

Corrélation entre les technologies de l'information et de la communication et l'adoption de l'innovation ouverte par les PME.

Correlation between information and communication technologies and open innovation adoption in SMEs.

Elodie Pillon¹, Mourad Messaadia¹

¹ LINEACT, CESI de Rouen - 1 rue Marconi, 76130 Mont-Saint-Aignan, France, epillon@cesi.fr ; mmessaadia@cesi.fr

RÉSUMÉ. Les technologies de l'information et de la communication (TIC) transforment radicalement les méthodes de travail et l'organisation des entreprises. Les pratiques d'innovation ouverte telles que le crowdsourcing s'appuient largement sur des supports numériques. Cependant, à notre connaissance, peu de travaux, portent sur la manière dont le numérique peut affecter l'adoption de l'innovation ouverte. Sur la base de quatre études précédentes, cet article examine la corrélation entre les pratiques d'innovation ouverte développées par les PME et l'intégration du numérique au sein de l'Allemagne, Italie, Corée et Grande-Bretagne. L'objectif est de comprendre s'il existe un lien entre l'intégration du numérique au sein d'un environnement et l'adoption de l'innovation ouverte par les PME. Les résultats soulignent que les pratiques d'innovation ne sont pas adoptées de manière similaire dans chacun des environnements, et que l'adoption de chacune des pratiques correspond à des environnements différents d'un point de vue numérique.

ABSTRACT. Information and communication technologies (ICT) are radically transforming the company's organization and their way of work. Open innovation practices such as crowdsourcing are largely based on digital media. However, to our knowledge, little work focused on how digital technology can affect the adoption of open innovation. Based on four previous studies, this article examines the correlation between open innovation practices developed by SMEs and digital integration within Germany, Italy, Korea and the United Kingdom. The goal is to understand whether there is a link between digital integration in an environment and the adoption of open innovation in SMEs. The results highlight that open innovation practices are not adopted in a similar way in each environment, and from a digital point of view, the adoption of each practice corresponds to different environments.

MOTS-CLÉS. Innovation ouverte, PME, numérique, adoption, influence de l'environnement.

KEYWORDS. Open innovation, SME, digital, adoption, environmental influence.

1. Introduction

Pour une entreprise ou un territoire, l'importance de l'innovation n'est désormais plus à démontrer. Il s'agit d'un facteur majeur de différenciation et une opportunité de développement économique dans un contexte de mondialisation où la concurrence est de plus en plus rude (saturation des marchés, évolutions rapides des technologies, émergence des pays à faible coût de main-d'œuvre...). Dans les années à venir, les secteurs économiques devront connaître une mutation significative pour répondre aux divers défis socioéconomiques et environnementaux. L'innovation constitue dès lors un levier indispensable permettant de répondre à ces changements, s'y adapter et générer de nouvelles opportunités de marché. Bien qu'au début du XXe siècle les entreprises développaient majoritairement des innovations en s'appuyant principalement sur leurs propres R&D et sur un processus d'innovation linéaire [LAN 02], ce modèle est devenu de plus en plus obsolète en raison de différents facteurs [LOI 13]. Pour améliorer leur processus d'innovation, les firmes doivent s'éloigner du paradigme traditionnel de l'innovation fermée et ouvrir leur processus par le développement de collaborations avec différents acteurs de l'innovation [BOG 12]. Dans un modèle

d'innovation ouverte, les frontières de l'organisation sont poreuses et les entreprises interagissent avec leur environnement [CHE 03] [ENK 09] [GAS 09] [HUI 11].

Parallèlement, les technologies de l'information et de la communication (TIC) transforment radicalement les méthodes de travail et l'organisation des entreprises. Le recours à des technologies numériques contribue à faciliter la mobilisation de ressources situées à distance [DEL 16] et leur utilisation, notamment dans les PME, est devenue fréquente dans les activités innovantes [DEL 14]. La numérisation croissante favorise la capitalisation des savoirs R&D de l'entreprise [PAV 06] améliore la compréhension du besoin client [KMI 12] et facilite la coordination [BAN 06].

Les pratiques d'innovation ouverte telles que le crowdsourcing s'appuient largement sur des technologies l'information et de la communication. Cependant, à notre connaissance, peu de travaux, portent sur la manière dont le numérique peut affecter l'adoption de l'innovation ouverte. Dans cet article, nous nous interrogeons donc sur le lien entre la diffusion des technologies l'information et de la communication (TIC) au sein d'un environnement et l'adoption de l'innovation ouverte par les PME.

