

Freins au déploiement d'une innovation digitale : le cas des *Manufacturing Execution System*

Gardet Elodie

Univ. Savoie Mont Blanc / IREGE

elodie.gardet@univ-smb.fr

Gandia Romain

Univ. Savoie Mont Blanc / IREGE

romain.gandia@univ-smb.fr

Melmoux Edouard

Univ. Savoie Mont Blanc

edouard.melmoux@etu.univ-smb.fr

Résumé :

A l'ère de l'industrie 4.0, les innovations digitales sont au cœur de la transformation numérique des petites, moyennes et grandes entreprises. Le déploiement de ces innovations informatiques digitales (progiciels et outils informatiques) n'est toutefois pas exempt de difficultés, tant au niveau de leur mise en œuvre que de leur adoption. Cette recherche se concentre sur les freins au déploiement d'une innovation informatique particulière, le *Manufacturing Execution System* (MSE), largement ignoré par la littérature qui se concentre davantage sur les progiciels de gestion intégrés et les *Enterprise Resources Planning* (ERP). A travers une démarche qualitative et l'analyse de trois projets de déploiement d'un MES, nous montrons que le type et l'intensité des freins liés aux ressources humaines, matérielles/techniques et immatérielles dépendent du degré d'implantation des fonctionnalités du MES. Cette recherche fournit ainsi des contributions à la fois en management de l'innovation et en gestion des systèmes d'information.

Mots-clés : innovation digitale, freins, *Manufacturing Execution System*

Freins au déploiement d'une innovation digitale : le cas des

Manufacturing Execution System

INTRODUCTION

A l'ère de l'industrie 4.0, les entreprises ont la nécessité de renouveler leurs systèmes d'information afin de pouvoir soutenir leur transformation digitale (CIGREF, 2017). Que ce soit de manière proactive ou réactive, l'évolution de l'environnement incite fortement les entreprises à se renouveler. Le défi est d'autant plus grand pour les entreprises de secteurs industriels (automobile, aéronautique, etc.) car l'informatisation des processus est particulièrement complexe et nécessite des adaptations dans l'ensemble des activités de l'entreprise et de la chaîne de valeur (CIGREF, 2017). L'Entreprise Ressources Planning (ERP) est alors le système le plus touché car il gère à la fois les activités internes à l'entreprises et les relations avec les fournisseurs et clients. Toutefois, les PME n'ont pas toujours les ressources nécessaires en interne pour pouvoir s'équiper d'un ERP et dans ce cas, le *Manufacturing Execution System* (MES) apparaît comme indispensable. Alors que la majorité des recherches se concentre sur les ERP et leur lien avec l'innovation, peu de travaux s'intéresse au rôle du MES dans le cadre de la transformation digitale.

Les MES sont des systèmes d'information dont l'objectif est de collecter en temps réel des données de production afin d'optimiser la gestion digitalisée des processus industriels. Ils sont donc au cœur de la gestion et planification de la production et servent d'interface entre la direction de l'entreprise et les ateliers (Terlizzi *et al.*, 2017). Les MES permettent de collecter et de stocker des masses importantes de données numériques, de standardiser des tâches et d'avoir une meilleure visibilité et maîtrise des coûts. En les intégrant à leur système d'information, les entreprises se démarquent de leurs concurrents et peuvent gagner en réactivité avec un pilotage en temps réel de leurs ateliers. Considérée comme une innovation informatique digitale interne, le déploiement d'un tel outil n'est toutefois pas sans conséquence sur l'entreprise car il engendre des dépenses importantes (achat ou développement informatique) et génère des coûts d'adoption pour les utilisateurs et l'organisation en place. Dès lors, la mise en œuvre d'un MES implique un certain nombre de

freins¹ qui peuvent remettre en cause la réussite de son déploiement et l'efficacité de son utilisation. Dans la littérature, les travaux portant sur les freins à l'adoption d'un outil informatique restent peu nombreux et sont davantage focalisés sur les ERP (*Enterprise Resource Planning*). Même si les MES peuvent parfois être considérés comme des progiciels, ils se distinguent des ERP car leurs objectifs et leur échelle temporelle de travail sont très différents (Rolon et Martinez, 2012)². Dès lors, les freins au déploiement d'un MES peuvent être différentes des barrières au déploiement d'un ERP. De plus, les MES sont généralement plus accessibles aux PME que le sont les ERP souvent plus coûteux. Pour ces raisons, ils méritent une attention particulière. Notre recherche se focalise donc sur le MES et l'appréhende comme une innovation digitale. Notre question de recherche est la suivante : **en quoi le degré d'implantation d'une innovation digitale tel qu'un MES influence-t-il les barrières à son déploiement ?**

L'intérêt de cette recherche est d'identifier et d'examiner un ensemble de barrières à la mise en œuvre d'un MES en fonction du degré d'implantation. Nous complétons ainsi les recherches existantes sur sujet qui se focalisent souvent sur une seule barrière spécifique et avec un niveau d'analyse centré sur l'ERP (Terlizzi *et al.*, 2017). Les recherches empiriques sur les MES sont plus rares que celles menées sur les ERP (Rolon et Martinez, 2012), notamment parce qu'elle nécessite une collecte de données transversales au sein de l'entreprise (Terlizzi *et al.*, 2017). De plus, la plupart des recherches sur les MES sont publiées dans des revues en génie industriel ou en informatique mais très peu en sciences de gestion. Ainsi, nous cherchons à combler ce manque en étudiant les barrières au déploiement d'un MES, notamment dans des secteurs industriels encore peu étudiés empiriquement et pourtant très concernés par ce type d'outil de pilotage. En analysant l'impact du niveau d'intégration d'un MES sur les barrières à sa mise en œuvre, nous souhaitons apporter un éclairage managérial quant aux difficultés susceptibles d'apparaître en fonction du type et du nombre de fonctionnalités déployées. Nous souhaitons également contribuer au champ du management de l'innovation car la mise en œuvre d'un MES peut être appréhendée comme une innovation digitale. Pourtant, les travaux sur ce thème restent rares à notre connaissance et adoptent majoritairement des approches quantitatives (Dos Santos et Tahri, 2014). En effet, on distingue (1) les recherches qui considèrent les barrières comme des variables explicatives

¹ Dans cette recherche le terme de freins et de barrières seront utilisés de manière indifférenciée.

² Un ERP n'est pas conçu à la base pour collecter et traiter des données massives en temps réel alors que le MES rempli cette fonction. De plus, un MES travaille généralement sur une échelle temporelle très courte (de l'ordre de la minute) alors que l'ERP est davantage calibré sur la journée ou demi-journée.

et dans lesquels les résultats empiriques reposent sur des enquêtes communautaires sur l'innovation digitale et (2) les recherches qui analysent l'innovation digitale comme une variable expliquée. La plupart des auteurs soulignent toutefois que plus les entreprises innovent, plus elles perçoivent un nombre important de barrières à l'innovation. Dès lors, cette recherche s'inscrit dans le prolongement de ces travaux et tente d'analyser si les barrières à la mise en œuvre d'un MES sont différentes en fonction du type et du nombre de fonctionnalités déployées. Après avoir exposé les enjeux et caractéristiques du MES en tant qu'innovation digitale, nous présentons les principales barrières à son déploiement. Puis, grâce à une étude qualitative de trois cas, nous identifions et discutons les principales barrières rencontrées.

1 PARTIE THEORIQUE

L'objectif de la partie théorique est double : (1) présenter les enjeux, caractéristiques et spécificités du MES en tant qu'innovation informatique digitale pour les entreprises et (2) recenser les principaux freins à la mise en œuvre d'un tel outil informatique.

