourner sa stratégie vers l'exportation requiert de nombreuses données concernant son marché cible. A l'international en particulier, cela permet un gain de temps et d'argent, en limitant notamment les déplacements. Un apport d'immédiateté et la centralisation des données sont à noter, ils constituent

un réel avantage compétitif. L'entreprise doit ainsi s'adapter à une nouvelle culture pour modifier ses pratiques internes, notamment liées à la dimension organisationnelle. Nous pouvons prendre pour exemple la pratique « Apprendre à connaître ses clients » issue de notre modèle. Les futurs clients appartenant à différentes cultures bénéficieront d'une approche adaptée aux standards de leur culture. Un autre exemple concerne la gestion de la logistique. Si un envoi à l'échelle nationale ne représente que peu de difficultés, un envoi à l'international requiert de nombreuses connaissances comme les normes de transports, les règles douanières, la traduction des documents etc. Nous pouvons observer que les pratiques de la dimension organisationnelle ne semblent pas représenter la même gravité en termes de choix stratégiques. Pour qualifier ces disparités, nous avons interrogé des experts à l'aide d'un questionnaire en ligne.

L'objectif de ce questionnaire est d'établir une classification des pratiques de la dimension organisationnelle par le biais de coefficients. Pour permettre l'anonymat du sondage, seules les réponses des experts en export répondants ont été prises en compte. L'utilisateur participait en distribuant un total de 100 points entre les 15 pratiques de la dimension. Les réponses des cinq experts répondants sont présentées dans le Tableau 23.

		Pratiques														
		1- Définir la vision stratégique	2- Assurer le support informatique	3- Contrôler la cybersécurité	4- Surveiller les indicateurs de l'entreprise	5- Réaliser sa veille	6- Piloter sa comptabilité	7- Gérer ses projets	8- Gérer ses ressources humaines	9- Apprendre à connaître ses clients	10- Utiliser les canaux de vente à distance	11- Communiquer sur son offre	12- Gérer sa logistique	13- Adapter son outil de production	14- Assurer la maintenance	15- Gérer le service après-vente
Réponses de l'expert 1		10	12	10	3	3	3	5	12	7	8	10	8	3	3	3
Réponses de l'expert 2		15	5	10	5	5	5	7	5	10	5	8	5	5	5	5
Réponses de l'expert 3		7	10	11	3	3	3	3	3	11	11	10	7	7	8	3
Réponses de l'expert 4		10	4	7	5	9	4	5	8	9	7	7	8	7	5	5
Réponses de l'expert 5		13	2	2	5	15	2	5	10	10	5	8	13	5	2	3
<b>Résultats</b>		<b>11</b>	<b>6,6</b>	<b>8</b>	<b>4,2</b>	<b>7</b>	<b>3,4</b>	<b>5</b>	<b>7,6</b>	<b>9,4</b>	<b>7,2</b>	<b>8,6</b>	<b>8,2</b>	<b>5,4</b>	<b>4,6</b>	<b>3,8</b>

Tableau 23 : Résultats du questionnaire sur le niveau d'importance des pratiques de la dimension organisationnelle

Un premier constat est que l'ensemble des répondants adopte une posture similaire sur la plupart des pratiques. Les pratiques jugées les plus impactantes pour l'exportation sont : Définir la vision stratégique, Apprendre à connaître ses clients, Communiquer sur son offre, Gérer sa logistique et

Contrôler la cybersécurité. Cependant, quelques pratiques montrent des notations plus hétérogènes : Assurer le support informatique, Réaliser sa veille, Gérer les ressources humaines. Ces variations s'expliquent par les différents contextes industriels des experts. Certains possèdent une vision b to b (professionnels à professionnels) alors que les autres ont une expertise dans les entreprises b to c (professionnels à particuliers).

Les résultats, calculés à partir de la moyenne des réponses pour chaque pratique, permet de définir les nouveaux coefficients appliqués à l'évaluation de la dimension organisationnelle pour les entreprises souhaitant adopter une vision tournée vers l'export.

Les deux autres dimensions de notre modèle sont moins impactées par une stratégie exportatrice. En effet, la priorisation entre les pratiques de la dimension humaine ne dépend pas de l'axe de développement choisi par l'entreprise. Dans le cadre de l'évaluation de la transformation numérique, toutes les pratiques de la dimension humaine sont équivalentes en termes de poids, il n'y a donc pas de coefficients spécifiques vis-à-vis de l'axe de développement choisi. Ainsi, les effets de cet axe stratégique sur la dimension humaine est moindre.

La dimension ressources numériques étant portée sur l'évaluation des ressources utilisées pour faciliter les pratiques de la dimension organisationnelle au niveau opérationnel, les caractéristiques de la dimension numérique ne possèdent pas de classement et sont évaluées sur le même niveau d'égalité.

Nous avons vu que si les effets de la stratégie axée sur l'export sont négligeables sur les dimensions humaines et ressources numériques, la dimension organisationnelle est davantage impactée. Cela se traduit par des différences de pondérations entre les pratiques dans l'évaluation de la dimension organisationnelle. Les coefficients spécifiques influent donc sur les résultats des grilles de maturité ainsi que l'interprétation induite.

#### 5.4. Méthodologie d'aide à la décision

##### 5.4.1. Priorisation des pratiques à développer

L'ambition de notre recherche est de concevoir une méthode qui permet de proposer un plan d'actions spécifiques pour chaque entreprise évaluée en fonction du niveau de maturité numérique d'une part mais aussi de l'axe de développement choisi (section 5.3).

La construction des grilles de maturité via des niveaux prédéfinis permet de faciliter la priorisation des pratiques. En effet il est facile de constater une pratique moins formalisée en comparant les niveaux

des pratiques. Cependant, et pour continuer à répondre au verrou (V2) concernant la cohérence de l'évaluation des dimensions, des attentions particulières doivent être portées sur la définition des seuils des dimensions et des pratiques afin de cibler un équilibre (section 5.2). En effet une dimension avec un niveau supérieur aux autres ne doit pas être mise en priorité par notre outil. Il en va de même pour les pratiques, les plus faibles doivent être mises en avant. Cela se traduit par l'instauration de seuils dont la validation sera explicitée dans le chapitre 6. Au niveau des pratiques, les seuils sont définis afin de mettre en avant les pratiques de niveau inférieur ou égal à 2 et de favoriser leur développement au plus tôt.

Comme vu dans la section 5.2, le calcul de la dimension ressources numériques ne s'effectue qu'à condition que les dimensions organisationnelle et humaine dépassent certains seuils. Ils sont aussi applicables lors de la priorisation des dimensions. Ces seuils permettent de traduire le fait que la dimension organisationnelle doit posséder un niveau de formalisation minimum de ses pratiques, à l'instar de la dimension humaine, et que si ces deux dimensions dépassent ce minimum, alors il est possible de mesurer la dernière dimension sur les ressources numériques.

Dans la première version de notre outil, nous fixons l'ensemble des seuils à 2, ce qui correspond, au niveau des grilles de cette version, une formalisation des pratiques limitée. Pour les dimensions, ce seuil peut être traduit par une moyenne des niveaux des pratiques inférieure à 2, induisant un nombre de pratiques possédant un niveau égal à 1. Pour rappel le niveau 1 est le plus faible et correspond à l'absence de formalisation de la pratique dans l'entreprise.

Le premier seuil à mettre en œuvre concerne la dimension organisationnelle, si celle-ci ne dépasse pas un niveau 2, alors elle devient strictement prioritaire sur les autres. Ensuite, si son niveau est supérieur à 2 mais que la dimension humaine possède un niveau inférieur ou égal à 2, cette dernière devient prioritaire (Algorithme 1).

*Si  $D_{orga} \leq S_{minD}$*

*Alors : Dimension Organisationnelle prioritaire*

*Sinon : Si  $D_{hum} \leq S_{minD}$*

*Alors : Dimension Humaine prioritaire*

*Sinon : Travail sur la dimension la plus faible*

*Avec  $D_{orga}$  : dimension organisationnelle*

*Et  $S_{minD} = 2$  : Seuil minimum des dimensions*

*Et  $D_{hum}$  : Dimension humaine*

*Algorithme 1 : Calcul de la dimension strictement prioritaire*

Dans le dernier cas, où les dimensions organisationnelle et humaine seraient toutes deux supérieures à 2, il convient de travailler sur la dimension la plus faible, les grilles de maturité ayant été conçue de sorte à viser un équilibre entre les dimensions pour assurer une transformation numérique cohérente.

Après que la dimension à développer ait été identifiée, l'étape suivante consiste à repérer la ou les pratiques à travailler en particulier. Là encore, la construction des grilles de maturité amène une simplification des calculs car il est suffisant de relever le score des pratiques et, dans un premier temps, de les comparer au seuil minimal des pratiques fixé à 2 afin de favoriser leur développement au plus tôt (Algorithme 2).

*Si  $E_{Pi} < S_{minP}$*   
*Alors  $E_{Pi}$  est prioritaire*

*Avec  $E_{Pi}$  l'évaluation de la pratique  $i$*   
*Et  $1 \leq i \leq 19$  et  $A \leq i \leq F$*   
*Et  $S_{minP} = 2$  : Seuil minimum des pratiques*

*Algorithme 2 : Calcul des pratiques strictement prioritaires*

Si toutes les pratiques dépassent le seuil minimum, l'étape suivante consiste à identifier toutes les pratiques égales au niveau minimum (Algorithme 3).

*Si  $E_{Pi} \leq E_{Pmin}$*   
*Alors  $E_{Pi}$  fait parti des pratiques prioritaires*

*Avec  $E_{Pi}$  l'évaluation de la pratique  $i$*   
*Et  $1 \leq i \leq 19$  et  $A \leq i \leq F$*   
*Et  $E_{Pmin}$  : Niveau de la pratique la plus faible*

*Algorithme 3 : Calcul des pratiques les plus faibles*

Par exemple si parmi quatre pratiques, une possède un niveau 1, elle sera strictement prioritaire. Un autre cas, si 2 pratiques sont au niveau 2 et les deux autres au niveau 3 et 4, alors les deux pratiques de niveau 2 seront prioritaires. Ces pratiques seront donc à travailler et l'entreprise pourra, dans le cas de plusieurs pratiques faibles, choisir de les développer simultanément ou de façon isolée. Ces seuils correspondent au niveau de formalisation faible de la pratique. Des études de cas seront présentées dans le chapitre 6 pour montrer notamment la mise en application des seuils et des algorithmes.

Enfin la dernière phase visera à définir cette méthodologie en prenant en compte un axe de développement spécifique. Cette méthodologie de priorisation des pratiques s'applique également

pour la transformation numérique avec une stratégie d'export. Les coefficients spécifiques à l'export étant appliqués dans le calcul du niveau de la dimension organisationnelle, les règles énoncées précédemment s'appliquent sans modification et permettent de prioriser les pratiques à travailler dans une stratégie d'export.

L'entreprise va maintenant devoir sélectionner les solutions qui répondent le mieux à ses objectifs tout en prenant en compte les capacités de l'entreprise mesurées précédemment. La transformation numérique pourra suivre la mécanique d'évolution proposée par notre méthodologie et décrite dans la section suivante.

#### 5.4.2. Mécanique d'évolution

Evaluer la capacité de l'entreprise à intégrer des nouvelles technologies numériques, en fonction de son niveau organisationnel et humain, permet de définir sa stratégie et d'améliorer les services de l'entreprise. A la suite de l'évaluation de la maturité numérique, notre méthodologie doit permettre, afin de répondre à notre troisième verrou, de guider les entreprises dans la définition de leur stratégie numérique pour aller vers un niveau de maturité supérieur.

Plusieurs approches sont possibles pour augmenter la maturité de l'entreprise ; travailler sur un ensemble de pratiques ou se focaliser sur une pratique faible en particulier. Les travaux de Galvez (Galvez 2018), proposent la notion d'effort minimal qui consiste à améliorer une seule pratique, la plus faible, afin de la faire passer à un ou plusieurs niveaux supérieurs et ainsi augmenter le niveau global. Dans notre cas, l'objectif est de suivre l'évolution correspondant aux règles déjà établies précédemment, c'est-à-dire de se focaliser sur la ou les pratiques les plus faibles sous condition de seuils minimaux définis plus haut. Les plans d'actions seront donc positionnés au niveau des pratiques de l'entreprise. Pour chaque pratique identifiée comme nécessitant un développement supplémentaire, l'entreprise sera amenée à étudier les phénomènes observables en lien avec le niveau suivant. En effet, pour atteindre une maturité plus haute, il sera nécessaire de remplir les conditions du niveau suivant : plusieurs phénomènes observables seront donc à intégrer dans les objectifs de l'entreprise. Par exemple ici (Tableau 24) pour passer du niveau 1 au niveau 2 il suffira de pouvoir répondre positivement aux phénomènes observables du niveau 2, à savoir ici, la présence de rapports réguliers et manuels.

Ainsi, la mécanique d'évolution est concrète, ceci est dû à l'utilisation de grilles de maturité. Au niveau N, il faudra répondre positivement aux phénomènes observables du niveau N+1 afin d'atteindre ce niveau. Une pratique de niveau plus élevé augmentera la maturité de la dimension correspondante.

Ces évolutions pourront dans certains cas amener les dimensions faibles au-dessus des seuils minimaux et ainsi changer les objectifs de développement de l'entreprise. Pour mettre à jour les recommandations stratégiques de l'entreprise, il sera possible de réaliser une nouvelle évaluation de la maturité numérique de cette dernière (principe d'itération).

<b>Dimension organisationnelle, pratique :</b>		
<b>4) Analyse des données stratégiques : comment identifiez-vous les gisements de valeur ?</b>		
Niveau de maturité	Texte descriptif	Phénomènes observables
1	Pas de surveillance ni d'analyse de données de l'entreprise.	L'entreprise ne suit pas d'indicateurs de performance.
2	Le suivi des indicateurs de performance est peu formalisé et réalisé manuellement, donnant lieu à des rapports papiers.	Le suivi des résultats des indicateurs de performance est manuel et régulier avec rapports.
...	...	...

Tableau 24 : Extrait de la pratique 4 : Surveiller les indicateurs de l'entreprise

#### 5.4.3. Itérations des évaluations de la maturité

Nous avons vu que la transformation numérique est un processus continu, qui suit les évolutions du marché, les habitudes des clients. Dans cette optique, notre méthodologie intègre la possibilité d'utiliser plusieurs fois les grilles de maturité. En effet, une entreprise évaluée aura des objectifs personnalisés, mais une fois ces objectifs remplis, les résultats de notre modèle d'évaluation ne seront plus utiles car obsolètes. C'est pourquoi il est possible et nécessaire, pour assurer le suivi du développement de la maturité de l'entreprise, de l'évaluer de nouveau. Dès la deuxième évaluation, il sera possible d'observer ses progrès. Une perspective de notre outil apparaît alors et concerne la conception d'un tableau de bord présentant les différentes évolutions des pratiques au sein de l'entreprise. Elle sera développée dans le chapitre suivant.

Ainsi, trois résultats sont possibles à cette étape :

- 1- L'entreprise a un niveau inférieur à la première évaluation. Dans cette situation il faut s'interroger sur les méthodes utilisées dans l'entreprise ainsi que sa motivation à suivre les plans d'action proposés par notre méthodologie
- 2- Le niveau est égal au précédent. Dans ce cas, la deuxième évaluation est potentiellement précoce par rapport aux objectifs de développement définis par l'entreprise.

- 3- Le niveau a augmenté. L'entreprise a su mobiliser les bons leviers. Les points à observer en particulier sont les pratiques qui ont vu leur niveau augmenté, leur lien entre elles, leur dimension. Il sera nécessaire de vérifier que les seuils minimaux définis dans ce chapitre ont été égalés ou dépassés.

L'évaluation est possible sans limite d'itération, elle permet de suivre l'évolution de l'entreprise et d'adapter les pratiques à développer en comparant les résultats au niveau des dimensions et des pratiques.

## 5.5. Conclusion

Ce chapitre a permis de montrer le processus de conception de notre méthodologie d'aide à la décision. Nous avons vu quels sont les différents niveaux minimums des dimensions pour atteindre un équilibre nécessaire à la transformation numérique. Nous avons étudié les différents axes de développement possibles pour différentes stratégies et plus spécialement dans le cadre de la stratégie de l'exportation. La consultation d'experts a permis de définir coefficients qui seront appliqués dans le calcul de la moyenne des pratiques de la dimension organisationnelle. La priorisation des pratiques en fonction des résultats de l'évaluation incluant les coefficients a été développée ainsi que la mécanique de passage au niveau supérieur. La dernière étape visera à compiler toutes les tâches, les objectifs, la vision afin de construire une stratégie étape par étape et planifiée (Figure 30 dans l'introduction). L'entreprise pourra ainsi réaliser sa transformation numérique de façon progressive, à long terme et suivre son avancée en réalisant de nouveau une évaluation selon notre méthodologie.

La méthode d'aide à la décision ainsi formulée, l'étape suivante vise à mettre en application nos travaux de recherche dans une série d'expérimentations sur le terrain. Il s'agira de tester la bonne compréhension de notre méthode d'aide à la décision et de mettre en œuvre les éléments théoriques définis à partir de la littérature et de la consultation d'experts.