2. Le numérique un constituant de l'innovation ouverte ?

2.1. Les modèles d'innovation ouverte

En examinant la littérature portant sur les modèles d'innovation ouverte, nous constatons que trois stratégies peuvent être déployées [GAS 04] (Figure 1.). Le processus d'outside-in consiste à enrichir la base de connaissances d'une entreprise grâce à l'intégration de savoirs provenant d'entités extérieures (clients, fournisseurs...). Le processus inside-out consiste à valoriser des concepts développés par l'entreprise soit par la vente de propriété intellectuelle, le transfert de connaissances vers des entités extérieures, apport d'idées sur le marché... dans le but d'accroître les bénéfices. Enfin, le coupled-process consiste à coupler les processus d'inside-out et d'outside-in par la création d'alliances avec des partenaires.

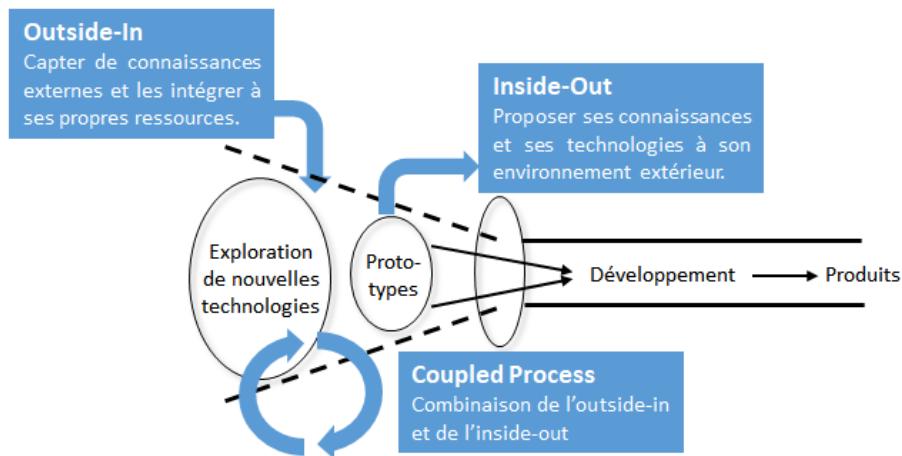


Figure 1. Trois types de processus d'innovation ouverte [GAS 04]

Chaque modèle faisant référence à différentes activités d'innovation ouverte et à différentes capacités, les entreprises n'intègrent communément pas ces stratégies à la même hauteur. Selon les entreprises, une de ces stratégies peut être adoptée de manière prépondérante et quelques éléments provenant des autres stratégies peuvent y être intégrés.

2.1.1. Le processus d'outside-in

Dans sa dimension outside-in également appelée inbound, l'innovation ouverte consiste pour une entreprise à capter des actifs chez d'autres entités et les associer à ses propres ressources et compétences dans le but de renouveler et d'enrichir son capital connaissance et dynamiser ainsi son processus d'innovation. L'outside-in comprend des activités visant à exploiter les connaissances externes afin d'obtenir de nouvelles sources pour des idées novatrices. Il vise à obtenir, intégrer et mettre une innovation externe sur le marché [WES 14]. Il s'agit de mener des activités d'exploration pour acquérir de nouvelles connaissances ou technologies extérieures. L'outside-in repose sur deux formes : l'acquisition (acquiring) et le développement de collaboration (sourcing) dépassant la simple logique financière [AYE 15].

2.1.2. Le processus d'inside-out

Les connaissances et technologies acquises par les entreprises ne sont pas toujours valorisées [LAN 12]. Pourtant elles peuvent être une source de profits directs et indirects [CAS 16]. Par le biais de diverses formes contractuelles, par exemple des accords de cession de licences, des scissions ou des ventes de technologies, les entreprises essaient de tirer parti de leurs connaissances technologiques, générant des revenus supplémentaires [LIC 07]. En dehors de l'octroi de licences, tout actif de connaissance peut être vendu pour augmenter les résultats financiers de l'entreprise [CHI 10].

2.1.3. Le processus couplé

Le processus couplé est, au moins d'un point de vue théorique, le but ultime de l'open innovation : un partenaire assurant la mise sur le marché d'une innovation issue de l'intégration dans la base technologique d'un second partenaire d'idées et de ressources apportées par un troisième partenaire. Il consiste à combiner les processus d'inside-out et d'outside-in et de les partager au sein d'un réseau de partenaires. Cette approche, qui permet à des entreprises de développer et commercialiser conjointement des innovations [ENK 10], inclut des activités de coopération, de co-création via des alliances avec des partenaires ou la création de joint-ventures [LIC 11] [UN 10].

Soulignons qu'il n'existe pas de relation de complémentarité entre les activités d'achats et de vente de connaissances [CAS 16]. Les entreprises peuvent donc décider de mettre en place une stratégie d'outside-in indépendamment d'une stratégie d'inside-out. Généralement, elles adoptent un processus d'outside-in en priorité [CHE 06] [CHI 11] [GAS 04].

