

CIGI QUALITA MOSIM 2023

Outil d'auto-évaluation de la maturité des systèmes de mesure de performance pour les PME manufacturières

MBAREK EL BOUNJIMI¹, MARC-ANDRÉ GAUDREAU^{1,2}, CLAUDIA PELLETIER^{1,3} LAURENT CORMIER^{1,2}, SOUSSO KELOUWANI^{1,2}

¹ CENTRE NATIONAL INTÉGRÉ DU MANUFACTURIER INTELLIGENT (CNIMI)
UQTR, Campus de Drummondville, 575 boul. de l'Université, Drummondville (Québec), Canada

² UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS RIVIÈRES
Département de génie mécanique, Campus de Drummondville, 575 boul. de l'Université,
Drummondville (Québec), Canada

³ UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS RIVIÈRES
Département de marketing et systèmes d'information, 3351 boul. des Forges, Trois-Rivières
(Québec), Canada

Résumé – Afin d'assurer, à la fois, leur survie et croissance dans un environnement de plus en plus compétitif, les petites et moyennes entreprises (PME) manufacturières sont appelées à améliorer leur performance opérationnelle en exploitant les avantages qu'offrent les technologies de l'industrie 4.0. Le but de cet article est de présenter un outil simple pour auto-évaluer la maturité d'un système de mesure de performance (SMP) des PME manufacturières. À partir de la littérature, nous avons identifié les dimensions clés et les meilleures pratiques d'un SMP adapté à ce contexte. Selon les grilles de maturité de chaque dimension, l'outil permet aux PME de se comparer rapidement aux meilleures pratiques du SMP, de mesurer l'écart par rapport au niveau cible et, enfin, de déterminer les améliorations nécessaires.

Mots clés – Système de mesure de performance, Maturité, PME manufacturières, Industrie 4.0

Abstract – In order to ensure both survival and growth in an increasingly competitive environment, small and medium-sized manufacturing enterprises (SMEs) are called upon to improve their operational performance by exploiting the advantages offered by Industry 4.0 technologies. The purpose of this paper is to present a simple tool to self-assess the maturity of a performance measurement system (PMS) for manufacturing SMEs. Based on the literature, we have identified the key dimensions and best practices of an PMS that are adapted in such a context. According to the maturity grids for each dimension, the tool allows SMEs to quickly compare themselves to the best practices of the SMP, measure the gap with the target level and determine the necessary improvements to put forward.

Keywords – Performance measurement system, Maturity, Manufacturing SMEs, Industry 4.0

1 INTRODUCTION

Les petites et moyennes entreprises (PME) jouent un rôle clé dans l'économie mondiale, représentant plus de 97 % des entreprises et créant plus de 50 % des emplois au Canada (ISED, 2021). Des chiffres qui se comparent à d'autres dans le monde, par ailleurs. Dans ce contexte, on observe généralement que les ressources sont généralement limitées en termes de finances, de personnel, d'infrastructure et d'accès aux connaissances (Sharma et al., 2005). La direction se concentre sur le court terme et les stratégies à long terme sont le plus souvent absentes (Kueng et al., 2000; Raymond et al., 2023). La mesure de performance joue un rôle essentiel dans l'amélioration continue des processus de gestion et de prise de décision (Nudurupati et al., 2021). Le système de mesure de la performance (SMP) est un système équilibré et dynamique capable de soutenir le processus décisionnel en recueillant, élaborant et analysant des informations (Neely et al., 2002). Il comprend l'ensemble des variables (ou métriques) utilisées

pour quantifier l'efficacité et l'efficacité des actions, les apports de la technologie (p. ex. logiciels, matériel informatique, etc.) et les procédures associées à la collecte de données (Lohman et al., 2004). Un SMP bien structuré et intégré peut devenir un outil d'aide à la décision important pour les opérations et permet également d'évaluer l'exécution de la stratégie et de renforcer la communication dans l'entreprise (Franco-Santos et al., 2012). Malgré quelques lacunes sur le plan des ressources, les PME présentent plusieurs avantages par rapport aux grandes entreprises, par exemple moins de bureaucratie, l'amélioration des services à la clientèle, une communication interne plus efficace et une grande flexibilité. Néanmoins, une grande partie des PME est en retard dans la transition numérique relative à l'industrie 4.0 (Kamble et al., 2020).

