



Effets du déploiement d'un MES sur l'innovation organisationnelle : le cas d'un fournisseur aéronautique

Gandia Romain

Univ. Savoie Mont Blanc / IREGE

romain.gandia@univ-smb.fr

Verjus Hervé

Univ. Savoie Mont Blanc / LISTIC

herve.verjus@univ-smb.fr

Clivillé Vincent

Univ. Savoie Mont Blanc / LISTIC

vincent.cliville@univ-smb.fr

Berrah Lamia

Univ. Savoie Mont Blanc / LISTIC

lamia.berrah@univ-smb.fr

Résumé :

A l'ère du numérique, le déploiement de nouveaux systèmes d'information reste un enjeu stratégique fort pour les entreprises. L'objectif est de profiter de nouvelles solutions numériques afin d'améliorer les processus, l'organisation et la performance. Toutefois, leur mise en place reste complexe et l'organisation doit logiquement se renouveler, notamment par l'innovation, pour s'adapter à de nouveaux usages et fonctionnements. En ce sens, l'innovation organisationnelle peut être une voie privilégiée mais la relation de causalité avec le déploiement d'un nouveau système d'information reste mal comprise par la littérature. Cette recherche s'intéresse au cas du *Manufacturing Execution System* (MES), qui reste un objet de recherche peu étudié comparativement à l'*Enterprise Resources Planning* (ERP). A travers une démarche qualitative et l'analyse du déploiement d'un MES chez un fournisseur aéronautique, nous mettons en évidence la dynamique de causalité mutuelle entre le processus d'implémentation d'un MES et l'innovation organisationnelle, incluant les facteurs déclencheurs de cette causalité.

Mots-clés : MES, innovation organisationnelle, déploiement, processus, numérique



Effets du déploiement d'un MES sur l'innovation organisationnelle : le cas d'un fournisseur aéronautique

INTRODUCTION

L'ère du numérique et les technologies d'Intelligence Artificielle et de *Big Data* ont encouragé le retour massif du MES (*Manufacturing Executive System*) dans les entreprises (Mantravadi et Møller, 2019). Grâce aux opportunités de traitement en temps réel des données, le MES a évolué vers de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux usages. Dans un environnement industriel 4.0, le MES est désormais considéré comme une condition à la performance opérationnelle (coût, qualité, délai) mais sa mise en place implique des problèmes techniques et organisationnelles. Les questions techniques concernent essentiellement la refonte des systèmes d'information (SI) et des processus en place, l'interopérabilité entre les applications ou encore l'intégration des composants du SI (Kletti, 2007). Du point de vue organisationnel, on note des problématiques stratégiques et managériales, ainsi qu'un besoin de développer de nouvelles pratiques et processus (Terlizzi *et al.*, 2017)

Alors que le déploiement du MES est en augmentation, il reste toutefois un objet d'étude peu abordé par les recherches en sciences de gestion comparativement aux ERP (*l'Enterprise Resources Planning*). Dans la mesure où son processus de mise en œuvre peut s'avérer complexe (Saenz *et al.*, 2009), le MES, tout comme d'autres SI, peut influencer l'organisation au sein de laquelle il est déployé, que ce soit au niveau des processus, des pratiques, des compétences ou encore des modes d'organisation. Dans cette perspective, les entreprises peuvent être amenées à innover au niveau organisationnel. Ce type d'innovation se concentre sur l'amélioration et le développement de nouvelles pratiques managériales, de nouvelles procédures et processus, de nouvelles stratégies, de nouvelles politiques internes ou encore de nouvelles structures organisationnelles (Birkinshaw *et al.*, 2008 ; Damanpour et Aravind, 2012). L'objectif est donc d'améliorer l'efficacité et l'efficience des procédés organisationnels. Alors que la littérature sur ce type d'innovation est importante, aucune étude à notre connaissance ne questionne le lien avec le déploiement d'un nouveau SI tel qu'un MES. En effet, même si le rôle moteur des technologies de l'information dans l'innovation organisationnelle est déjà avéré (e.g. Deltour, 2012 ; Fichman, 2001), on ignore encore tout du



lien de causalité avec le déploiement du SI (Mamonov et Peterson, 2020). En outre, la littérature en management des SI a tendance à négliger le cas précis de l'innovation organisationnelle car les travaux s'intéressent davantage aux effets des investissements, de l'alignement stratégique ou encore des capacités des SI sur l'innovation de manière large et sur la performance organisationnelle (e.g. Doherty et Terry, 2009 ; Ravichandra, 2018 ; Wang, 2010). En ce sens, il devient urgent de mieux comprendre la relation de causalité entre le déploiement d'un SI tel que le MES et l'innovation organisationnelle.

L'objectif de cette recherche est donc de répondre à la question suivante : *Quelle est la relation de causalité entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle ?* Plus précisément, nous cherchons à mieux comprendre la nature et le sens de cette relation causale, ainsi que les éléments déclencheurs. L'originalité de cette recherche réside dans l'adoption d'une approche processuelle pour traiter notre question de recherche et dans la volonté de mettre en évidence une dynamique de causalité plutôt que de rester sur l'observation statique d'un phénomène. Cette recherche s'inscrit dans le prolongement des recherches traitant du lien d'influence entre les SI et l'innovation organisationnelle et s'organise en trois temps. Premièrement, nous exposons le cadre conceptuel de notre étude en ciblant les recherches sur le MES, le processus de déploiement d'un SI, ainsi que les travaux sur l'innovation organisationnelle. Deuxièmement, nous exposons la méthode mise en œuvre, l'étude de cas unique choisie et le détail des protocoles de collecte et traitement des données. Troisièmement, nous présentons et discutons les résultats de notre étude avant de conclure sur les principaux apports, limites et voies de recherche futures.

1. CADRE THEORIQUE

L'objectif du cadre théorique est triple : (1) rappeler le processus de déploiement d'un nouveau SI et des bouleversements organisationnels associés, (2) présenter les enjeux et caractéristiques du MES à l'ère du numérique et (3) aborder les spécificités de l'innovation organisationnelle et son lien, encore mal compris, avec le déploiement d'un nouveau SI tel qu'un MES.

1.1. LE PROCESSUS DE DEPLOIEMENT D'UN NOUVEAU SI

De manière générale, le déploiement d'un SI consiste à implanter progressivement les différentes composantes et fonctionnalités du SI, d'effectuer les tests et le paramétrage de ces éléments sur chaque poste (pour les fonctions métiers visées), de réaliser la formation auprès des utilisateurs finaux et d'assurer la mise en fonctionnement concrète du système (Reix et al.,



2016). Le déploiement d'un SI implique ainsi des bouleversements à différents niveaux dans l'organisation, ce qui oblige l'entreprise à revoir l'ingénierie organisationnelle en matière de processus, de changement et de projet (Besson, 2016).

Les nombreuses études qui traitent de ce sujet, majoritairement centrées sur les ERP, se structurent autour de trois thématiques : (1) les facteurs clés de succès du déploiement d'un SI (e.g. Ahmad et Cuenca, 2013 ; Wang *et al.*, 2008), (2) les facteurs d'échec du déploiement d'un SI (e.g. Bootta-Genoulaz *et al.*, 2005 ; Themistocleous *et al.*, 2001) et (3) la conduite du changement dans le déploiement d'un SI (e.g. Aladwani, 2001 ; Huq *et al.*, 2006 ; Kemp et Low, 2008). Ces trois thématiques sont reliées par les dimensions similaires qu'elles exploitent. En effet, le déploiement d'un SI mobilise globalement six dimensions dans lesquelles on peut observer des bouleversements : (1) la dimension structurelle, qui implique l'organisation des processus métiers impactés par le nouveau SI (e.g. Morton et Hu, 2008), (2) la dimension culturelle, qui intègre les normes et valeurs en vigueur et leur évolution (e.g. Ke et Wei, 2008), (3) la dimension stratégique, qui cible les objectifs et la finalité dans du SI dans la nouvelle organisation qu'il définit (e.g. Velcu, 2010), (4) la dimension marketing, qui se préoccupe de la perception, de l'intention d'usage et de la volonté d'adoption du SI par les utilisateurs finaux (e.g. Costa et al., 2016), (5) la dimension économique, qui se focalise sur les attendus en matière de performance financière du SI par rapport aux coûts (e.g. Galy et Saucedo, 2014) et (6) la dimension humaine, qui s'intéresse aux rôles et responsabilité, aux relations internes/externes et à la satisfaction des utilisateurs (e.g. Kwahk et Lee, 2008). En fonction du type de SI déployé et du périmètre de déploiement, des bouleversements peuvent apparaître dans tout ou une partie de ces dimensions.

Le MES étant une solution informatique et numérique intégrée, interopérable et complexe, son déploiement oblige nécessairement l'entreprise à revoir l'organisation en place dans lequel il est déployé (Keltti, 2007). Dans cette perspective, le besoin en innovation et notamment en innovation organisationnelle peut être important. Pourtant, le lien de causalité entre ces deux objets reste mal compris par les recherches existantes. En effet, la littérature en management des SI se concentre davantage sur les ERP et sur des problématiques plus précises d'adoption, de diffusion et d'implémentation des ERP (exemples : Dezdar et Ainin, 2011 ; Kumar *et al.*, 2003 ; Tarhini *et al.*, 2015) ou sur les conséquences (notamment négatives) du digital dans les processus industriels et les résultats sur l'innovation produit et service (exemple : Lee et Berente, 2012). La question du lien de causalité entre le MES et l'innovation organisationnelle n'est donc pas traitée avec précision.