2.2. Les pratiques d'innovation ouverte

Stratégies	Pratiques	Definition	Références
Outside-in	Licensing-in	Exploiter des connaissances externes pour trouver de nouvelles idées et réduire le time-to-market.	[BUR 14] [CHE 03] [GAS 06] [LEE 10] [VAN 09] [WYN 13]
	Venture	Investir dans une société à capital-risque prometteuse pour apporter de nouvelles idées.	[KIM 08] [WAI 06]
	Acquisition de savoir faire	Acheter les services de R&D fournis par des organisations externes	[BUR 14] [GASS 06] [HAR 14] [HOL 14] [WYN 13]
	Réseau	Développer des relations ou collaborer avec des partenaires de réseau externe pour soutenir le processus d'innovation.	[LEE 10] [VAN 09] [WYN 13]
	Co-conception	Impliquer le client dans le processus de conception pour accéder à de nouvelles idées.	[BUR 14] [VAN 09] [GAS 06]
Processus	Crowdsourcing	Externaliser une activité vers un grand	[HOW 06] [PEN 12] [SCH 16]

couplé	nombre d'acteurs anonymes		
	R&D collaborative	Mener des activités de R&D avec des partenaires externes.	[BUR 14] [CHE 06] [GAS 06] [HAR 14] [HOL 14] [LEE 10] [MON 14] [TEN 04] [VAN 09] [WYN 13]
	Consortium de recherche	Mettre en commun des moyens et s'engager à réaliser des prestations en vue de réaliser un projet de recherche contractualisé	[CAS 01] [JUL 14]
	Joint-venture	Absorber les connaissances d'entreprise en construisant une stratégie d'alliance ou en les rachetant.	[ENK 09] [GAS 04]
	Open-source	Rendre un produit accessible gratuitement.	[CHE 04] [LER 05] [LOI 04] [LOI 11] [PEN 13] [WES 06]
Inside-out	Licensing-out	Vendre des licences ou des technologies non utilisées par la société afin de maximiser les profits.	[DON 14] [GAS 06] [LEE 10] [LIC 09] [VAN 09] [WYN 13]
	Spin-off	Commercialiser des technologies de rupture à travers la création d'une nouvelle entité indépendante	[KIR 05]

Tableau 1. Pratiques d'innovation ouverte selon le processus d'innovation ouverte [PIL 19]

La capacité d'une firme à s'ouvrir sur son environnement et à intégrer des ressources externes dans son processus d'innovation est un facteur permettant de maintenir un avantage concurrentiel. Le but majeur de l'innovation ouverte est de mettre au point de nouvelles innovations reposant sur des connaissances diverses qu'une firme n'aurait pas pu développer en interne. Les stratégies d'innovation ouverte permettent d'explorer des thématiques éloignées du cœur de compétence de la firme et donc de produire des innovations complexes qui n'auraient pas vu le jour si elles avaient été développées individuellement [ALM 10]. Pour répondre à de tels besoins stratégiques, les entreprises développent différentes pratiques pouvant prendre plusieurs formes légales telles que la vente directe de licences et de brevets, la création d'entité dépendante (spin-out) ou indépendante (spin-off) ou encore de partenariats au sein de réseaux de coopération. Une revue de la littérature nous fait apparaître au moins 11 types de pratiques (Tableau 1) rattachées à une stratégie d'ouverture [AHN 13] [BIG 16] [COS 11] [JUL 14].

2.3. TIC et innovation

L'innovation doit être réalisée par plusieurs personnes en raison de leurs limitations physiques et cognitives. Ces personnes mobilisent divers outils pour soutenir le processus d'innovation [EWE 09]. À l'aide de ces outils, les utilisateurs doivent partager des idées, des informations, des représentations et des documents avec d'autres personnes travaillant sur l'innovation. Ensemble, ils forment un ensemble sociotechnique composé d'acteurs organisationnels et d'une multitude d'outils hétérogènes. Selon l'étude de Bygstad [BYG 17], les technologies numériques génèrent également des innovations caractérisées par la générativité, ou la capacité globale d'une technologie à produire des changements spontanés conduits par un public vaste, varié et non coordonné.

Les nouvelles technologies numériques ont permis l'accès à l'information surtout concernant les produits [POR 2014]. Ainsi, les produits sont devenus des systèmes complexes dotés de nouvelles fonctionnalités telles que l'intelligence et la connectivité [BAR 2016]. Les technologies numériques permettent des innovations de convergence en rassemblant des expériences utilisateur distinctes auparavant, créer plusieurs nouvelles approches avec des produits et outils intelligents et permettent de réunir des industries auparavant distinctes (Skype, spécialisée dans le développement de logiciels, est maintenant en concurrence directe avec les entreprises de télécommunication traditionnelles) [YOO 12]. Ainsi, l'évolution du numérique et sa démocratisation (Facilité d'accès au

numérique) à travers l'usage de plateformes (réseaux sociaux, plateformes de crowdsourcing, etc.) et les infrastructures telles que le cloud et les serveurs, font que les processus d'innovation soient plus dynamiques, non linéaires et ouverts [BAR 2016].