Les technologies de l'industrie 4.0 offrent aux PME manufacturières de nouvelles opportunités, non seulement pour améliorer leur productivité et leur flexibilité, mais aussi pour

accélérer leur croissance via l'innovation et le développement de nouveaux modèles d'affaires. Cependant, pour récolter ces bénéfices, les recherches récentes ont mis l'accent sur la nécessité de développer des nouvelles pratiques de mesure de la performance qui sont mieux alignées sur le contexte commercial, en particulier pour les PME (Kamble et al., 2020; Nudurupati et al., 2021).

Un nombre limité de PME manufacturières ont réussi à mettre en place un SMP efficace et dynamique (Hudson et al., 2001; Sardi et al., 2020). Lorsqu'elles prennent cette direction, les caractéristiques organisationnelles et managériales des PME font que les SMP sont généralement limités aux aspects financiers, informels et non structurés (Hudson et al., 2001 ; Garengo et al., 2005). Un autre obstacle majeur est la faible intensité numérique de certaines PME comparativement aux grandes entreprises. Il est pourtant démontré que la disponibilité des données pertinentes et de bonne qualité a un impact direct sur la mesure de performance.

Lorsqu'une PME manufacturière décide des améliorations à leur SMP, un grand nombre d'options sont généralement possibles mais dans de nombreux cas, la meilleure façon de modifier un processus n'est pas évidente. Hudson et al. (2001) recommandent que le point de départ de développement d'un SMP existant est de procéder à son évaluation pour mettre en évidence les points faibles et identifier les améliorations nécessaires. Ce constat a été confirmé par Bititci et al., (2014).

Bien qu'ils possèdent aussi des limites, les modèles de maturité sont reconnus comme des outils permettant de démontrer l'amélioration graduelle et systématique des compétences générales, des processus, des structures ou des conditions d'une organisation (Blondiau et al., 2016). Le résultat du niveau de maturité permet d'identifier les améliorations à apporter au SMP, afin d'augmenter son niveau et, par conséquent, son efficacité.

L'article est organisé de la manière suivante. La prochaine section présente la méthodologie de recherche. Dans la troisième section, la littérature est passée en revue concernant les modèles de maturité des SMP existants, notamment pour identifier les meilleures pratiques dans les PME manufacturières.

Enfin, sur la base de tous les éléments identifiés, les exigences qu'un SMP doit remplir pour permettre à une PME de gérer efficacement ses performances sont obtenues et un outil d'auto-évaluation de la maturité du SMP est proposé dans la section 4. Le document se termine par la conclusion et les orientations pour les recherches futures.

2 METHODOLOGIE

La figure 1 montre la méthodologie suivie pour le développement du modèle de maturité des SMP. Le processus de développement comprend six étapes :

-Étape 1. « Définition du problème et objectifs ». Cette étape a pour but la clarification des objectifs des chercheurs et sert à mieux cadrer les analyses ultérieures. Afin de mieux définir la définition du problème et de vérifier que les intérêts des chercheurs correspondent aux intérêts des praticiens sur le terrain, un partenaire du terrain, une PME manufacturière québécoise, a été interviewé dans le cadre d'un projet de cartographie des flux de valeur. Les résultats des entrevues ont confirmé l'importance d'élaborer un SMP efficace.

-Étape 2. La « Revue de la littérature » traite de l'examen des modèles de maturité SMP développés précédemment et des meilleures pratiques de mise en place d'un SMP dans les PME.

-Étape 3. « Développement du modèle ». Sur la base des résultats de la phase 2, le nouveau modèle est développé.

-Étape 4. Une « évaluation du concept » est nécessaire afin de vérifier la qualité du modèle créé et de corriger les éventuelles lacunes. Dans le cadre du présent projet, des simulations aléatoires sont effectuées sur le modèle pour tester son fonctionnement.

-Étape 5. La « mise en œuvre » est le transfert réel du modèle de la théorie à l'évaluation de la maturité de l'entreprise. Cette étape n'est pas encore réalisée mais devrait être réalisée prochainement.

-Étape 6 « Évaluation finale » est le moment où la version finale du modèle est évaluée et acceptée ou éventuellement rejetée.