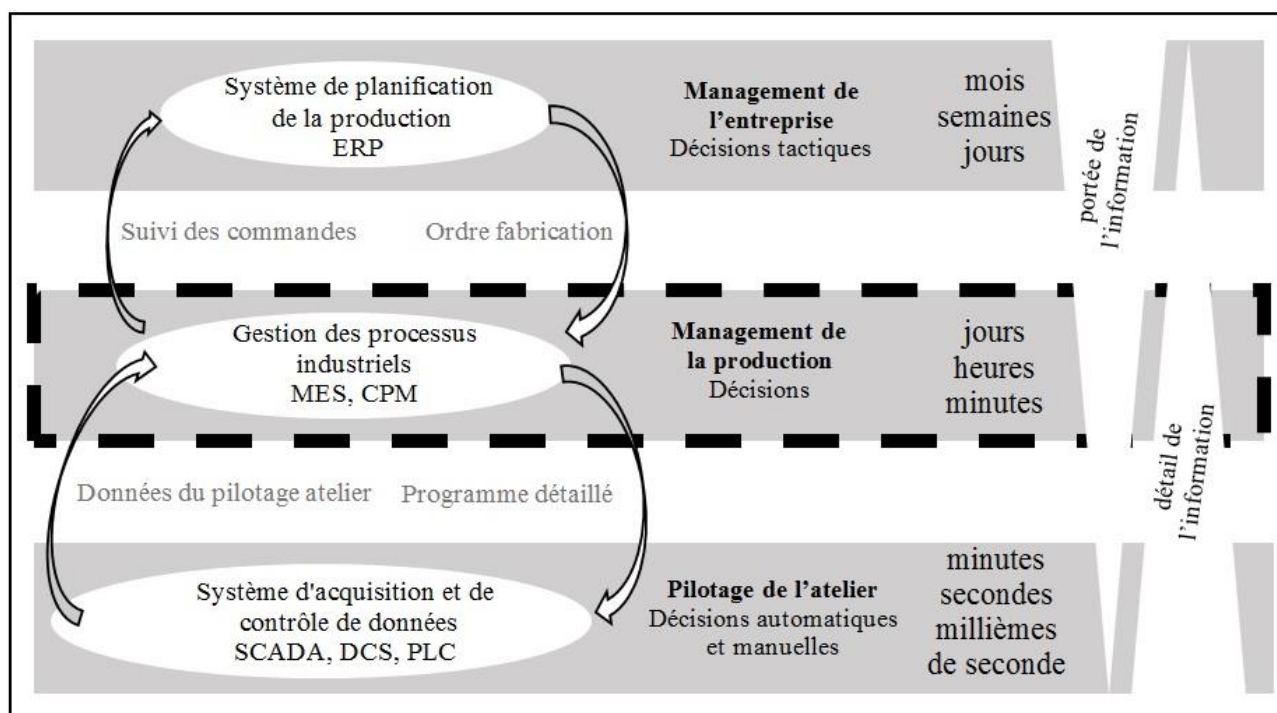
1.1 Le MES : une innovation digitale pour la gestion de la production industrielle

Apparues dans les années 1990, le MES (système d'exécution de fabrication en français) peut être appréhendé théoriquement au travers de trois disciplines de recherche : le génie industriel, l'informatique et les sciences de gestion. Il est toutefois intéressant de questionner à nouveau le rôle du MES dans l'entreprise car beaucoup choisissent aujourd'hui de renouveler leur système ou de s'équiper de nouveaux outils afin de saisir les enjeux et opportunités de la transformation digitale. L'adoption d'une innovation digitale tel qu'un MES est donc au cœur des problématiques des PME dans le domaine industriel.

Du point de vue du génie industriel, les travaux existant considèrent le MES comme un outil de gestion de la production, qui assure l'interface entre les ateliers et la direction de l'entreprise (Meyer *et al.*, 2009). Dans beaucoup d'organisations, le MES est complémentaire à un système ERP dans la mesure où ce dernier gère et communique les données pour les commandes planifiées (tailles des lots, assemblage des produits et échéances) jusqu'au MES qui va générer un calendrier et contrôler la bonne exécution de chaque commande (Saenz *et al.*, 2009). Ainsi, le MES assure 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). Un MES peut développer jusqu'à 11 fonctionnalités³ qui s'appuient sur 11 domaines applicatifs : la gestion des ressources, l'ordonnancement, le cheminement des produits et des lots, la gestion des documents, la collecte et acquisition des données, la gestion du personnel, la gestion de la qualité, la gestion des procédés, la gestion de la maintenance, la traçabilité produit et généalogie et enfin l'analyse des performances. Le MES possède, par conséquent, un champ d'action très large (Meyer *et al.*, 2009) et son déploiement peut s'avérer complexe, pour deux raisons principales (Saenz *et al.*, 2009). Premièrement, en raison du nombre de fonctionnalités déployées, qui implique plus ou moins de complexité de mise en œuvre informatique et organisationnelle. Deuxièmement, en raison de son intégration avec le ou les systèmes d'information existants, ce qui s'avère crucial pour garantir le rôle d'interface du MES entre la direction et les ateliers (cf. Figure 1). En effet, en tant qu'outil de collecte et traitement des données en temps réel, le MES reçoit, traite et envoie de l'information à d'autres systèmes d'information. Les principales informations reçues (souvent d'un ERP ou autres progiciels) sont principalement des ordres de fabrication (OF). Le MES en assure alors l'ordonnancement et effectue le suivi de production. Ensuite, il assure le contrôle qualité et collecte des données sur la réalisation du produit. Enfin, il traite et envoie des données (consommation, quantité, qualités, stocks, etc.) vers l'ERP.

Figure 1 : Intégration du MES avec les systèmes de planification et de contrôle
(Source : adaptée de Rolon et Martinez, 2012, p. 55)



³ Liste créée par l'association américaine MESA (Manufacturing Enterprise Solutions Association /<http://www.mesa.org>).
Montpellier, 6-8 juin 2018

Du point de vue informatique, le MES permet de digitaliser les processus, activités, tâches et informations relatives à la gestion et planification des flux de production dans les ateliers (Rolon et Martinez, 2012). Le lien avec un ERP est assuré informatiquement et les informations sont envoyées automatiquement en temps réel. 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 TRS⁴) et des informations relatives aux ressources humaines (badge identifié sur une machine, 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). Dans l'atelier, les postes d'encadrement peuvent être équipés d'écrans de supervision directement connectés au MES. Dès lors, le déploiement d'un MES exige son intégration et couplage dans l'architecture informatique, logiciel et numérique préexistante au sein de l'entreprise (Meyer *et al.*, 2009). En fonction du nombre de fonctionnalités déployées et du niveau de complexité de l'architecture en place, la mise en œuvre du MES peut s'avérer plus ou moins difficile (Saenz *et al.*, 2009).

Du point de vue managérial, le MES peut être appréhendé comme une innovation digitale dans la mesure où il repose sur une innovation informatique qui permet de digitaliser la gestion et la planification de la production industrielle en apportant un ensemble de onze fonctionnalités destinées à innover et/ou améliorer la gestion et le suivi des flux, activités et processus (Kletti, 2007). Dès lors, le MES participe à la transformation digitale de l'entreprise car il fournit plus de réactivité et plus d'agilité à l'organisation de la production et garantit un ajustement en temps réel dans la relation entre le niveau managérial (direction) et le niveau opérationnel (l'atelier) (Saenz *et al.*, 2009). Par ailleurs, au même titre qu'un ERP peut être appréhendé comme une innovation informatique digitale qui permet aux organisations de mettre en place de nouvelles ingénieries industrielle (Rajagopal, 2001), nous considérons le MES comme une innovation informatique digitale qui permet à une entreprise de mettre en place de nouvelles organisations de la production. Ainsi, le MES peut mener potentiellement à de l'innovation organisationnelle ou agir sur la gestion de l'innovation digitale (Nambisan *et al.*, 2017). Dans cette optique d'innovation, le MES comme l'ERP, du fait de leur nouveauté au moment du déploiement, peuvent être sujet à des problématiques d'adoption et de diffusion (Rajagopal, 2001 ; Rogers, 2003). Du point de vue organisationnel, les MES disposent d'une architecture modulaire qui permet de composer à la carte un système de gestion industrielle,

⁴ TRS : Taux de rendement synthétique, en général = Temps utile / Temps requis
Montpellier, 6-8 juin 2018

en s'appuyant sur une base de processus adaptée aux spécificités du pays (réglementation, langue) et pouvant être paramétrée en fonction des spécificités de l'entreprise cliente, de ses métiers, de son fonctionnement et des systèmes d'informations déjà installés (Rolon et Martinez, 2012). Dès lors, les entreprises vont sélectionner les fonctionnalités du MES à déployer (parmi les 11 proposées), en fonction de leurs besoins, spécificités et du contexte. Le nombre de ces fonctionnalités déterminent toutefois le niveau de complexité de l'opération. En effet, l'implantation des éléments fonctionnels d'un système modulaire implique une complexité technologique accrue car la modularité exige plus de flexibilité technique et organisationnel (Duimering *et al.*, 1993). En fonction du nombre d'éléments fonctionnels choisis, le niveau d'implantation du système modulaire et la complexité associée ne sont pas les mêmes (Byrd et Turner, 2000). Dans cette recherche nous considérerons trois principaux cas de figure : une implantation minimale (de 1 à 4 fonctionnalités), moyenne (entre 5 à 8 fonctionnalités) et élevée (plus de 8 fonctionnalités).