1.2. MES : ENJEUX ET CARACTERISTIQUES A L'ERE DU NUMERIQUE

Le MES, (système de pilotage de la production en français) reste un objet de recherche encore peu étudié à ce jour. Sa contribution la plus importante réside dans le fait qu'il combine le pilotage de la production avec un système de livraison et traçabilité de la valeur focalisée sur la satisfaction client et sur le respect de l'environnement (Marks, 1997). Apparue vers la fin des années 80, le terme trouve notamment un ancrage théorique dans trois disciplines de recherche : le génie industriel, l'informatique et les sciences de gestion. Il est intéressant de croiser ces trois domaines afin de comprendre plus précisément les spécificités du MES.

Du point de vue du génie industriel, le MES se définit comme « *un système de contrôle de gestion et de suivi des travaux en cours dans l'atelier. Un M.E.S conserve la trace de toutes les informations de fabrication en temps réel, permet de recevoir des données en flux direct à partir des systèmes de contrôle/commande, de supervision machine et des opérateurs* »ⁱ. Il s'agit donc d'un outil de gestion de la production qui assure l'interface entre les ateliers et la direction de l'entreprise (Meyer *et al.*, 2009). Le MES est très souvent complémentaire à l'ERP car ce dernier va gérer et communiquer les données des commandes planifiées jusqu'au MES qui va générer un calendrier d'exécution et contrôler sa réalisation (Saenz *et al.*, 2009). Le MES assure ainsi la maîtrise de l'activité industrielle en planifiant, pilotant et contrôlant les temps de production, la main d'œuvre et les parcs machines physiques (Rolon et Martinez, 2012). Au-delà de la seule gestion de production, l'application du MES peut s'étendre à d'autres fonctions de l'entreprise au sein de la chaîne de valeur, comme le management de la chaîne logistique, la relation fournisseurs, la relation client, (etc.). Par conséquent, le MES possède un champ d'action très large (Meyer *et al.*, 2009) et recouvre une fonction essentielle de collaboration aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'organisation (Wang *et al.*, 2014).

Du point de vue informatique, le MES EST un logiciel de gestion intégrée qui permet de digitaliser les processus, activités, tâches et informations relatives aux flux de production dans les ateliers (Rolon et Martinez, 2012). Le MES peut assurer l'échange d'information en temps réel avec l'ERP et les systèmes de contrôle de l'atelier de type SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*). Il s'agit notamment des quantités produites, des quantités de rebuts, des contrôles qualités, du niveau de stock, des différents ratios de productivité (dont le TRSⁱⁱ) et des informations relatives aux ressources humaines (badge, plage horaire, pause, etc.). Le temps gagné par cette automatisation contribue à mieux anticiper le flux de production, ce qui augmente la productivité de l'entreprise (Kletti, 2007). Toutefois, l'enjeu d'interopérabilité fort



avec les systèmes existants (ERP, SCADA, etc.) oblige un couplage dans l'architecture informatique, logicielle et numérique préexistante (Meyer *et al.*, 2009). En fonction du niveau d'interfaçage requis et du niveau de complexité de l'architecture en place, la mise en œuvre du MES peut s'avérer plus ou moins difficile et coûteuse (Saenz *et al.*, 2009).

Du point de vue gestionnaire, le MES participe à la transformation numérique de l'entreprise car il fournit plus de réactivité et plus d'agilité à l'organisation de la production. Il garantit également un ajustement en temps réel dans la relation entre le niveau managérial (direction) et le niveau opérationnel (l'atelier) (Saenz *et al.*, 2009). En sa qualité de progiciel intégré, il bouleverse inévitablement l'organisation en place. Ce bouleversement peut être plus ou moins important en fonction du champ d'application interne et externe du MES (Meyer *et al.*, 2009). Plus l'interaction entre l'organisation interne et l'environnement externe est forte, plus l'entreprise peut être amenée à faire évoluer son fonctionnement et déployer son MES en intégrant des partenaires externes (Wang *et al.*, 2014). Le MES peut donc obliger le recours à l'innovation organisationnelle (Nambisan *et al.*, 2017). Pourtant la relation de causalité précise entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle reste encore obscure

1.3. L'INNOVATION ORGANISATIONNELLE DANS UN CONTEXTE DE TRANSFORMATION NUMERIQUE

L'innovation organisationnelle se concentre sur l'amélioration et le développement de nouvelles structures organisationnelles, de nouvelles procédures et processus, de nouvelles stratégies, de nouvelles politiques internes ou encore de nouvelles pratiques managériales (Birkinshaw *et al.*, 2008 ; Damanpour et Aravind, 2012). Le Toyotisme, le 5S, le Lean Management, l'approche par la Qualité Totale, les techniques de production en Juste à Temps ou encore l'Holacratie, peuvent être considérés comme de l'innovation organisationnelle. Par conséquent, l'innovation organisationnelle s'apparente davantage aux innovations de procédés non technologiques (Edquist *et al.*, 2001). Cependant, la technologie et notamment les technologies numériques peuvent être de puissants leviers pour ce type d'innovation car l'organisation et ses composantes doivent s'adapter, se renouveler et se réinventer sous l'impulsion des progrès technologiques et de l'évolution des usages (Scuotto *et al.*, 2017).

L'innovation organisationnelle peut être incrémentale ou radicale (Damanpour et Evans, 1984). Une innovation organisationnelle incrémentale reflète une amélioration d'un élément existant de l'organisation, perçue comme telle par les utilisateurs finaux. Une innovation organisationnelle radicale reflète une rupture avec un élément existant de l'organisation. Quel



que soit son niveau d'intensité, le développement de l'innovation organisationnelle peut être vu comme un processus structuré autour de trois phases clés (Damanpour et Schneider, 2006) : (1) la génération d'idées nouvelles, permettant d'améliorer de manière incrémentale ou radicale une ou plusieurs composantes de l'organisation, (2) le développement et la mise en œuvre concrète de cette idée au sein de l'organisation et (3) l'adoption et la diffusion de cette idée en tant qu'innovation organisationnelle. De ce fait, les entreprises sont en mesure de générer et/ou d'adopter des innovations organisationnelles (Damanpour et Aravind, 2012). Une entreprise n'est donc pas obligée de maîtriser l'ensemble du processus pour atteindre l'innovation organisationnelle. Parfois, le processus d'adoption seul est activé, afin d'adopter une idée existante qui se situe à l'extérieur des frontières de l'organisation (exemple : l'adoption du *Lean management*). Dans une vision plus interne, l'entreprise peut maîtriser l'ensemble du processus et ainsi générer l'innovation organisationnelle (nouvelles idées, développement et mise en œuvre) puis l'adopter. Cette double perspective complémentaire de génération et/ou adoption de l'innovation organisationnelle témoigne de sa nature ouverte. En lien avec les travaux sur l'innovation ouverte (Chesbrough, 2003), l'ouverture de l'entreprise vers l'extérieur afin de capter de nouvelles idées et connaissances peut s'avérer être un puissant levier pour l'adoption d'innovations organisationnelles (Dubouloz et Bocquet, 2013).

Les recherches sur ce sujet se sont également concentrées sur les difficultés de mise en œuvre et conséquences de ce type d'innovation. Au-delà des conséquences positives liées à l'amélioration significative de tout ou une partie des éléments de l'organisation, l'innovation organisationnelle peut être difficile à adopter car elle implique des bouleversements. En effet, elle est susceptible de modifier des rôles et responsabilités, de réaffectation des tâches, de faire évoluer des routines ou encore de modifier du système social de l'entreprise (Birkinshaw, *et al.*, 2008). Par conséquent, elle influence la dimension humaine de l'organisation car ces bouleversements peuvent toucher un grand nombre d'individus à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise. Sa mise en œuvre peut également s'avérer coûteuse en fonction de l'ampleur des bouleversements qu'elle implique (incrémentaux ou radicaux) et des solutions à mettre en place pour les faire accepter (Damanpour et Aravind, 2012). Enfin, les bénéfices de l'innovation organisationnelle sont plus difficiles à mesurer que d'autres types d'innovation (exemple : produit ou service) (Alänge, *et al.*, 1998). Au final, dans un contexte de transformation numérique, il est aisé d'envisager un lien de causalité entre le déploiement d'un nouveau SI tel qu'un MES et l'innovation organisationnelle. Toutefois, les recherches actuelles s'avèrent limitées pour appréhender la nature et le sens de cette relation causale, ainsi que les éléments



déclencheurs. Pour combler cette limite, nous proposons d'étudier plus précisément le cas unique d'un fournisseur de roulement pour le secteur de l'aéronautique.

2. METHODE

Compte tenu du peu d'études sur le MES et des lacunes concernant la relation de causalité avec entre son déploiement et l'innovation organisationnelle, nous avons opté pour une démarche qualitative et exploratoire (Miles et Huberman, 2003). Une étude de cas unique approfondie a été privilégiée car l'objectif était d'adopter une approche dynamique plutôt que statique de la relation de causalité. En ce sens, il était plus intéressant d'approfondir un seul cas, via une analyse processuelle au niveau micro, plutôt que de comparer un grand nombre de cas avec un niveau plus global (Yin, 2009). L'entreprise retenue, la société NTN-SNR, est un fournisseur emblématique de l'industrie aéronautique. Nous présentons ci-après le choix et la justification de ce terrain d'étude ainsi que la collecte et le traitement des données.