## CHAPITRE 6 : Expérimentations

### 6.1. Introduction

L'objectif de ce chapitre est de valider les résultats des contributions de ce travail de recherche à partir des expérimentations et tests suivants :

- Expérimentations de notre modèle d'évaluation, des règles d'interprétation, des algorithmes et des seuils définis en section 4.5.2 avec un prototype d'application : analyse des résultats
- Test des coefficients de l'axe de développement par l'export définis dans la section 5.3.2 : résultats de l'application de l'axe export
- Test de la compréhension et de la pertinence des phénomènes observables et des textes descriptifs des niveaux et pratiques : prise en compte des retours

La méthode d'aide à la décision proposée dans ces travaux de recherche fut testée dans des PME industrielles de la région Grand Est. Ces tests sont réalisés auprès de dirigeants d'entreprise avec l'application directe de notre outil puis d'un échange ouvert sur les éléments de l'outil et leurs pertinences. Les résultats sont aussi discutés en vue de la validation de l'outil auprès des dirigeants des entreprises cibles.

La première section présente la méthodologie utilisée pour réaliser les expérimentations en décrivant les différentes entreprises sélectionnées ainsi que le processus d'entretien. La section suivante concerne les résultats des évaluations ainsi que l'interprétation faite en application des règles construites précédemment sur la priorisation des pratiques. La quatrième section présente les modifications apportées suite aux retours des expérimentations. Enfin, la dernière section apporte une discussion sur l'outil et son application en petites et moyennes entreprises.

### 6.2. Méthodologie d'approche expérimentale

Cette section concerne la présentation des entreprises sélectionnées pour tester notre outil ainsi que le processus mis en place pour réaliser ces expérimentations. Nous avons choisi de réaliser trois études de cas sur des types d'entreprises particuliers.

#### 6.2.1. Les entreprises sélectionnées

Pour confronter notre outil au contexte réel, nous avons sélectionné trois cas spécifiques de PME appartenant au domaine industriel (Tableau 25). Elles ont principalement été sélectionnées car elles

représentent les trois principales catégories de PME industrielles : une entreprise très ancienne qui n'intègre pas ou très peu de numérique, une entreprise ancienne qui réalise sa transformation numérique et une entreprise née dans le numérique avec des ressources humaines jeunes et une volonté à l'export.

Entreprise	1	2	3
Secteur d'activité	Peinture industrielle	Métallurgie	Fabrication de lunettes en bois
Année de création	1979	1882	2013
Effectif	35	30	21
Objectifs en termes de numérique	Oui	Non	Non
Volonté d'export	Non	Non	Oui

Tableau 25 : Présentation des trois entreprises évaluées

- 1) Le premier cas est une entreprise de 35 salariés travaillant dans le secteur de la peinture industrielle. Son activité est essentiellement du B to B (ventes aux professionnels), 98% de son chiffre d'affaires est réalisé avec des clients professionnels. Nous avons échangé avec le directeur de l'entreprise. La transformation numérique est un sujet qui lui tient à cœur, deux projets en lien avec des outils numériques ont été mis en place. L'adoption de nouveaux moyens de communication constitue une partie de la stratégie liée à la transformation numérique. Le passage à un ERP en 2016 a montré une faiblesse au niveau des ressources humaines. En effet, si l'annonce aux employés avait bien été réalisée, des problèmes sont nés au niveau des postes de management. Le niveau opérationnel a reçu une attention particulière et les postes ont été valorisés, gain en autonomie, capacité de recherche d'information accrue, ce qui a limité les potentielles difficultés d'adaptation et un meilleur investissement. Le niveau managérial a quant à lui rencontré des réticences dues à une impression de surveillance des outils de gestion (pointage), mais également dues à une augmentation du temps libre créé par l'ERP qui permettait la préparation plus rapide de comités de pilotage : rapports et plans d'actions édités en un temps réduit. Notre outil doit montrer si ces faiblesses sont encore d'actualité. Cette entreprise a été sélectionnée principalement car elle était déjà engagée depuis plusieurs années dans sa transformation numérique.

2) Notre deuxième cas d'étude est une entreprise œuvrant dans la métallurgie pour la fabrication et la maintenance de réducteurs de vitesse. Créée en 1882, elle est maintenant spécialiste des engrenages à roue et vis sans fin et est animée par 30 employés. Nous avons rencontré le directeur de l'entreprise, curieux de comprendre la définition de la transformation numérique.

Cette entreprise a été choisie car elle existe depuis de nombreuses années et elle n'intègre pas d'objectifs en termes de transformation numérique. De plus, elle semble correspondre au profil des petites entreprises qui sont le moins préparées au numérique comme évoqué en section 2.2.2. De plus, sa maturité numérique perçue semble être plutôt faible, c'est-à-dire que l'entreprise ne semble pas ou très peu intégrer de ressources numériques. L'étude de son niveau de maturité pourra être intéressante à réaliser pour vérifier la mise en application de l'outil sur des niveaux plus bas. Les résultats devraient alors montrer une dimension organisationnelle et humaine supérieure au niveau de maturité numérique.

3) La troisième étude de cas concerne une entreprise de fabrication de lunettes en bois créée en 2013. Composée d'une vingtaine d'employés et, dont la moyenne d'âge est de 30 ans. Nous avons rencontré un des associés fondateurs. Ce cas d'étude permet d'étudier une entreprise née à l'ère du numérique. Les résultats devraient montrer que les technologies sont présentes dès la création de l'entreprise, que la veille est peu développée car la culture du numérique est naturellement présente au sein de l'entreprise. Cependant, sa stratégie semble fonctionner par opportunités au niveau de l'adoption du numérique. Notre approche permettra de qualifier ces différents points et de mettre en avant les points forts et les points faibles de l'entreprise. De plus, l'entreprise développe ses activités à l'export, il sera alors possible de mettre en application l'évaluation en fonction de l'axe de développement sur l'internationalisation.

L'étude se compose de trois cas différents de PME industrielles concernées par notre outil, l'expérimentation de ce dernier suit un protocole afin d'obtenir des informations précises et utiles pour l'application et l'amélioration de notre outil final.

### 6.2.2. Processus d'entretien

Nous avons suivi une procédure composée de 4 étapes (Figure 32) pour structurer nos expérimentations et assurer d'une part des analyses basées sur des données comparables mais aussi pour garantir la répétabilité du processus lors de la réalisation de futurs tests de l'outil.

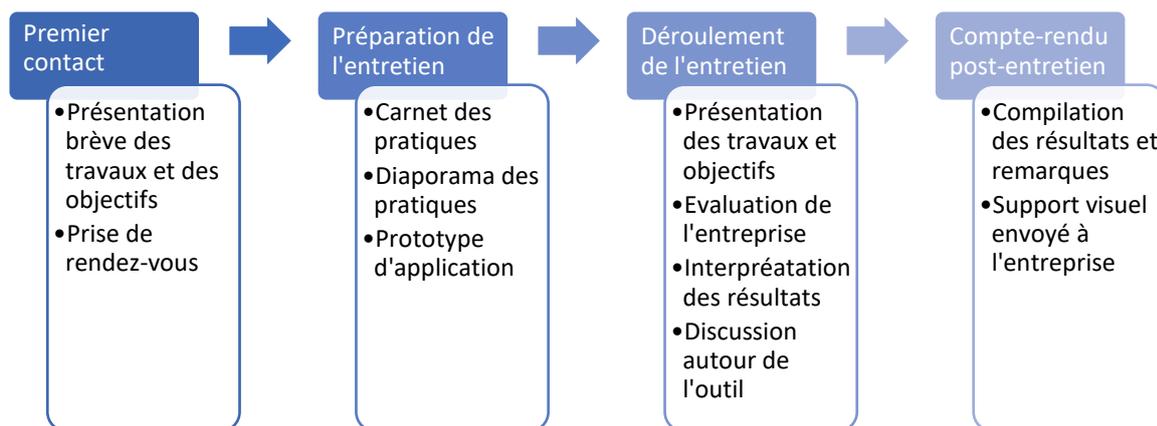


Figure 32 : Processus d'entretien

### **Premier contact**

La première étape à consister à contacter les entreprises sélectionnées précédemment. Le premier contact s'effectue par mail car il permet de rédiger un message clair et bref en sélectionnant les bonnes informations. Il était donc composé d'une présentation rapide du sujet, des travaux en cours et de l'objectif de notre démarche. Un rendez-vous d'environ 1h30 était ensuite convenu en présentiel ou en visioconférence en fonction des préférences de l'entreprise.

### **Préparation de l'entretien**

Pour chaque entreprise, un travail de préparation fut effectué en fonction du format de rendez-vous choisi par l'entreprise. Ainsi, pour les rencontres physiques, un carnet a été constitué contenant toutes les dimensions, pratiques associées, les niveaux et textes descriptifs. Cela a permis de laisser la personne interrogée lire les questions sur un support papier et bien présenté. Dans le cadre de rencontre en visioconférence, un diaporama Powerpoint fut réalisé. Il contient les mêmes informations que le carnet version papier mais il est adapté pour un affichage sur écran partagé.

Dans l'objectif de recueillir les réponses de l'entreprise lors des entretiens, un document de type tableur fut créé. Il contient toutes les informations issues de nos travaux à savoir, les différents seuils, les règles d'interprétation et de priorisation. De plus, il offre un affichage des réponses saisies ainsi qu'un visuel sur les résultats saisis et traités avec les règles programmées. Il est présenté plus en détails dans la section suivante.

### **Déroulement de l'entretien**

Les entretiens se sont déroulés en trois phases. La première phase se compose de la présentation des personnes présentes, de l'entreprise, de notre sujet de travail et des objectifs du rendez-vous.

Ensuite, la personne interrogée répond aux différentes questions de notre outil et sélectionne les niveaux sur les grilles de maturité. Pendant ce même temps, les remarques de l'utilisateur sont notées et son positionnement sur les grilles de maturité est inscrit dans un tableur.

Une fois toutes les réponses collectées, nous entrons dans une phase de présentation des résultats ainsi que l'interprétation que nous pouvons en faire selon les règles d'interprétation. Vient alors une période de discussion sur la fidélité des réponses, la pertinence des résultats, et sur l'outil de façon globale : la bonne compréhension des différents éléments (structure dimensions, pratiques, phénomènes observables, textes explicatifs).

### Compte-rendu post entretien

Après chaque entretien, un rapport a été rédigé avec le contenu l'ensemble des résultats de l'application de notre outil : les réponses données par l'entreprise, son score par dimension, ainsi que la dimension et les pratiques à travailler en priorité pour réaliser sa transformation numérique. Une extension des résultats était insérée à la suite et concernait l'axe de développement export pour les entreprises ayant choisi cet axe.

La section suivante concerne la présentation du prototype d'application basé sur un tableur Excel.

#### 6.2.3. Prototype d'application

Pour faciliter la collecte et le traitement des données lors des expérimentations, un prototype d'application a été développé sur un tableur Excel. L'objectif de ce support est de permettre l'application automatique des algorithmes, des seuils, des coefficients export et de fournir un affichage complet des réponses données par l'utilisateur ainsi que des résultats du traitement des données (Figure 33).

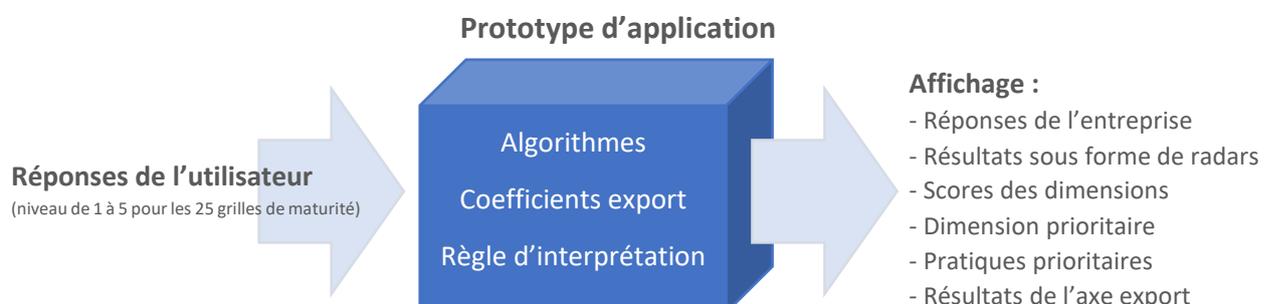


Figure 33 : Fonctions du prototype d'application

Le prototype a été conçu sous Microsoft Excel et l’affichage comporte 5 zones (Figure 34):

- 1- La première zone présente les réponses de l'utilisateur.
- 2- Les résultats sont affichés sous forme de radars pour chaque dimension.
- 3- Les scores de chaque dimension sont présentés de façon graphique et numérique.
- 4- La partie quatre affiche la dimension prioritaire, la pratique prioritaire, c’est-à-dire la pratique la moins mature de la dimension prioritaire, ainsi que les pratiques ayant le niveau de maturité le plus faible dans l’entreprise.
- 5- La zone cinq présente les résultats spécifiques à l’axe de développement par l’export.

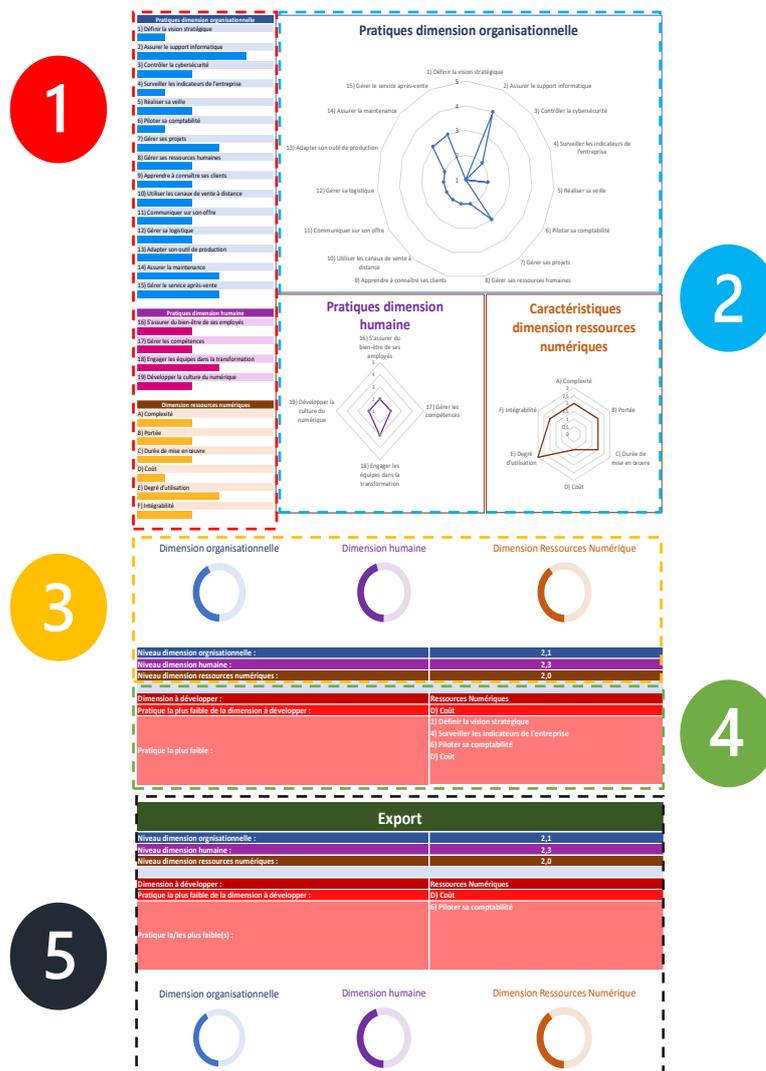


Figure 34 : Interface du prototype d'application

Ce support permet à la fois de simplifier la réalisation des entretiens avec les entreprises mais également de fournir des résultats instantanément à la suite de l'évaluation. Les détails des résultats, retours et discussions de l'ensemble des entretiens sont présentés dans la section suivante.

### 6.3. Analyse des résultats

Les entretiens ont été réalisés en août et septembre 2022. Pour la présentation des résultats, nous avons choisi de détailler les rapports de trois entreprises répondant à des cas d'étude particuliers : petite entreprise ayant très peu de ressources numériques, une entreprise moyenne ayant compris les bénéfices du numériques et en cours de transformation numérique et une entreprise jeune née dans l'air du numérique.

#### **Etude de cas n°1**

Les résultats de l'entretien de la première entreprise est détaillé dans la Figure 35. Les premières observations nous montrent que les seuils minimums fixés à 2, correspondant à des pratiques peu formalisées, sont dépassés, les trois dimensions sont alors prises en compte. La dimension humaine est la plus faible des trois et donc à travailler en priorité. La pratique à développer en priorité est la pratique « 19) Développer la culture du numérique ». Le dirigeant nous précise ici que cette dimension est déjà au centre de ses attentions et qu'il cherche à l'améliorer. Parmi les pratiques les plus faibles, subséquentement à développer, nous pouvons citer la gestion de projet, la gestion du service après-vente et le bien-être des employés. Le dirigeant nous indique que la gestion du SAV n'est pas une nécessité pour l'entreprise car les problèmes sont très rares, inférieurs à deux fois par année. De plus, le niveau de responsabilité pour offrir des solutions rapides à l'acheteur est très élevé, c'est pourquoi le dirigeant assure lui-même les quelques cas nécessitant un service après-vente. En lien avec la pratique de gestion de projet, il nous explique que cette partie n'entre que peu en compte puisque les projets de développement sont ponctuels et ne sont pas « numérisables » facilement. Par contre la maintenance nécessite un travail d'intégration d'outils numériques pour une meilleure gestion. Notre outil n'a pas qualifié cette pratique comme faible mais le dirigeant souhaite réduire les coûts sur ce service et le questionnaire lui a permis de voir les étapes d'amélioration potentielle.