En fonction du niveau d'implantation, de nombreuses barrières (techniques, informatiques, organisationnelles, humaines, etc.) peuvent faire obstacles au déploiement du MES. A notre connaissance, ces barrières ou freins au déploiement ne sont pas étudiés par la littérature qui se concentre davantage sur les problématiques plus précises d'adoption, de diffusion et d'implémentation des ERP (exemples : Dezdar et Ainin, 2001 ; Kumar *et al.*, 2003, Tarhini *et al.*, 2015, Zeng et Skibniewski, 2012) ou sur les conséquences (notamment négatives) du digital dans les processus industriels et les résultats sur l'innovation (exemples : Boland *et al.*, 2007, Lee et Berente, 2012).

1.2 Freins au déploiement d'une innovation digitale de type MES

Lors de la mise en œuvre d'une innovation informatique digitale tel qu'un MES, trois principaux types de comportement peuvent être observés : l'adoption, la non adoption et la discontinuation (Joseph, 2010). Dans cette recherche, nous n'étudions pas les barrières relatives à la décision d'adoption du MES mais celles relatives à son déploiement.

En matière d'adoption et diffusion d'une innovation, le travail de Rogers (2003) fait office de référence en identifiant notamment les caractéristiques de l'innovation jouant un rôle dans le processus d'adoption : l'avantage relatif, la compatibilité, la complexité, la possibilité d'observer les résultats de l'innovation, la possibilité de l'essayer. Dans la littérature, même si les travaux sur les leviers et les facteurs explicatifs de l'adoption d'une innovation technologique sont nombreux (Rogers, 2003), peu de recherches s'intéressent aux raisons

conduisant au déploiement d'une innovation informatique digitale après la décision d'adoption. Les barrières à la mise en œuvre d'une innovation se réfèrent généralement aux actions potentielles, phénomènes et/ou influences qui empêchent le déploiement efficace du processus et donc la réalisation des objectifs attendus (Attewell, 1992). L'absence de travaux sur ce sujet nous conduit à analyser plus largement les barrières au déploiement des projets de systèmes d'information, d'ingénierie et d'innovation technologique.

Les travaux sur les barrières et freins sont relativement hétérogènes dans la mesure où différents types, catégories et nature d'obstacles sont identifiées, généralement dépendant du contexte d'étude et des spécificités de l'objet de recherche⁵. Par exemple, certains travaux identifient les barrières à la mise en place de projets d'ingénierie comme la réticence à l'adoption de nouvelles pratiques, une mauvaise communication, l'incertitude inhérente à tout nouveau projet, une mauvaise planification des priorités, une infrastructure trop bureaucratique, des structures organisationnelles complexes, un manque de simplicité des processus, un manque de coopération et/ ou de participation et/ou d'engagement des parties prenantes, des ressources limitées et l'automatisation isolée du processus (Huang et Mak, 1999). D'autres recherches identifient les principaux freins au déploiement d'un nouveau projet industriel comme le manque de gestion des ressources, le manque de gestion des connaissances dans la gouvernance des projets, le manque d'expérience dans les projets et le manque de formation et de connaissance des ressources humaines (Sommer *et al.*, 2014). D'autres encore identifient les freins à l'adoption d'un projet de système d'information : la difficulté à adopter la gestion des avantages dans les projets agiles, la difficulté à quantifier les avantages, la lenteur du processus bureaucratique, la nature non obligatoire du contrôle des coûts/bénéfices, le manque de connaissance du projet, les difficultés à utiliser les techniques déployées et la résistance aux nouveaux contrôles induits par la nouvelle technologie (Terlizzi *et al.*, 2017). Ces barrières relativement précises sont toutefois très dépendantes du type de projet (ingénierie, industriel, ou système d'information) et sont difficilement utilisable comme typologie. D'autres recherches adoptent toutefois une vision plus globale comme la recherche de Benkeltoum (2016) qui identifie trois freins majeurs à l'adoption d'une nouvelle technologie open source : la technologie elle-même, l'organisation et l'environnement. Cependant, cela reste trop générique.

⁵ La littérature montre que les barrières à l'adoption sont considérées soit comme résultant d'un manque de levier pour l'adoption, soit comme des éléments strictement indépendants des leviers. Dans cette recherche, nous considérons les barrières au déploiement d'un MES comme des éléments indépendants des leviers.

Dans la littérature en management de l'innovation, plusieurs travaux analysent plus précisément les barrières à la mise en œuvre d'une innovation. Trudel et Paré (2004) analyse l'adoption d'une innovation technologique (système d'information) dans les hôpitaux et identifient quatre barrières : (1) les barrières liées au projet (notamment le financement), (2) celles liées à la technologie (notamment le manque de connaissance face aux choix technologiques), (3) les barrières organisationnelles (difficulté à intégrer l'innovation dans le système en place) et (4) les barrières comportementales (réticence au changement et non-adoption). Dubouloz (2013) étudie l'adoption d'une innovation organisationnelle et identifie quatre types de barrières : (1) les barrières internes liées aux ressources et structure de l'entreprise (financières, temporelles, techniques et humaines), (2) les barrières externes liées à l'environnement externe (régulations, actions politiques, etc.) et à l'offre/demande sur le marché (informations technologiques, matières premières, financement, besoins des consommateurs, perception du risque, etc.), (3) les barrières liées aux attributs de l'innovation (incompatibilité, complexité, non propension à être essayée, faible observabilité et son coût, etc.) et (4) les barrières relatives à la perception des coûts et risques de l'innovation par les adoptants. Joseph (2010) propose un focus sur deux types de résistances à l'adoption (résistance active et résistance passive) et trois types de barrières individuelles lors du déploiement d'innovations technologiques : (1) les barrières fonctionnelles liées aux difficultés d'usage impliquées par les caractéristiques du produit/service (interface, compatibilité et/ou d'interopérabilité, capacités de réseautage, disponibilité des accessoires, prix, coûts de la maintenance et des services associés), (2) les barrières psychologiques liées aux conflits résultant de la mise en œuvre de la nouvelle technologie (conflit de croyances, valeurs, social, éthique, institutionnel) et (3) les barrières informationnelles liées au manque d'information sur les bénéfices et sur la façon d'utiliser la nouvelle technologie.