2.1. CHOIX ET JUSTIFICATION DU TERRAIN

Le choix de la société NTN-SNR, fournisseur mondialement reconnu dans le secteur industriel de l'aéronautique, s'explique par la volonté d'étudier le déploiement d'un nouveau SI dans une entreprise établie. Ce choix s'explique par le niveau d'analyse de notre étude qui se focalise sur l'organisation au sein de laquelle le MES est déployé et de son lien de causalité avec l'innovation organisationnelle. Dans cette perspective, il était important de choisir une entreprise avec un modèle organisationnel établi et routinisé, notamment pour mieux cerner les bouleversements impliqués par le nouveau SI. De plus, le choix d'une grande entreprise internationale, plutôt qu'une entreprise de type PME, semblait plus logique pour étudier le déploiement complet l'un MES (haut niveau d'intégration) sur une organisation en place.

La société NTN-SNR fait partie d'un grand groupe international depuis 2007, qui totalise plus de 5 milliards d'euros en 2018. Le groupe emploie environ 6 000 personnes principalement en Europe et compte 13 sites de production, dont 7 en France, situés principalement en Haute-Savoie. Notre étude se focalise sur le site d'Annecy-Argonay, spécialisé dans la production de roulements techniques destinés au secteur de l'aéronautique et à l'astronautique. Le site d'Argonay bénéficie depuis 2015 ans d'investissements importants pour digitaliser la production conformément aux principes de l'industrie 4.0. Dans ce périmètre, un projet de « *Digital Manufacturing* » a été mis en œuvre pour améliorer et optimiser le système de production des roulements de moteurs aéronautiques, en particulier ceux du



nouveau moteur LEAP destiné aux nouvelles générations de moyen-courriers tels que l'Airbus A320neo et le Boeing 737Max. C'est dans le cadre de ce projet que l'idée de mettre en place une solution MES a émergé, en réponse aux nouvelles attentes des clients en matière de traçabilité et d'analyse de la performance opérationnelle. Le projet de déploiement a officiellement débuté en mai 2016 (kick-off) et le dossier de conception a été établi à la fin de cette même année. Le framework technique livré par le prestataire retenu a été paramétré durant l'année 2017, avec un certain retard dû au manque de maturité du framework et à des difficultés de collaboration. La pré-production du MES a débuté en 2018, s'accompagnant de nouvelles contraintes et freins. Le passage en production a débuté le premier semestre 2019 et s'est focalisé d'abord sur les lignes de fabrication des roulements pour le moteur LeapX (mise en production restreinte). Après des premiers résultats encourageants, la décision d'étendre le MES aux nouvelles lignes en cours d'installation sur un bâtiment annexe du site d'Argonnay a été validée. A terme, l'objectif est d'étendre l'usage du MES à d'autres sites et des lignes de production spécialisée dans d'autres secteurs comme l'automobile. La crise sanitaire de la Covid-19 retarde toutefois ce déploiement.

2.2. CHOIX ET JUSTIFICATION DU TERRAIN

La collecte des données qualitatives repose sur une étude longitudinale réalisée entre octobre 2019 et mars 2020. L'objectif était de mieux comprendre la relation de causalité entre le déploiement d'un MES 4.0 et l'innovation organisationnelle. Sur les recommandations du responsable du projet MES, dix entretiens semi-directifs ont été réalisés auprès d'une variété de profils (chef de projet, chargé de projet, adjoint technique, opérateurs, etc.), ce qui a permis de couvrir différentes strates hiérarchiques, incluant le niveau opérationnel. Ces données primaires ont été complétées par des observations *in situ* et l'accès à des données secondaires en lien avec le projet MES. L'intégration de plusieurs profils d'acteurs et niveaux hiérarchiques, combinée avec les données secondaires a permis de trianguler les informations recueillies et d'assurer ainsi la validité de la démarche de collecte (Miles et Huberman, 2003). Ces données sont synthétisées dans le Tableau 1 ci-après.


Tableau 1. Synthèse des données collectées dans la deuxième étude

Données primaires (entretiens semi-directifs)	Données secondaires
<ul style="list-style-type: none"> • 1 Responsable de pôle - département IT : 2h • 1 Chef de projet IT-ERP & MES - département IT : 2h • 1 Chargé de projet MES - département TMF (Technique et Moyens de Fabrication) : 2h • 1 Chargée de projet MES implantation – département EO (Excellence Opérationnelle) : 1h • 1 Adjoint Technique au Chef d'atelier : 30min • 1 Opérateur Professionnel de Production : 30min • 1 Régleur : 30min • 3 Opérateurs : 30min au total 	<ul style="list-style-type: none"> • Démonstration du fonctionnement du MES avec opérateurs et régleurs, suivi du flux logistique et prochaines étapes d'implémentation du MES (2h) • Documentation projet et du fonctionnement du MES (fiche d'atelier, mode opératoire, fiche indicateur, document de traçabilité, etc.)

2.3. TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données a été réalisé manuellement selon les principes du codage thématique de données qualitatives issus de Miles et Huberman (2003) et s'est structuré en trois étapes.

Une première étape de codage descriptif a permis d'extraire les éléments clés des entretiens sous forme de verbatims afin de les classer dans différents thèmes et sous-thèmes. L'objectif était double : (1) identifier les spécificités de chaque étape du déploiement du MES et leur temporalité et (2) identifier les dimensions clés de l'innovation organisationnelle liées au déploiement du MES. Pour cela, deux grilles de codage thématique ont été conçues sous forme de tableau Excel. La première grille a permis de classer les verbatims relatifs aux thèmes suivantes : objectifs, difficultés, leviers, freins, décisions, changements, périmètre et planification. Ce travail de thématisation a été réalisé sur la base de la revue de littérature mais en restant néanmoins ouvert à l'émergence de nouvelle catégorie (exemple : la catégorie périmètre, ciblant les acteurs dans l'organisation impactés ou mobilisés par des décisions et/ou des changements). Ces verbatims ont également été positionnés selon leur référence à une ou plusieurs étapes du déploiement du MES. Ces étapes ont été extraites directement des données collectées afin de rester fidèle au cadre empirique. Nous avons ainsi décrit le processus en 6 étapes : initialisation, conception, développement, tests, pré-production et post-production. La deuxième grille de codage a permis de classer les verbatims relatifs à l'innovation organisationnelle selon les thèmes et sous-thèmes suivants (issus de la revue de littérature et des données terrain) : objet de l'innovation (sous-thèmes : nouvelle pratique, nouvelle méthode, nouveau processus, nouvelle responsabilité, nouvelle procédure), intensité de l'innovation (sous-thèmes : incrémentale, radicale), niveau d'application (sous-thèmes : MES, atelier,



projet, pôle, site, utilisateur, client), niveau de collaboration (sous-thèmes : collaboration interne, collaboration externe avec partie prenantes / client), management (sous-thèmes : pilotage de l'innovation, gestion du processus, gestion des ressources humaines, stratégie) et résultat (sous-thèmes : gain, perte, autre). Le codage au moyen de ces deux grilles a été fait séparément et a permis de produire deux tableaux Excel.

La deuxième étape s'est concentrée sur le lien de causalité entre le déploiement du MES et l'innovation organisationnelle. L'analyse lexicale des entretiens a permis d'identifier les liens de causalité entre les grands thèmes et sous-thèmes des deux grilles d'analyse précédentes. L'objectif était de repositionner ces liens dans la temporalité du déploiement du MES afin de comprendre si : (1) certains éléments du déploiement avaient déclenché une innovation organisationnelle et/ou si (2) des innovations organisationnelles avaient influencé le déploiement du MES. En ce sens, nous avons identifié la relation de causalité entre le MES et l'innovation organisationnelle ainsi que les spécificités et conséquences de cette causalité selon les phases du processus de déploiement du SI.

La troisième étape s'est focalisée sur la présentation et la validation de l'analyse auprès de l'entreprise. Une séance de restitution a permis de vérifier l'adéquation entre le codage, l'analyse et la vision que le responsable du pôle (département IT) avait du projet MES. Les échanges ont été très utiles pour ajuster certains liens de causalité entre le déploiement du MES et l'innovation organisationnelle. L'objectif était notamment d'éviter l'interprétation et les biais de codage. A l'issue de la séance de restitution, une séance de débriefing plus précise entre le responsable du projet MES et l'équipe de recherche a permis de vérifier la pertinence des résultats issus de l'analyse. Cette validation a conforté la justesse de l'interprétation et de la nature et du sens de la relation de causalité entre le déploiement du MES et l'innovation organisationnelle. Les résultats sont présentés dans la section suivante.

3. RESULTATS

L'analyse des données collectées révèle deux résultats principaux : (1) les principaux leviers et freins au déploiement d'un MES et (2) la nature et le sens de la relation de causalité entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle.

3.1. FREINS ET LEVIERS AU DEPLOIEMENT D'UN MES

Nos données montrent un déploiement en 6 étapes clés : l'initialisation du projet, la conception et formalisation du besoin fonctionnel, le développement du MES, son test, la mise en pré-



production sur un périmètre restreint de l'atelier et enfin la mise en production complète sur l'ensemble du périmètre, incluant la post-production. Le traitement des données a permis d'identifier différentes catégories de facteurs bloquants ou facilitants le déploiement (cf. Tableau 2). Dans la mesure où certains facteurs ont parfois déclenché un besoin d'innovation organisationnelle, il semblait important de présenter au préalable ces freins et leviers.

Du point de vue des freins, nos données révèlent essentiellement des **freins techniques**, qui sont présents tout au long du déploiement mais dont les spécificités dépendent de la temporalité du processus. En phase d'initialisation et conception, il s'agit de freins techniques liés à la définition et formalisation du besoin fonctionnel. Le décalage entre l'organisation existante et l'objectif fonctionnel à atteindre créer des difficultés, notamment en raison de la complexité métier de l'entreprise (difficulté à se projeter dans un nouveau fonctionnement d'atelier avec un nouveau SI) et de la faible disponibilité des corps de métiers.