Ainsi, les interprétations des niveaux des différentes dimensions correspondent au profil d'entreprise suivant :

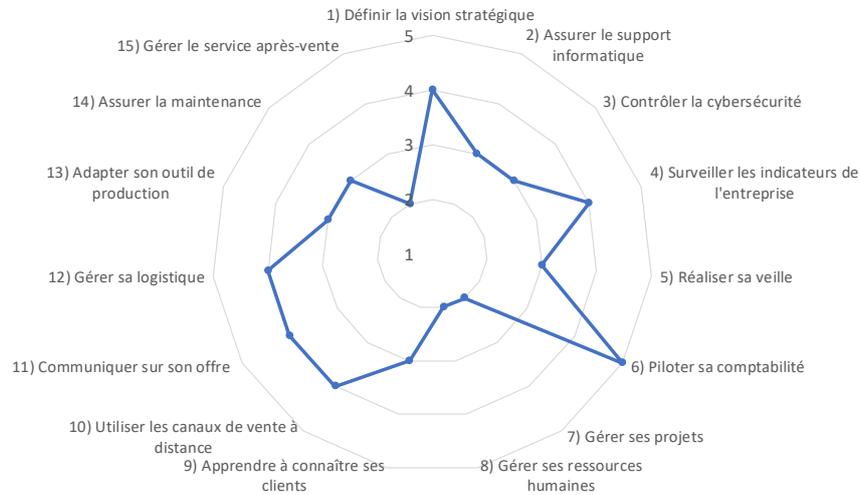
Dimension organisationnelle de niveau 3 : L'entreprise a bien formulé sa stratégie, possède une activité de veille et de surveillance des indicateurs définies. Elle sait faire appel à des prestataires pour réaliser les activités qu'elle ne maîtrise pas. Elle possède une gestion de ressources humaines lui permettant d'assurer le suivi des carrières et des futurs postes. Son offre est claire, mise en avant sur plusieurs supports et structurée selon les besoins clients. La logistique, la production, la maintenance sont optimisées en fonction des besoins étudiés.

Dimension humaine de niveau 2 : L'entreprise communique très rarement avec ses employés sur leurs conditions de travail et leur engagement. La gestion des compétences se limite à quelques compétences clés décrites dans des fiches de poste.

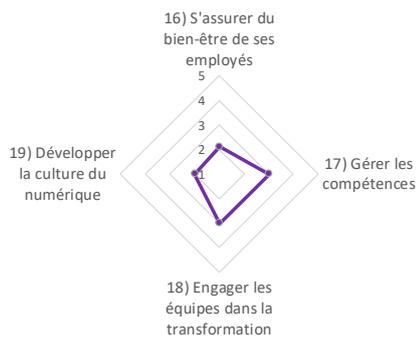
Dimension ressources numériques de niveau 3 : L'entreprise a mis en place un outil en lien avec plusieurs services qui ont été formés à son utilisation pour maximiser son intégration.

Le dirigeant comprend et est en accord avec les résultats et les interprétations réalisées. Seuls quelques points nécessitent d'être éclaircis. Ils sont détaillés dans la section suivante lors de la compilation de tous les retours sur l'outil.

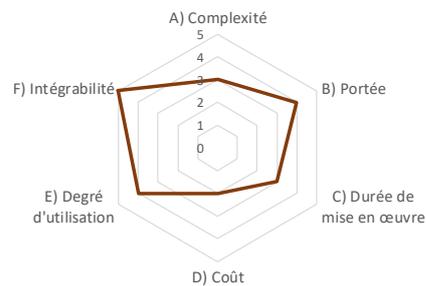
## Pratiques dimension organisationnelle



## Pratiques dimension humaine



## Caractéristiques dimension ressources numériques



Dimension organisationnelle



Dimension humaine



Dimension Ressources Numérique



Niveau dimension organisationnelle :	3,3
Niveau dimension humaine :	2,5
Niveau dimension ressources numériques :	3,5
Dimension à développer :	Humaine
Pratique la plus faible de la dimension à développer :	19) Développer la culture du numérique
Pratiques les plus faibles :	7) Gérer ses projets 8) Gérer ses ressources humaines 15) Gérer le service après-vente 19) Développer la culture du numérique D) Coût

Figure 35 : Résultats de l'étude de cas n°1

## Etude de cas n°2

La deuxième étude de cas (Figure 36) concerne une entreprise créée il a plus de 100 ans qui n'a pas formalisé sa transformation numérique mais qui montre un fort intérêt pour celle-ci.

Encore une fois, les seuils fixés pour le niveau minimum des dimensions sont dépassés, nous procédons donc à l'évaluation des trois dimensions. Un point est à noter concernant la dimension ressources numériques qui obtient une note de 3,5 ce qui est au-dessus de la moyenne et le niveau le plus haut des entreprises rencontrées. Ceci s'explique par le nombre très réduit de services dans l'entreprise et son effectif réduit, ce qui augmente sa capacité d'intégration du numérique.

La dimension la plus faible est la dimension humaine avec un score de 2,75. La pratique la plus faible de sa dimension est « 19) Développer la culture du numérique ». En effet l'entreprise ne communique pas de façon spécifique sur le numérique. Quelques informations sont relayées aux employés mais il n'existe pas d'actions de communication régulières. Le dirigeant a immédiatement pris note de la recommandation et prévoit de retravailler sur la culture du numérique en favorisant la communication en partageant des contenus liés au numérique, vidéos, articles de presse, événements.

Les autres dimensions ayant reçu les scores les plus faibles sont les pratiques au sujet de la cybersécurité, de la veille, de la gestion des ressources humaines, de la connaissance client, de la logistique, de l'adaptation de l'outil de production, de la gestion des compétences, du SAV, de la maintenance. Parmi cette liste de pratiques de niveau faible, un premier tri est effectué pour passer en priorité basse les pratiques dont l'amélioration ne représenterait pas un gain de valeur important pour l'entreprise, à savoir :

- La gestion des ressources humaines : très peu d'évolution de poste
- La connaissance client : portefeuille client fixe
- La logistique : très petites quantités
- L'adaptation de l'outil de production : pas d'adaptation possible, uniquement de la main d'œuvre qualifiée
- La gestion des compétences : peu de montée en compétence
- Le service après-vente : taux de SAV négligeable et dont la gestion est assurée par le dirigeant.

Les autres pratiques citées constitueront une base de travail pour les prochaines réunions de codirection.

En ce qui concerne les ressources numériques, l'entreprise, dans l'intégration de son progiciel de gestion intégré, a acquis une capacité d'intégration supérieure à trois. Ainsi, elle ne rencontre pas de freins sur cette dimension, l'entreprise est équilibrée.

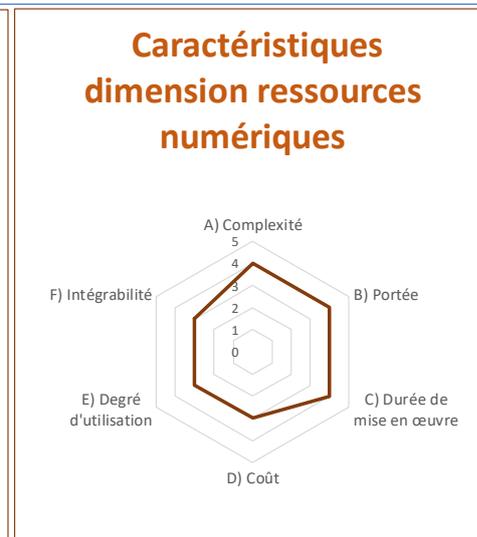
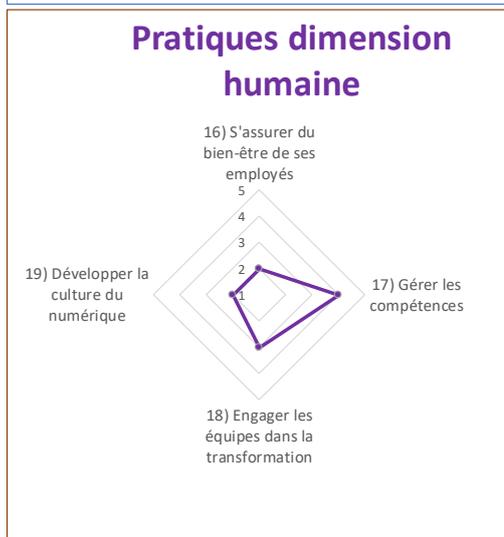
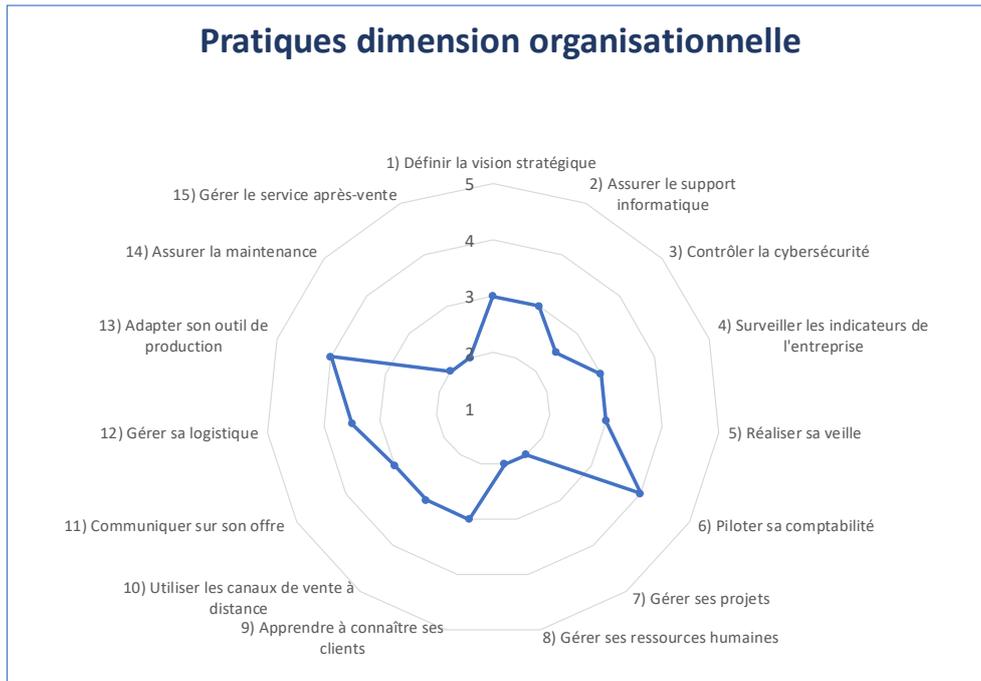
Ainsi, les interprétations des niveaux des différentes dimensions correspondent au profil d'entreprise suivant :

Dimension organisationnelle de niveau 2 : L'entreprise suit une stratégie définie par des axes peu détaillés, elle tente de structurer ses procédés mais ils restent manuels et peu formalisés. Elle assure une surveillance limitée des indicateurs externes et internes. La gestion de la production, logistique et maintenance est assurée au minimum.

Dimension humaine de niveau 2 : L'entreprise communique très rarement avec ses employés sur leur condition de travail et leur engagement. La gestion des compétences se limite à quelques compétences clés décrites dans des fiches de poste.

Dimension ressources numériques de niveau 3 : L'entreprise a mis en place un outil en lien avec plusieurs services qui ont été formés à son utilisation pour maximiser son intégration.

Lors de notre entretien, le dirigeant confirmait les résultats proposés par notre outil. Cependant, quelques points peuvent poser des problèmes de compréhension. Leurs modifications sont expliquées dans la prochaine section.



Dimension organisationnelle



Dimension humaine



Dimension Ressources Numérique



Niveau dimension organisationnelle :	2,9
Niveau dimension humaine :	2,75
Niveau dimension ressources numériques :	3,5
Dimension à développer :	Humaine
Pratique la plus faible de la dimension à développer :	16) S'assurer du bien-être de ses employés
Pratiques les plus faibles :	7) Gérer ses projets 8) Gérer ses ressources humaines 14) Assurer la maintenance 15) Gérer le service après-vente 16) S'assurer du bien-être de ses employés 19) Développer la culture du numérique

Figure 36 : Résultats de l'étude de cas n°2

### Etude de cas n°3

Le dernier cas d'étude que nous allons détailler (Figure 37) est relatif à une jeune entreprise née dans l'ère du numérique en 2013. Elle ne possède au moment de l'expérimentation aucun objectif particulier pour réaliser sa transformation numérique et peu d'outils de gestion en place. Ainsi, l'objectif de l'entretien est de marquer une première étape dans la volonté de structurer l'intégration de ressources numériques.

Nous pouvons observer que l'entreprise possède un bon équilibre entre les dimensions. Les seuils minimums sont dépassés à la fois sur les dimensions et à la fois sur les pratiques, il n'y a donc pas de stricte priorité dans les pratiques internes. Les résultats montrent un niveau très élevé dans la gestion de projets, la communication ainsi que les canaux de vente. Le dirigeant nous indique que ces pratiques ont récemment fait l'objet d'une attention particulière pour leur amélioration au sein des services.

La dimension de niveau plus faible parmi les trois dimensions est la dimension humaine. Notre outil met en avant la pratique « 16) S'assurer du bien-être des employés ». En effet le dirigeant nous explique que cette pratique sera à mettre à l'ordre du jour à la prochaine réunion et que pour l'instant le sujet n'est pas particulièrement abordé. D'autres freins peuvent être présents et concernent la gestion des ressources humaines ainsi que la gestion des compétences. La pratique compétence sera donc à développer selon notre outil et le dirigeant qui confirme ce besoin.

Au niveau de la dimension ressources numériques, l'entreprise possède un niveau plutôt élevé (3,2), la pratique la plus faible et la gestion du budget pour l'intégration de nouvelles ressources numériques correspondant à la caractéristique « D) » de notre outil.

Ainsi, les interprétations des niveaux des différentes dimensions correspondent au profil suivant :

Dimension organisationnelle de niveau 3 : L'entreprise a bien formulé sa stratégie, possède une activité de veille et de surveillance des indicateurs définies. Elle sait faire appel à des prestataires pour réaliser les activités qu'elle ne maîtrise pas. Elle possède une gestion de ressources humaines lui permettant d'assurer le suivi des carrières et des futurs postes. Son offre est claire, mise en avant sur plusieurs supports et structurée selon les besoins clients. La logistique, la production, la maintenance sont optimisées en fonction des besoins étudiés.

Dimension humaine de niveau 2 : L'entreprise communique très rarement avec ses employés sur leur condition de travail et leur engagement. La gestion des compétences se limite à quelques compétences clés décrites dans des fiches de poste.

Dimension ressources numériques de niveau 3 : L'entreprise a mis en place un outil en lien avec plusieurs services qui ont été formés à son utilisation pour maximiser son intégration.

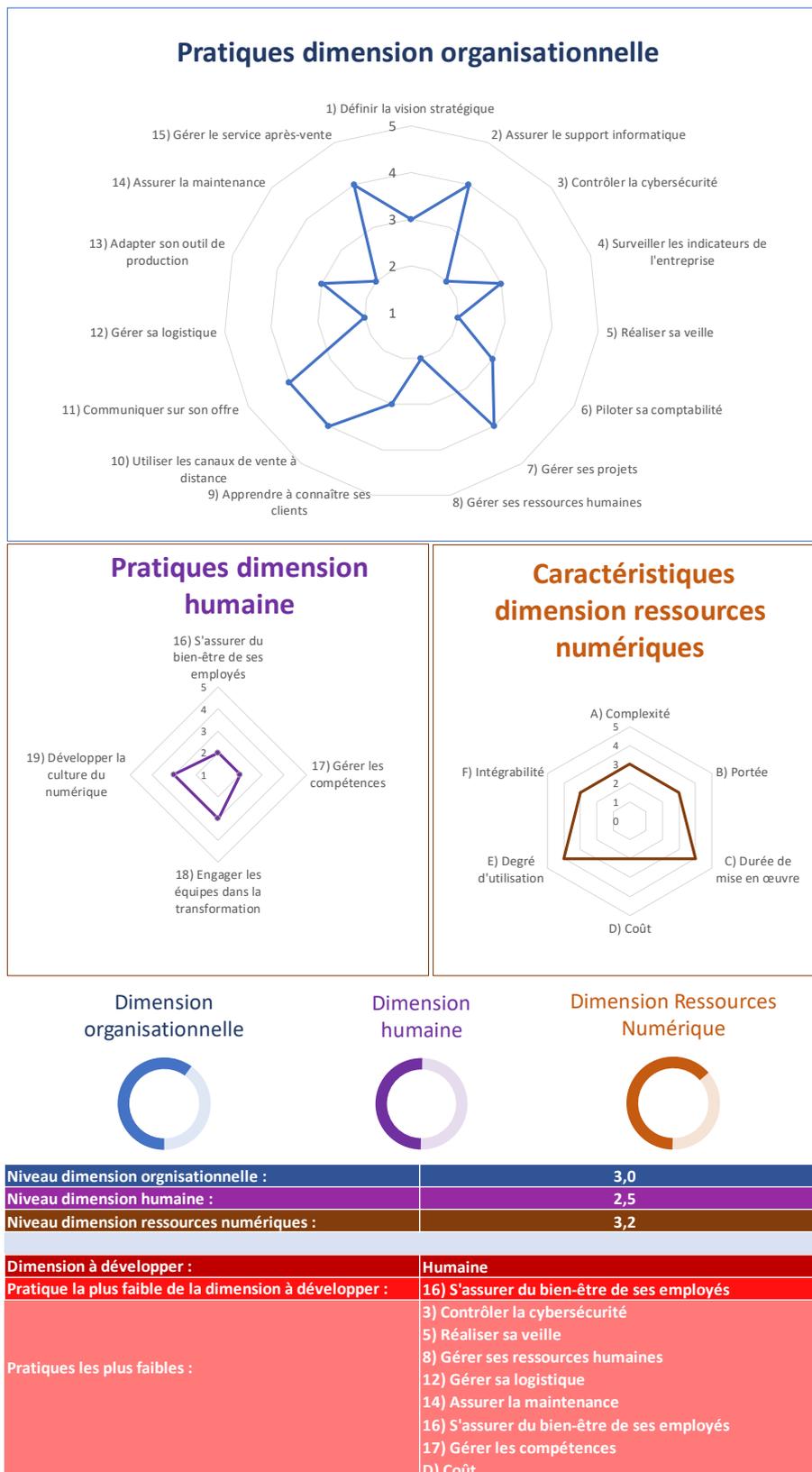


Figure 37 : Résultats de l'étude de cas n°3

Lors de ce dernier entretien, le dirigeant a montré un intérêt pour l'exportation. Nous avons pu mettre en application les coefficients définis dans la section 5.3.2. Les résultats sont exposés dans la section suivante.