Dans cette recherche, nous nous focalisons sur les barrières internes au déploiement d'un MES et proposons de les catégoriser en fonction des principales ressources et compétences. En effet, l'hétérogénéité des barrières identifiées par la littérature et leur forte contextualisation nous pousse à converger vers une typologie plus générique et davantage applicable à une recherche empirique. De plus, même si les types de barrières recensées par les recherches antérieures sont très diversifiés, des points communs s'observent du point de vue des ressources internes à l'entreprise. Ainsi, trois grands types de ressources et compétences supports de l'innovation sont distingués : relationnelles, techniques et

organisationnelles (Arrègle *et al.*, 1998; Dyer et Sing, 1998). En accord avec ces précédents travaux, les barrières sont ici regroupées en fonction d'une typologie classique de ressources et compétences :

- **Barrières liées aux ressources humaines** : faible motivation du personnel liée à des problèmes de management, manque d'attractivité en termes de rémunération, faible degré d'expertise en informatique. Dans la plupart des travaux existants, la dimension humaine est prépondérante et engendre des barrières humaines, comportementales et même psychologiques.
- **Barrières liées aux ressources matérielles et techniques** : parc informatique vieillissant et peu fiable, implantation multisites des ateliers, complexité technique pour intégrer le MES, manque de fiabilité du MES. La littérature montre que les dimensions techniques, technologiques et matérielles créent de nombreuses barrières liées à des difficultés d'implantation dans les systèmes en place, au manque d'expertise technique des ressources, aux limites des architectures matérielles existantes ou encore le manque de fiabilité de la solution déployée.
- **Barrières liées aux ressources immatérielles** : mauvaise gestion du temps, manque d'information sur les bénéfices et sur la façon d'utiliser le MES. Cette catégorie de barrière renvoie aux travaux antérieurs évoquant les difficultés liées à la gestion de projet, à l'organisation et ses processus, y compris le manque de connaissances.

Les barrières financières, classiquement utilisées dans la littérature, ne sont pas retenues dans cette recherche car nous nous situons en aval de la décision d'adopter ou non un MES. Ainsi, si les barrières financières apparaissent essentiellement lors de la décision d'adoption (ou non) du MES, elles deviennent obsolètes dans la phase de mise en œuvre. Sur la base de ces trois catégories et en tenant compte des trois niveaux possibles d'implantation d'un MES, nous proposons le cadre d'analyse suivant (cf. tableau 1, ci-après).

Tableau 1 : Proposition d'un cadre conceptuel

Principales barrières		Implantation		
		Faible	Moyenne	Elevée
Barrières liées aux ressources humaines	faible motivation du personnel / problèmes de management, de culture et d'expérience	Implantation de 1 à 4 modules MES	Implantation de 5 à 8 modules MES	Implantation de plus de 8 modules MES
	manque d'attractivité en termes de rémunération			

	faible degré d'expertise en informatique			
Barrières liées aux ressources techniques	parc informatique vieillissant et peu fiable			
	implantation multisites des ateliers			
	complexité technique pour intégrer le MES			
	manque de fiabilité du MES			
Barrières liées aux ressources immatérielles	mauvaise gestion du temps			
	manque d'information			

2 METHODE : ETUDE DE TROIS PROJETS MES CHEZ UN EDITEUR

Cette recherche repose sur une méthode qualitative et sur une démarche exploratoire. Nous exposons ci-après les trois cas sélectionnés, la collecte et le traitement des données.

2.1 Trois études de cas

Le choix a été fait d'étudier trois projets MES mis en place chez trois clients différents mais par le même éditeur, avec la même technologie de base⁶. Cette méthode a été retenue car le concept étudié est émergent et traite d'un sujet sensible que sont les barrières au déploiement d'un MES. Notre démarche est exploratoire (Miles et Huberman, 2003) puisqu'aucune étude à notre connaissance n'a traité ce sujet. Nous avons également fait le choix d'une étude multisites afin d'autoriser la comparaison de plusieurs projets MES représentatifs des trois niveaux d'intégration identifiés dans la revue de littérature : intégration minimaliste, partielle et complète des fonctionnalités MES. Les trois projets étudiés sont tous déployés par le même éditeur, une PME proposant des solutions logicielles propriétaires, interconnectées aux systèmes d'information des entreprises clientes (françaises et étrangères), et répondant à des problématiques de suivi de production, de gestion du personnel et d'accès aux bâtiments. Ainsi, les logiciels proposés couvrent trois domaines principaux : (1) le pilotage d'atelier et le suivi des opérations de fabrication en temps réel (*Manufacturing Execution System, Manufacturing Operations Management et Management visuel*), (2) la gestion des temps

⁶ Le nom des participants, des projets ainsi que les détails techniques du MES sont sous couvert d'anonymat du fait d'informations confidentielles et stratégiques.

(contrôle du temps de présence, planification des horaires, gestion des absences et des congés, gestion des activités) et (3) le contrôle d'accès (gestion des accès, supervision des accès, gestion des visiteurs). Cette PME, créée il a près de 20 ans, se positionne comme un éditeur expérimenté et réalise un chiffre d'affaires de plus de 3,5 millions d'Euros (2016).

Les trois cas sélectionnés (cf. Tableau 2) ont suffisamment de similitudes pour autoriser une comparaison pertinente (validité interne) tout en ayant suffisamment de distinctions, afin de permettre la généralisation (validité externe). La multitude de différences entre les trois projets MES donne la possibilité de contrôler les influences idiosyncratiques de chacun et donc de généraliser la portée des résultats. Il s'agit d'identifier les barrières à la mise en œuvre d'un MES et d'analyser si elles diffèrent en fonction de degré d'implantation du MES.

- **Le projet MES « A »** implique un client « A » qui recherche une solution MES pour son atelier d'usinage avec des possibilités d'ordonnancement. Les OF (Ordre de Fabrication) seront créés depuis l'ERP (la gamme de fabrication ainsi que les temps de fabrication seront à définir dans le MES). Le projet est mis en place pour atteindre les objectifs suivants : (1) ordonnancer dans un système unique, (2) éviter les doubles saisies opérateurs, (3) produire automatiquement les *reportings* de production et (4) suivre la performance en temps réel.
- **Le projet MES « B »** implique un client « B » qui souhaite mettre en place un MES groupe sur 8 sites en Europe : France, Espagne, Italie, Pays de Galles, Suède, Pologne, Hongrie et Belgique. Il s'agit d'une organisation à 3 niveaux et l'éditeur doit gérer et accompagner les équipes dans cette implantation. L'objectif est d'assurer la traçabilité des lots, optimiser le planning de production, avoir des stocks plus précis, réaliser une codification code-barres groupe, harmonisation des processus entre les sites, contrôler l'étape de pesée des composants, enregistrer automatiquement des heures de production, accroître la visibilité dans l'atelier et enfin obtenir une usine sans papier.
- **Le projet MES « C »** implique un client « C » qui souhaite intégrer un MES afin d'informatiser le document « Gamme de production » et de remplacer les saisies manuscrites effectuées sur ce document par des saisies numériques : temps passés, contrôles qualité, traçabilité outillage, traçabilité composants.

Tableau 2 : Caractéristiques des trois cas étudiés

	Projet MES A	Projet MES B	Projet MES C
Type de client (Secteur industriel)	Contrôle des fluides	Fourniture de composés plastiques et résines	Fabrication de produits explosifs
Taille du client	CA : 80 M€ (2015) 500 personnes 3 sites industriels (France) 6000 clients en Europe et monde (Afrique, Moyen Orient, Asie)	CA : 2,25 Mds € (2016) 5000 personnes 58 sites industriels dans le monde.	CA : 26 M€ (2016) 200 personnes 2 sites en France
Coût du projet	70 K€	Estimé 500K€ / 600K€	Estimé 20 K€
Nb d'employés dans le projet (côté éditeur)	2 personnes : chef de projet et chef de projet junior/développeur	4 personnes : chef de projet, chef de projet technique, 2 développeurs	1 chef de projet
Nb d'employés dans le projet (côté client)	8 personnes (resp. de production/chef de projet MES, resp. planning, consultant amélioration continue, resp. logistique, resp. maintenance, tech. méthode, resp. info. et administrateur réseau)	1 équipe de 3 personnes dédiée au projet à 100% (10 personnes par site, soit environ 40 personnes)	3 personnes de la production.
Couverture géographique du projet	1 zone géographique et 1 usine	3 zones géographiques (Suède Pologne et Irlande) 5 divisions	1 zone géographique et 1 usine
Fonctionnalités MES déployées	Implantation partielle : 6 fonctionnalités	Implantation complète : 11 fonctionnalités	Implantation mini : 2 fonctionnalités
Temps passé chez le client	Environ 4 mois	Environ 2 ans	Environ 1 mois

2.2 Collecte et traitement des données

L'enquête qualitative sous forme d'entretiens semi-directifs a été réalisée auprès de différents chefs de projet, du dirigeant de l'éditeur de logiciel, d'un ingénieur qualité et des clients (cf. guide d'entretien en Annexe 1). L'étude totalise 15 entretiens semi-directifs d'une durée moyenne d'une heure. Des données secondaires internes ont également été intégrées à notre analyse (sites internet, les spécifications et présentation PowerPoint). Elles concernent directement les projets MES déployés chez les clients. Enfin, cette étude a été complétée par une observation directe de la mise en œuvre des projets (présence quotidienne chez l'éditeur pendant 4 mois). Les participants à cette enquête qualitative sont présentés ci-après de manière synthétique ainsi que les principales sources de données (cf. Tableau 3).