Selon l'étude réalisée auprès des PME Japonaises [IDO 12], les auteurs ont identifié l'importance des TIC dans l'innovation ouverte et ont montré que la mise en place de confiance mutuelle entre organisations était cruciale ainsi que la possibilité à construire une coopération ouverte. D'autre part les activités d'innovation consistent en une multitude de processus différents qui nécessitent la gestion de données et une fréquence d'enregistrement et de documentation. Leur accès et leur sécurité deviennent essentiels [DEL 17]. Actuellement, les serveurs et Cloud sont les solutions technologiques les plus avancées pour la gestion et l'analyse de données. Selon [LOV 15], il existe une relation positive forte entre exportation et croissance et entre activité d'exportation et innovation. Aussi, les PME européennes qui exportent croissent plus de deux fois plus vite que celles qui n'en exportent pas, tandis que les PME actives à l'étranger ont trois fois plus de chances d'introduire des produits ou des services nouveaux dans leur secteur que celles qui sont entièrement à vocation nationale (Commission européenne, 2010). Partant de ce constat et en fonction des données disponibles (Section 3.3) nous allons analyser les exportations de hautes technologies, exportations de services de TIC et l'importation de biens en TIC.

2. Méthodologie: une étude méta-analytique

2.1. Définition de la méta-analyse

La méta-analyse est une méthode permettant de combiner les résultats de différentes études portant sur un même sujet, afin de formuler des conclusions combinant toutes les variables incluses dans ces études. Cette démarche permet d'obtenir des informations qu'aucune de ces études prises de manière individuelle ne pourrait fournir [LAR 04]. L'approche méta-analytique repose sur cinq étapes principales [GLA 81] [PIL 19]. La première étape consiste à formaliser une question de recherche puis de définir des critères d'inclusion et d'exclusion qui serviront à sélectionner les études à traiter. La seconde étape est la collecte des données. Une recherche exhaustive des études existantes doit être effectuée afin de sélectionner les études selon les critères préalablement établis. La troisième étape consiste à vérifier la qualité des études en contrôlant la rigueur méthodologique et scientifique des études sélectionnées afin d'éviter tout biais venant des études originales. Il est également nécessaire de s'assurer que les études ne sont pas trop différentes pour éviter tout biais de sélection ou qu'elles sont fondées sur les résultats d'une même recherche pour éviter tout biais de surreprésentation. La quatrième étape consiste à combiner les variables des différentes études. Les résultats de chaque étude devant être convertis en une mesure commune, il faut s'assurer que les variables étudiées sont les mêmes dans chaque étude, que la méthode de collecte des données et que les définitions des variables soient également semblables. Enfin, l'éventuel lien entre les variables étudiées est déterminé grâce à une analyse statistique.

2.2. Sélection des données

Dans le cadre de travaux précédents [PIL 19], nous avions identifié quatre études portant sur les pratiques d'innovation ouverte adoptées par les entreprises de quatre pays différents (Tableau 2). Nous nous proposons ici de réutiliser ces données pour notre méta-analyse.

	Van de Vrande et al., 2009	Cosh & Zhang, 2011	Ahn, Minshall, & Mortara, 2015	Bigliardi & Galati, 2016
Pays	Allemagne	Grande Bretagne	Corée	Italie
Taille de l'échantillon	288	923	306	157
Taille des entreprises interrogées	10-99 employées	5-99 employées	3-300 employées	1-250 employées
Secteur interrogé	manufacturing et service	manufacturing et service	manufacturing	manufacturing et service
Année du sondage	2005	2010	2013	2014

Tableau 2. *Synthèse descriptive des quatre études identifiées.*

L'une des études porte sur les PME Allemandes de 10 à 500 salariés [VAN 09] et vise à explorer l'incidence de l'innovation ouverte dans les PME et les tendances en la matière. Elle démontre que les PME s'engagent dans de nombreuses pratiques d'innovation ouverte. Cette démarche est aussi bien adoptée dans les entreprises ayant des activités de R&D formelles que celles qui n'en ont pas, et que la disparité se fait davantage ressentir selon la taille de l'entreprise. Les défis majeurs auxquels doivent faire face les PME ont trait aux questions organisationnelles et culturelles découlant de l'intensification des contacts avec l'extérieur. Cette étude a été réalisée en décembre 2005 par le biais d'entretiens téléphoniques. Les PME de moins de 10 salariés n'ont pas été prises en compte, car en Allemagne, cette classe comprend généralement de nombreuses start-up. L'échantillon de cette étude est segmenté de façon disproportionnée entre deux secteurs (manufacturing et service) et deux classes de taille (10 à 99 employés et 100 à 499 employés). Comme notre étude se focalise sur les PME, nous conserverons uniquement les résultats recueillis pour la classe de 10 à 99 employés, soit une taille d'échantillon de 288 PME.