#### 6.4. Résultats de l'application de l'axe export

Cette section est consacrée à l'analyse des résultats spécifiques à l'axe export. Elle présente également un exemple de comparaison entre des pratiques et se termine par une conclusion sur la pertinence des coefficients.

Les résultats (Figure 38) montrent tout d'abord la dimension humaine prioritaire comme vu dans la dernière section et la pratique « 16) S'assurer du bien-être de ses employés ». En effet, les coefficients n'agissent pas sur la priorisation des dimensions. Ils s'appliquent sur les pratiques de la dimension organisationnelle. Ainsi, la deuxième partie des résultats sur la pratique la plus faible à travailler s'orientent vers la pratique « 16) Gérer sa logistique ».

Nous allons nous intéresser à ce résultat. En effet, la pratique 16) est au niveau 2. Cependant, les pratiques 3), 5), 8), 12) et 14) sont également au niveau 2 (Tableau 26). C'est ici que les coefficients export vont être inclus dans le calcul de la pratique à développer en priorité. La pratique 16) ayant le plus fort coefficient, elle est donc prioritaire sur les autres pratiques

Pratique	Coefficient export (en %)
<b>16) Gérer sa logistique</b>	<b>16,4</b>
<b>3) Contrôler la cybersécurité</b>	<b>16</b>
<b>8) Gérer ses ressources humaines</b>	<b>15,2</b>
<b>5) Réaliser sa veille</b>	<b>14</b>
<b>14) Assurer la maintenance</b>	<b>9,2</b>

Tableau 26 : Etude de cas n°3 : Pratiques les plus faibles de la dimension organisationnelle et leurs coefficients export

Le projet d'exportation de l'entreprise, selon notre outil, montre donc le besoin d'améliorer la gestion de la logistique, ce que confirme le dirigeant après discussion sur ces résultats. Il ajoute également qu'un frein lors de leurs premiers essais dans l'exportation était le manque de personnel qualifié dans l'export. Ce dernier point est lié à la gestion des ressources humaines et correspond également à une pratique à travailler d'après nos résultats.

Pour ce cas d'étude, les coefficients correspondent aux priorités que l'entreprise s'était donnée pour exporter ses produits, d'autres expérimentations seront nécessaires pour valider ces coefficients dans d'autres cas.

Export	
Niveau dimension organisationnelle :	3,0
Niveau dimension humaine :	2,5
Niveau dimension ressources numériques :	3,2
Dimension à développer :	Humaine
Pratique la plus faible de la dimension à développer :	16) S'assurer du bien-être de ses employés
Pratique les plus faibles :	12) Gérer sa logistique 3) Contrôler la cybersécurité 8) Gérer ses ressources humaines 5) Réaliser sa veille 14) Assurer la maintenance

Dimension organisationnelle



Dimension humaine



Dimension Ressources Numérique



Figure 38 : Résultats de l'étude de cas n°3 selon l'axe de développement par l'export

Ce dernier entretien est à nouveau bénéfique pour la vision du dirigeant qui valide les résultats donnés et prévoit des plans d'actions pour le futur de l'entreprise. Certains éléments nécessitent néanmoins des ajustements pour faciliter la compréhension et faire obstacle aux mauvaises interprétations.

### 6.5. Prise en compte des retours

Les expérimentations avaient également pour objectif d'obtenir un retour d'expérience sur notre outil. Ainsi, la suite de nos travaux concerne l'évaluation du questionnaire et à sa modification. Cette section est donc consacrée à l'analyse des retours des différents utilisateurs de l'outil : les modifications, les différents retours, les focus sur certaines pratiques potentiellement problématiques pour certaines entreprises interrogées. Ces retours concernent donc les grilles de maturité et les textes qui les composent. La section est découpée en trois grandes parties chacune liée à la modification d'éléments d'une dimension donnée. Pour traiter ces retours, nous avons rencontré à nouveau notre équipe composée d'experts terrain et recherche à l'instar de la section 4.4 et suivi un processus de validation en trois étapes (Figure 39).



Figure 39 : Processus de validation des retours

## Modifications liées à la dimension organisationnelle

Cette dimension possède le plus grand nombre de retours. En effet, huit pratiques ont été discutées dans cette dimension.

La première pratique « 1) Définir la vision stratégique » est source de questionnements notamment à cause du texte explicatif qui favorise l'incompréhension de la question. L'ancien texte descriptif est le suivant : « Intégrer le numérique dans sa stratégie de développement de son entreprise permet de mieux orienter son activité de veille, de sélectionner de manière plus efficace les projets à développer, de faciliter la communication en interne et à l'extérieur, de renforcer la cohérence du développement numérique... ». Il est donc décidé de modifier le début par : « Intégrer des objectifs en termes de transformation numérique dans sa stratégie permet de mieux orienter son activité de veille [...] ».

La pratique suivante « 2) Assurer le support informatique » fait l'objet de deux modifications. Premièrement, elle semble être en décalage avec la réalité du terrain. En effet, les niveaux 2 et 3 montre correspondent à une difficulté inversée selon les retours des entreprises. Deuxièmement, les effectifs réduits des PME industrielles ne nécessitent pas absolument une équipe de plusieurs personnes. Dans ce contexte et d'après les retours des dirigeants, une personne suffit pour réaliser les tâches liées à l'informatique. Ainsi deux modifications majeures ont été apportées à la pratique numéro 2 : les niveaux 2 et 3 ont été inversés et les textes du niveau 3 passent de l'expression « une équipe » à « une ou plusieurs personnes » (Tableau 27).

2	L'entreprise peut faire appel à des partenaires pour leur développement informatique.	L'entreprise ne possède pas de compétence spécifique en informatique, mais sait faire appel à des partenaires extérieurs pour supporter l'évolution de sa structure informatique.
3	L'entreprise possède une ou plusieurs personnes pour l'installation et la maintenance des équipements.	Une ou plusieurs personnes internes travaillent sur l'installation et la maintenance du parc informatique selon les besoins et technologies déjà en place.

Tableau 27 : Niveaux 2 et 3 de la pratique "2) Assurer le support informatique"

Des commentaires sur la pratique « 3) Contrôler la cybersécurité » indiquent que le phénomène observable du niveau 2 représente une régularité trop élevée. Il était stipulé que l'enregistrement se faisait à raison de plusieurs fois par mois. Ce texte a été corrigé en limitant la fréquence à « au moins une fois par mois » (Tableau 28).

2	La politique de sécurité consiste en un enregistrement périodique en interne. L'entreprise répond au RGPD.	Les données sont centralisées et enregistrées sur un équipement interne de façon régulière (au moins une fois par mois).
---	--	--

Tableau 28 : Niveaux 2 de la pratique "3) Contrôler la cybersécurité"

La prochaine pratique corrigée est la pratique « 4) Surveiller les indicateurs de l'entreprise ». Le niveau 3 faisait état de l'utilisation d'outils pour la surveillance des indicateurs mais il manquait un niveau intermédiaire, présent dans les entreprises rencontrées, où la surveillance était bien structurée sans l'aide d'outils spécifiques. Afin de créer ce nouveau palier, le niveau 3 est maintenant décrit comme « L'entreprise a structuré son suivi d'indicateurs pour faciliter et accélérer la surveillance d'indicateurs. »

La dernière pratique modifiée de cette dimension est la pratique « 15) Gérer le service après-vente ». Suite à un commentaire d'une entreprise et une recherche d'éléments normatifs, nous avons décidé d'ajouter la norme ISO 9001 dans les phénomènes observables du niveau 2 (Tableau 29).

2	L'entreprise possède une procédure de SAV avec un service dédié et organisé pour le suivi des requêtes.	L'entreprise dispose d'un service dédié. La procédure de prise en charge du SAV est formalisée en quelques étapes et répond à la norme ISO 9001.
---	---	--

Tableau 29 : Niveaux 2 de la pratique "15) Gérer le service après-vente"

### Modifications liées à la dimension humaine

Aucune modification n'a été réalisée dans cette dimension, les retours des entreprises sont positifs et n'engendrent pas de difficultés de compréhension.

### Modifications liées à la dimension ressources numériques

La correction de la dimension ressources numériques ne concerne qu'une caractéristique. Celle-ci est la suivante : « D) Coût ». Elle a représenté un réel frein en termes de compréhension car elle n'était pas adaptée à l'échelle des entreprises interrogées. De plus, sa pertinence a été remise en cause et après étude approfondie de ce problème, nous avons décidé de réorienter totalement la question et les niveaux associés. Le Tableau 30 montre l'état initial de l'évaluation de la caractéristique « F) Coût ».

D) Coût		
Quelle part de votre budget représente l'installation de cet outil ?		
Un outil représente un investissement parfois conséquent, il est alors important de bien évaluer les apports et les risques potentiels.		
1	Gratuit.	L'outil est gratuit.
2	Inférieur à 1% du chiffre d'affaires.	Peu de moyens sont requis pour la mise en place de l'outil.
3	Entre 1 et 3% du CA.	Un budget est calculé pour l'installation de l'outil.
4	Entre 3 et 5% du CA.	Les investissements liés à l'outil sont importants.
5	Plus de 5% du CA.	L'entreprise investit massivement dans cet outil.

Tableau 30 : Version antérieure de la caractéristique "D) Coût"

La Tableau 31 représente la nouvelle version de celle-ci rédigée avec l'avis des entreprises. Elle est maintenant adaptée au contexte des PME industrielles et sa pertinence est validée par les entreprises consultées.

D) Coût		
Est-ce le cout de l'intégration d'une ressource numérique pourrait être un frein pour l'entreprise ?		
Un outil représente un investissement parfois conséquent, il est alors important de bien évaluer les apports et les risques potentiels.		
1	L'entreprise ne peut pas mettre les fonds nécessaires pour adopter cette technologie.	L'entreprise ne dispose d'aucun budget pour l'intégration d'un nouvel outil.
2	Un temps est nécessaire pour trouver des fonds, des difficultés peuvent allonger ce délai.	L'entreprise montre qu'elle possède des moyens pour trouver des ressources à mobiliser mais cela nécessite un délai relativement long (plus de 6 mois).
3	L'entreprise possède un budget dédié chaque année.	L'entreprise dispose d'un budget calculé et réservé pour l'année.
4	Le budget dédié est disponible immédiatement et peut être augmenté en cas de besoin ponctuel.	L'entreprise fait preuve d'agilité et possède un budget fixe dédié mais également un plan de mobilisation de nouvelles ressources financières.
5	L'entreprise prévoit son budget en avance grâce à des outils lui permettant de prédire les nouvelles tendances et ses futurs développements	L'entreprise est proactive, elle peut rendre compte de ses prévisions et des investissements futurs potentiels en fonction de celles-ci

Tableau 31 : Grille de maturité de la caractéristique "D) Coût"

L'ensemble des modifications réalisées suite aux retours d'expérimentations de l'outil sont ainsi détaillées. Les interactions lors des échanges avec les entreprises permettent d'avoir une vision extérieure de l'outil et de revenir sur certains éléments dans la prochaine section.

## 6.6. Discussion

### Résultats

Dans la troisième étude de cas nous faisons l'hypothèse que la moyenne d'âge était un potentiel facteur facilitant. Après l'expérimentation de notre outil, cela s'est traduit par un score supérieur aux autres entreprises sur la pratique « 19) Développer la culture du numérique ». Cependant, les autres pratiques ne semblent pas avoir été impactée par la moyenne d'âge des employés. Il est donc vrai que cela représente un facteur facilitant même si son impact est limité.

Il est alors intéressant d'étudier l'impact du secteur d'activité. Pour le moment, le secteur d'activité n'a pas montré d'impact significatif dans les trois études de cas. Même si nos travaux concernent uniquement les PME industrielles, il est possible de s'interroger sur les potentiels impacts liés aux domaines des entreprises. Encore une fois, des expérimentations massives de l'outil pourront permettre de répondre à ces questionnements.

Les seuils minimums fixés dans la section 5.4 ont été proposés et discutés avec les entreprises ainsi que l'équipe de recherche. Des premières conclusions montrent qu'ils sont pertinents et correspondent bien à des niveaux bascules entre le besoin de travailler les pratiques internes et le démarrage de la transformation numérique au sein de l'organisation. Subséquemment, une entreprise de niveau inférieur à ces seuils devra exclusivement travailler sur les dimensions/pratiques les plus faibles avant de poursuivre sa transformation numérique. Le concept d'équilibre entre les dimensions est bien perçu et compris par les entreprises. Néanmoins, nous n'avons pas eu de cas où l'entreprise était en dessous de ces seuils. Il est difficile de statuer sur leur bon ajustement sans tester l'outil dans des entreprises ayant un plus faible niveau de maturité. Cela représente une limite de nos expérimentations.

Les représentations graphiques, notamment les radars contenus dans les résultats des études de cas, nous montrent que chaque cas étudié est différent et que les niveaux des grilles de maturité permettent de mesurer les pratiques de l'entreprise avec une échelle adaptée. Les mesures sont comprises dans les niveaux définis. La graduation est cohérente les résultats sont différents entre eux et en accordance avec les entreprises rencontrées. Cependant, le score de la dimension humaine est souvent inférieur à celui des autres dimensions. Ceci peut s'expliquer par les pratiques de la dimension organisationnelle qui doivent assurer le fonctionnement normal de l'entreprise. Elles sont nécessairement développées depuis la naissance de l'entreprise. Il est noté que davantage de cas d'étude permettront de confirmer ces tendances.

### **Axe de développement par l'export**

En ce qui concerne l'axe stratégique lié à l'export, le premier test des coefficients est prometteur. Davantage de test auprès d'entreprises souhaitant exporter pourront renforcer la pertinence des coefficients et assurer l'amélioration de ceux-ci. Nous pouvons aussi nous poser des questions sur l'approche proposée, est-ce qu'ajouter les recommandations liées à l'export permette d'assurer une réelle valeur ajoutée pour l'entreprise ? N'est-il pas plus pertinent de laisser l'utilisateur augmenter ou diminuer lui-même la pondération des pratiques en fonction de sa propre stratégie ? Les premières expérimentations montrent un intérêt de la part des entreprises. Des études de cas composées de plusieurs évaluations rendront possible la réponse à ces questions.

### **Retours sur la compréhension et la pertinence**

Certaines pratiques ont fait débat lors des expérimentations. Elles sont dues à des contextes particuliers de très petites entreprises qui n'avait pas assez été pris en compte lors de la construction des grilles de maturité mais elles proviennent aussi d'éléments non trouvés dans la littérature comme des techniques de gestion de la cybersécurité. Un point a également été soulevé concernant l'interprétation de la gestion de projet. Ces pratiques sont détaillées ci-après avec une explication du problème rencontré.

Tout d'abord la pratique concernant le support informatique s'est vue critiquée sur la réponse « Equipe informatique ». En effet, l'expérience des PME montre qu'une personne est capable de gérer à elle seule le service informatique dans les entreprises de faible effectif. Une équipe n'est pas essentielle car souvent, les besoins des entreprises sont ponctuels et les plus grosses tâches concernent l'installation d'une grande série d'équipements. Dans le cas présent, l'entreprise fait appel à un organisme extérieur, mais cela reste exceptionnel.

Un autre cas lié aux faibles effectifs des entreprises est le niveau de formalisation de la procédure de SAV. Souvent peu significative pour les dirigeants, la procédure est peu formalisée et peu outillée, dû à sa faible utilisation. Cette pratique est conservée dans notre outil car elle devient primordiale pour des entreprises de plus grands effectifs (section 3.6).