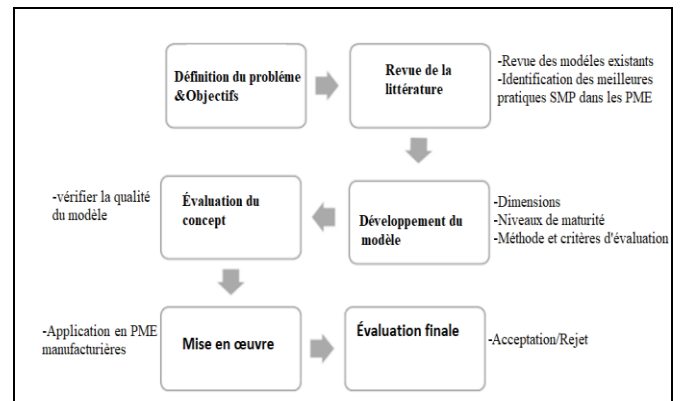


Figure 1. Étapes de développement du modèle de maturité du SMP adapté de Trotta et al. (2019)

3 REVUE DE LITTÉRATURE

3.1 Revue des modèles de maturité existants

L'un des modèles de maturité le plus complet proposé dans la littérature est celui de Wettstein et Kueng (2002), qui décrit le développement d'un SMP, suivant un schéma évolutif à travers quatre niveaux de maturité (Ad-hoc, Adolescent, Adulte, Mature), qui se caractérisent par le développement progressif selon six dimensions : Portée du SMP; Collecte de données; Stockage de données; Communication des résultats de performance; Utilisation des mesures de performance; et Qualité des processus de mesure de performance. Dans le même ordre d'idées, Van Aken et al. (2005) ont proposé un outil d'évaluation du système d'amélioration (ISAT) pour évaluer la maturité et l'efficacité du SMP dans le cadre d'un système global d'amélioration organisationnelle. Le modèle couvre les dimensions d'évaluation, telles que : Approche structurée pour définir les métriques; Implication inter fonctionnelle dans la définition des métriques; Déploiement de métriques; Communication claire et cohérente des métriques; Définition des relations causales entre les métriques; et Raffinement des mesures. Cocca et Alberti (2010) décrivent comment évaluer la maturité du SMP pour les PME. L'outil d'auto-évaluation proposé consiste en un ensemble de grilles de maturité permettant d'évaluer de nombreux éléments à partir de trois dimensions : les exigences des mesures de performance, les caractéristiques du SMP et les exigences de l'utilisation du SMP.

Ces dernières années, il y a un intérêt grandissant envers la mesure de performance en industrie 4.0. Cependant, les chercheurs et les praticiens ont partiellement traité le design et

l'évaluation des SMPs pour les PME manufacturières dans le contexte de l'industrie 4.0 (Robert et al., 2020 ; Chahidi et al., 2022 ; Kamble et al., 2020; Nudurupati et al., 2022).

Chahidi et al., 2022 ont adapté le modèle CMMI (Capability Maturity Model Integration) pour évaluer la maturité du système de management de la performance, mais sans tenir compte la maturité des dimensions. Cette approche est très sommaire et ne tient pas compte la réalité des PME et, par conséquent, ne permet pas de déceler les éléments à améliorer dans le SMP.

Par ailleurs, le cadre proposé par Cocca et Albert(2010) emploie des grilles d'auto-évaluation pour évaluer le SMP dans les PME mais seulement deux dimensions sont présentées à titre d'exemple.

3.2 Les meilleures pratiques SMP dans les PME

Les PME présentent certaines caractéristiques distinctives qui les différencient des grandes entreprises (Raymond et al., 2023). Cela implique que leurs besoins en termes de processus et d'outils de mesure de la performance sont également différents de ceux des grandes entreprises (Cocca et Alberti, 2010). Hudson et al. (2001) identifient neuf exigences pour le développement d'un SMP efficace : l'évaluation du SMP existant, l'implication des utilisateurs clés, l'identification des objectifs stratégiques, la définition de mesures de performance, la revue périodique, l'appui de la direction, l'implication des employés, des objectifs clairs et explicites, et des délais connus.

Plusieurs chercheurs ont exploré la mesure de la performance du point de vue des PME. (Garengo et al., 2005, Ates et al 2013). Un message clé qui ressort de cette littérature est que, malgré la disponibilité de divers modèles et méthodologies soutenant la mise en place de pratiques de mesure de la performance, leur adoption dans les PME est encore faible. C'est aussi pourquoi il est nécessaire d'identifier des approches qui répondent aux besoins spécifiques de ces entreprises. (Garengo et al., 2005 ; Ates et al., 2013).