Une deuxième étude [COS 11] s'est concentrée sur les pratiques d'innovation ouverte des entreprises britanniques du secteur manufacturier et du service de 5 à 999 employés. Elle conclut que l'innovation ouverte est associée pour toutes les entreprises à une meilleure performance en matière de croissance et d'innovation, mais que la manière de la pratiquer diffère selon les entreprises, il n'existe pas une façon unique de faire de l'innovation ouverte. Des différences sont observées en fonction du secteur d'activité, de la taille de l'entreprise et du processus d'innovation ouverte. Les résultats mettent également l'accent sur le rôle joué par les politiques gouvernementales : certains types de politiques de soutien financier fonctionnent mieux pour certains groupes d'entreprises, les décisions politiques doivent donc être prises en considérant les différents types de groupes existants (taille, secteur et processus d'innovation ouverte). Le sondage a été administré par la poste et mis en ligne entre juin et novembre 2010. Les réponses sont regroupées en trois catégories : les entreprises de 5 à 20 salariés, les entreprises de 20 à 99 salariés et enfin celles de plus de 100 salariés. Dans notre étude, nous avons sélectionné deux des trois catégories, représentant 923 PME : les PME de 5 à 20 employés et les PME de 20 à 99 employés.

Une troisième enquête a été réalisée par Bigliardi et Galati [BIG 16] entre juin et septembre 2014 pour identifier les facteurs qui entravent l'adoption de l'innovation ouverte dans les PME. Les résultats de cette étude démontrent que l'adoption de l'innovation ouverte diffère selon des facteurs propres à l'entreprise et à sa relation avec ses partenaires. Pour définir le concept de PME, le questionnaire en ligne a été réalisé auprès de 157 PME italiennes de 12 secteurs qui ont pu être regroupées dans deux secteurs principaux, l'industrie et les services. Pour qualifier une PME d'entreprise, les auteurs ont utilisé la recommandation de la Commission européenne [COM 03] : une

masse salariale inférieure à 250 personnes, un chiffre d'affaires ne dépassant pas 50 millions d'euros ou un bilan ne dépassant pas 43 millions d'euros. Dans le cadre de notre étude, nous avons retenu toutes les données de Bigliardi et Galati.

La dernière étude [AHN 15] se concentre sur les PME coréennes, et démontre qu'il existe une relation positive entre l'adoption de l'innovation ouverte par les PME et leur rendement. Les données ont été collectées par e-mail, à l'aide d'un système d'enquête en ligne et au cours du premier trimestre 2013 pour les entreprises dont la masse salariale est comprise entre 3 et 300 salariés. Dans le cadre de notre étude, nous avons également conservé toutes les données d'Ahn. L'ensemble des données utilisées pour notre analyse est synthétisé dans le tableau 3.

Processus d'innovation ouverte	Pratiques d'innovation ouverte	Pourcentage de PME ayant adopté la pratique			
		Allemagne	Grande Bretagne	Corée	Italie
Outside-in	Licensing-in	25%	35%	31%	29%
	Acquisition de savoir faire	59%	32%	/	39%
	Co-conception	98%	72%	35%	61%
Coupled process	R&D collaborative	95%	35%	54%	15%
	Joint-venture	29%	45%	11%	84%
Inside-out	Open-source	/	30%	13%	13%
	Licensing-out	11%	42%	13%	18%

Tableau 3. Synthèse des données collectées.

Ces études abordent la firme comme une seule unité d'analyse et se concentrent principalement sur le rôle que peuvent jouer les caractéristiques propres à l'entreprise comme la taille ou le secteur d'activité sur l'adoption de l'innovation ouverte. Elles ne couvrent pas toutes les pratiques identifiées dans notre revue de la littérature, mais elles se concentrent sur sept pratiques (licensing-in, R&D collaborative, joint-venture, co-conception, licensing-out, open-sourcing et acquisition de savoir-faire) fréquemment observées avec des effets positifs [MAZ 12]. L'étude exploratoire (Figure 2) réalisée dans nos précédents travaux [PIL 19] montre qu'aucune pratique d'innovation ouverte n'est généralement adoptée et que ces pratiques diffèrent d'un pays à l'autre.