« Le démarrage a été long et compliqué car on arrivait pas à formaliser le besoin fonctionnel. C'est sûr qu'après réflexion on aurait dû ramener plus de collaborateurs métiers mais c'était pas simple car ils n'étaient pas souvent disponibles donc on a cherché à faire sans eux pour avancer. » (Chef de projet MES)

En ce sens, le cahier des charges reste approximatif et génère en retour une difficulté en phase de développement (impossibilité pour l'éditeur du MES de développer l'ensemble des fonctionnalités souhaitées). En phase de développement et de test, les freins techniques sont liés aux compétences des parties prenantes (éditeur, intégrateur, équipes) qui peinent à développer une maquette fonctionnelle conforme au besoin. Le manque de compétence technique de l'équipe projet sur le MES est également un frein important, impliquant une dépendance forte envers l'éditeur et l'intégrateur. Enfin, en phase de pré-production, la complexité technique de l'activité de fabrication (complexité des gammes et des opérations de la ligne de fabrication) implique des coûts supplémentaires et un retard dans le déploiement final. Ces retards, et la durée parfois très longue de certaines phases du déploiement, impliquent des **freins temporels** : un an de réalisation du dossier de conception, trois mois d'attente pour l'obtention de la maquette du MES, une phase de test allongée à cause de la refonte des processus et cinq mois de pré-production en raison de la complexité de la ligne de fabrication (soit un total de presque 3 ans de déploiement).

« On a eu un cycle projet très long, on est pas loin des trois ans de déploiement en tout avec un an et demi de réflexion sans même se préoccuper du terrain et des contraintes de l'atelier. On a passé beaucoup trop de temps à réfléchir au début car on arrivait pas à définir le besoin... » (Chef de projet IT-ERP & MES)



Ces freins temporels ont un effet direct sur les acteurs impliqués dans le projet, impliquant de ce fait des **freins humains** qui apparaissent dans les phases précédant la pré-production, tels que la démotivation des collaborateurs, la baisse ou le manque de confiance envers le MES, le manque d'engagement dans certaines phases du déploiement ou encore la résistance au changement face à la refonte des processus.

« ...oui on a eu des problèmes de démotivation, de désengagement aussi et de confiance envers le projet et l'outil. On a trop attendu pour commencer à tester la maquette et quand on a pu le faire, les gens ont bien vu que ça ne marchait pas, il y avait trop de problème, des bugs, ce n'était pas simple. » (Chargé de projet MES - département TMF)

En phase de test et jusqu'à la fin du déploiement du MES, des **freins organisationnels** émergent car les résultats des tests obligent la refonte des processus en place et la définition d'une nouvelle organisation de la fabrication pour s'adapter aux possibilités (et impossibilités) du MES. En retour, cela provoque des **freins managériaux** de la part du middle management, qui voit son périmètre d'action et son pouvoir diminuer en raison d'une augmentation des responsabilités des opérateurs dans la remontée d'information au niveau stratégique.

« ... on a pas eu le choix, on a revu tous les process pour coller aux possibilités du MES. Le problème c'est que ça a créé des blocages au niveau du middle management car ils se sont rendu compte que l'opérateur pouvait envoyer de l'info au M+2 avec le MES. Donc on passe d'un mode hiérarchique à un mode de coaching car le middle manager ne filtre plus l'info grâce au MES. » (Responsable de pôle - département IT)

Même si les freins dominent en nombre et en intensité, on observe quelques leviers, notamment des **leviers humains** qui sont liés au soutien de la Direction et à la motivation des équipes et collaborateurs. Cette motivation est présente en phase d'initialisation car la nouveauté du projet MES motive et génère de l'engagement. On l'observe également en phases de production (pré et post), où la motivation naît de l'usage concret du MES par les opérateurs et par l'observation des premiers résultats positifs. D'autres **leviers d'ordre organisationnels et managériaux** apparaissent dès la phase de développement, pour créer un espace d'information et d'échange autour du MES qui cherche à sensibiliser les équipes à une démarche projet agile ou encore pour former et accompagner les collaborateurs dans la découverte et l'usage du MES lors de la mise en production.



Tableau 2 : spécificités, freins et leviers au déploiement d'un MES

	Initialisation	Conception	Développement	Tests	Pré-production	Post-production
<i>Objectif</i>	Réaliser un benchmarking des solutions MES, définir le besoin global	Définir le besoin fonctionnel et réaliser le cahier des charges	Réaliser la maquette du MES (éditeur), créer un espace d'information et d'échange (workshop)	Intégrer le MES dans le SI, test et validation opérationnelle	Intégrer le MES sur une ligne de fabrication, vérifier la conformité des fonctionnalités en usage réel, former le personnel au MES	Améliorer la robustesse du MES, et étendre le périmètre d'action du MES
<i>Périmètre</i>	L'équipe IT - La direction – certains collaborateurs métiers - consultants externes	L'équipe IT - Creative IT - équipe projet MES – éditeur – intégrateur		L'équipe IT - Creative IT - équipe projet MES - Key Users métiers	L'équipe IT - Creative IT - équipe projet MES - collaborateurs métiers	
<i>Freins</i>	Difficulté à définir le besoin global (quel usage ? Objectif ?) - trop de solutions MES sur le marché	Difficultés à définir un besoin fonctionnel précis pour les corps de métier	Pas de connaissances en MES (équipe IT) - incapacité à développer toutes les fonctionnalités souhaitées (intégrateur)	Fiabilité fonctionnelle pas assez robuste - travail laborieux – faible disponibilité des corps de métier	Complexité des gammes et des opérations de la ligne de fabrication	Pas assez de collaboration et de communication entre les parties prenantes (manque d'engagement et de rigueur) – résistance du middle management
<i>Leviers</i>	Implication de l'équipe (motivation liée à la nouveauté du projet)		Workshops, réunions et présentation partielle de la solution aux équipes - gestion de projet agile	Soutien de la Direction	Formations et accompagnement des collaborateurs - motivation des collaborateurs opérationnels à l'usage du MES	Premiers résultats positifs du MES : gain de temps important - jeune génération d'opérateurs à l'aise avec l'usage des TIC - motivation globale des collaborateurs
<i>Imprévus</i>		Disponibilités des corps de métier pour identifier les besoins, manque de confiance	Temps de réalisation trop long (éditeur) Démotivation des collaborateurs, manque de confiance	Bugs / Crashes - démotivation des collaborateurs (manque de confiance) – résistance	Nombreuses situations d'usage non envisagés en amont (échanges fréquents et longs avec l'intégrateur + nouveaux tests)	Changements dans la répartition du pouvoir entre opérateurs et managers
<i>Décisions clés</i>	Choix de l'intégrateur, de l'éditeur et de l'équipe projet	Validation du cahier des charges (imprécis)	Priorisation du besoin (choix de certaines fonctionnalités)	Réajustement du périmètre de départ	Maintien d'un processus papier - choix d'une personne dédiée à 100% au MES (correction bugs)	Formation autonome pour prendre en main de manière plus indépendante le MES
<i>Changements</i>			Objectifs fonctionnels révisés à la baisse	Refonte de l'ensemble des processus métiers pour coller aux possibilités (et impossibilité) du MES – forte résistance au changement	Nouvelles itérations projet - réorganisation des services métiers pour coller à la refonte des processus impliquée par le MES - augmentation du niveau de rigueur exigé - une personne affectée à temps plein	Nouvelle organisation en place - création de nouveaux processus innovants, mise en place de verrous informatiques permettant de bloquer la production en cas de défaillances qualité
<i>Faits marquants</i>	Kick-off le 17/06/2016	1 an de réalisation du dossier de conception	3 mois de workshop Obtention d'une maquette fonctionnelle	La refonte des processus allonge la durée des test	5 mois de pré-production (novembre 2018 à mars 2019)	Clôture le 25/03/2019 (Presque 3 ans de projet)



Le déploiement du MES étudié a donc été fortement contraint par les freins techniques, qui ont déclenché en retour d'autres catégories de freins. Les données montrent ainsi une relation de causalité entre les freins techniques, temporels et humains. En effet, les difficultés techniques dans le déploiement du MES impliquent nécessairement des retards et des contraintes temporels qui agissent sur la motivation, la confiance et l'engagement des parties prenantes. Une autre relation de causalité s'observe entre les freins techniques, organisationnels et managériaux. En raison des contraintes techniques, l'entreprise a dû refondre ses processus et définir une nouvelle organisation, ce qui a provoqué de nouvelles contraintes organisationnelles et déclenché des résistances managériales (le middle management et la problématique du pouvoir). Il semble donc crucial de prendre en compte l'interconnexion entre les freins, plutôt que de les traiter séparément. Le cas NTN-SNR révèle ainsi plusieurs relations de causalité entre les types de freins (cf. Tableau 3).