Selon Ates et al. (2013), les PME se concentrent davantage sur la planification interne et à court terme, alors qu'elles accordent moins d'attention à la planification à long terme. Le principal défi pour rendre la gestion de la performance plus efficace réside dans l'utilisation appropriée et équilibrée des pratiques stratégiques et opérationnelles et des mesures pertinentes. En se référant à la littérature sur les caractéristiques des SMP et des PME, Cocca et Alberti (2010) ont identifié les exigences clés et les meilleures pratiques des SMP en trois catégories : caractéristiques du SMP dans son ensemble; exigences de mesure de la performance; et exigences d'utilisation du SMP :

Le SMP dans son ensemble :

- Toutes les parties prenantes sont prises en compte.
- Flexible, rapidement modifiable et maintenable.
- Équilibré (interne/externe, financier/non financier).
- Synthétique.
- Facile à mettre en œuvre, à utiliser et à exploiter.
- Relations causales affichées.
- Alignement stratégique.

Les indicateurs de performance :

- Dérivés de la stratégie.
- Lient les opérations aux objectifs stratégiques.
- Simples à comprendre et à utiliser.
- Objectif clairement défini/explicite.
- Stimulent l'amélioration continue.

- Pertinents et faciles à maintenir.
- Faciles à collecter.
- Fournissent un retour d'information rapide et précis.
- Suivi des performances actuelles.
- Prédissent les performances futures.
- Promeuvent l'intégration.
- Formulent des sources de données définies.
- Toutes les parties prenantes prises en compte.
- Flexibles, rapidement modifiables et maintenables.
- Équilibrés (interne/externe, financier/non financier).
- Synthétiques.
- Faciles à mettre en œuvre, à utiliser et à exploiter.
- Relations causales affichées.
- Soutiennent l'alignement stratégique.
- Graphiques et visuellement efficaces.
- Améliorables de manière incrémentielle.
- Liés à un système de récompense.
- Intégrés aux systèmes d'information (SI).

Utilisation du SMP :

- Évaluation périodique du SMP existant.
- Développement de la stratégie.
- Planification à long et à court terme.
- Partage de l'information et communication.
- L'engagement de la direction.
- Implication/soutien des employés.
- Facilitateur.
- Procédure d'entretien.
- Fixation systématique des objectifs.
- Attribution des rôles et partage des responsabilités.
- Procédure de révision des performances.
- Liens entre la performance et le processus de rémunération.
- Procédures clairement définies.
- Soutien de l'infrastructure technologique.

Ainsi, les objectifs stratégiques doivent également être définis dans un plan stratégique, lui-même supporté par les opérations réalisées (Raymond et al., 2023). Ce sont les objectifs et les résultats financiers et non financiers que cible de l'entreprise pour atteindre ses objectifs d'affaires. Un SMP efficace doit supporter l'entreprise à atteindre ses objectifs stratégiques et même remettre en question sa stratégie. Les indicateurs de performances devraient être basés sur les facteurs critiques de succès, identifiés comme étant les leviers appropriés pour atteindre les objectifs cibles (Neely et Bourne, 2000; Parmenter, 2015). Dans le cas d'une PME manufacturière, la fonction production est constituée d'un ensemble de processus clés. Dans ce contexte, un facteur de succès important peut être un projet d'amélioration de la productivité (p. ex. : augmenter la capacité de production, augmenter le taux de qualité, réduire le temps de passage, etc.).

4 OUTIL D'AUTO-EVALUATION DE LA MATURITE DU SMP

Les SMPs traditionnels doivent s'adapter à l'évolution technologique afin de tirer parti des avantages des technologies de l'industrie 4.0. Cette transformation numérique oblige les PME manufacturières à mettre en place des SMP intelligents et flexibles, capables de fournir un aperçu rapide et clair des performances à temps réel et prédire les dysfonctionnements et les pertes de productivité futures. Le modèle proposé permet aux PME manufacturières d'auto-évaluer leur SMP dans un environnement propice à l'industrie 4.0. L'auto-évaluation est de plus en plus utilisée par l'industrie comme méthode pour

aider à identifier les meilleures pratiques et les points à améliorer (Cocca et Alberti, 2010 ; Schiffer et al., 2019). Par ailleurs, les grilles de maturité offrent une évaluation simple et conviviale et sont donc l'approche la plus appropriée à utiliser pour un outil d'évaluation. Ce type d'outil peut être utilisé pour répondre aux besoins des PME dans la mesure où il permet de mettre en évidence de meilleures pratiques de manière simple et en utilisant des ressources limitées, stimulant ainsi un processus d'apprentissage (Cocca et Alberti, 2010).