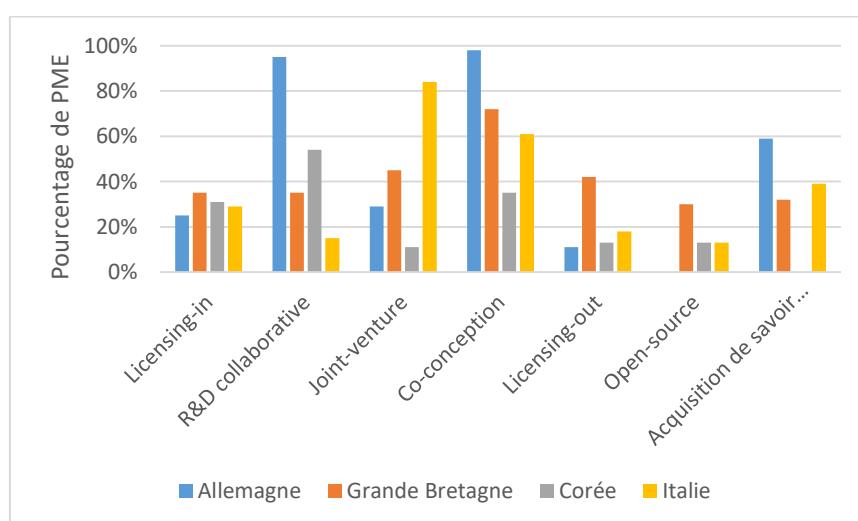


Figure 2. Adoption des pratiques d'innovation ouverte par les PME de quatre différents pays [PIL 19]

3.3. Mesure du niveau de numérisation d'un environnement

Pour déterminer si le niveau de numérisation d'un environnement influence l'adoption des pratiques d'innovation ouverte, la détermination du niveau de numérisation est une étape primordiale. Pour définir le niveau de numérisation, nous nous sommes appuyés sur les données disponibles dans la base de données de la banque mondiale. Il s'agit d'une base de données utilisée pour définir le Global Innovation Index [COR 18] et regroupant une multitude d'indicateurs sur 80 pays. Nous nous sommes également appuyés sur le World Competitiveness Yearbook qui analyse la performance de 63 pays et dont quelques indicateurs relatifs aux TIC sont accessibles. En utilisant les données disponibles auprès de ces deux bases de données, et en prenant soin de collecter les données correspondant à l'année du sondage de chaque pays, nous avons identifié quatre variables explicatives. Le taux d'exportation des biens en TIC et le taux d'importation des biens en TIC permettent de mesurer la disponibilité des ressources de TIC dans l'environnement, le nombre de serveurs de données sécurisés permet d'assurer la protection des données et l'exportation de services de TIC résulte de la capacité de l'environnement à s'approprier les TIC (Tableau 4).

	Allemagne 2005	Grande- Bretagne 2010	Corée 2013	Italie 2014
Exportations de biens en TIC (% du total des exportations de biens)	8%	2%	19%	6%
Nombre serveurs Internet sécurisés	1994	29973	17000	82563
Importations de biens en TIC (% du total des exportations de biens)	12%	5%	10%	9%
Exportations de services de TIC (% du total des exportations de biens)	7%	9%	2%	7%

Tableau 4. Critères retenus pour définir le niveau de numérisation.

Pour éviter un problème de multicolinéarité qui apparaît lorsqu'il existe une colinéarité entre au moins trois variables, nous avons réalisé un test de corrélation entre chaque critère. La distribution de ces variables étant non paramétrique et non-monotone, la corrélation de Kendall a été utilisée. Le tau de Kendall utilise non leur valeur en tant que telle, mais les rangs des observations. C'est sur ces rangs que la corrélation est effectuée. Un problème de multicolinéarité est détecté si le coefficient est supérieur à 0,7 ou inférieur à -0,7. La réalisation d'un test de corrélation entre les variables explicatives (Tableau 5), démontre qu'il n'existe pas de problème de multicolinéarité majeur, mais que l'importation de biens en TIC semble légèrement corrélée à l'exportation de biens en TIC et au nombre de serveurs internet sécurisé.

	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Exportations de biens en TIC	1.00			
(2) Nombre serveurs Internet sécurisés	-0.33	1.00		
(3) Importations de biens en TIC	0.67	-0.67	1.00	
(4) Exportations de services de TIC	-0.67	0.00	-0.33	1.00

Tableau 5. Matrice de corrélation des variables indépendantes

4. Résultats

Pour appréhender le lien entre les pratiques d'innovation ouverte et la diffusion des TIC dans un environnement, nous avons utilisé la régression des moindres carrés partiels. Il s'agit d'une méthode de régression permettant d'expliquer des variables quantitatives dépendantes par des variables quantitatives indépendantes. Cette méthode est souvent utilisée lorsqu'on a plus de variables que d'individus et présente l'avantage de bien s'accommoder de la présence de données manquantes et en présence de multicolinéarité. Elle combine des fonctions d'analyse des composants principaux et la régression multiple pour représenter les relations entre variables explicatives, entre variables dépendantes et entre variables dépendantes et explicatives. Ces corrélations sont observables sur un graphique des corrélations (Figure 3).