Tableau 3 : relation de causalité entre les freins au déploiement d'un MES

Causalité entre les freins	Techniques	Temporels	Humains	Organisationnels	Managériaux
Techniques		Retard dans le développement et test du MES	Diminution de la confiance envers le MES (bugs)	Refonte des processus, nouvelle organisation, nouvelles itérations projet	Nouveaux rôles et responsabilités liés à l'usage du MES
Temporels	Pression temporelle		Démotivation, désengagement	Pression temporelle pour la conduite du changement	<i>non observé</i>
Humains	Difficulté à définir le besoin fonctionnel	Retard dans le déploiement		Retard dans la refonte, difficulté à définir la nouvelle organisation	Difficulté à fédérer motiver, engager
Organisationnels	Complexité du développement et du test MES	Allongement du déploiement du MES	Résistance au changement		Modification des jeux de pouvoir
Managériaux	<i>non observé</i>	Retard	Conflit, résistance	Perturbation dans l'organisation hiérarchique	

3.2. RELATION DE CAUSALITE ENTRE LE DEPLOIEMENT D'UN MES ET L'INNOVATION ORGANISATIONNELLE

L'analyse des données montrent une relation de causalité entre les freins au déploiement du MES et le besoin d'innover au niveau organisationnel. Cette causalité n'est pas unilatérale et le sens de la relation dépend de la temporalité du processus de déploiement. On observe ainsi trois périodes d'influence (cf. Tableau 4) : (1) la période avant déploiement en pré-production, où les freins identifiés poussent l'entreprise à innover du point de vue organisationnel (relation de causalité unilatérale), (2) la période de mise en pré-production, où l'on observe une interaction



forte entre le processus de déploiement du MES et le processus d'innovation organisationnelle (relation de causalité mutuelle) et (3) la période de post-production où l'innovation organisationnelle influence le déploiement du MES sur d'autres périmètres de l'entreprise (relation de causalité unilatérale).

Période avant la mise en pré-production (causalité unilatérale) : cette période montre que la succession des freins techniques amènent progressivement les acteurs (L'équipe IT - Creative IT - équipe projet MES – éditeur – intégrateur) à innover à deux niveaux. Premièrement, au niveau managérial, dans la création de workshop pour informer, sensibiliser et échanger autour du MES. L'objectif est de répondre à un besoin croissant d'informations techniques sur le MES, ses possibilités fonctionnelles, son fonctionnement, les changements et risques à venir, les nouveaux usages à anticiper, (etc.). L'idée n'est pas seulement d'avoir une communication descendante (déjà effectuée via les réunions classiques) mais bien d'animer des ateliers pour explorer les possibilités (et impossibilités) du MES et sensibiliser les individus à la démarche agile. Alors que le début du projet a été marqué par un management plutôt directif avec une volonté de contrôler les étapes (choix du MES par le top management, initialisation / conception et développement sans mobiliser les utilisateurs finaux), la mise en place de ces workshops révèle une volonté plus participative pour tenter de réduire les doutes liés au MES. La temporalité de mise en œuvre semble toutefois un peu tardive car les freins techniques et temporels dans les premières étapes ont déjà endommagé la confiance et la motivation des collaborateurs qui ne s'investissent que faiblement dans le projet et sont démotivés, notamment à cause du temps de conception et développement très long du SI (1 an pour la réalisation du dossier de conception et 3 mois pour obtenir une maquette fonctionnelle). Les workshops ne semblent pas avoir de gros effets positifs, hormis mettre en évidence les possibilités réelles du MES, poussant ainsi l'équipe projet à réviser à la baisse les objectifs.

« Au début, sur Argonnay, ils ont voulu tout brider, tout contrôler mais cela déresponsabilise l'opérateur donc ça ne marche pas, il faut être plus agile. Donc il faut trouver une nouvelle organisation. Pour ça, on a mis en place des workshops de sensibilisation car il fallait recréer du lien avec les opérateurs, connaître leurs problèmes et leur parler d'agilité. » (Responsable de pôle - département IT)

Deuxièmement, au moment du test du MES, l'équipe prend la décision de refondre l'ensemble des processus métiers pour mieux s'adapter aux possibilités (et impossibilités) du SI. Cette décision d'innover au niveau processuel n'est pas sans conséquence pour l'organisation et les services métiers car elle introduit des ruptures fortes par rapport au fonctionnement existant. Elle s'avère toutefois indispensable pour mettre en place un fonctionnement cohérent avec le



MES et profiter de la puissance numérique 4.0 du SI. En ce sens, les objets de la refonte sont multiples : (1) atteindre le « zéro papier » (le fonctionnement existant reposant essentiellement sur des données papiers) avec une dématérialisation totale des processus de production, (2) mettre en place des processus d'automatisation dans la gestion des données de production (saisie, traitement, accès, stockage et archivage des informations, des données indicateurs, etc.) et (3) créer de nouvelle procédure de sécurité (authentification par badge, verrous de sécurité pour les opérations de production, etc.).

« L'ajout de processus entrants a été nécessaire car la plupart des premières opérations de la gamme de fabrication d'un roulement sont effectués dans le premier bâtiment d'Argonay. Du coup, il a fallu resérialisé les produits pour passer en one piece flow. Cela a entraîné une refonte totale des processus métiers. » (Adjoint Technique au Chef d'atelier)

Période de mise en pré-production (causalité mutuelle) : cette période révèle une interaction forte entre le processus de déploiement du MES et l'innovation organisationnelle. En effet, les contraintes liées au fonctionnement du MES et la complexité de la ligne de fabrication ciblée obligent l'équipe projet à ajuster rapidement l'organisation en place, de manière agile, ce qui influence en retour le processus de déploiement. Trois types d'innovation sont mis en place durant cette période : (1) une innovation managériale avec la création d'un poste d'aide au déploiement du MES (dédié à 100%), (2) une innovation processuelle avec la création de nouveaux processus de pilotage et suivi de la performance, de gestion des réclamations clients et d'accompagnement dans la transition vers les nouvelles méthodes de travail et (3) une innovation organisationnelle avec la réorganisation des services métiers pour coller à la refonte des processus. Alors que la période précédente (avant la pré-production) montre un comportement plutôt réactif de l'innovation (le déploiement du MES influence l'innovation), on observe ici une relation de causalité mutuelle car l'innovation et le déploiement du MES se co-construisent ensemble, selon les contraintes du terrain.

« ... en pré-production c'est allé assez vite car il fallait qu'on agisse pour rattraper tout le retard accumulé et mettre en place une nouvelle organisation en lien avec le MES qu'on ajustait quotidiennement. Le recrutement de Carole a fait du bien, on a créé un poste spécifique d'aide à la mise en place du MES. Il nous fallait une personne dédiée à 100% à la maîtrise de l'info et du process. » (Chef de projet IT-ERP & MES)

Les équipes (L'équipe IT - Creative IT - équipe projet MES) et les collaborateurs métiers font face à des situations imprévues dans l'usage du MES et des décisions sont prises simultanément pour corriger à la fois le déploiement du MES et l'organisation en place. De ce fait, l'innovation



est à la fois réactive et proactive mais sans être radicale car les nouveautés apportées reposent une refonte ou une réorganisation de l'existant.

« Il fallait être agile tout en étant standard alors c'est sûr qu'on a dû innover rapidement. On a fait les choses en même temps, ce n'était pas simple... On a travaillé sur le cas du temps réel par exemple. On a mis en place des nouveaux indicateurs avec le MES mais on avait besoin de faire évoluer le process de production, et donc ça à créer de nouveaux besoins fonctionnels qu'il a fallu intégrer... Et puis en travaillant avec les opérateurs on a ensuite vu qu'il fallait aussi qu'on revoit certains rôles car ils avaient plus de responsabilité et donc il fallait mettre la bonne organisation en face.... On a calibré le MES et fait évoluer l'organisation en même temps. » (Chargée de projet MES implantation)

Par exemple, la pré-production est lancée alors que la refonte des processus n'est pas totalement achevée (certains processus ne sont pas correctement définis), impliquant de ce fait des problèmes (bugs) dans le fonctionnement du MES. Ces bugs continuent d'éroder la confiance et la motivation des collaborateurs et un nouveau besoin apparaît : celui de créer un poste 100% dédié au déploiement du MES pour mieux centraliser le pilotage et la résolution des bugs. En retour, le nouveau manager propose de nouveaux processus pour améliorer la qualité de la production, sa performance et augmenter le niveau de rigueur envers le MES, entraînant ainsi de nouveaux ajustements (nouveaux tests et mise en pré-production).

Période de post-production (causalité unilatérale) : cette période permet d'entrevoir les premiers résultats positifs du MES, même si les processus doivent gagner en robustesse et que le périmètre d'application du SI doit s'élargir. Les équipes et collaborateurs capitalisent sur la nouvelle organisation en place et identifient de nouveaux besoins d'innovation sur les aspects formation, collaboration et contrôle, qui impliquent la création de nouveaux processus. Toutefois, ce n'est pas le déploiement du MES qui déclenche ce nouvel élan d'innovation mais bien l'équipe projet qui prend conscience de ces nouveaux besoins.

« On a pas assez de recul pour répondre car le périmètre d'exécution reste encore incomplet mais les premiers résultats semblent prometteurs. Il faut que les nouveaux processus gagnent en robustesse donc on doit continuer à faire évoluer le MES.... On a mis en place des verrous informatiques par exemple, pour bloquer une pièce à l'étape suivante de la production si on détecte une non-conformité client... Donc on est encore à ajuster l'outil car on formalise des nouveaux besoins avec les opérateurs à mesure qu'on apprend à fonctionner avec la nouvelle organisation, donc ça évolue encore. » (Chargé de projet MES)

L'effet est donc inversé et les différentes innovations organisationnelles précédentes vont influencer le déploiement futur du MES sur un périmètre plus large (nouvelles lignes de fabrication et nouveaux sites). Plusieurs éléments clés sont mis en évidence pour le futur



déploiement : (1) l'importance d'associer les collaborateurs du terrain dès le démarrage, (2) l'anticipation des tensions managériales due à l'évolution des responsabilités des collaborateurs, (3) l'importance cruciale de définir en amont une nouvelle organisation cohérente avec les possibilités (et impossibilités) du MES et (4) l'obligation d'avoir une personne dédiée à 100% sur le projet.