Le modèle d'auto-évaluation de la maturité du SMP comprend six dimensions et quatre niveaux de maturité. La figure 2 montre la matrice d'évaluation. L'outil comprend des grilles d'auto-évaluation de chaque dimension (ligne) indiquant les exigences requises pour chaque niveau de maturité (colonne).

4.1 Détermination des dimensions du modèle

À partir de la littérature sur les bonnes pratiques d'un SMP (Cocca et Alberti, 2010; Kamble et al., 2020), nous avons identifié six dimensions critiques pour évaluer la maturité des SMP dans les PME manufacturières.

- *Dimension 1- Objectifs stratégiques et facteurs critiques de succès :*

Les objectifs stratégiques sont généralement définis dans le plan stratégique. Ce sont les objectifs financiers et non financiers que cible de l'entreprise. Un SMP réussi et efficace doit supporter l'entreprise dans l'atteinte de ses objectifs stratégiques, parfois même remettre en question ladite stratégie. Les mesure de performances devraient être basées sur les facteurs critiques de succès, identifiés comme étant les leviers appropriés pour atteindre les objectifs cibles (Neely et Bourne, 2000; Parmenter, 2010). Dans le cas d'une PME manufacturière, la production est un processus clé et par conséquent les facteurs de succès seront des projet potentiels d'amélioration de la productivité (p. ex. : augmenter la capacité, augmenter le taux de qualité, réduire le temps de passage (lead time)).

- *Dimension 2- Conception et alignement des KPI*

Les indicateurs-clés de performance (KPI pour Key Performance Indicators) sont la base de succès du SMP et doivent être sélectionnés avec soin pour s'assurer qu'ils communiquent ce qui est pertinent et important pour prendre des décisions éclairées (Neely et Bourne, 2000). Ils constituent le tableau de bord pour la gestion d'entreprise et favorisent l'alignement entre la stratégie et l'opérationnel. Les objectifs stratégiques, tactiques et opérationnels doivent également être en corrélation avec les facteurs critiques de succès qui influencent l'atteinte des objectifs stratégiques. Selon les meilleures pratiques de conception proposées dans la littérature (Hudson et al., 2001 ; ISO 22400), les KPI doivent :

- être issus des objectifs stratégiques et des facteurs critiques de succès.
 - relier les objectifs des niveaux stratégiques, tactiques et opérationnels (relations causes-effets).
 - être pertinents, simples à comprendre et faciles à utiliser.
 - avoir des objectifs clairement définis et explicites.
 - stimuler l'amélioration continue et la motivation des employés.
 - fournir un retour d'information rapide et précis.
 - permettre un suivi des performances passées.
 - prévoir les performances futures.
 - promouvoir l'intégration des processus de l'entreprise.
 - basés sur des formules et des sources de données bien définies.
- *Dimension 3- Leadership et implication des employés*

Un SMP efficace nécessite un effort engagé et coordonné dans tous les départements d'une organisation. Les rôles et responsabilités de SMP doivent être clairement définis et attribués aux personnes et aux équipes. La communication et la sensibilisation sur les avantages de la mesure de performance est un élément crucial dans la réussite d'un SMP. L'ajout d'un système de compensation (primes de performance) renforcent l'implication des employés et par conséquent la communication et l'alignement des KPI.

- *Dimension 4- Collecte et traitement des données*

La disponibilité des données de bonne qualité (fiables et précises) est un élément critique de succès du SMP. L'interconnectivité des machines (p. ex. PLC, SCADA) avec les systèmes d'information (p. ex. ERP, MES) à l'aide d'une plateforme à base d'Internet des Objets (IoT) permet de compiler les données provenant des différentes sources. La qualité de ces données permet une mesure efficace des indicateurs de performances et, par conséquent, des décisions éclairées.

- *Dimension 5- Analyse et utilisation des résultats*

L'analyse des résultats de la performance est une étape cruciale dans le SMP. Elle permet d'évaluer et d'interpréter les résultats des KPI par rapport à leurs valeurs cibles et expliquer les causes des écarts trouvés. Cette analyse aide également à prendre des décisions (stratégiques et opérationnelles) plus éclairées et efficaces.