Tableau 3 : Synthèse des types de données recueillies

Données primaires			Données secondaires		
Entretiens		Observation passive	Observation active	Données internes	Données externes
Statut interviewé	durée				
Dirigeant de l'éditeur de logiciel	1h34	3 mois	2 mois (projet A)	Dossier de spécifications	Articles de presse
	2h03				
	58 min				
Ingénieur qualité/R&D	1h22				
Chef de projet A	51 min				
	1h30				
Client A personne 1	1h40				
Client A personne 2	24 min				
Client A personne 3	38 min				
Chef de projet B	54 min				
	1h13				
Client B	1h07				
Chef de projet C	1h10				
	49 min				
Client C	42 min				

L'objectif des entretiens semi-directifs était de mieux connaître le fonctionnement d'un MES, ses problématiques et les difficultés rencontrées lors de sa mise en œuvre. Ces entretiens se sont déroulés entre mai et novembre 2017. Un guide d'entretien, adapté à chaque projet MES, a été construit. Les principaux thèmes abordés concernent l'historique du projet MES, ses objectifs et les parties prenantes, les ressources nécessaires pour le projet MES, les principales barrières identifiées dans la littérature et/ou pouvant émaner du terrain. Au fur et à mesure de notre présence chez l'éditeur et de nos entretiens, notre compréhension de ces trois projets MES et de leurs spécificités respectives a été précisée. Il était demandé à chaque répondant d'identifier les principales briques du MES qu'ils avaient développés et de comprendre les principaux freins rencontrés lors de son implantation. Les différents types de données collectées n'ont pas la même valeur et il est essentiel de les repositionner dans leur contexte. Le poids du discours est, par exemple, différent selon qu'il provienne d'un chef de projet ou du client A (Miles et Huberman, 2003). Un dictionnaire des thèmes a ensuite été créé à partir de la revue de la littérature. Il constitue le support d'analyse des trois études de cas. Enfin, pour assurer la fiabilité des données recueillies un travail de triangulation a été effectué et par souci de plus d'objectivité, un procédé de contrôle a été mis en place, consistant à faire recoder un entretien par une personne extérieure. L'analyse des données a été réalisée à partir d'un codage thématique sur les principales catégories suivantes héritées de la littérature :

caractéristiques du MES, degré d'implantation du MES, barrières liées aux ressources humaines, aux ressources techniques, aux ressources immatériels, autres barrières.

3 RESULTATS ET DISCUSSION : LES BARRIERES AU DEPLOIEMENT D'UNE INNOVATION INFORMATIQUE DIGITALE DE TYPE MES

Dans cette partie, nous présentons et discutons les résultats des trois projets étudiés. L'analyse des barrières est importante car leur identification et qualification permet de mettre en place des actions préventives pour remédier aux difficultés engendrées. Nous observons la présence des trois catégories de barrières développées dans notre cadre conceptuel : les barrières liées aux ressources humaines, celles liées aux ressources matérielles/techniques et celles liées aux ressources immatérielles. L'apparition de ces barrières et leur nombre dépendent toutefois du degré d'implantation du MES.

3.1 Barrières liées aux ressources humaines dans le déploiement d'un MES

Nous identifions quatre barrières dans cette catégorie : (1) la culture et l'expérience face au changement, (2) le langage, (3) le niveau de connaissances techniques des interlocuteurs et (4) le niveau de compétences techniques. Dans le déploiement du MES, la culture et l'expérience de l'entreprise cliente semblent jouer un rôle important. En effet, les trois cas étudiés montrent des entreprises clientes avec une démarche proactive face à l'amélioration continue. Nous constatons que des démarches *lean manufacturing* avaient déjà été mises en place depuis plus de 5 ans afin de réduire les gaspillages et optimiser la gestion de production. Dans les trois cas, des prestataires extérieurs aux entreprises clientes étaient déjà intervenus, impliquant ainsi un niveau de sensibilité élevé en matière d'implantation de MES.

« Les employés sont sensibilisés aux démarches d'amélioration continue. Nous n'en sommes pas à notre coup d'essai, nous sommes engagés depuis 2003 dans un chantier lean de grande ampleur. Pour les employés le déploiement du MES est perçue comme la suite des chantiers déjà engagés et pour lesquelles ils ont vu leurs conditions de travail s'améliorer » client MES A.

Ce point commun à nos trois cas est important car, dans la littérature, l'expérience et la sensibilité en matière de changement (que ce soit en termes d'innovations technologiques ou de changements structurels) semblent jouer un rôle prépondérant sur les barrières aux changements (Attewell, 1992). En effet, la théorie de l'apprentissage met en exergue qu'avec la répétition de tâches identiques, le personnel d'une entreprise devient de plus en plus

expérimenté⁷ et permet à celle-ci de développer des gains de productivité (Nonaka, 1994). Dès lors, l'expérience dans la conduite de projets en systèmes d'information permet la création de connaissances tacites (Attewell, 1992). L'apprentissage se fait alors par l'observation, par l'imitation et évite un certain nombre de barrières liées au manque de connaissances (Sommer *et al.*, 2014). Dès lors, nous constatons une forte implication des deux parties (éditeur et entreprise cliente) dans les trois projets étudiés, ce qui facilite la gestion de projet et la communication entre les individus.

« Il s'agit d'un travail d'équipe. Le client a besoin de nos connaissances techniques et nous avons besoin de nous imprégner de leur métier ainsi que des outils qu'ils utilisent déjà. C'est essentiel de réussir à bien communiquer car le projet MES ne peut réussir qu'avec l'implication des deux parties » chef de projet MES B.

La langue peut également constituer un frein important, notamment en termes de communication. Le projet MES B est le seul à être multilingue.

« Dans ce projet nous avons beaucoup d'interlocuteurs. C'est essentiel de pouvoir s'exprimer en anglais et d'être suffisamment bon en anglais pour comprendre les besoins. C'est la langue commune entre tous. Nous avons des accents plus au moins forts selon les pays mais ça on s'en fiche. L'essentiel est de pouvoir communiquer tous ensemble » chef de projet MES B

Ainsi, dès le début du projet l'éditeur a clairement recensé les langues utilisées afin d'ajuster au mieux le déploiement du MES en créant notamment des dictionnaires afin d'assurer la coordination entre tous les sites. Cette prise en compte des différentes langues dès le début du projet est essentielle. En effet, la barrière de la langue est liée aux barrières interculturelles. Il est difficile de travailler entre différents sites si ceux-ci ne partagent pas la même langue et/ou même culture (en témoignent les nombreux travaux sur les difficultés rencontrées dans les équipes internationales). L'hétérogénéité des langages peut ériger des barrières à la coordination (Peréa, 2012). Ces barrières rendent difficile le partage d'informations entre les différents sites de production. Selon Carlile (2004), ces barrières sont d'ordre syntaxique, sémantique et politique. Elles proviennent des différences de langages, de cultures et des relations de pouvoir au sein des différents sites de production. Ainsi, outre les barrières liées à l'éloignement géographique, la littérature sur la multi-localisation met en exergue les difficultés du travail d'équipe dans un contexte multiculturel (Peréa, 2012).