Un des cas d'étude propose une variante dans la pratique de la cybersécurité. L'entreprise réalise l'enregistrement de ses données en interne mais déplace le système de stockage de façon physique à l'extérieur de l'entreprise. C'est le premier cas où cette technique est utilisée, il sera nécessaire de réaliser d'autres expérimentations pour valider la pertinence d'introduire cette variation dans la pratique cybersécurité. Suite aux problèmes d'un fournisseur de solutions cloud, les entreprises limite leur utilisation de ce moyen de sauvegarde.

La vision projet a aussi été discutée. L'utilisateur de notre outil s'interrogeait sur la définition de projet, si par exemple une commande client représentait un projet. En fait, la pratique gestion de projet représente tout projet dans l'entreprise lorsque des objectifs sont définis. Cela peut donc concerner des commandes spécifiques avec cahier des charges, développement interne, modification d'une unité de production, le lancement d'un nouveau produit etc.

## 6.7. Conclusion

Ce chapitre présente la méthodologie utilisée pour la mise en application de notre outil et la réalisation des expérimentations. Une partie détaille l'ensemble des résultats ainsi que leur interprétation en application des règles définies précédemment. Enfin, toutes les modifications suite aux retours des différents entretiens sont intégrées au modèle final.

L'approche de l'outil est qualitative avec trois cas d'étude composés de profils sélectionnés pour une première série d'expérimentations. Il sera nécessaire de multiplier les cas d'étude en élargissant le panel, notamment pour approfondir les tests sur les seuils, les coefficients export, les impacts des secteurs d'activité, de l'effectif de l'entreprise. La méthodologie utilisée lors des expérimentations est répliquable pour les futures mises en application de notre outil et permet de poursuivre son développement.

Les avantages offerts par notre méthode d'aide à la décision et notre outil d'évaluation de la maturité numérique sont multiples. Tout d'abord, notre outil propose une mise en œuvre simple sous forme d'un questionnaire dont chaque élément est décrit de façon compréhensible pour les PME industrielles. De plus, il permet à tout type de PME industrielle de mesurer sa maturité numérique. Il offre également, grâce à notre méthode d'aide à la décision, un support pour guider le développement de l'entreprise. La répétition de cette méthode permet également de fournir des données chiffrées sur l'évolution des pratiques de l'entreprise.

L'outil présente malgré tous des limites. La principale limite de notre outil est liée aux nombres de cas d'étude. En effet, plus les cas d'études seront nombreux, plus l'outil pourra gagner en précision, les seuils pourront être ajustés aux différents contextes des PME et les grilles seront améliorées avec de nouveaux phénomènes observables et descriptions.

Les expérimentations sont concluantes et permettent de montrer l'utilisation de notre outil sur le terrain. Les éléments théoriques définis dans les sections antérieures ont été proposés et bien compris par les dirigeants interrogés. Les avis sont positifs sur la construction de notre modèle. Ainsi, la version finale de nos travaux a pu être mise en application auprès des experts et entreprises.

## CHAPITRE 7 : Conclusion et perspectives

### 7.1. Introduction

Le contexte de la transformation numérique soulève plusieurs enjeux tels que l'évaluation de la maturité numérique et la mise en place d'une démarche de transformation. Ce travail de thèse vise à résoudre trois verrous : le premier concerne la caractérisation de la maturité numérique, la capacité à intégrer des nouvelles technologies ; comment évaluer la maturité numérique des PME industrielles ? (V1). Le second verrou porte sur l'exploitation du modèle ; comment mettre en place une évaluation de la maturité numérique et assurer la cohérence entre les différentes dimensions du modèle de maturité pour définir un score global ? (V2). Le troisième verrou scientifique concerne la définition d'une méthode d'aide à la décision : comment accompagner les entreprises à définir leur stratégie numérique et comment prioriser les pratiques à développer ? (V3). L'ensemble des contributions pour la résolution de ces verrous est détaillé dans la section suivante.

### 7.2. Synthèse des contributions

Ces travaux s'inscrivent dans une tendance forte sur la transformation numérique des entreprises. L'objectif principal est de venir en aide aux petites et moyennes entreprises dans la définition de leur stratégie de transformation numérique. En effet, nous avons constaté qu'il n'existait pas d'outil à la disposition des PME industrielles pour les guider dans leur transformation numérique proposant une évaluation accessible et adaptée à leur contexte spécifique. Nous sommes partis du postulat qu'évaluer la maturité numérique pourrait être une réponse à notre problématique et permettrait par la suite de conseiller les entreprises. Nos contributions sont de trois ordres, théorique, méthodologique et applicatif (Tableau 32). En ce qui concerne le volet théorique, nous avons construit un modèle composé de trois dimensions, les dimensions organisationnelle, humaine et ressources numériques, composées chacune de pratiques et caractéristiques. Pour évaluer ces dernières, nous avons construit des grilles de maturité à cinq niveaux pour évaluer chaque pratique et chaque caractéristique. La contribution d'ordre méthodologique est composée, de règles d'interprétation complétées par des seuils pour la priorisation des pratiques ainsi qu'un classement des dimensions. Ainsi, l'ordre de priorité est le suivant : la dimension organisationnelle est prioritaire, puis la dimension humaine et ensuite la dimension ressources numériques. Ces éléments constituent notre méthode d'aide à la décision. Notre méthodologie est reproductible et évolutive, permettant ainsi l'amélioration continue de l'outil. Nos travaux se concluent sur une partie applicative avec la mise en œuvre de l'outil en entreprise via un prototype d'application. Cette application pourra notamment être utilisée par

l'entreprise accueillant la thèse dans le cadre d'accompagnement de sociétés souhaitant réaliser leur transformation numérique.

Théorique	Méthodologique	Applicatif
<p><b>Etat de l'art</b> sur les modèles d'évaluation de la maturité numérique et les types de méthodes d'aide à la décision</p> <p><b>Modèle d'évaluation</b> tridimensionnel, composé de 19 pratiques et 6 caractéristiques</p> <p><b>Grilles de maturité</b> pour l'évaluation des pratiques et des caractéristiques</p> <p><b>Liste de coefficients</b> pour l'évaluation spécifique à l'axe de développement par l'export</p>	<p><b>Méthode d'aide à la décision</b> composée de règles d'interprétation, de seuils minimaux pour la priorisation des dimensions et des pratiques, d'algorithmes pour la priorisation des dimensions et des pratiques, de calculs spécifiques à l'axe de développement par l'export, de la mécanique d'évolution</p>	<p>Création d'un <b>prototype</b> d'application pour la mise en œuvre de l'outil en entreprise</p> <p><b>Expérimentations</b> auprès de trois entreprises sélectionnées</p>

Tableau 32 : Liste des contributions

Le résultat de nos travaux est composé de cinq contributions majeures détaillées dans les prochaines sections.

### 7.2.1. Etat de l'art sur les modèles de maturité

La première contribution de ce travail de recherche est un état de l'art. L'objectif est double, d'une part il s'agit d'étudier les modèles d'évaluation de la transformation numérique afin d'identifier les lacunes et de proposer un nouveau modèle permettant de combler les manques identifiés. Le deuxième objectif est d'analyser la définition d'une méthode d'aide à la décision, les différentes catégories de méthodes et les phases du processus d'aide à la décision.

Les résultats de cette contribution sont tout d'abord des constats :

- la dimension humaine n'est pas suffisamment mise en avant dans les modèles existants ;
- les modèles de maturité permettent de faciliter la transformation numérique des entreprises ;
- les modèles de maturité doivent être adaptés au contexte des PME industrielles.

La principale contribution de ce chapitre se trouve dans l'approche par trois dimensions qui ne sont pas unanimement abordées dans les modèles existants, ainsi que la définition des méthodes d'aide à la décision existantes.

L'état de l'art, présenté dans le chapitre 2 nous permet ainsi de mettre en lumière les manques dans la littérature sur le sujet de la transformation numérique des PME industrielles ainsi que des pistes pour les combler. Il permet de poser un cadre théorique pour la conception d'un modèle d'évaluation qui permettra de répondre à notre premier verrou qui interroge sur la manière d'évaluer la maturité numérique des PME industrielles.

### 7.2.2. Modèle d'évaluation de la maturité numérique

La deuxième contribution apporte une réponse au premier verrou sur la caractérisation de la maturité numérique. L'objectif fut de proposer un nouveau modèle de maturité avec des pratiques associées spécifiques au contexte des PME industrielles. Nous nous sommes basés sur l'hypothèse selon laquelle la transformation numérique des PME peut être évaluée en fonction de trois dimensions proposées suite à l'état de l'art : le niveau organisationnel, le côté humain et les ressources numériques utilisées par l'entreprise. Nous avons étudié les modèles existants afin d'en extraire et d'adapter des pratiques aux PME industrielles. Les résultats ont ensuite été renforcés avec des échanges avec des experts et une approche terrain en entreprise.

Le modèle de maturité fut adapté au contexte des PME industrielles et est composé de trois dimensions : la dimension organisationnelle, la dimension humaine ainsi que la dimension ressources numériques. Ces dimensions sont respectivement associées à 15 pratiques pour la dimension organisationnelle, 4 pratiques pour la dimension humaine et 6 caractéristiques pour la dernière dimension.

### 7.2.3. Mise en œuvre de notre modèle

Le deuxième verrou concerne la mise en place d'une évaluation de la maturité numérique assurant la cohérence entre les différentes dimensions du modèle et permettant de définir un score de maturité.

Afin de résoudre ce verrou nous nous sommes concentrés sur l'application du modèle tridimensionnel via des grilles de maturité. Elles ont nécessité la création de règles spécifiques de construction, non seulement pour les grilles mais aussi pour les niveaux qui les composent. La mécanique d'évaluation a

également été créée pour correspondre aux spécificités des PME vues plus tôt. Cela s'est traduit par la création d'algorithmes de calcul ainsi que des règles d'interprétation des résultats. Toutes ces étapes ont été réalisées en collaboration avec une équipe d'experts composée de managers de PME et d'universitaires.

Le chapitre 4 permet ainsi de répondre au deuxième verrou via la création de grilles de maturité, construites à partir de l'analyse de la littérature et d'échanges avec des experts. Les 25 grilles de maturité ont été construites. Celles-ci comprennent des textes explicatifs pour les pratiques et les dimensions. Afin d'assurer une parfaite compréhension des résultats, des textes décrivant les différents niveaux possibles pour les trois dimensions ont été rédigés. Chacun des niveaux de chaque pratique a été détaillé et associé à des phénomènes observables pour appuyer sa validation. Ainsi, 25 grilles de maturité ont été rédigées avec 125 textes descriptifs de pratiques intégrant les phénomènes observables associés et les 15 niveaux de maturité potentiels pour les dimensions.

Ces résultats permettent d'obtenir un niveau pour chacune des dimensions. Dans l'objectif de guider les PME industrielles dans la définition de leur stratégie numérique, une méthodologie basée sur les résultats de l'application de notre modèle a ensuite été élaborée.

#### 7.2.4. Méthode d'aide à la décision

Cette contribution est une méthode d'aide à la décision pour répondre au troisième verrou : comment accompagner les entreprises à définir leur stratégie numérique et comment prioriser les pratiques à développer ?

Nous avons décidé de faciliter la prise de décision de l'entreprise en lui proposant des éléments à améliorer sans chercher à redévelopper totalement sa stratégie actuelle. Cependant, nous pensons qu'ajouter une évaluation relative à un axe de développement spécifique choisi par l'entreprise, peut être pertinent dans la priorisation des éléments à développer. Un premier travail sur la définition de coefficients export (section 5.3.2) nous permet de proposer une série de coefficients d'évaluation propre à une volonté d'exportation de l'entreprise. Ces coefficients permettent d'appliquer une vision stratégique pour l'export et ainsi valoriser davantage des pratiques considérées comme les plus impactantes sur l'entreprise en fonction de cet axe. Cela permet d'adapter l'évaluation proposée par l'outil et fournir des résultats favorisant l'axe de développement stratégique choisi par l'entreprise.

Le chapitre 5 détaille les étapes du processus de conception de notre méthode d'aide à la décision. Il montre également les différents axes de développement stratégiques possibles. La notion d'équilibre entre les dimensions est explicitée, donnant lieu à la priorisation de la dimension organisationnelle,

puis de la dimension humaine et enfin de la dimension “ressources numériques”. Cela se traduit dans les calculs par l’application de valeurs seuils. Ensuite, la mécanique d’évolution est ainsi définie : un niveau est atteint lorsque tous les phénomènes observables associés à ce niveau sont vérifiés.

Cette étape permet de mettre en avant les pratiques à développer en priorité en fonction du contexte de l’entreprise et des résultats de la mesure de leur maturité numérique avec notre modèle d’évaluation. De plus, l’évaluation est reproductible afin de constater les évolutions des pratiques de l’entreprise. Des expérimentations au sein de PME industrielles ont permis d’obtenir des premiers résultats et de montrer la mise en application de notre méthodologie.

#### 7.2.5. Expérimentations en conditions réelles

Notre dernière contribution est une mise en application de notre outil et méthodologie sur le terrain. Trois études de cas ont été menées au sein de trois PME industrielles afin d’évaluer leur maturité numérique. Pour cela, différents supports ont été créés pour réaliser les entretiens dont le processus est décrit dans le chapitre précédent. Un carnet a été conçu pour les entretiens en présentiels et contient les grilles de maturité (pratiques, questions associées, 5 niveaux avec textes descriptifs et phénomènes observables) qui permet aux utilisateurs de lire les questions et les réponses possibles pour chaque pratique. Sa version numérique permet d’assurer une évaluation à distance, en visioconférence. Le dernier document préparé pour l’évaluation est un prototype d’application sur tableur Excel permettant plusieurs tâches. La première est la saisie des réponses aux grilles de maturité. Ce tableur est programmé avec toutes les règles de calcul de maturité et ne nécessite aucune action supplémentaire mis à part la saisie des réponses de l’entreprise. Une autre fonction est l’affichage de toutes les informations liées à l’entreprise, à ses réponses et à l’application des règles et seuils définis lors de nos travaux, à savoir :

- Les réponses de l’entreprise
- Les résultats concaténés sous forme de radars
- Les scores des dimensions
- La dimension dont le développement nécessite la plus haute priorité
- La pratique ayant le plus faible niveau de maturité de cette dernière dimension
- Les pratiques ayant les niveaux de maturité les plus bas constatés sur l’ensemble des dimensions
- Les résultats particuliers à l’axe stratégique de l’exportation

A la suite de ces études de cas, les résultats ont été analysés selon notre méthodologie et les retours des utilisateurs ont été étudiés par une équipe d'experts en vue d'améliorer l'outil. Le chapitre 6 présente ces cas d'études, les résultats, les retours d'expérience et les modifications de notre outil. Les expérimentations ont permis de faire une première évolution de l'outil, cependant, il subsiste des limites à notre outil. Ces limites sont présentées dans la section suivante.

### 7.3. Limites des travaux

La transformation numérique est un sujet touchant des entreprises très différentes et la notion de maturité numérique est en constante évolution. Cela se traduit, au niveau de notre méthodologie et de notre outil, par des limites concernant la mise en application de l'outil et l'adaptation au contexte de toutes les PME industrielles.

#### **Limite d'objectivité**

Les réponses collectées sur les grilles de maturité sont basées sur la franchise et la vision de l'utilisateur. Même si le problème de réponses ne correspondant pas totalement à la réalité est limité par le fait que l'objectif de l'outil est de venir en aide aux dirigeants et n'est pas prévu pour juger le niveau d'une entreprise, il subsiste une certaine subjectivité due au facteur humain. En effet on peut se demander si le dirigeant possède bien la vision opérationnelle de l'état réel de son entreprise ? La vision du dirigeant peut être très différente de celle de ses employés. N'est-il pas trop attaché, fier de son entreprise pour oser lui attribuer un niveau faible pour certaines pratiques ? Ces questions restent très difficiles à répondre et peuvent introduire un biais dans le processus d'évaluation de l'entreprise. Notre méthodologie ne permet pas d'éviter à 100% les réponses comportant un biais et d'assurer une totale objectivité. Or, pour remplir pleinement son usage, l'outil doit pouvoir garantir l'objectivité des résultats. Nous avons vu que les phénomènes observables permettaient de valider les niveaux acquis par l'entreprise. S'ils font déjà partie de la conception des grilles de maturité, multiplier leur nombre dans chaque niveau pourrait être une piste pour la résolution de cette limite. Il sera alors question de déterminer le nombre minimum de phénomènes observables à définir pour garantir une objectivité maximale. Une autre piste d'amélioration consisterait à utiliser une méthode pour endiguer le biais de l'auto-sélection. Dalla Valle (Dalla Valle 2016) propose une méthode de calcul en deux étapes de Heckman (méthode semi-paramétrique de correction du biais de sélection) avec l'introduction de copules. Si sa mise en place est complexe, elle permet de mesurer la qualité de réponses de l'utilisateur et ainsi limiter le biais induit par le facteur humain.