- *Dimension 6 Infrastructure technologique*

Les systèmes d'information (p. ex. ERP, MES, WMS, CRM), les technologies de communication (SCADA, IoT, systèmes cyber-physiques) et les outils analytiques et prédictifs (p. ex.: applications à base d'intelligence artificielle et de machine learning et/ou deep learning) sont devenus des outils essentiels pour la gestion des entreprises manufacturières. L'intégration de ces technologies offre à l'entreprise plusieurs opportunités d'amélioration de sa performance opérationnelle et de ses processus de prise de décision et d'innovation.

En résumé, bien que leurs objectifs stratégiques puissent différer et qu'elles peinent parfois à bien évaluer leurs besoins sur le plan technologique (Raymond et al., 2023), pouvoir s'auto-évaluer sur les aspects précédents procure un avantage non négligeable pour une PME manufacturière, d'où l'importance de prévoir plusieurs niveaux de maturité possible.

Dimension	Débutant	Intermédiaire	Compétent	Avancé
	0-29%	30-59%	60-79%	80-100%
1-Objectifs stratégiques & Facteurs critiques de succès				
2-Conception et alignement des KPI				
3-Leadership et implication des employés				
4-Collecte et traitement des données				
5-Analyse et utilisation des résultats				
6-Infrastructure technologique				
Maturité globale				

Figure 2. Dimensions et niveaux de maturité

4.2 Détermination des niveaux de maturité

Afin de couvrir les besoins des PME dans plusieurs secteurs manufacturiers, nous avons choisi quatre niveaux de maturité : -Niveau 1-Débutant : à ce niveau, l'entreprise est considérée comme consciente de l'importance du sujet mais aucune meilleure pratique n'est appliquée.

-Niveau 2- Intermédiaire : à ce niveau, l'entreprise utilise certaines des meilleures pratiques.

-Niveau 3- Compétent : à ce niveau, l'entreprise applique toutes les meilleures pratiques, L'entreprise possède une plateforme IoT et plusieurs systèmes d'information pour fins de gestion qui sont relativement bien intégrés les uns avec les autres.

-Niveau 4- Avancé : à ce niveau, l'entreprise dépasse le niveau compétent. Elle possède une infrastructure technologique 4.0 complète, intégrée et emploie des techniques avancées d'analyse de données et d'intelligence artificielle.

4.3 Questionnaire d'auto-évaluation

L'auto-évaluation consiste à répondre aux questions de chaque dimension. Après lecture des exigences de chaque niveau, l'équipe d'évaluation doit décider quel niveau de maturité reflète au mieux l'état de l'entreprise. L'outil a été développé sur Excel et permet de mettre en évidence les bonnes pratiques de manière simple, en utilisant des ressources limitées, stimulant ainsi un processus d'apprentissage. Les informations suivantes doivent être fournies :

-Colonne-Score actuel : à partir de la liste déroulante, sélectionner le score de maturité (de 0 à 100) que vous jugez

approprié à votre entreprise pour chaque dimension du questionnaire.

-Colonne-Score-Cible : à partir de la liste déroulante, veuillez sélectionner le score de maturité (de 0 à 100) visé comme objectif (Cible) à court terme.

La figure 3 montre, à titre d'exemple, la grille d'évaluation pour la dimension concernant l'infrastructure technologique. Le développement de chaque dimension suit une trajectoire évolutive, soit : le niveau 1 correspond à un stade débutant tandis que le niveau 4 correspond à un stade avancé (les meilleures pratiques sont pleinement appliquées). Considérant le format limité du texte dans le cadre d'une conférence, il n'a pas été possible d'inclure l'ensemble de l'outil dans cet article, mais les informations complémentaires sont disponibles sur demande aux co-auteurs