Tableau 4 : relation entre le déploiement du MES et l'innovation organisationnelle

Innovation organisationnelle		Description / objectifs	Résultats
Période 1 : avant la pré-production	<u>Type</u> : workshop d'information <u>Origine</u> : freins temporels/humains <u>Intensité</u> : incrémentale	Espace d'interaction pour sensibiliser, informer et échanger sur les possibilités / impossibilités du MES. Mise en place d'un management participatif afin d'inciter les collaborateurs à s'exprimer sur le MES.	Amélioration de la communication, meilleure détection des problèmes fonctionnels, augmentation de la connaissance technique du MES, meilleure compréhension de la démarche agile et de son intérêt
	<u>Type</u> : refonte des processus de production <u>Origine</u> : freins techniques <u>Intensité</u> : radicale	Zéro papier (dématérialisation des processus)	Fluidité, diminution de l'impact environnemental
		Automatisation de la gestion des données : saisie, traitement, accès, stockage et archivage automatisé des données (écrans tactiles, affichage temps réel...)	Gain de temps, amélioration de la productivité, minimiser les erreurs
		Nouvelles procédures de sécurité : authentification par badges, responsabilité liée au statut et à la fonction de l'utilisateur	Plus de rigueur dans l'usage, amélioration de la performance et de la sécurité, maîtrise des rebus
Période 2 : pré-production	<u>Type</u> : nouveau management projet <u>Origine</u> : freins techniques/humains et managériaux <u>Intensité</u> : incrémentale	Création d'un poste spécifique d'aide à la mise en place du MES (recrutement d'un manager) : maîtrise complète du MES (information, bugs, déploiement, processus, procédure et organisation). <u>Objectif</u> : éviter les référents multiples et avoir un chef d'orchestre unique qui possède une vision complète du MES et de son déploiement.	Amélioration du pilotage, du suivi projet et du management, réduction des risques et bugs sur le déploiement. Amélioration des relations avec les collaborateurs (réfèrent unique).
	<u>Type</u> : création de nouveaux processus <u>Origine</u> : équipe projet <u>Intensité</u> : incrémentale	Nouveau processus de pilotage de la production : création d'indicateurs de performance en temps réel	Amélioration de la performance, meilleure traçabilité / réactivité
		Nouveau processus de gestion des réclamations clients : développement d'une base de données, collecte et traitement d'information en temps réel	Amélioration de la réactivité / flexibilité / prise de décision / confiance et satisfaction client
		Nouveau processus d'accompagnement à la transition vers de nouvelles méthodes de travail : approche centrée humain, formation (etc.)	Motivation des collaborateurs opérationnels à l'usage du MES, plus d'autonomie et de compétences
<u>Type</u> : réorganisation des services métiers <u>Origine</u> : refonte des processus <u>Intensité</u> : incrémentale	Réorganisation de l'ensemble des services métiers pour s'adapter à la refonte des processus (notamment la fusion de la Qualité et Production) via le MES. Définition de nouveaux rôles et responsabilités (évolution des fiches de poste) des management (middle management) et collaborateurs (opérateurs).	Fonctionnement plus cohérent avec le MES et les nouveaux processus, augmentation de la rigueur dans la production, réduction des erreurs. Collaborateurs plus autonomes et plus responsables dans leurs tâches.	



Période 3 : post-production	<u>Type</u> : création de nouveaux processus <u>Origine</u> : équipe projet <u>Intensité</u> : incrémentale	Nouveau processus de formation autonome : tutoriels et modes opératoires la prise en main plus indépendante du MES	Augmentation des compétences des collaborateurs, plus de rigueur
		Nouveau processus de collaboration entre les parties prenantes : mise à disposition des données MES au client, interfaces ouvertes et interactives pour la collaboration avec les collaborateurs	Amélioration de la confiance client (transparence). Amélioration de la communication entre les collaborateurs et managers
		Nouveau processus de contrôle avec verrous informatiques empêchant le passage d'une pièce à l'étape supérieure de la production si l'opération en cours est non conforme vis-à-vis des exigences client	Amélioration de la performance de l'entreprise (taux de conformité élevé) et satisfaction client

4. DISCUSSION

Nos résultats nous permettent de discuter deux éléments principaux : (1) le lien de causalité entre les catégories de freins dans le déploiement d'un MES comparativement à d'autres types de SI et (2) la dynamique de causalité entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle et les tensions associées.

4.1. LE LIEN DE CAUSALITE ENTRE LES FREINS AU DEPLOIEMENT D'UN SI

La littérature en management des SI identifie déjà largement les freins au déploiement d'un SI, comme l'est le MES. La majorité de ces recherches relie ces freins à la démarche de conduite du changement (Aladwani, 2001), censée anticiper les risques et les points de blocage, notamment grâce au rôle de l'expérience (Attewell, 1992) et de l'apprentissage (Sommer *et al.*, 2014). Toutefois, l'attention se porte peu sur les relations de causalité entre les freins et la manière de gérer les contraintes en cascade que cette causalité peut provoquer. Le cas NTN-SNR illustre précisément cette causalité entre les freins techniques, temporels, humains, organisationnels et managériaux.

L'aspect technique est souvent cité comme un frein classique dans le déploiement d'un SI ou d'une nouvelle technologie (Themistocleous *et al.*, 2001). En fonction de la maturité des systèmes et ressources en place, l'interfaçage et l'interopérabilité avec un nouveau progiciel comme le MES peut être plus ou moins complexe (Saenz *et al.*, 2009). Cette complexité est d'ailleurs plus ou moins élevée en fonction du niveau d'intégration fonctionnelle, qui peut varier entre quelques fonctionnalités ou modules jusqu'à l'intégration complète et totale des éléments du SI (Segrestin, 2004). Pour ces raisons, le MES est d'abord appréhendé comme un projet purement technique et les dimensions humaines et organisationnelles sont souvent négligées (Huang et Mak, 1999). Pourtant, l'intégration et l'adoption d'un nouveau progiciel



ne peut s'envisager sans la complémentarité du capital matériel, technique et humain de l'entreprise (Qu et al. 2011). Dans le cas NTN-SNR, l'accumulation des contraintes techniques a entraîné des effets négatifs sur les dimensions temporelle, organisationnelle et humaine, générant ainsi de nouveaux freins. En ce sens, il semble vital d'appréhender les freins au déploiement d'un progiciel de manière systémique, en évitant une focalisation trop importante sur les seuls freins techniques. C'est typiquement le cas dans les projets SI, où les risques et leur causalité doivent être appréhendés de manière globale (Tesch et al., 2016). Dans le cas du déploiement d'un progiciel, l'analyse des freins techniques doit se prolonger aux autres dimensions de l'organisation pour anticiper les freins et effets négatifs supplémentaires.

En effet, au-delà des contraintes techniques, le MES peut également être à l'origine de profonds bouleversements dans l'organisation en place (Keltti, 2007), entraînant ainsi une autre causalité entre les freins organisationnels, managériaux et humains. En effet, le MES possède une fonction essentielle de collaboration, à la fois en interne mais aussi à l'extérieur, entre les acteurs dans la chaîne de valeur (Wang et al., 2014). Dans cette perspective, son champ d'action très large (Meyer *et al.*, 2009) exige souvent une réorganisation des processus, rôles et responsabilités des différentes catégories d'acteurs participants à la gestion des flux de production. De plus, le MES faisant le lien entre le niveau managérial et le niveau opérationnel (Saenz *et al.*, 2009), il semble logique que les freins organisationnels puissent déclencher en retour des freins managériaux et humains. C'est typiquement ce qu'illustre le cas NTN-SNR à travers la résistance du middle-management provoquée par la refonte des processus et la définition d'une nouvelle organisation. On note également une résistance classique au changement de la part des opérateurs qui montrent une nouvelle fois l'importance d'intégrer les utilisateurs finaux dès le début du projet SI (Laudon et al., 2012). Ces effets et nouveaux freins peuvent d'ailleurs être exacerbés en cas d'organisation multi-sites (Carlile, 2004) ou de contexte multi-culturel (Peréa, 2012). Le déploiement d'un nouveau progiciel tel qu'un MES mérite donc une analyse poussée des dimensions organisationnelles, managériales et humaines et des freins qui peuvent être associés

4.2. LES TENSIONS ET LA DYNAMIQUE DE CAUSALITE ENTRE LES FREINS AU DEPLOIEMENT D'UN MES ET L'INNOVATION ORGANISATIONNELLE

Le cas NTN-SNR montre clairement que le déploiement d'un nouveau progiciel tel qu'un MES influence l'organisation en place et pousse les individus à innover au niveau processuel, managérial et organisationnel, afin de pallier aux difficultés rencontrées. Le fait qu'un nouveau



progiciel implique des bouleversements au niveau de l'organisation en place n'est pas nouveaux car les recherches sur les ERP ont déjà largement abordé cette dimension via l'approche de la conduite du changement (e.g. Aladwani, 2001 ; Huq *et al.*, 2006 ; Kemp et Low, 2008). L'ère du numérique elle-même et les technologies associées impliquent logiquement une remise en question de modèles organisationnels contemporains (Scuotto *et al.*, 2017). Toutefois, nos résultats vont plus loin que cette vision basée sur les conséquences en montrant qu'il existe une dynamique de causalité mutuelle entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle, selon un principe réactif mais aussi proactif de l'innovation. Alors que les antécédents et conséquences de l'innovation organisationnelle sont assez bien connus (Damanpour, 1991 ; Damanpour et Aravind, 2012 ; Dubouloz et Bocquet, 2013 ;), sa dynamique de causalité avec le déploiement d'un SI reste peu étudiée. Nos résultats montrent que le sens de cette dynamique dépend de la temporalité du processus et que les freins au déploiement du MES expliquent son déclenchement. Parce que le MES bouleverse l'organisation en place du point de vue des processus, de la collaboration ou encore des rôles et responsabilités (Keltti, 2007), son déploiement peut influencer de manière réactive l'innovation organisationnelle. En retour, parce que l'innovation organisationnelle peut également modifier l'organisation des tâches, les rôles et responsabilités et l'organisation même des activités à l'intérieur et à l'extérieur de l'entreprise (Birkinshaw, *et al.*, 2008 ; Damanpour et Aravind, 2012), elle peut influencer de manière proactive le déploiement du MES. En ce sens, l'innovation organisationnelle ne doit pas être envisagée comme une seule réponse aux défis imposés par le déploiement d'un SI mais doit être appréhendée de manière complémentaire au MES, comme un levier clé de son déploiement. Il convient toutefois de prendre en compte deux tensions résultant de l'interprétation de nos résultats : (1) la tension entre le contrôle du processus de déploiement versus l'autonomie des collaborateurs dans la prise en main du MES et (2) la tension entre la volonté d'agilité dans le pilotage du déploiement du MES versus le maintien de la structure hiérarchique en place.