### **Limites des cas particuliers**

Une autre limite concerne l'adaptation aux cas particuliers. En effet nous avons étudié trois PME industrielles sélectionnées car elles représentaient des cas spécifiques. Nous avons procédé par une analyse qualitative de ces cas grâce à notre outil. Il assure une collecte d'informations répliquable et pertinente considérée comme indispensable pour assurer une étude qualitative (Sofaer 2002). Le contexte de nos travaux nous incite à étudier des cas différents les uns des autres. Cependant, pour qualifier ces différences, les résultats doivent être fiables en interrogeant, par exemple, des personnes ayant la plus grande connaissance de l'entreprise (Sofaer 2002). Il serait alors pertinent de tester l'outil à plus grande échelle, avec différents acteurs, secteurs, effectifs, afin d'assurer une adaptation totale aux différents contextes des PME industrielles. En effet, Pan et al. (Pan et al. 2007) précisent que la qualité des études de cas dépend à la fois de la disponibilité d'informations pertinentes mais également du nombre d'études cas présentant des résultats différents. De nouvelles études de cas permettront de qualifier les variations de criticité et donc de priorité entre les pratiques dues aux caractéristiques intrinsèques de l'entreprise et de sa stratégie de développement. Cela pourrait avoir comme conséquences : certains niveaux de maturité à plus faible valeur ajoutée, des variations dans les coefficients de calculs et les seuils, en fonction du secteur, de l'effectif, du marché de l'entreprise etc.

### **Axes stratégiques de développement**

Nos travaux ont fait état des lieux de plusieurs axes de développement stratégiques potentiels mais les trois années de thèse n'ont pas permis de tous les étudier et les proposer dans l'outil. De plus, l'axe export développé dans nos travaux comporte lui aussi certaines limitations.

L'axe export peut appartenir à deux visions distinctes. La première envisage le numérique comme un moyen de rendre possible l'export dans l'avenir de l'entreprise. Ainsi, l'entreprise ne réalise pas encore d'export mais va utiliser des moyens numériques pour s'internationaliser. L'autre vision correspond à une entreprise qui exporte déjà. Une entreprise qui exporte possède des pratiques davantage formalisées qu'une entreprise qui n'exporte pas car elles lui permettent d'assurer ses activités classiques ainsi que ses activités d'exportation (Andersen 2005). De ce fait, une entreprise exportatrice aura par conséquence une potentielle avance sur son niveau de maturité numérique par rapport à une entreprise dont le marché ne dépasse pas les frontières. Dans ce dernier cas, l'axe export s'adresse donc à un profil particulier d'entreprise. Les ressources numériques sont alors des facilitateurs en termes d'exportation. Ils sont spécifiques à ce profil d'entreprise et peuvent être catégorisés selon trois types : le e-business, le e-marketing et le e-commerce (Dethine et al. 2020). L'intégration de ses facilitateurs dans notre outil constitue une perspective pour l'axe de développement par l'export.

## **Automatisation de l'outil**

L'outil a vocation de devenir un autodiagnostic. Pour l'instant il nécessite une maîtrise et connaissances du modèle pour être utilisé. Cependant, il est possible de le rendre autonome en intégrant un logiciel et une interface graphique permettant de rassembler le contenu des grilles, les réponses associées et les résultats finaux (affichage, radars, dimension prioritaire, pratique prioritaire de la dimension et pratiques les plus faibles). Le prototype d'application serait alors la base de ce développement. La perspective serait donc de pouvoir proposer l'évaluation de la maturité numérique en totale autonomie. Néanmoins, transformer l'outil en autodiagnostic accentuerait davantage la limite présentée précédemment sur l'objectivité. Si l'utilisateur est seul devant l'outil il pourrait plus facilement transmettre des réponses erronées. La première limite sur l'objectivité est donc à aborder en priorité.

### 7.4. Perspectives

Nos travaux offrent de nombreuses perspectives dans l'évolution du modèle tridimensionnel, le développement de notre outil et de notre méthodologie mais également dans la résolution de certaines limites énoncées plus haut. Elles sont liées au renforcement théorique de la méthodologie et de l'outil proposés mais également de l'amélioration opérationnelle de l'outil.

#### 7.4.1. Renforcement théorique

L'état de l'art sur un domaine en rapide évolution nécessite d'être régulièrement mis à jour, le développement de la partie théorique évolue ainsi suivant les dernières publications. Cependant, le nombre de publications concernant l'étude de la transformation numérique a augmenté de manière exponentielle ces dernières années (section 2.2.2). Ainsi, compte tenu de l'extrême croissance du sujet, il est obligatoire de réitérer les analyses de la littérature avec une régularité plus soutenue.

Une autre perspective est l'amélioration du modèle d'évaluation. L'état de l'art mis à jour pourra permettre de réaliser une nouvelle étude des pratiques liées à la transformation numérique et ainsi renforcer le modèle théorique. De plus, le calcul et développement de nouveaux coefficients pourront permettre d'adapter davantage les grilles de maturité aux différents contextes possibles des PME industrielles. Il pourrait être pertinent de proposer des groupements par types de PME aux caractéristiques similaires pour offrir un outil encore plus détaillé et offrant une possibilité de benchmark entre les entreprises. Ces groupements peuvent donner lieu à la création de taxonomies.

De Jong et Marsili (De Jong et Marsili 2006) montrent que certaines taxonomies sont basées sur des systèmes technologiques. Ainsi, Enjolras et al. (Enjolras et al. 2020) montrent que le classement des entreprises est basé sur leur configuration, leur comportement ainsi que les technologies utilisées dans l'entreprise. Cette perspective consisterait donc à créer des profils types d'entreprise qui partagent des caractéristiques communes. Le principe de taxonomie permettrait de conduire à des études plus larges : politique publique, étude des tendances, aide pour la définition des éléments sur lesquels agir, promotion et réalisation de supports différenciés etc.

L'industrie 4.0 a été partiellement intégrée lors de nos travaux car elle concerne les entreprises avec un important outil de production utilisant les dernières technologies, ce qui n'est pas le cas de toutes les entreprises rencontrées lors de nos tests. Néanmoins, son intégration en tant qu'axe de développement stratégique spécifique à certaines entreprises rendrait possible l'évaluation plus détaillée des entreprises spécialisées en production. De plus, cet axe permettrait d'accroître la pertinence de l'outil pour ces dernières en assurant une aide à la décision correspondant à leur contexte et favorisant le développement des technologies de l'industrie 4.0. Pour cela, une nouvelle application de notre processus de définition des coefficients devra être réalisée pour fournir de nouvelles options à notre outil et le rendre générique au maximum de contextes de PME industrielles.

Nous avons vu au cours de nos travaux que l'évaluation de l'humain comprenait un nombre de notions non maîtrisées (sciences cognitives, études des compétences individuelles, psychologie etc.) liées à notre domaine de recherche. En effet notre approche visait à étudier les dimensions organisationnelle et humaine à un niveau stratégique et opérationnel. Dans la section 4.4 nous avons vu pourquoi le niveau opérationnel de la dimension humaine était complexe à évaluer dans notre contexte. De plus, l'évaluation de l'humain fait face à de nombreuses limites comme le contexte propre à chaque personne qui influe directement sur son ressenti, ses actions (Whitney 2015). Cependant, il serait intéressant d'incorporer cette partie dans une future version de l'outil afin de réaliser une évaluation complète de l'entreprise et de ces capacités en termes de conduite du changement. Il serait possible, par exemple, d'intégrer le modèle d'analyse des données sur le capital humain (HCDA) présenté par Nicolaescu et al. (Nicolaescu et al. 2019). L'approche de Chigoryaev semble également intéressante pour évaluer le capital humain en envisageant une échelle micro et méso (Kichigin et Gonin 2020). Kichigin et Gonin proposent de mesurer ce dernier selon trois composantes, la rémunération du personnel, les coûts de développement des compétences et les coûts de maintien et d'amélioration des conditions de travail des employés.

#### 7.4.2. Amélioration de notre outil

De nouvelles perspectives concernent la mise en application de l'outil. La multiplication des tests de l'outil permettra d'obtenir une liste plus exhaustive de phénomènes observables pour chacun des niveaux. Les retours d'expériences permettront également d'ajuster les nouveaux coefficients de calcul des dimensions et pratiques pour d'autres axes stratégiques de développement.

Nous avons constaté que le niveau 1, le plus faible, n'était pas présent dans les réponses des dirigeants. Avec davantage d'expérimentations il serait possible de vérifier si ce niveau est utilisé ou non. S'il n'est jamais sélectionné il serait intéressant de le mettre de côté et de redistribuer le niveau de difficultés des niveaux supérieurs afin d'y incorporer un nouveau niveau intermédiaire, à définir avec une étude de la littérature et des tests en conditions réelles.

Une autre perspective, comme vu plus haut, concerne l'automatisation du procédé d'évaluation, de calcul et de restitution des résultats. En effet l'outil pourrait être automatisé en fournissant de façon immédiate et sans action nécessaires des recommandations opérationnelles pour l'adaptation de la stratégie de l'entreprise.

A plus long terme, il sera possible d'appliquer le concept d'amélioration continue et de faire évoluer de façon régulière l'outil pour s'adapter aux évolutions du mouvement de la transformation numérique.

L'outil ainsi que la méthode d'aide à la décision, basée sur des apports théoriques mais aussi expérimentaux, permet donc, grâce à une évaluation de la maturité des pratiques via des grilles de maturité détaillées, de guider la définition de la stratégie numérique des PME industrielles.

## BIBLIOGRAPHIE

- A. Cleven, R. Winter, F. Wortmann. 2012. « Managing Process Performance to Enable Corporate Sustainability: A Capability Maturity Model ». *Green Business Process Management: Towards the Sustainable Enterprise* 9783642274: v-vi. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-27488-6>.
- Ahmed, Faheem, et Luiz Fernando Capretz. 2010. « An Organizational Maturity Model of Software Product Line Engineering ». *Software Quality Journal* 18 (2): 195-225. <https://doi.org/10.1007/s11219-009-9088-5>.
- Albukhitan, Saeed. 2020. « Developing Digital Transformation Strategy for Manufacturing ». *Procedia Computer Science* 170: 664-71. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.173>.
- Amaral, Afonso. 2019. « A Framework for Assessing SMEs Industry 4.0 Maturity », n° June: 283-312.
- Anderl, Reiner; et al. 2017. « Industrie 4.0 Maturity Index ». *Acatech*.
- Andersen, Poul Houman. 2005. « Export Intermediation and the Internet: An Activity-Unbundling Approach ». *International Marketing Review* 22 (2): 147-64. <https://doi.org/10.1108/02651330510593250>.
- Arent, Jesper. 2000. « Transforming Software Organizations with the Capability Maturity Model ». *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 1840: 103-14. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-45051-1\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-540-45051-1_12).
- Artemenko, Evgenii. 2020. « The Roles of Top Management in Digital Transformation ». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 940 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012014>.
- Aslanova, I.V., et A.I. Kulichkina. 2020. « Digital Maturity: Definition and Model » 138 (Mtde): 443-49. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200502.073>.
- Azam, Md Shah. 2015. *Diffusion of ICT and SME Performance. Advances in Business Marketing and Purchasing*. Vol. 23A. <https://doi.org/10.1108/S1069-096420150000023005>.
- Bagnoli, Carlo, et Marco Vedovato. 2014. « The Impact of Knowledge Management and Strategy Configuration Coherence on SME Performance ». *Journal of Management and Governance* 18 (2): 615-47. <https://doi.org/10.1007/s10997-012-9211-z>.
- Barinova, E. P., E. N. Sheremetyeva, et A. S. Zotova. 2020. « Digital Age: Chances, Challenges and Future » 84 (September 2019): 327-34. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27015-5>.
- Bedell-Pearce, Jack. 2018. « Safe Digital Transformation for SMEs ». *Network Security* 2018 (11): 6-7. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(18\)30110-7](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(18)30110-7).
- Benitez-Amado, Jose, Francisco Javier Llorens-Montes, et Maria Nieves Perez-Arostegui. 2010. « Information Technology-Enabled Intrapreneurship Culture and Firm Performance ». *Industrial Management and Data Systems* 110 (4): 550-66. <https://doi.org/10.1108/02635571011039025>.
- Bensiek, Tobias, et Arno Kuehn. 2012. « Maturity Model for Improving Virtual Engineering in Small and Medium-Sized Enterprises ». *IFIP Advances in Information and Communication Technology* 388 AICT: 635-45. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35758-9\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35758-9_57).

- Bernier, Amélie. 2017. « L' Adéquation Entre Les Compétences et l' Emploi Occupé : Pratiques Des Employeurs Dans Les PME Québécoises Du Secteur Manufacturier Rapport de Recherche ».
- Bessonova, Elena, et Rustam Battalov. 2021. « Digitalization as a Tool for Innovative Economic Development ». *Economic Annals-XXI* 186 (11-12): 66-74. <https://doi.org/10.21003/EA.V186-08>.
- Boly, Vincent, Mauricio Camargo, et Brunelle Marche. 2018. « Stratégie Technologique et Processus d'innovation - Une Méthode Pour Les Coordonner ».
- Boly, Vincent, Mauricio Camargo, et Laure Morel. 2016. *Ingénierie de l'innovation*. Édité par Lavoisier-Hermès. 3e éd. Paris.
- Boly, Vincent, Manon Enjolras, Severine Husson, Laure Morel, Laurent Dupont, et Lina Benis. 2022. « Innovation Capacity of City Administrations: A Best Practices Approach ». *Journal of Innovation Economics & Management* N° 38 (2): 169-98. <https://doi.org/10.3917/jie.pr1.0121>.
- Boly, Vincent, Laure Morel, N'Doli Guillaume Assielou, et Mauricio Camargo. 2014. « Evaluating Innovative Processes in French Firms: Methodological Proposition for Firm Innovation Capacity Evaluation ». *Research Policy* 43 (3): 608-22. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.09.005>.
- Borštnar, Mirjana Kljajić, et Andreja Pucihar. 2021. « Multi-Attribute Assessment of Digital Maturity of Smes ». *Electronics (Switzerland)* 10 (8). <https://doi.org/10.3390/electronics10080885>.
- Burki, Talha. 2018. « Developing Countries in the Digital Revolution ». *Lancet (London, England)* 391 (10119): 417. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)30191-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)30191-0).
- Burritt, Roger, et Katherine Christ. 2016. « Industry 4.0 and Environmental Accounting: A New Revolution? ». *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility* 1 (1): 23-38. <https://doi.org/10.1186/s41180-016-0007-y>.
- Calabrese, Armando, Manoj Dora, Nathan Levialdi Ghiron, et Luigi Tiburzi. 2020. « Industry's 4.0 Transformation Process: How to Start, Where to Aim, What to Be Aware Of ». *Production Planning and Control* 0 (0): 1-21. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1830315>.
- Carell, Angela, Kim Lauenroth, et Dirk Platz. 2018. « Using Design Thinking for Requirements Engineering in the Context of Digitalization and Digital Transformation: A Motivation and an Experience Report ». *The Essence of Software Engineering*, 107-20. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73897-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73897-0_7).
- Cassetta, Ernesto, Umberto Monarca, Ivano Dileo, Claudio Di Bernardino, et Marco Pini. 2020. « The Relationship between Digital Technologies and Internationalisation. Evidence from Italian SMEs ». *Industry and Innovation* 27 (4): 311-39. <https://doi.org/10.1080/13662716.2019.1696182>.
- Castelli, Alessio, Clementina Marinoni, Chiara Bisagni, Doris Brodeur, Edward F Crawley, Alfred Causi, Clément Fortin, Johan Malmqvist, et Claude Maury. 2010. « An Integrated Cdio - Eqf Engineering Framework for Europe ». *CDIO Montreal*.
- Chanias, Simon, Michael D. Myers, et Thomas Hess. 2019. « Digital Transformation Strategy Making in Pre-Digital Organizations: The Case of a Financial Services Provider ». *Journal of Strategic Information Systems* 28 (1): 17-33. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2018.11.003>.
- Chonsawat, Nilubon. 2018. « Defining SMEs' 4.0 Readiness Indicators Nilubon ». *Applied Sciences (Switzerland)*, 124-34.