			Niveaux de maturité			
			Débutant	Intermédiaire	Compétent	Avancé
Dimension	Questions	Pourquoi	0-29%	30-59%	60-79%	80-100%
Infrastructure technologique	Quelles sont les technologies disponibles dans votre entreprise pour supporter le SMP ?	Les systèmes d'information pour la gestion (ERP, MES, CRM), les technologies de communication (ex : Internet des objets) et les outils analytiques et prédictifs (ex: Machine Learning) sont devenus des outils essentiels pour la gestion des entreprises manufacturières -L'intégration de ces technologies offre à l'entreprise plusieurs opportunités d'amélioration de sa performance opérationnelle et ses processus de prise de décision et d'innovation.	-L'entreprise est consciente de la numérisation et prévoit mettre en place un ERP -Certains machines sont équipées par un systèmes PLC.	-L'entreprise possède un ERP partiellement utilisé -La production est partiellement gérée par l'ERP - Plusieurs machines sont équipées par un système PLC et par des senseurs intelligents Seulement certaines données pour le SMP provient de l'ERP et le reste est collecté manuellement	-L'entreprise possède un système ERP qui couvre tous les processus clés, y compris la production. - L'entreprise possède un système de gestion des données de production SCADA /MES). -Plusieurs machines sont équipées par un système PLC et par des senseurs intelligents -Les données pour le SMP provient de l'ERP et du MES/SCADA. -Certaines données sont collectées manuellement Certains outils analytiques sont utilisés	L'entreprise possède une plateforme ERP-MES-CRM intégrée -Toutes les machines et postes de travail sont connectés au SCADA/MES. -Les données pour le SMP proviennent de l'ERP, MES et WMS. -Des outils de Machine Learning sont utilisés pour évaluer et prédire les performances actuelles et futures

Figure 3. Grilles d'auto-évaluation de la dimension Infrastructure technologique

4.4 Résultats de l'auto-évaluation

Après avoir complété le questionnaire, les résultats s'affichent automatiquement dans la page « Résultats de l'auto-évaluation ». Les résultats sont fournis sous formes de tableau, histogramme et graphe de type radar. La figure 4 présente, à titre d'exemple, les résultats de maturité par dimension, ainsi

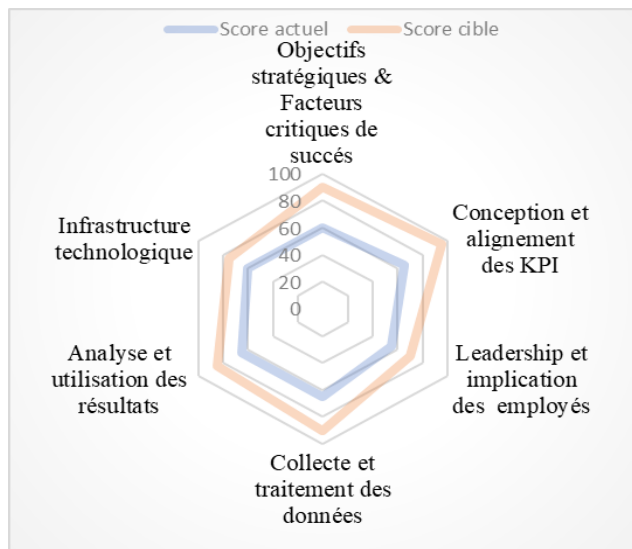


Figure 4 Exemple de résultats de maturité générés par l'outil

5 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Le rôle principal d'un système de mesure de performance (SMP) est de traduire les objectifs stratégiques et opérationnels des organisations en un ensemble équilibré de mesures facilitant la communication de la stratégie, la prise de décision, et l'apprentissage organisationnel. La mise en place d'un SMP efficace et flexible est l'un des défis actuels majeurs pour les PME manufacturières. En effet, les caractéristiques particulières des PME et de leurs environnements font que leurs SMP sont généralement axés sur les aspects financiers, informels et non structurés. Cette situation s'aggrave par l'absence d'une infrastructure technologique permettant la collecte automatique des données de production et la présentation à temps réel des résultats des KPI. L'évaluation de la maturité des SMP est une étape indispensable pour guider l'amélioration d'un SMP existant (Bititci et al., 2014).

Bien que toujours en développement, le travail présenté ici s'inscrit dans le cadre de projets d'accompagnement réels des PME manufacturières dans leur transformation numérique pour l'industrie 4.0. L'outil proposé permet à ces entreprises de faire une auto-évaluation de la maturité de leurs SMP, sans recours au soutien externe. L'auto-évaluation du SMP se fait selon un ensemble de critères (grilles d'évaluation) qui tiennent compte des caractéristiques des PME et de l'environnement manufacturier. L'outil permet aux gestionnaires d'identifier les faiblesses dans chaque dimension et d'entreprendre les actions d'amélioration nécessaires selon les priorités de l'entreprise et son plan stratégique à plus long terme. La prochaine étape est la validation de l'outil à plus large échelle en industrie. Une version numérique, accessible via le site internet du Centre national intégré du manufacturier intelligent (CNIMI), est également prévue.