L'approche classique d'un projet SI repose sur le contrôle qualitatif, temporel, budgétaire et humain du processus de déploiement (Laudon *et al.*, 2012). Toutefois, l'approche de la conduite du changement démontre bien la nécessité d'ouvrir le processus à l'ensemble des acteurs qui sont impactés par l'implantation d'un nouveau SI (Aladwani, 2001). L'objectif est notamment de faciliter l'adoption du nouveau SI et de contourner ainsi un ensemble de freins et de résistance au changement (Kemp et Low, 2008). Dans le cas NTN-SNR, le manque d'implication des opérateurs dans les phases d'initialisation, conception et développement a



clairement dégradé le déploiement du MES en générant des freins techniques, temporels et humains alors même que les opérateurs ont vu leur métier évoluer avec plus d'autonomie et de responsabilités en lien avec le développement de nouvelles compétences. Dès lors, une dynamique d'ouverture et notamment d'innovation ouverte (au sens de Chesbrough, 2003) semble essentielle pour permettre aux utilisateurs de s'impliquer et d'être autonome dans la prise en main du MES. Il en résulte donc une tension entre le besoin de contrôle du déploiement et le besoin d'autonomie des collaborateurs. Pour gérer cette tension, le cas NTN-SNR montre le recours à l'innovation organisationnelle à travers la création de structure sociale d'échange (Damanpour et Aravind, 2012), comme les workshops, et l'ouverture interne du processus d'innovation (Dubouloz et Bocquet, 2013) pour associer les collaborateurs à la création de nouveaux processus et la réorganisation des services métiers. En ouvrant l'innovation organisationnelle, les collaborateurs se responsabilisent dans la refonte organisationnelle impliquée par le déploiement du MES et sont donc susceptibles d'accepter plus facilement les changements.

Nos résultats mettent en évidence une seconde tension entre le besoin d'agilité dans le pilotage du déploiement du MES et le maintien de la structure hiérarchique en place. L'agilité dans le déploiement d'un nouveau SI est un besoin classique car l'objectif est de développer un haut niveau de réactivité et d'adaptation face aux changements d'exigences et contraintes techniques (Conforto et al., 2016). Il ne s'agit pas seulement d'agilité dans le pilotage du projet mais également d'agilité organisationnelle (Harraf et al., 2015) car les bouleversements impliqués par le déploiement d'un MES peuvent étendre le besoin d'agilité au-delà des seuls niveaux techniques et fonctionnelles (Saenz *et al.*, 2009). L'agilité organisationnelle permet de faire face aux changements rapides dans les dimensions clés de l'organisation (processus, management, gestion des activités, rôles et responsabilités, etc.) aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'entreprise, avec des partenaires de l'environnement (Crocitto et Youssef, 2003). Le cas NTN-SNR illustre précisément ce besoin d'agilité organisationnelle, qui vient en réponse aux innovations organisationnelles mises en œuvre durant le déploiement du MES. En ce sens, l'agilité organisationnelle peut soutenir et améliorer la capacité d'innovation d'une organisation (Ravichandran, 2018). En revanche, elle peut aussi s'opposer à la structure en place et générer elle-même des freins et des résistances humaines (Crocitto et Youssef, 2003). C'est l'exemple de l'opposition des middle-managers à la refonte des processus et à la réorganisation des fonctions métiers dans le cas NTN-SNR. Parce que le besoin d'agilité organisationnelle s'oppose à la structure hiérarchique en place (et donc à la répartition du



pouvoir dans l'organisation), on observe l'apparition d'un frein managérial fort. Cette tension montre encore une fois l'importance d'appréhender finement les conséquences managériales et plus généralement organisationnelles dans le déploiement d'un MES.

5. IMPLICATIONS MANAGERIALES ET CONCLUSION

Cette recherche étudie la relation de causalité entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle à travers une étude de cas unique et approfondie d'un fournisseur aéronautique : la société NTN-SNR. L'analyse des données collectées montrent que le déploiement d'un MES est soumis à des freins techniques, temporels, humains, organisationnels et managériaux, qui diffèrent selon les phases du processus de déploiement. Nous montrons qu'il existe une relation de causalité et un phénomène de renforcement mutuel entre ces différentes catégories de freins. Un deuxième résultat met en évidence la dynamique de causalité plus précise entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle, selon trois temporalités : (1) dans les phases amont du déploiement, les freins inhérents à la conception, au développement et aux tests du MES influencent le recours à l'innovation organisationnelle (lien de causalité unilatérale), (2) dans la phase de pré-production, le déploiement du MES et l'innovation organisationnelle se co-construisent ensemble à travers une relation de causalité mutuelle et (3) dans la phase aval de post-production, l'innovation organisationnelle influence le déploiement du MES et favorise sa réplification à d'autres périmètres de l'organisation (lien de causalité unilatérale). Ces résultats contribuent ainsi à la fois à la littérature en management des SI mais également en management de l'innovation. D'une part, nous contribuons aux recherches qui traitent des obstacles au déploiement d'un progiciel en nous focalisant sur le cas précis du MES, beaucoup moins étudié par les travaux classiques qui analysent davantage l'ERP. Nous mettons en évidence la mécanique de causalité entre les catégories de freins et les effets de renforcement qui en découlent, selon la temporalité du processus de déploiement. Nous montrons également que l'innovation organisationnelle peut être un moyen pour gérer et contourner certaines catégories de frein. D'autre part, nous enrichissons les travaux sur l'innovation organisationnelle en montrant son rôle clé en tant que levier dans le déploiement d'un progiciel tel que le MES. Nous améliorons aussi la connaissance des possibles tensions inhérentes à l'innovation organisationnelle dans un projet de système d'information.

Cette recherche est riche d'implications managériales pour les managers et chefs de projet informatique car nos résultats montrent clairement que le déploiement d'un MES ne peut pas



s'envisager uniquement à travers le prisme technique et fonctionnel. Le projet dans son ensemble, dès la phase d'initialisation, doit prendre en compte la causalité entre les dimensions techniques, organisationnelles, managériales et humaines, notamment afin d'anticiper les freins associés au déploiement et aux bouleversements à venir. Il est également très important d'opter pour une analyse verticale de ces freins et de leurs conséquences possibles, en particulier pour anticiper les effets sur la structure hiérarchique en place et la répartition du pouvoir au sein de l'organisation. En adoptant un point de vue plus systémique, le projet de déploiement d'un MES pourra alors prévenir plus efficacement les résistances au changement par le biais d'une approche multi-niveaux (individu, tâche, processus, activité, management et organisation). Bien entendu, cette phase d'analyse préalable doit se connecter à la capacité d'action de l'organisation car l'entreprise devra adopter le modèle de gestion de projet et les processus de conduite du changement adaptés. En ce sens, le cas NTN-SRN montre que la création d'un poste référent au MES, dédié à 100% à son déploiement et à sa gestion, est une vraie nécessité. L'adoption d'une approche agile est également à privilégier, mais en tenant compte aussi de la capacité agile des collaborateurs et des parties prenantes. Par exemple, l'entreprise doit envisager le choix de l'éditeur non pas uniquement sur la base du périmètre fonctionnel et budgétaire de son progiciel MES mais également sur sa capacité à fonctionner en mode agile et sa capacité à être réactif face à l'évolution du besoin, de l'organisation et des utilisateurs eux-mêmes. Il est donc vital d'intégrer l'éditeur comme un acteur central du projet et non simplement comme un prestataire extérieur. Il en est de même pour les utilisateurs finaux, avec qui il convient d'instaurer le dialogue très tôt, avant la phase d'initialisation, et de créer avec eux les conditions favorables à l'expression de leurs besoins et à l'acceptation du changement. Au-delà d'un modèle agile pour gérer le déploiement d'un MES, il semble très important d'adopter un modèle collaboratif ouvert, organisé autour d'espaces de discussion et d'échange pour inciter les utilisateurs à participer eux-mêmes à la détection des problèmes et à leur résolution par l'innovation organisationnelle. L'innovation ne doit donc pas rester une pratique isolée, ni réservée à une certaine catégorie d'individu au sein de l'organisation, mais doit s'envisager de manière ouverte et collaborative, comme une réponse aux difficultés inhérentes au déploiement d'un MES. En retour, l'entreprise doit être prête à envisager des changements radicaux, tant au niveau des processus, de l'organisation des services métiers, que dans la répartition des rôles et responsabilités, pour assurer le déploiement efficace d'un MES. Ceci nécessite une volonté de changement par l'organisation elle-même, depuis l'individu jusqu'aux organes de direction eux-mêmes. Une forme de maturité envers le changement est donc



nécessaire car l'organisation doit être prête à revoir la structure hiérarchique en place et accepter que les opérateurs puissent gagner en autonomie et en compétences. Dans cette perspective, une réflexion sur les formations à anticiper, avant même le lancement d'un projet MES, doit certainement être envisagée.