- Christensen, Jens Frøslev, Michael Holm Olesen, et Jonas Sorth Kjær. 2005. « The Industrial Dynamics of Open Innovation - Evidence from the Transformation of Consumer Electronics ». *Research Policy* 34 (10): 1533-49. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.07.002>.
- Cimini, Chiara, Albachiara Boffelli, Alexandra Lagorio, Matteo Kalchschmidt, et Roberto Pinto. 2020. « How Do Industry 4.0 Technologies Influence Organisational Change? An Empirical Analysis of Italian SMEs ». *Journal of Manufacturing Technology Management*, 1-36. <https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2019-0135>.
- Claire, Johan, Daniel Galvez, Vincent Boly, Mauricio Camargo, et Johan Claire Moselle. 2014. « A New Innovation Project Maturity Assessment Methodology Based on Innovation Degree ». *2014 International Conference on Engineering, Technology and Innovation: Engineering Responsible Innovation in Products and Services, ICE 2014*. <https://doi.org/10.1109/ICE.2014.6871614>.
- Colli, M., U. Berger, M. Bockholt, O. Madsen, C. Møller, et B. Vejrum Wæhrens. 2019. « A Maturity Assessment Approach for Conceiving Context-Specific Roadmaps in the Industry 4.0 Era ». *Annual Reviews in Control*, n° xxxx: 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2019.06.001>.
- Colli, M., O. Madsen, U. Berger, C. Møller, B. Vejrum Wæhrens, et M. Bockholt. 2018. « Contextualizing the Outcome of a Maturity Assessment for Industry 4.0 ». *IFAC-PapersOnLine* 51 (11): 1347-52. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.343>.
- Commission européenne. 2016. *Guide de l'utilisateur Pour La Définition Des PME. Marché Intérieur, Industrie, Entreprenariat et PME*. <https://doi.org/10.2873/697424>.
- Correia, Fábio Daniel, André M. Carvalho, Nicola Campbell-Allen, et Paulo Sampaio. 2020. « A New Approach to Organisational Excellence for Small and Medium Enterprises: The QOE-SME Model ». *Total Quality Management and Business Excellence* 0 (0): 1-25. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1718490>.
- Coulet, Jean-claude. 2018. « Les Notions de Compétence et de Compétences Clés : L'Éclairage d'Un Modèle Théorique Fondé Sur l'Analyse de l'Activité », 0-33.
- Dalla Valle, Luciana. 2016. « The Use of Official Statistics in Self-Selection Bias Modeling ». *Journal of Official Statistics* 32 (4): 887-905. <https://doi.org/10.1515/JOS-2016-0046>.
- Darwich Akoum, Hind. 2014. « Approche Organisationnelle Basée Sur Le Paradigme Agent Pour La Synthèse et La Réutilisation Des Connaissances En Ingénierie Collaborative », 1-155.
- Delorme, Pascal., et Jilani. Djellalil. 2015. *La Transformation Digitale : Saisir Les Opportunités Du Numérique Pour l'entreprise*. Dunod.
- Dethine, Benjamin, Manon Enjolras, et Davy Monticolo. 2020. « Digitalization and SMEs' Export Management: Impacts on Resources and Capabilities ». *Technology Innovation Management Review* 10 (4): 18-34. <https://doi.org/10.22215/TIMREVIEW/1344>.
- Dufva, Tomi, et Mikko Dufva. 2019. « Grasping the Future of the Digital Society ». *Futures* 107 (mars): 17-28. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2018.11.001>.
- Engesmo, Jostein. 2019. « Chief Digital Officers as Protagonists in Digital Transformation » 1: 730-37.
- Enjolras, Manon. 2016. « Méthodologie d'analyse de La Capacité à Innover et à Exporter Des PME Manufacturières et de Procédés ».

- Enjolras, Manon, Mauricio Camargo, Daniel Galvez, et Christophe Schmitt. 2020. « Analysis of SMEs' Innovation Capability: Towards a Taxonomic Approach based on Internal and Contextual Factors ». *ICE*.
- Fabi, Bruno, Denis J. Garand, et Normand Pettersen. 2012. « Acquisition et Conservation Des Ressources Humaines En PME : Diagnostic Dans Le Domaine Du Génie-Conseil ». *Revue Internationale P.M.E.* 11 (2-3): 49-74. <https://doi.org/10.7202/1009043ar>.
- Ferreira, João J.M., Cristina I. Fernandes, et Fernando A.F. Ferreira. 2019. « To Be or Not to Be Digital, That Is the Question: Firm Innovation and Performance ». *Journal of Business Research* 101 (août): 583-90. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.11.013>.
- Fraser, P, J Moultrie, et M Gregory. 2002. « The Use of Maturity Models / Grids as a Tool in Assessing Product Development Capability: A Review ».
- Gabriel, A., M. Camargo, D. Monticolo, V. Boly, et M. Bourgault. 2016. « Improving the Idea Selection Process in Creative Workshops through Contextualisation ». *Journal of Cleaner Production* 135 (May 2016): 1503-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.039>.
- Galvez, Daniel. 2018. « Évaluation de La Capacité à Innover : Une Approche Par Auto Évaluation et Suivi Supporté Par Des Analyses Multicritères Dynamiques ».
- Galvez, Daniel, Manon Enjolras, Mauricio Camargo, Vincent Boly, et Johan Claire. 2018. « Firm Readiness Level for Innovation Projects: A New Decision-Making Tool for Innovation Managers ». *Administrative Sciences* 8 (1): 6. <https://doi.org/10.3390/admsci8010006>.
- Gamache, Sébastien, Georges Abdul-Nour, et Chantal Baril. 2020. « Evaluation of the Influence Parameters of Industry 4.0 and Their Impact on the Quebec Manufacturing SMEs: The First Findings ». *Cogent Engineering* 7 (1): 0-31. <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1771818>.
- Gatautis, Rimantas, et Elena Vitkauskaitė. 2009. « EBusiness Policy Support Framework ». *Engineering Economics* 5 (65): 35-47. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.65.5.11612>.
- Geissbauer, R., S. Schrauf, V. Koch, et S. Kuge. 2014. « Industry 4.0 - Opportunities and Challenges of the Industrial Internet ». <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>. [www.pwc.de/industry4.0](http://www.pwc.de/industry4.0).
- George Westerman, Claire Calmégane, Didier Bonnet, Patrick Ferraris, et Andrew McAfee. 2011. « Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations ». *Capgemini Consulting* 1 (1): 1-68.
- Girodon, Julien, Davy Monticolo, Eric Bonjour, et Maggy Perrier. 2015. « An Organizational Approach to Designing an Intelligent Knowledge-Based System: Application to the Decision-Making Process in Design Projects ». *Advanced Engineering Informatics* 29 (3): 696-713. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.07.001>.
- Goerzig, David, et Thomas Bauernhansl. 2018. « Enterprise Architectures for the Digital Transformation in Small and Medium-Sized Enterprises ». In *Procedia CIRP*, 67:540-45. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.12.257>.
- Gökalp, Ebru, Umut Sener, et P Erhan Eren. 2017. « Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM ». In *Software Process Improvement and Capability Determination*, édité par Antonia Mas, Antoni Mesquida, Rory v O'Connor, Terry Rout, et Alec Dorling, 128-42. Cham: Springer International Publishing.

- González-Varona, José M., Fernando Acebes, David Poza, et Adolfo López-Paredes. 2020. « Fostering Digital Growth in SMEs: Organizational Competence for Digital Transformation ». *IFIP Advances in Information and Communication Technology* 598 (October 2021): 237-48. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-62412-5\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-62412-5_20).
- Gray, Jeff, et Bernhard Rumpe. 2017. « Models for the Digital Transformation ». *Software and Systems Modeling* 16 (2): 307-8. <https://doi.org/10.1007/s10270-017-0596-7>.
- Gurzawska, Agata. 2021. « Responsible Innovation in Business: Perceptions, Evaluation Practices and Lessons Learnt ». *Sustainability (Switzerland)* 13 (4): 1-27. <https://doi.org/10.3390/su13041826>.
- Hai, Nguyen Thanh. 2021. « Digital Transformation Barriers for Small and Medium Enterprises in Vietnam Today ». *Laplace Em Revista* 7 (3A): 416-26. <https://doi.org/10.24115/s2446-6220202173a1424p.416-426>.
- Hanelt, André, René Bohnsack, David Marz, et Cláudia Antunes Marante. 2020. « A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change ». *Journal of Management Studies*, n° October. <https://doi.org/10.1111/joms.12639>.
- Hess, Benlian, Matt, et Wiesböck. 2016a. « How German Media Companies Defined Their Digital Transformation Strategies ». *MIS Quarterly Executive* 15 (2): 103-19.
- Hess, Thomas, Alexander Benlian, Christian Matt, et Florian Wiesböck. 2016b. « Options for Formulating a Digital Transformation Strategy ». *MIS Quarterly Executive* 15 (2): 123-39. <https://doi.org/10.7892/boris.105447>.
- Hinings, Bob, Thomas Gegenhuber, et Royston Greenwood. 2018. « Digital Innovation and Transformation: An Institutional Perspective ». *Information and Organization* 28 (1): 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.004>.
- Huet-kouo, Daniele. 2015. « Le Management de l' Innovation et Évolution de l'ISO 9001 ». *QUALITA'2015, Mars 2015, Nancy, France, 7*.
- Ifenthaler, Dirk, et Marc Egloffstein. 2019. « Development and Implementation of a Maturity Model of Digital Transformation ». *TechTrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-019-00457-4>.
- INSEE. 2017. « Les Entreprises En France. Edition 2017 ». *Insee Références*.
- Irtysheva, Inna, Antonina Trushliakova, et Ihor Sirenko. 2020. « Strategic Human Capital Management in the Context of Digitalization ». *Baltic Journal of Economic Studies* 6 (5): 178-83. <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2020-6-5-178-183>.
- Issa, Ahmad, Bumin Hatiboglu, Andreas Bildstein, et Thomas Bauernhansl. 2018. « Industrie 4.0 Roadmap: Framework for Digital Transformation Based on the Concepts of Capability Maturity and Alignment ». *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.151>.
- Joensuu-Salo, Sanna, Kirsti Sorama, Anmari Viljamaa, et Elina Varamäki. 2018. « Firm Performance among Internationalized SMEs: The Interplay of Market Orientation, Marketing Capability and Digitalization ». *Administrative Sciences* 8 (3): 31. <https://doi.org/10.3390/admsci8030031>.
- Jong, Jeroen P.J. de, et Orietta Marsili. 2006. « The Fruit Flies of Innovations: A Taxonomy of Innovative Small Firms ». *Research Policy* 35 (2): 213-29. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2005.09.007>.

- Jonkman, RM, CFM Bos, JN Breunese, DTK Morgan, JA Spencer, et E Sondena. 2002. « Best Practices and Methods in Hydrocarbon Resource Estimation, Production and Emissions Forecasting, Uncertainty Evaluation, and Decision Making ».
- Julien GIRODON. 2015. « Proposition d'une Approche d'amélioration Des Performances Des Organisations Par Le Management Opérationnel de Leurs Connaissances et Compétences ». [http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php).
- Kadir, Bzhwen A., et Ole Broberg. 2020a. « Human Well-Being and System Performance in the Transition to Industry 4.0 ». *International Journal of Industrial Ergonomics* 76 (December 2019): 102936. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102936>.
- Kane, Gerald. 2019. « The Technology Fallacy: People Are the Real Key to Digital Transformation ». *Research Technology Management* 62 (6): 44-49. <https://doi.org/10.1080/08956308.2019.1661079>.
- Khin, Sabai, et Theresa C.F. Ho. 2019. « Digital Technology, Digital Capability and Organizational Performance: A Mediating Role of Digital Innovation ». *International Journal of Innovation Science* 11 (2): 177-95. <https://doi.org/10.1108/IJIS-08-2018-0083>.
- Kichigin, Oleg, et Dmitriy Gonin. 2020. « Human Capital as a Catalyst for Digitalization of Regional Economy ». *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 940 (1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012030>.
- Koch, Thorsten, et Josef Windsperger. 2017. « Seeing through the Network: Competitive Advantage in the Digital Economy ». *Journal of Organization Design* 6 (1). <https://doi.org/10.1186/s41469-017-0016-z>.
- Kraus, Sascha, Paul Jones, Norbert Kailer, Alexandra Weinmann, Nuria Chaparro-Banegas, et Norat Roig-Tierno. 2021. « Digital Transformation: An Overview of the Current State of the Art of Research ». *SAGE Open* 11 (3). <https://doi.org/10.1177/21582440211047576>.
- Kretschmer, Tobias, et Pooyan Khashabi. 2020. « Digital Transformation and Organization Design: An Integrated Approach ». *California Management Review* 62 (4): 86-104. <https://doi.org/10.1177/0008125620940296>.
- Krishnamurthy, Sudha, Omer Anson, Lior Sapir, Chanan Glezer, Mauro Rois, Ilana Shub, et Kilian Schloeder. 2008. « Automation of Facility Management Processes Using Machine-to-Machine Technologies ». *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 4952 LNCS: 68-86. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-78731-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-540-78731-0_5).
- Lacerda, Thaísa C., et Christiane Gresse von Wangenheim. 2018. « Systematic Literature Review of Usability Capability/Maturity Models ». *Computer Standards and Interfaces* 55 (December 2016): 1339-51. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2017.06.001>.
- Lahrman, Gerrit, Frederik Marx, Tobias Mettler, Robert Winter, et Felix Wortmann. 2011. « Inductive Design of Maturity Models: Applying the Rasch Algorithm for Design Science Research ». *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 6629 LNCS (2009): 176-91. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-20633-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-642-20633-7_13).

- Lankshear, Colin, et Michele Knobel. 2008. « Digital Literacy - Concepts, Policies and Practices ». *New York, NY: Peter Lang Publishing, Inc*, mai.
- Lannon, Carole, Christine L. Schuler, Michael Seid, Lloyd P. Provost, Sandra Fuller, David Purcell, Christopher B. Forrest, et Peter A. Margolis. 2021. « A Maturity Grid Assessment Tool for Learning Networks ». *Learning Health Systems* 5 (2). <https://doi.org/10.1002/lrh2.10232>.
- Largier, Alexandre, Catherine Delgoulet, et Cécilia De la Garza. 2008. « Quelle Prise En Compte Des Compétences Collectives et Distribuées Dans La Gestion Des Compétences Professionnelles ? » *Perspectives Interdisciplinaires Sur Le Travail et La Santé* 10: 1-17. <https://doi.org/10.4000/pistes.2167>.
- Leipzig, T. von, M. Gamp, D. Manz, K. Schöttle, P. Ohlhausen, G. Oosthuizen, D. Palm, et K. von Leipzig. 2017. « Initialising Customer-Orientated Digital Transformation in Enterprises ». *Procedia Manufacturing* 8 (October 2016): 517-24. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.066>.
- Lemieux, Nathalie. 2013. « Création et Adoption de Pratiques Pour La Conduite Du Changement : Une Démarche Évolutive Au Sein d'une Entreprise Québécoise ». *Question(s) de Management* 3 (2): 67. <https://doi.org/10.3917/qdm.132.0067>.
- Leonardi, Paul M., William C. Barley, et Da Jung Woo. 2021. « Why Should i Trust Your Model? How to Successfully Enroll Digital Models for Innovation ». *Innovation: Organization and Management* 00 (00): 1-19. <https://doi.org/10.1080/14479338.2021.1873787>.
- Maier, Anja M., James Moultrie, et P. John Clarkson. 2012. « Assessing Organizational Capabilities: Reviewing and Guiding the Development of Maturity Grids ». *IEEE Transactions on Engineering Management* 59 (1): 138-59. <https://doi.org/10.1109/TEM.2010.2077289>.
- Marche, Brunelle, Vincent Boly, Laure Morel, Frédérique Mayer, et Roland Ortt. 2019. *Agility and Product Supply Chain Design: The Case of the Swatch*. *Journal of Innovation Economics*. Vol. 28. <https://doi.org/10.3917/jie.028.0079>.
- Marius, Coman Dan, Coman Mihaela Denisa, et Boca (Rakos) Ileana Florina. 2012. « Managerial Accounting – a Source of Information for an Efficient Management in SME ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 62: 521-25. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.085>.
- Martin, Guy, Jonathan Clarke, Felicity Liew, Sonal Arora, Dominic King, Paul Aylin, et Ara Darzi. 2019. « Evaluating the Impact of Organisational Digital Maturity on Clinical Outcomes in Secondary Care in England ». *Npj Digital Medicine* 2 (1): 1-7. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0118-9>.
- Martínez-Climent, Carla, María Rodríguez-García, et Domingo Ribeiro-Soriano. 2019. « Digital Transformations and Value Creation in International Markets ». *International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research* 25 (8): 1603-4. <https://doi.org/10.1108/IJEBr-11-2019-820>.
- Matt, Christian, Thomas Hess, et Alexander Benlian. 2015. « Digital Transformation Strategies ». *Business and Information Systems Engineering*. Gabler Verlag. <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0401-5>.
- Menzel, Hanns C., Iiris Aaltio, et Jan M. Ulijn. 2007. « On the Way to Creativity: Engineers as Intrapreneurs in Organizations ». *Technovation* 27 (12): 732-43. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2007.05.004>.