Malgré son caractère généraliste, l'outil proposé a ses limites

d'application, puisqu'il est conçu pour évaluer les SMP des PME manufacturières et non les PME de services industriels ou autres. Par ailleurs, l'outil ne tient pas compte des spécificités propres à certaines industries ou encore de processus très spécifiques de fabrication. Conséquemment, nous avons identifié deux pistes pour mener des recherches futures. La première piste s'attarde à l'adaptation de l'outil aux PME manufacturières opérant dans des industries complexes, ainsi qu'aux PME de services industriels qui accompagnent les manufacturiers dans leur innovation en général. La seconde piste de recherche est d'explorer comment déterminer la meilleure option d'intégration du SMP avec les systèmes existants de l'entreprise (p. ex. ERP, MES, etc.).

6 REFERENCES

- Ates, A., Garengo, P., Cocca, P., & Bititci, U. (2013). The development of SME managerial practice for effective performance management. *Journal of small business and enterprise development*, 20(1), 28-54.
- Cocca, P., & Alberti, M. (2010). A framework to assess performance measurement systems in SMEs. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Chahidi, A. O., Abdelattif, L., Jimenez, J. F., & Berrah, L. (2022). A Maturity Model For Assessing Industrial Performance Management. Case Study: a Painting Industry. In *ITM Web of Conferences* (Vol. 43, p. 01028).
- Garengo, P., Biazzo, S. and Bititci, U. (2005), "Performance measurement systems in SMEs: a review for a research agenda", *International Journal of Management Reviews*, Vol. 7 No. 1, pp. 25-47.
- Hudson, M., Smart, A. and Bourne, M. (2001), "Theory and practice in SME performance measurement system", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 No. 8, pp. 1096-115
- International Standard ISO 22400-1. Automation Systems and Integration—Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management—Part 1: Overview, Concepts and Terminology; International Standard Organization (ISO): Geneva, The Switzerland, 2014.
- ISED [Innovation, Science et Développement économique du Canada] (2021). Principales statistiques relatives aux petites entreprises. Saisie le 01-03-2023, de https://www.ic.gc.ca/eic/site/061.nsf/fra/h_03147.html.
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Ghadge, A., & Raut, R. (2020). A performance measurement system for industry 4.0 enabled smart manufacturing system in SMMes-A review and empirical investigation. *International journal of production economics*, 229, 107853.
- Lohman, C., Fortuin, L., & Wouters, M. (2004). Designing a Trotta, D., & Garengo, P. (2019, March). Assessing industry 4.0 maturity: An essential scale for SMEs. In *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)* (pp. 69-74). IEEE.
- Neely, A., & Bourne, M. (2000). Why measurement initiatives fail. *Measuring business excellence*, 4(4), 3-7.
- Neely, A., Bourne, M., Mills, J., Platts, K., & Richards, H. (2002). *Strategy and performance: getting the measure of your business* (Vol. 2). Cambridge University Press.

- Nudurupati, S. S., Garengo, P., & Bititci, U. S. (2021). Impact of the changing business environment on performance measurement and management practices. *International Journal of Production Economics*, 232, 107942.
- Parmenter, D. (2015). *Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs*. John Wiley & Sons.
- Raymond, L., Pelletier, C. et Uwizeyemungu, S. (2023). *Six clés pour la transformation numérique de votre entreprise à l'ère de l'Industrie 4.0*. Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Robert, M., Giuliani, P. and Gurau, C. (2020). Implementing industry 4.0 real-time performance management systems: the case of Schneider Electric," *Prod. Plan. Control*, vol. 0, no. 0, pp. 1–17, 2020,
- Schiffer, M.; Wiendahl, H.H.; Saretz, B. Self-assessment of Industry 4.0 Technologies in Intralogistics for SME's. In *Proceedings of the IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems 2019*, Austin, TX, USA, 1–5 September 2019; Springer: Cham, Switzerland, 2019; pp. 339–346. EDP Sciences.
- Van Aken, E. M., Letens, G., Coleman, G. D., Farris, J., & Van Goubergen, D. (2005). Assessing maturity and effectiveness of enterprise performance measurement systems. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(5/6), 400-418.
- Wettstein, T., & Kueng, P. (2002). A maturity model for performance measurement systems. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, 26.