⁷ Si nous avons étudiés des cas d'entreprises peu sensibles et sans expérience face au changement, les barrières à la mise en œuvre d'un MES auraient été probablement différentes et avec une intensité plus forte.

La réussite de l'implantation d'un projet MES passe également par le niveau d'implication et de connaissance techniques des interlocuteurs (chez l'éditeur et le client) qui doivent relayer les informations et assurer la pérennité du MES. Dans le projet C, le degré d'implication et de connaissance technique des interlocuteurs du client était moindre ce qui a freiné le déploiement des blocs MES souhaités. A l'inverse, dans les projets MES A et B le niveau technique des interlocuteurs clients était très bon. Ils étaient engagés dans le projet avec une forte volonté de pérenniser l'outil.

« Nos relais dans l'entreprise n'étaient pas forcément ravis de nous voir arriver. Ils ont accepté de collaborer mais avec une certaine méfiance car ils avaient peur qu'on leur bouscule leurs petites habitudes » chef de projet MES C

Le déploiement d'un MES implique, tant pour l'éditeur que pour le client, des compétences techniques importantes. Ainsi, même si les compétences techniques sont relativement codifiées en comparaison des compétences managériales, il est nécessaire de les maîtriser pour réussir un projet MES. Lors de l'implantation du MES, ce frein semble important car un manque de compétences techniques peut remettre en cause la pérennité du projet de la décision d'adopter un MES, ce qui n'est pas forcément le cas lors de la décision d'adoption.

« La décision de mettre en place le MES est venue de la direction générale sans réelle concertation avec les équipes techniques. Une fois sur le terrain, c'est là qu'il a fallu convaincre les services techniques alors même que le projet avait déjà été validé par leur direction » chef de projet MES C

3.2 Barrières liées aux ressources matérielles/techniques dans le déploiement d'un MES

Dans les trois cas étudiés les contraintes techniques sont liées majoritairement aux difficultés d'interfaçage avec les systèmes d'information déjà en place chez le client. De ce fait, nous n'observons pas réellement de barrières liées à l'éloignement géographique des différents sites (sauf dans le projet B du fait des 8 zones géographiques couvertes mais qui augmente plutôt la complexité de l'intégration technique), ni relatives au vieillissement de l'infrastructure technique (notamment le parc informatique), ni liées à un manque de fiabilité du MES. L'éditeur possédant suffisamment d'expérience et de notoriété dans le domaine, sa solution MES est suffisamment fiable pour les besoins des entreprises clientes. Dès lors, seul la complexité de l'intégration technique du MES pose réellement problème. Le projet C est celui pour lequel l'éditeur a observé le moins de difficultés techniques, alors que la mise en œuvre du projet B a été techniquement complexe, notamment à cause du nombre de sites.

« La gestion des stocks par le MES impliquait une gestion instantanée, à la seconde. Afin de déployer le MES, la réalisation d'inventaire était primordiale et entraînait une procédure très lourde. La production était fermée plusieurs jours afin que des personnes viennent compter les matières. Il y avait une approbation de la direction financière Europe, puis monde du groupe. Ça se fait le week-end avec des gens d'astreinte, donc c'est une procédure lourde. L'inventaire était téléchargé dans le MES, donc à partir de ce moment-là, si le stock n'était pas correctement mis à jour dans le MES, on perdait le bénéfice du travail d'inventaire que l'on avait fait. » directeur de société informatique.

Les travaux de Benkeltoum (2016) montrent que les entreprises clientes ont tendance à adopter une nouvelle technologie dès lors qu'elles possèdent l'infrastructure et les compétences techniques nécessaires. Ainsi, en cas du manque de maturité des systèmes en place (système d'information, infrastructures techniques, etc.), l'intégration technique d'un MES peut s'avérer plus ou moins complexe. Dès lors, la qualité du capital matériel et technique est donc d'une importance clé en matière d'adoption d'une nouvelle technologie et vient compléter l'importance cruciale du capital humain (Qu *et al.* 2011).

3.3 Barrières liées aux ressources immatérielles dans le déploiement d'un MES

Les trois projets MES étudiés n'ont pas subi de la part de leurs salariés des réticences de la même ampleur. Parmi les cas de résistance, les chefs de projet et le client interrogés donnent deux principales raisons : à savoir (1) un manque d'information qui crée un sentiment d'ignorance chez le salarié et qui l'incite à adopter une attitude défensive face à l'introduction du MES, (2) la perte d'un pouvoir, d'un privilège ou d'un avantage matériel qui oblige le salarié à manifester son mécontentement en perturbant le processus de mise en œuvre du MES. Dans le projet C, des salariés (et notamment des opérateurs) craignent une surveillance abusive de leurs actions :

« Changer ses habitudes c'est toujours un peu angoissant. C'est pour cela qu'il est essentiel de bien informer TOUT le personnel concerné par le MES et leurs expliquer les enjeux afin qu'ils ne vivent pas l'installation du MES comme un outil de flicage » chef de projet MES C

Dans les projets A et B, les réticences aux changements ont été moins fortes. Pour essayer d'enrayer ces difficultés les deux entreprises clientes ont mis en place un certain nombre de mesures destinées à motiver et à informer leurs employés sur le déploiement du MES et ses objectifs. Deux principales mesures ont été instaurées pour motiver le salarié (1) faire participer l'ensemble des salariés à la mise en œuvre du MES. Par exemple, les opérateurs ont été consultés sur le design des écrans des panels PC, (2) expliquer les bénéfices du

changement pour l'entreprise et pour le salarié en montrant notamment comment le MES va faciliter et améliorer leurs conditions de travail :

« Dès le début de la démarche nous avons sensibilisé les opérateurs afin qu'ils ne soient pas surpris par la démarche. Nous les avons ensuite impliqués dans le projet en leur demandant leur avis sur le design des écrans des panels PC »
client MES B

Par ailleurs dans les projets A et B, les chefs de projet côté client ont instauré des actions afin d'assurer l'intégration du MES. Ils ont ainsi veillé à gérer les conflits rapidement, ont fait preuve d'une capacité d'écoute, d'accompagnement et d'encadrement importante. Dans la littérature, les barrières liées au manque d'information sont souvent liées à des situations d'éloignement géographique (Terlizzi *et al.*, 2017). Pourtant nos résultats ne vont pas dans ce sens. En effet, le projet B est multisites (MES déployé dans de nombreux pays) et pourtant ce type de barrières est beaucoup moins fort que dans le projet C qui est monosite. Ce résultat peut s'expliquer par la mise en œuvre d'une équipe projet dédiée au déploiement du MES et impliquant l'ensemble des parties prenantes.

3.4 Intensité des barrières en fonction du degré d'implantation du MES

Les trois cas observés montrent une variété de freins qui divergent en termes d'intensité et de nombre selon les projets et leur degré d'implantation. Ainsi, comme l'indiquait déjà Segrestin en 2004 dans une recherche sur les ERP, il existe une multitude de configurations allant de l'implantation totale à celle de quelques modules/fonctionnalités seulement. Etudier les nouvelles technologies, (que ce soit un ERP ou un MES) comme s'il s'agissait d'un seul objet n'est pas possible et pose immédiatement des problèmes d'homogénéité des observations (Meyssonier et Pourtier, 2006). Ainsi, cette présente recherche propose de lever cette difficulté en identifiant les principaux freins en fonction de degré d'intégration des blocs MES. Nos résultats montrent que les barrières techniques sont plus nombreuses lors de l'implantation complète d'un MES (soit les 11 fonctionnalités). En revanche, les barrières liées aux ressources humaines et aux ressources immatérielles sont plus importantes dans des projets minimalistes ou partiels que dans un projet intégrant toutes les fonctionnalités. En effet, dans le cas B une équipe projet spécialement dédiée au déploiement du projet avait été créée pour permettre de faciliter le partage de l'information, la coordination entre l'éditeur et le client et expliquer l'outil chez le client.