- Minchev, Zlatogor. 2020. « Digital Society Future Transformation Perspectives in the Informational Age ». *Proceedings - 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2020*, 381-88. <https://doi.org/10.1109/DESSERT50317.2020.9125057>.
- Mintzberg, Henry. 1979. « An Emerging Strategy of “Direct” Research ».
- Mittal, Sameer, Muztoba Ahmad Khan, David Romero, et Thorsten Wuest. 2018. « A Critical Review of Smart Manufacturing & Industry 4.0 Maturity Models: Implications for Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs) ». *Journal of Manufacturing Systems* 49 (October): 194-214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>.
- Moeuf, Alexandre. 2018. « Identification Des Risques, Opportunités et Facteurs Critiques de Succès de l’industrie 4 . 0 Pour La Performance Industrielle Des PME », 57-61. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01849981>.
- Montani, Stefania, et C. Jain Lakhmi. 2010. *Successful Case-Based Reasoning Applications - 1*. Édité par Systems Research Institute. Springer.
- Monticolo, Davy, Simona Mihaita, Hind Darwich, et Vincent Hilaire. 2014. « An Agent-Based System to Build Project Memories during Engineering Projects ». *Knowledge-Based Systems* 68: 88-102. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2013.12.022>.
- Moya, Carlos. 2021. « Développement de La Capacité à Open Innover Des Fournisseurs ».
- Musso, Fabio, et Barbara Francioni. 2012. « The Influence of Decision-Maker Characteristics on the International Strategic Decision-Making Process: An SME Perspective ». *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 58 (octobre): 279-88. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.1002>.
- Nagy, Judit, Judit Oláh, Edina Erdei, Domicián Máté, et József Popp. 2018. « The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain-the Case of Hungary ». *Sustainability (Switzerland)* 10 (10). <https://doi.org/10.3390/su10103491>.
- Nambisan, Satish, Mike Wright, et Maryann Feldman. 2019. « The Digital Transformation of Innovation and Entrepreneurship: Progress, Challenges and Key Themes ». *Research Policy* 48 (8): 103773. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.03.018>.
- Nicolaescu, Sergiu Stefan, Adrian Florea, Claudiu Vasile Kifor, Ugo Fiore, Nicolae Cocan, Ilie Receu, et Paolo Zanetti. 2019. « Human Capital Evaluation in Knowledge-Based Organizations Based on Big Data Analytics ». *Future Generation Computer Systems* 111: 654-67. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.09.048>.
- North, Klaus, Nekane Aramburu, et Oswaldo Jose Lorenzo. 2019. « Promoting Digitally Enabled Growth in SMEs: A Framework Proposal ». *Journal of Enterprise Information Management* 33 (1): 238-62. <https://doi.org/10.1108/JEIM-04-2019-0103>.
- Pacchini, Athos Paulo Tadeu, Wagner Cezar Lucato, Francesco Facchini, et Giovanni Mummolo. 2019. « The Degree of Readiness for the Implementation of Industry 4.0 ». *Computers in Industry* 113: 103125. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.103125>.
- Pagani, Margherita, et Catherine Pardo. 2017. « The Impact of Digital Technology on Relationships in a Business Network ». *Industrial Marketing Management* 67 (September 2016): 185-92. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2017.08.009>.

- Pan, Rong, Qiang Yang, et Sinno Jialin Pan. 2007. « Mining Competent Case Bases for Case-Based Reasoning ». *Artificial Intelligence* 171 (16-17): 1039-68. <https://doi.org/10.1016/j.artint.2007.04.018>.
- Pashaeva, Irada V., Mehriban Sh Aliyeva, Nigar N. Atakishiyeva, Esmira M. Babashirinova, et Nazakat M. Musayeva. 2020. « Digital Models of Income and Expenditure Management and Accounting ». *TEM Journal* 9 (2): 590-600. <https://doi.org/10.18421/TEM92-22>.
- Patel, K., et M. P McCarthy. 2000. *Digital Transformation: The Essentials of e-Business Leadership*. New York, KPMG/McGraw-Hill.
- Paulk, C, et B Curtis. 1993. « Capability Maturity Model, Version I + I », 18-27.
- Pérez, I. J., F. J. Cabrerizo, S. Alonso, Y. C. Dong, F. Chiclana, et E. Herrera-Viedma. 2018. « On Dynamic Consensus Processes in Group Decision Making Problems ». *Information Sciences* 459: 20-35. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2018.05.017>.
- Pettersen, Normand, Josée St-Pierre, et Stéphane Brutus. 2012. « Relation Entre Les Compétences Du Dirigeant de PME et La Performance de Son Entreprise ». *Revue Internationale P.M.E.* 24 (1): 167-93. <https://doi.org/10.7202/1012555ar>.
- Pînzaru, Florina, Alexandra Zbucea, et Alexandra Vițelar. 2019. « Digital Transformation Trends Reshaping Companies ». *Proceedings of the International Conference on Business Excellence* 13 (1): 635-46. <https://doi.org/10.2478/picbe-2019-0056>.
- Pousttchi, Key, Alexander Gleiss, Benedikt Buzzi, et Marco Kohlhagen. 2019. « Technology Impact Types for Digital Transformation ». *Proceedings - 21st IEEE Conference on Business Informatics, CBI 2019* 1: 487-94. <https://doi.org/10.1109/CBI.2019.00063>.
- Rafael, Lizarralde Dorronsoro, Ganzarain Epelde Jaione, López Cristina, et Serrano Lasa Ibon. 2020. « An Industry 4.0 Maturity Model for Machine Tool Companies ». *Technological Forecasting and Social Change* 159 (July): 120203. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120203>.
- Rakotobe-Joel, Thierry, Ian McCarthy, et David Tranfield. 2002. « A Structural and Evolutionary Approach to Change Management ». *Computational & Mathematical Organization Theory* 8 (4): 337-64. <https://doi.org/10.1023/A:1025420718857>.
- Ramdani, Halima. 2021. « Un Système Intelligent Pour l'optimisation Du e-Recrutement ».
- Rauch, Erwin, Marco Unterhofer, Rafael A. Rojas, Luca Gualtieri, Manuel Woschank, et Dominik T. Matt. 2020. « A Maturity Level-Based Assessment Tool to Enhance the Implementation of Industry 4.0 in Small and Medium-Sized Enterprises ». *Sustainability (Switzerland)* 12 (9). <https://doi.org/10.3390/SU12093559>.
- Rejeb, Helmi ben, Laure Morel-Guimarães, Vincent Boly, et N'Doli Guillaume Assiélou. 2008. « Measuring Innovation Best Practices: Improvement of an Innovation Index Integrating Threshold and Synergy Effects ». *Technovation* 28 (12): 838-54. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2008.08.005>.
- Remane, Gerrit, Andre Hanelt, Robert C. Nickerson, et Lutz M. Kolbe. 2017. « Discovering Digital Business Models in Traditional Industries ». *Journal of Business Strategy* 38 (2): 41-51. <https://doi.org/10.1108/JBS-10-2016-0127>.

- Rios, Erkuden, Teodora Bozheva, Aitor Bediaga, et Nathalie Guilloureau. 2006. « MDD Maturity Model: A Roadmap for Introducing Model-Driven Development ». *European Software Institute* 4066 LNCS: 78-89. [https://doi.org/10.1007/11787044\\_7](https://doi.org/10.1007/11787044_7).
- Rodchenko, Volodymyr, Ganna Rekun, Larysa Fedoryshyna, Ihor Roshchin, et Svitlana Gazarian. 2021. « The Effectiveness of Human Capital in the Context of the Digital Transformation of the Economy: The Case of Ukraine ». *Journal of Eastern European and Central Asian Research* 8 (2): 202-13. <https://doi.org/10.15549/jeecar.v8i2.686>.
- Rojo Abollado, J., E. Shehab, et P. Bamforth. 2017. « Challenges and Benefits of Digital Workflow Implementation in Aerospace Manufacturing Engineering ». *Procedia CIRP* 60: 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.044>.
- Saarikko, Ted, Ulrika H. Westergren, et Tomas Blomquist. 2020. « Digital Transformation: Five Recommendations for the Digitally Conscious Firm ». *Business Horizons* 63 (6): 825-39. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2020.07.005>.
- Safar, Leos, Jakub Sopko, Slavomir Bednar, et Robert Poklemba. 2018. « Concept of SME Business Model for Industry 4.0 Environment ». *TEM Journal* 7 (3): 626-37. <https://doi.org/10.18421/TEM73-20>.
- Sanayei, Amir, S. Farid Mousavi, et A. Yazdankhah. 2010. « Group Decision Making Process for Supplier Selection with VIKOR under Fuzzy Environment ». *Expert Systems with Applications* 37 (1): 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.04.063>.
- Savage, Guy, Anna Franz, et James S. Wasek. 2019. « Holacratic Engineering Management and Innovation ». *EMJ - Engineering Management Journal* 31 (1): 8-21. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1565467>.
- Schumacher, Andreas, Tanja Nemeth, et Wilfried Sihn. 2019. « Roadmapping towards Industrial Digitalization Based on an Industry 4.0 Maturity Model for Manufacturing Enterprises ». *Procedia CIRP*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.02.110>.
- Schuyler, J R. 1997. « BEST PRACTICES IN PROJECT EVALUATION AND INFLUENCE ON COMPANY PERFORMANCE ».
- Sepulveda, Juan, Javier Gonzalez, Miguel Alfaro, et Mauricio Camargo. 2010. « A Metrics-Based Diagnosis Tool for Enhancing Innovation Capabilities in SMEs ». *International Journal of Computers, Communications and Control* 5 (5): 919-28. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2010.5.2255>.
- Sofaer, Shoshanna. 2002. « Qualitative Research Methods ». *International Journal for Quality in Health Care*. Vol. 14. [www.ncqa.org](http://www.ncqa.org).
- Song, Xudong, Yuyang Cong, Yifan Song, Yilin Chen, et Pan Liang. 2021. « A Bearing Fault Diagnosis Model Based on CNN with Wide Convolution Kernels ». *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. <https://doi.org/10.1007/s12652-021-03177-x>.
- Soto-Acosta, Pedro. 2020. « COVID-19 Pandemic: Shifting Digital Transformation to a High-Speed Gear ». *Information Systems Management* 00 (00): 1-7. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1814461>.

- Stachowiak, Agnieszka, et Joanna Oleśków Szłapka. 2018. « ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Capability Maturity Framework for of Capacity Industry Agility Capability Maturity Framework ». *Procedia Manufacturing* 17: 603-10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.102>.
- Storbjerg, Simon Haahr, Thomas Ditlev Brunoe, et Kjeld Nielsen. 2016. « Towards an Engineering Change Management Maturity Grid ». *Journal of Engineering Design* 27 (4-6): 361-89. <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1150967>.
- Stoyanova, Miglena. 2020. « Good Practices and Recommendations for Success in Construction Digitalization ». *TEM Journal* 9 (1): 42-47. <https://doi.org/10.18421/TEM91-07>.
- Subramaniam, Mohan, Bala Iyer, et Venkat Venkatraman. 2019. « Competing in Digital Ecosystems ». *Business Horizons* 62 (1): 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.013>.
- Szopa, Łukasz, et Piotr Cyplik. 2020. « The Concept of Building a Digital Transformation Model for Enterprises from the Sme Sector ». *Logforum* 16 (4): 593-601. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.497>.
- Tartar, Michaël, et David Fayon. 2014. « Transformation Digitale: 5 Leviers Pour l'entreprise ». *Pearson*, n° ISBN-10 : 2744066079, ISBN-13 : 978-2744066078.
- Teichert, Roman. 2019. « Digital Transformation Maturity: A Systematic Review of Literature ». *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* 67 (6): 1673-87. <https://doi.org/10.11118/actaun201967061673>.
- Tran, Giang. 2019. « D'un « diagnostic Partagé » à « l'action Partagée » : Comment Le Mode Projet Living Lab Peut Alimenter Le Processus d'aide à La Décision Du « faire La Ville » En Intégrant Les Citoyens Pour Une Ville Intelligente ». *Thèse, Equipe de Recherche Sur Les Processus Innovatifs*.
- Truant, Elisa, Laura Broccardo, et Léo Paul Dana. 2021. « Digitalisation Boosts Company Performance: An Overview of Italian Listed Companies ». *Technological Forecasting and Social Change* 173 (décembre). <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121173>.
- Valdez-de-Leon, Omar. 2016. « A Digital Maturity Model for Telecommunications Service Providers ». *Technology Innovation Management Review* 6 (8): 19-32. <https://doi.org/10.22215/timreview1008>.
- VanBoskirk, Shar, et Martin Gill. 2016. « The Digital Maturity Model 4.0 ». *Forrester*, 0-17.
- Walsh, Philip R. 2011. « Creating a "Values" Chain for Sustainable Development in Developing Nations: Where Maslow Meets Porter ». *Environment, Development and Sustainability* 13 (4): 789-805. <https://doi.org/10.1007/s10668-011-9291-y>.
- Walus, Y. E., H. W. Ittmann, et L. Hanmer. 1997. « Decision Support Systems in Health Care ». *Methods of Information in Medicine* 36 (2): 82-91. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1634693>.
- Wang, Taiyuan, Stewart Thornhill, et Bin Zhao. 2018. « Pay-for-Performance, Employee Participation, and SME Performance ». *Journal of Small Business Management* 56 (3): 412-34. <https://doi.org/10.1111/jsbm.12268>.
- Watson, Gregory H. 2002. « Breakthrough in Delivering Software Quality. Capability Maturity Model and Six Sigma.Pdf ». Springer Berlin Heidelberg.
- Weber, Charles V. 1993. « Capability Maturity Model, Version 1.1 ESC-TR-93-177 for Software, Version 1.1 Mary Beth Chrissis », n° August. <https://doi.org/10.1109/52.219617>.

- Wessel, Lauri, Abayomi Baiyere, Roxana Ologeanu-Taddei, Jonghyuk Cha, et Tina Blegind Jensen. 2021. « Unpacking the Difference between Digital Transformation and It-Enabled Organizational Transformation ». *Journal of the Association for Information Systems* 22 (1): 102-29. <https://doi.org/10.17705/1jais.00655>.
- Westerman, G., Calm ejane, C., Bonnet, D., Ferraris, P., McAfee, A. 2011. « Digital Transformation: A Roadmap for Billion-Dollar Organizations. » *MIT Center for Digital Business and Capgemini Consulting* 726 KEM: 460-64. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.726.460>.
- Whitney, Patrick. 2015. « Design and the Economy of Choice ». *She Ji* 1 (1): 58-80. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2015.09.001>.
- Wieder, le Dain, et Blanco. 2009. « Proposition of a Maturity Grid to Asses NPD Agility ». *International Conference on Engineering Design* 1 (1): 85-96.
- Xu, Yueqiang, et Timo Koivum aki. 2019. « Digital Business Model Effectuation: An Agile Approach ». *Computers in Human Behavior* 95 (April 2018): 307-14. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.10.021>.
- Yenicioğlu, Baskin, et George Christodoulides. 2015. « Branding in the Age of Digital Connectivity ». In *The Routledge Companion to the Future of Marketing*, 268-81. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203103036.ch14>.
- Zaoui, Fadwa, et Nissrine Souissi. 2020. « A Triaxial Model for the Digital Maturity Diagnosis ». *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering* 9 (1): 433-39. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/60912020>.
- Zhu, Kevin, Shutao Dong, Sean Xin Xu, et Kenneth L. Kraemer. 2006. « Innovation Diffusion in Global Contexts: Determinants of Post-Adoption Digital Transformation of European Companies ». *European Journal of Information Systems* 15 (6): 601-16. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000650>.

## **ANNEXES**

Annexe 1 : Grilles de maturité de la dimension organisationnelle _____	150
Annexe 2 : Grilles de maturité de la dimension humaine _____	150
Annexe 3 : Grilles de maturité de la dimension ressources numériques _____	150

Les annexes de ce travail de recherche sont confidentielles.

Annexe 1 : Grilles de maturité de la dimension organisationnelle

Annexe 2 : Grilles de maturité de la dimension humaine

Annexe 3 : Grilles de maturité de la dimension ressources numériques

## Résumé

De récentes études ont montré que les petites et moyennes entreprises industrielles sont conscientes qu'elles doivent entreprendre leur transformation numérique dans les prochaines années. Toutefois, le manque d'outils adaptés à leur contexte particulier pour les guider dans leur transformation constitue un frein à l'adoption de nouvelles ressources numériques. Ce travail de recherche vise alors à résoudre cette problématique en proposant plusieurs contributions. Tout d'abord, un état de l'art sur les modèles d'évaluation de la maturité numérique a permis de concevoir un modèle d'évaluation à travers l'étude de trois dimensions, organisationnelle, humaine et ressources numériques. La mesure de ces dimensions est rendue possible par l'évaluation des pratiques internes de l'entreprise via des grilles de maturité selon cinq niveaux de maturité. L'ensemble de ces éléments constitue un outil d'évaluation de la maturité numérique adapté au contexte particulier des PME. Une autre contribution est la méthode d'aide à la décision s'appuyant sur les résultats des 25 grilles de maturité de l'outil. Cette méthode permet aux entreprises, en quelques étapes, de connaître leur niveau de maturité numérique et leur signification, mais également de visualiser les pratiques à travailler en priorité pour augmenter leur maturité. De plus, l'entreprise peut influencer l'évaluation des pratiques en précisant un axe de développement stratégique tel que l'export. Des coefficients propres à une stratégie d'export sont alors appliqués. Cette méthode constitue un guide pour la définition de la stratégie de transformation numérique des PME industrielles. Ces outils et méthodes ont été expérimentés auprès d'entreprises industrielles françaises.

**Mots clés :** Transformation numérique, PME industrielles, Evaluation de la maturité numérique, Aide à la décision

## **Abstract**

Recent studies have shown that small and medium-sized industrial companies are conscious that they need to engage their digital transformation in the coming years. However, the lack of tools adapted to their specific context to guide them in their transformation is a barrier to the adoption of new digital resources. This research study aims to solve this problem by proposing several contributions. First of all, a state of the art on digital maturity assessment models has allowed us to design an assessment model through the study of three dimensions: organizational, human and digital resources. The measurement of these dimensions is possible through the evaluation of the company's internal practices using maturity grids according to five maturity levels. All these elements constitute a digital maturity assessment tool adapted to the specific context of SMEs. Another contribution is the decision support method based on the results of the tool's 25 maturity grids. This method allows companies, in a few steps, to know their level of digital maturity and their significance, but also to visualize the practices to work on in priority to increase their maturity level. In addition, the company can influence the evaluation of practices by specifying a strategic development axis such as export. Coefficients specific to an export strategy are then applied. This method constitutes a guide for defining the digital transformation strategy of industrial SMEs. These tools and methods have been tested with French industrial companies.

**Keywords:** Digital transformation, Industrial SMEs, Digital maturity assessment, Decision support