Au-delà des apports de notre étude, plusieurs limites et perspectives de recherche futures peuvent être identifiées. D'abord, la focalisation sur une seule étude de cas mériterait un prolongement de l'étude à d'autres cas et exemples de déploiement de MES, afin d'utiliser une approche comparative qui permettrait de vérifier la récurrence de certains résultats. Le MES étant un progiciel de premier plan dans la transformation numérique des entreprises manufacturières, nos conclusions méritent d'être confrontées à d'autres situations de déploiement et d'autres contextes industriels. Une autre limite réside dans la focalisation sur l'innovation organisationnelle qui a restreint notre attention sur les nouveautés organisationnelles (incrémentales et radicales) mises en œuvre pour soutenir le déploiement du MES. Il est évident que d'autres types d'innovation comme l'innovation technologique auraient pu être inclus. De plus, d'autres éléments périphériques comme la culture d'entreprise, l'approche agile ou encore le niveau de maturité organisationnelle auraient pu être intégrés dans l'étude pour mieux comprendre la relation de causalité entre le déploiement d'un MES et l'innovation organisationnelle. Ces éléments peuvent donc alimenter de futures études.

D'autres perspectives peuvent s'envisager pour mieux comprendre le déploiement d'un MES sous l'angle des deux tensions identifiées dans notre étude : (1) la tension entre le contrôle du processus de déploiement versus l'autonomie des collaborateurs dans la prise en main du MES et (2) la tension entre la volonté d'agilité dans le pilotage du déploiement du MES versus le maintien de la structure hiérarchique en place. Notre recherche pose plus fondamentalement la question de l'obsolescence des modèles organisationnels actuels face à la transformation numérique des entreprises. Si la transformation numérique requière plus d'autonomie des collaborateurs, plus d'agilité et plus d'auto-management alors que les modèles traditionnels reposent sur le contrôle, la centralisation du pouvoir et l'organisation hiérarchique du travail, il est évident que la recherche académique doit s'investir dans la compréhension fine de ce phénomène et des conséquences pour le monde industriel. Notre travail encourage donc la communauté académique à poursuivre les recherches sur le MES, son déploiement et son rôle clé dans la transition vers une industrie 4.0.



Références

- Ahmad, M.M. & Cuenca, R.P. (2013). Critical success factors for ERP implementation in SMEs, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(3), 104-111.
- Aladwani, A.M. (2001). Change management strategies for successful ERP implementation, *Business Process Management Journal*, 7(3), 266-275.
- Alänge, S., Jacobsson, S. & Jaryehammer, A. (1998). Some aspects of an analytical framework for studying the diffusion of organizational innovations, *Technology Analysis & Strategic Management*, 10(1), 3-22.
- Birkinshaw, J., Hamel, G. & Mol, M.J. (2008). Management innovation, *Academy of Management Review*, 33(4), 825-845.
- Bootta-Genoulaz, V., Millet, P.A. & Grabot, B. (2005). A survey on the recent research literature on ERP systems, *Computers in Industry*, 56(6), 510-522.
- Chesbrough, H.W. (2003). *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*, Harvard Business School Press.
- Conforto, E.C., Amaral, D.C., da Silva, S.L., Di Felippo, A. & Kamikawachi, D.S. (2016). The agility construct on project management theory, *International Journal of Project Management*, 34(4), 660-674.
- Costa, C. J., Ferreira, E., Bento, F. & Aparicio, M. (2016). Enterprise resource planning adoption and satisfaction determinants, *Computers in Human Behavior*, 63, 659-671.
- Crocitto, M. & Youssef, M. (2003). The human side of organizational agility, *Industrial Management & Data Systems*, 103(6), 388-397.
- Damanpour, F. & Aravind, D. (2012). Managerial Innovation: Conceptions, Processes, and Antecedents, *Management & Organization Review*, 8(2), 423-454.
- Damanpour, F. & Schneider, M. (2006). Phases of the Adoption of Innovation in Organizations: Effects of Environment, Organization and Top Managers, *British Journal of Management*, 17(3), 215-236.
- Dezdar, S. & Ainin, S. (2011). Examining ERP implementation success from a project environment perspective, *Business Process Management Journal*, 17(6), 919-939.
- Doherty, N.F. & Terry, M. (2009). The role of IS capabilities in delivering sustainable improvements to competitive positioning, *Journal of Strategic Information Systems*, 18, 100-116.
- Dubouloz, S. & Bocquet, R. (2013). Innovation organisationnelle, *Revue française de gestion*, 6(235), 129-147.
- Edquist, C., Hommen, L. & McKelvey, M.D. (2001). *Innovation and employment: Process versus product innovation*, UK: Edward Elgar Publishing, Cheltenham, 214 p.
- Harraf, A., Wanasika, I., Tate, K. & Talbott, K. (2015). Organizational Agility, *Journal of Applied Business Research*, 31(2), 675-686.
- Huq, Z., Huq, F. & Cutright, K. (2006). BPR through ERP: Avoiding change management pitfalls, *Journal of Change Management*, 6(1), 67-85.
- Ke, W. & Wei, K.K. (2008). Organizational culture and leadership in ERP implementation, *Decision Support Systems*, 45(2), 208-218.
- Kemp, M.J. & Low, G.C. (2008). ERP innovation implementation model incorporating change management, *Business Process Management Journal*, 14(2), 228-242.
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing execution system-MES*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Kumar, V., Maheshwari, B. & Kumar, U. (2003). An investigation of critical management issues in ERP implementation: empirical evidence from Canadian organizations, *Technovation*, 23(10), 793-807.
- Kwahk, K-Y. & Lee, J-N. (2008). The role of readiness for change in ERP implementation: Theoretical bases and empirical validation, *Information & Management*, 45, 474-481.
- Laudon, K.C., Laudon, J.P., Fimbel, E. & Costa, S. (2012). *Management de systèmes d'information*, Paris: Pearson Education.
- Lee, J. & Berente, N. (2012). Digital Innovation and the Division of Innovative Labor: Digital Controls in the Automotive Industry, *Organization Science*, 23(5), 1213-1522.
- Marks, E.A. (1997). Manufacturing execution systems: enablers for operational excellence and the group ware for manufacturing, *Information Strategy: The Executive's Journal*, 1(3), 23-29.
- Miles, M.B. & Huberman, M.A. (2003). *Analyses des données qualitatives*, De Boeck.
- Morton, N.A. & Hu, Q. (2008). Implications of the fit between organizational structure and ERP: A structural contingency theory perspective, *International Journal of Information Management*, 28(5), 391-402.
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A. & Song, M. (2017). Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World, *MIS Quarterly*, 41(1), 223-238.



- Ravichandran, T. (2018). Exploring the relationships between IT competence, innovation capacity and organizational agility, *The Journal of Strategic Information Systems*, 27(1), 22-42.
- Reix, R., Fallery, B., Kalika, M. & Rowe, F. (2016). *Systèmes d'information et management*, septième édition, Vuibert.
- Rolon, M. & Martinez, E. (2012). Agent-based modeling and simulation of an autonomic manufacturing execution system, *Computers in Industry*, 63(1), 53-78.
- Saenz, B., Artiba, A. & Pellerin, R. (2009). Manufacturing execution system: A literature review, *Production Planning & Control*, 20(6), 525-539.
- Scuotto, V., Santoro, G., Bresciani, S. & Del Giudice, M. (2017). Shifting intra- and inter-organizational innovation processes towards digital business: An empirical analysis of SMEs, *Creativity and Innovation Management*, 26(3), 247-255.
- Tarhini, A., Ammar, H., Tarhini, T. & Masa'deh, R. (2015). Analysis of the critical success factors for enterprise resource planning implementation from stakeholders' perspective: A systematic review, *International Business Research*, 8(4), 25-40.
- Tesch, D., Kloppenborg, T.J. & Frolick, M.N. (2016). IT Project Risk Factors: The Project Management Professionals Perspective, *Journal of Computer Information Systems*, 47(4), 61-69.
- Terlizzi, M., Albertin, A. & de Oliveira Cesar de Moraes, H. (2017). IT benefits management in financial institutions: Practices and barriers, *International Journal of Project Management*, 35(5), 763-782.
- Themistocleous, M., Irani, Z. & O'Keefe, R.M., (2001). ERP and application integration: Exploratory survey, *Business Process Management Journal*, 7(3), 195-204.
- Velcu, O. (2010). Strategic alignment of ERP implementation stages: An empirical investigation, *Information & Management*, 47(3), 158-166.
- Wang E., Shih, S-P., Jiang, J.J. & Klein, G. (2008). The consistency among facilitating factors and ERP implementation success: A holistic view of fit, *Journal of System and Software*, 81(9), 1609-1621.
- Wang, P. (2010). Chasing the hottest it: effects of information technology fashion on organizations, *MIS Quarterly*, 34, 63-85.
- Wang, C., Bi, Z. & Xu, L.D. (2014). IoT and Cloud Computing in Automation of Assembly Modeling Systems, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(2), 1426-1434.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research: Design and methods*, Thousand Oaks, CA: Sage.

ⁱⁱ http://assises.clubmes.com/MES_manufacturing_execution_system.asp

ⁱⁱ TRS : Taux de rendement synthétique, en général = Temps utile / Temps requis.