Dans la littérature, la technologie est définie à différents niveaux d'abstraction, elle est considérée le plus souvent comme : un outil, une technique, un équipement physique, ou un

système par lequel les salariés, les clients, ou l'entreprise étendent leurs capacités (Cheikho, 2015). Ainsi, les innovations technologiques sont le résultat de l'utilisation d'un nouvel outil, système ou une nouvelle technique. Dans la littérature en management de l'innovation, plus l'innovation est radicale ou d'exploration plus les barrières à la mise en œuvre de l'innovation sont importantes et nombreuses (Segarra-Blasco *et al.*, 2008 ; Mohnen *et al.*, 2005). Dans le cas du déploiement d'un MES nos observations vont à l'encontre de ces précédents résultats. En effet, le déploiement d'un MES peut-être comparé à une innovation informatique digitale (Kletti, 2007). Dans les deux cas, il s'agit de développer chez un client une nouvelle technologie non possédée par ce dernier afin d'obtenir un avantage concurrentiel. Notre étude empirique montre que plus le degré d'intégration est faible (intensité de l'innovation faible soit une innovation davantage incrémentale) plus le nombre de barrières et leur intensité est élevé. A l'inverse, plus le degré d'intégration est élevé (intensité de l'innovation fort soit une innovation davantage radicale) plus le nombre de barrières et leur intensité est faible. Le tableau 4 (ci-après) présente l'intensité des différentes barrières selon les trois cas.

Tableau 4 : intensité des barrières selon le degré d'implantation du MES

Principales barrières		Implantation		
		Minimaliste (MES C)	Partielle (MES A)	Complète (MES B)
Barrières liées aux ressources humaines	faible motivation du personnel / problèmes de management, de culture et d'expérience	++	++	+
	manque d'attractivité en termes de rémunération	+++	+++	+++
	faible degré d'expertise en informatique	++	-	-
Barrières liées aux ressources matérielles/techniques	parc informatique vieillissant et peu fiable	-	-	-
	implantation multisites des usines	NO	NO	++
	complexité technique pour intégrer le MES	+	++	+++
	manque de fiabilité du MES	-	-	-

Barrières liées aux ressources immatérielles	mauvaise gestion du temps	++	+	+
	manque d'information	+++	++	+
Légende :				
NO : Non Observé car la dimension ne s'adapte pas au cas étudié				
Groupe de barrières avec une intensité forte				
Groupe de barrières avec une intensité moyenne				
Groupe de barrières avec une intensité faible				

Nos résultats montrent également qu'aucun projet MES étudié n'a proposé aux employés de l'entreprise cliente une incitation financière en cas de succès. Pourtant, de nombreuses recherches en ressources humaines et en économie montrent l'importance de la dimension financière dans la motivation du personnel, notamment parce que les incitations monétaires représentent le stimulant dominant des activités productives humaines (Rydval, 2003). En outre, le déploiement d'un MES est souvent considéré comme un projet purement technique et les aspects humains et organisationnels sont parfois oubliés (Huang et Mak, 1999). Mais l'arrivée d'un MES peut profondément modifier la manière dont les opérateurs réalisent leur travail et, par conséquent, l'organisation de l'entreprise et des liens entre niveaux hiérarchiques (Saenz *et al.*, 2009). Il est donc essentiel de prendre en compte le phénomène de résistance au changement des collaborateurs et estimer les conséquences organisationnelles pour assurer l'intégration puis la pérennité de l'outil. La conduite du changement est liée à la documentation disponible sur le fonctionnement du MES, à la formation des collaborateurs aux nouveaux modes opératoires et à la communication axée sur la globalité du projet (Kletti, 2007). Cependant, bien que ces aspects soient totalement indispensables, ils ne suffisent pas à garantir la réussite de la démarche. Il s'agit d'anticiper les modifications structurelles de l'entreprise cliente et les risques de rejets inhérents en intégrant la dimension sociale lors de la planification et le déploiement du projet MES. Pour cela, l'engagement de l'ensemble des parties prenantes du MES est important (Spada, 2013).

CONCLUSION

Cette recherche apporte des éléments de réponse quant à l'influence du degré d'implantation d'un MES sur les barrières internes à sa mise en œuvre. Trois principales catégories de barrières internes ont été identifiées : les barrières liées aux ressources humaines, les barrières

liées aux ressources matérielles/techniques et les barrières immatérielles. Selon le degré d'implantation du MES les types de barrières ne sont pas les mêmes. Ainsi, pour un projet avec une implantation MES minimaliste les barrières sont essentiellement liées aux ressources humaines et immatérielles. A l'inverse pour un projet avec une implantation complète les barrières sont essentiellement liées aux ressources matérielles et techniques. Par ailleurs, cette recherche met en exergue un résultat quelque peu contre intuitif qui s'oppose à de précédents travaux en matière de barrière à l'innovation (notamment Dubouloz, 2013). En effet, nos données montrent que plus un projet MES est global (implantation complète) moins les barrières sont importantes. A l'inverse, plus un projet MES est partiel voire minimaliste plus les barrières à sa mise en œuvre sont importantes.

La construction d'un cadre d'analyse théorique et l'étude de trois cas ont permis de mieux comprendre la mise en œuvre d'un MES chez une entreprise cliente et l'impact des fonctionnalités déployés sur les barrières à son implantation. Cette recherche découle d'une volonté de comprendre et de décrypter les freins internes qu'un éditeur et ses clients peuvent rencontrer lors du déploiement d'un tel outil. Jusqu'à présent, les travaux empiriques sur l'implantation d'une nouvelle technologie (notamment une innovation informatique digitale) portent davantage sur les leviers que sur les freins au déploiement d'un ERP. Le manque d'investigations empiriques sur les difficultés semble s'expliquer par la difficulté pour le chercheur à accéder au terrain (nature stratégique des projets, toujours plus facile de parler des facilitateurs que des difficultés, etc.). Malgré l'importance des données secondaires internes obtenues, il semble intéressant de mener d'autres entretiens semi-directifs afin de faire émerger des différences de point de vue selon les parties. Par ailleurs, dans cette recherche les acteurs sont au centre de l'analyse avec une étude centrée sur les barrières internes à la mise en œuvre d'un MES. Pourtant l'environnement (régulations gouvernementales, mesures anti-trust, actions politiques) dans lequel le MES est déployé et plus généralement les facteurs exogènes tels que l'offre (obtention d'informations technologiques, matières premières et approvisionnement, financement) et la demande (besoins des consommateurs, leur perception du risque de l'innovation, limites des marchés domestiques et étrangers) peuvent également être sources de barrières à la mise en œuvre du MES. Ainsi de futures recherches pourraient proposer une vision plus globale de barrières à l'implantation d'un MES et ainsi étudier les éventuelles complémentarités entre barrières internes et externes. Enfin, la question du pouvoir et des jeux de pouvoirs entre acteurs n'a pas fait l'objet d'une attention particulière.

Pourtant, Crozier et Friedberg (1977) montrent que l'un des éléments décisifs du comportement des acteurs face au changement est le jeu de pouvoir auquel les individus participent. Ainsi pour ces acteurs, toute structure d'action collective se constitue comme un système de pouvoir où chaque acteur affirme son existence sociale en fonction de jeux de pouvoir. De futures recherches pourront prendre en compte cette dimension afin d'affiner la compréhension des freins et notamment ceux en lien avec les parties prenantes du MES.