Les variables exportation de biens en TIC et importation de biens en TIC sont proches, il existe donc une corrélation positive entre ces deux variables, ce qui confirme les résultats de la matrice de corrélation (Tableau 5). Les variables joint-venture et R&D collaborative sont diamétralement opposées, ces deux pratiques sont donc négativement corrélées : plus la R&D collaborative est adoptée par les PME d'un territoire, moins la pratique de joint-venture est développée. L'acquisition de savoir-faire semble être positivement corrélée à l'importation de biens en TIC. Les PME achètent donc plus de services R&D dans les environnements où l'importation de biens en TIC est forte. De même, la joint-venture est positivement corrélée au nombre de serveurs internet sécurisés, démontrant que cette pratique est davantage développée dans les environnements où les données sont sécurisées. La R&D collaborative est opposée au nombre de serveurs internet sécurisés, ces deux variables sont donc négativement corrélées. Les PME semblent donc collaborer davantage avec des entités externes dans les environnements où la sécurité des moyens numériques est faible. L'open-source semble quant à elle être positivement corrélée à l'exportation de services de TIC. Cette pratique d'innovation ouverte est donc liée à des environnements où l'exportation des services de TIC occupe une place relativement importante. Le licensing-out semble être positivement corrélé à l'exportation de services de TIC et négativement corrélé à l'importation de biens en TIC. Ainsi, les PME semblent octroyer des droits de propriété intellectuelle dans les environnements où les services de TIC sont plus importants, cependant cette pratique est peu développée dans les environnements à forte importation de biens en TIC.

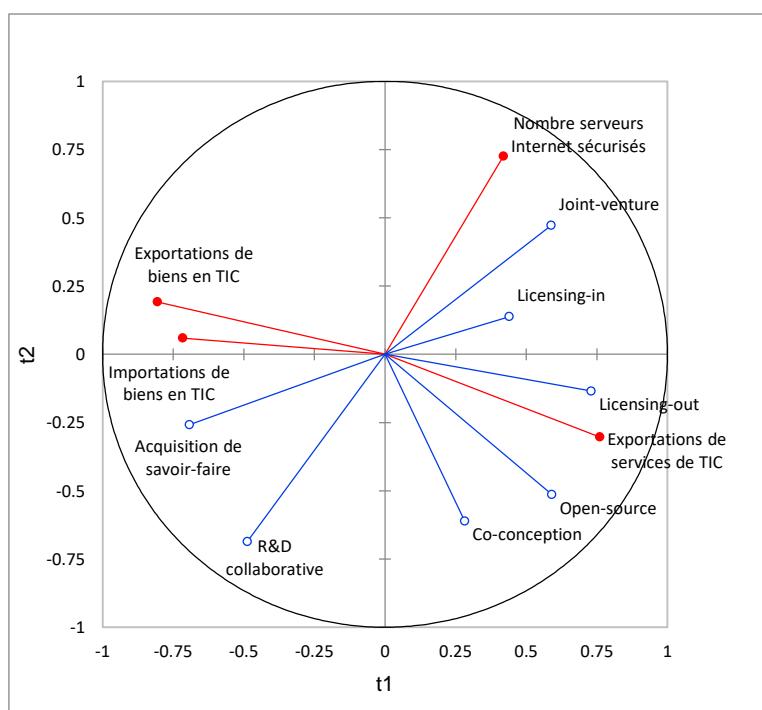


Figure 3. Graphique des corrélations issus de la régression PLS.

Enfin, la co-conception et le licensing-in sont indépendants des quatre variables explicatives. L'adoption par les PME de ces pratiques d'innovation ouverte est donc indépendante de l'environnement dans lequel ces entreprises évoluent. Notons que les pratiques d'inside-out (open-source et licensing-out) sont toutes deux positivement corrélées à l'exportation de services de TIC. Les PME semblent donc plus à même de diffuser leurs connaissances dans les environnements exportateurs de services de TIC.