BIBLIOGRAPHIE

- Arrègle J.L., Amburgey T., Dacin T. (1998). Le rôle des capacités organisationnelles dans le développement des réseaux d'entreprises : une application aux alliances, *Finance Contrôle Stratégie*, n° 1, pp. 7-25.
- Attewell, P. (1992). Technology diffusion and organizational learning: The case of business computing, *Organization Science*, vol. 3, pp. 1-19.
- Benkeltoum, N. (2016). Technologies open source à la fois en interne et pour ses clients, *Systèmes d'information & management*, vol. 21, n°4, pp. 71-98.
- Boland, R. J., Lyytinen, K. Yoo, Y. (2007). Wakes of innovation in projects network: The case of digital 3-D representations in architecture, engineering, and construction, *Organization Science*, vol. 18, n° 4, pp. 631-647.
- Carlile P.R. (2004). Transferring, translating, and transforming: An integrative framework for managing knowledge across boundaries », *Organization Science*, vol. 15, n°5, pp. 555-568.
- Cheikho A. (2015). *L'adoption des innovations technologiques par les clients et son impact sur la relation client - Cas de la banque mobile*, Thèse Université Nice Sophia Antipolis.
- CIGREF (2017), *Entreprise 2020 à l'ère du numérique : enjeux et défis*, ebook, accessible via : <http://www.cigref.fr/publications-numeriques/ebook-cigref-entreprise-2020-enjeux-defis/files/assets/common/downloads/Entreprise%202020.pdf>
- Dezdar, S., Ainin, S. (2011). The influence of organizational factors on successful ERP implementation, *Management Decision*, vol. 49, n° 6, pp. 911-926.
- Dos Santos V., Tahri N. (2014). Les obstacles à l'innovation en France : analyse et recommandations, *Management & Avenir*, n°69, pp. 70-88.
- Dubouloz S. (2013). Les barrières à l'innovation organisationnelle : Le cas du Lean Management, *Management International*, vol. 17, n°4, pp. 121-144.
- Dyer J.H., Sing H. (1998). The relational view: Cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage, *Academy of Management Review*, vol. 23, n° 4, pp. 660-679.
- Huang G.Q., Mak K.L. (1999). Current Practices of Managing Engineering Changes in UK Manufacturing Industries”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 19, n°1, pp. 21-37.
- Joseph, R.C. (2010). Individual resistance to IT innovations, *Communications of the ACM*, vol.53, n°4, pp. 144-146.
- 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*, vol. 23, n° 9, pp. 793-807.

- Lee, J., Berente, N. (2012). Digital innovation and the division of innovative labor: Digital controls in the automotive industry, *Organization Science*, vol. 23, n° 5, pp. 1428-1447.
- Meyer H., Fuchs F., Thiel K. (2009). *Manufacturing Execution Systems: Optimal Design, Planning and Deployment*, Graw Hill Professional.
- Meyssonnier F., Pourtier F. (2006). Le rôle essentiel du centre de compétences pour la réussite des projets ERP, *Comptabilité Contrôle Audit*, vol. 12, n°1, pp. 45-64.
- Miles M.B.; Huberman M.A. (2003). *Analyses des données qualitatives*, De Boeck.
- Mohnen, P., Roller, L. (2005). Complementarities in innovation policy. *European Economic Review*, vol. 49, n°6, pp. 1431-1450.
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A., Song, M. (2017). Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World, vol. 41, n° 1, p. 223-238.
- Nonaka I. (1994). A dynamic theory of organizational knowledge creation, *Organization Science*, vol. 5, n°1, pp. 14-37.
- Péréa C. (2012). *La coordination des projets d'innovation multilocalisés*, Gestion et management. Thèse Université Grenoble Alpes.
- Qu W.G., Yang Z., Wang Z. (2011). Multilevel Framework of Open Source Software Adoption, *Journal of Business Research*, vol. 64, n°9, p. 997-1003.
- Rajagopal, P. (2001). An Innovation-diffusion view of implementation of enterprise resource planning (ERP) systems and development of a research model, *Information & Management*, vol. 40, p. 87-114.
- Rogers E.M. (2003). *Diffusion of Innovations*, 5th Edition, Kindle edition.
- Rolon M., Martinez E. (2012). Agent-based modeling and simulation of an autonomic manufacturing execution system, *Computers in Industry*, vol. 63, n°1, pp. 53-78.
- Saenz, B., Artiba, A., Pellerin, R. (2009). Manufacturing execution system: A literature review, *Production Planning & Control*, vol. 20, n° 6, pp. 525-539.
- Segarra-Blasco A., Garcia-Quevedo J., Teruel-Carrizosa M. (2008). Barriers to innovation and public policy in Catalonia, *International Entrepreneurship and Management Journal*, vol. 4, pp. 431-451.
- Segrestin D. (2004). Les ERP entre le retour à l'ordre et l'invention du possible. Le mythe de l'organisation intégrée, *Sciences de la société*, n°61, pp. 3-15.
- Sommer, A. F., Dukovska-Popovska, I., Steger-Jensen, K. (2014). Barriers towards integrated product development – Challenges from a holistic project management perspective, *International Journal of Project Management*, vol. 32, pp. 970-982.
- Spada F. (2013). *La conduite du changement lors du déploiement d'un système d'information*, Master HES-SO, Gestion intégrée du développement des SI.
- 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*, vol. 8, n° 4, pp. 25-40.
- 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*, vol. 35, n° 5, pp. 763-782.
- Trudel, M-C., Paré, G. (2004). Les barrières à l'innovation technologique dans les hôpitaux : étude du premier cas d'adoption du système PACS au Québec, *Gestion*, vol. 29, n° 1, pp. 36-44.

ANNEXE 1 : GUIDE D'ENTRETIEN

	Thème	Formulation de la question	Informations complémentaires
1 Histoire	Projet MES	Pouvez-vous nous raconter l'histoire du projet MES depuis le moment où vous avez été sollicité par l'entreprise pour le déployer jusqu'à sa livraison ?	Naissance, évolution, objectifs
	Chef de projet	Quelle a été votre place, vos rôles dans ce projet MES ?	
2 Innovation MES	Fonctionnalités/ Caractéristiques du MES	Quels sont les fonctionnalités mise en place dans ce projet ? Quelles sont les principales spécificités rencontrées lors du déploiement de ce projet MES ?	Vision, motivation des membres,
	Ressources sur le projet	Quels sont les moyens techniques et financiers qui ont été nécessaires ?	Durée du projet, coût, niveau de technicité
		Quels sont les différents acteurs nécessaires à la mise en œuvre du MES ?	Type de compétences, tâches/missions, % de temps affecté au projet
3 Barrières	Difficultés globales	Quelles principales difficultés avez-vous rencontré dans le déploiement de ce MES ? Si vous deviez hiérarchiser ces difficultés, quel sera votre classement selon leur importance ?	Quand ces difficultés ont-elles été rencontrées ?
	Pérennité du MES	Estimez-vous que le MES déployé est un grand succès ?	Pourquoi ? Comment appréhender la notion de succès et le mesurer
	Connaissance du client	Comment la demande du client vous est-elle parvenue Le client avait-il une idée précise de ses besoins ?	démarche proactive du client / Prospection des commerciaux
	Communication avec le client	Comment avez-vous interagit avec le client ? A quelle fréquence avez-vous échangé avec le client avant le déploiement complet du MES ?	réunion, CR, échanges informels
	Ressources humaines chez le client	Le client avait-il mis à disposition des ressources humaines dédiées uniquement à ce projet ?	% d'attribution au MES
		Quelle était la formation des interlocuteurs chez le client ? Quelle était leur position hiérarchique dans l'entreprise ?	Compétences des salariés pour le projet / type de formation
	Financement du projet	Comment le coût de la prestation a-t-elle été perçue par le client ? Pour le client la mise en place du MES était-il un projet avec un gros enjeu financier ?	Coût du projet Plusieurs allers et retours pour convenir du coût de la prestation
	Technologie	Avez-vous rencontré des problèmes de compatibilité avec les SI déjà utilisés chez le client ?	Version / codage
Avez-vous subi le manque de temps ? Avez-vous eu des retards de livraisons ? Au niveau global ou sur certain livrables ? Pourquoi		Manque de préparation de la part du client / temps de développement du terrain trop court	
4 Divers	Questions complémentaires	Y-a-t-il d'autres points que nous n'avons pas abordés qui vous semblent importants ?	
		Avez-vous d'autres éléments à apporter sur les facteurs qui ont freiné l'adoption et l'appropriation du MES ?	
	Questions enjeux managériaux	D'après votre expérience, est-ce qu'il y a un type de structure plus adaptée pour l'adoption d'un MES ?	
A quel type d'entreprise la mise en œuvre d'un MES est-elle la plus adaptée ?			