5. Conclusion

Differentes études se sont intéressées aux déterminants et aux processus d'innovation ouverte dans les PME. La plupart d'entre elles abordent la firme en tant qu'unité d'analyse et démontrent qu'une multitude de facteurs affectaient l'adoption de l'innovation ouverte dans une PME. Dans le cadre de cet article, nous cherchons à comprendre si la diffusion des technologies de l'information et de la communication (TIC) au sein d'un environnement impacte l'adoption de l'innovation ouverte par les PME. Sur la base de quatre études précédentes, nous avons examiné la corrélation entre les pratiques d'innovation ouverte développées par les PME et la diffusion des technologies de l'information et de la communication au sein de l'Allemagne, Italie, Corée et Grande-Bretagne. Notre analyse met en évidence que les pratiques d'innovation ne sont pas adoptées de manière similaire dans chacun des environnements. Cette diversité résulte certes de caractéristiques propres à l'entreprise telles que sa taille, son secteur d'activité, sa stratégie... mais elle résulte également de l'aspect culturel de l'environnement dans lequel évolue les PME. En effet, un territoire où les PME adoptent une démarche d'Inside-out (par l'open-source ou le licensing-in), est plus à même d'exporter des services de TIC. À contrario, les territoires importateurs de biens et services de TIC disposent davantage de PME développant l'acquisition de savoir-faire. Quant à la joint-venture et la R&D collaborative, la mise en place de ces démarches semble relative à la sécurité des données. Plus un territoire dispose de serveurs sécurisés, plus la joint-venture est déployée, et moins la R&D collaborative est mise en place. Certaines pratiques d'innovation ouverte, voir même l'entièreté du processus d'inside-out, sont donc corrélés à la place occupée par les TIC dans un territoire.

Les recherches actuelles sur l'innovation ouverte abordent la firme en tant qu'unité d'analyse, bien qu'il soit de plus en plus reconnu que pour obtenir une compréhension plus détaillée des antécédents et des processus d'innovation ouverte, d'autres niveaux d'analyse doivent également être pris en considération [BOG 14] [BOG 17]. D'un point de théorique, cette étude démontre que l'effet contextuel seul ne suffit pas à expliquer la diversité d'adoption des processus d'innovation ouverte et confirme la nécessité de recourir à différents niveaux d'analyse pour contribuer à une meilleure compréhension de l'adoption l'innovation ouverte par les PME.

D'un point de vue managérial, cette étude souligne l'importance du rôle joué par l'environnement dans lequel évolue les PME. L'importance pour les politiques territoriales de prendre en compte les démarches d'innovation ouverte adoptées par leurs PME est également soulignée, notamment pour la diffusion des technologies de l'information et de la communication sur un territoire.

Enfin, aucune étude n'est sans limites, et la nôtre en comporte quelques-unes qui pourront être abordées dans de futurs travaux. En effet, cette étude ne porte que sur des pays développés. Elle pourrait être complétée par des études dans les pays émergents pour avoir un contexte plus diversifié. Les recherches à venir pourront également se concentrer sur l'élaboration plus formelle d'un système d'évaluation d'implantations du numérique dans un environnement.

Bibliographies

- AHN, J. M., MINSHALL, T., MORTARA, L., « Open innovation: a new classification and its impact on firm performance in innovative SMEs » *Journal of Innovation Management*, 2, 33-54, 2015.
- AHN, J. M., MORTARA, L., MINSHALL, T., « The effects of open innovation on firm performance: a capacity approach », *Science, Technology and Innovation Policy Review*, 4, 74-93, 2013.
- ALMIRALL, E., CASADESUS-MASANEL, R., « Open versus closed innovation: A model of discovery and divergence », *Academy of management review*, 35(1), 27-47, 2010.
- AYERBE, C. « Quelle organisation pour l'open innovation », 2015.
- BANKER, R., BARDHAN, I., ASDEMIR, O., « Understanding the Impact of Collaboration Software on Product Design and Development », *Information Systems Research*, 17(4), 352-373, 2006.
- BARLATIER, P. J., « Management de l'innovation et nouvelle ère numérique-enjeux et perspectives », *Revue française de gestion*, 42(254), 55-63, 2016.
- BIGLIARDI, B., GALATI, F., « Which factors hinder the adoption of open innovation in SMEs? » *Technology Analysis & Strategic Management*, 7325(August), 1-17, 2016.
- BOGERS, M., WEST, J., « Managing distributed innovation: Strategic utilization of open and user innovation », *Creativity and Innovation Management*, 21(1), 61-75, 2012.
- BOGERS, M., & WEST, J., « Innovation creation and commercialization beyond the firm : A multi-level framework », *DRUID Society Conference 2014*, 1-31, 2014.
- BOGERS, M., ZOBEL, A., AFUAH, A., ALMIRALL, E., DAHLANDER, L., FREDERIKSEN, L., ... THE, W., « The open innovation research landscape : established perspectives and emerging themes across different levels of analysis », *Industry and Innovation*, 2716(1), 1-33, 2017.
- BURCHARTH, A. L., KNUDSEN, P. M., SØNDERGAARD, H. A., « Neither invented nor shared here: The impact and management of attitudes for the adoption of open innovation practices », *Technovation*, 34(3), 149-161, 2014.
- BYGSTAD, B., « Generative innovation: a comparison of lightweight and heavyweight IT. Journal of Information Technology », 32(2), 180-193, 2017.
- CASSIER, M., FORAY, D., « Économie de la connaissance : le rôle des consortiums de haute technologie dans la production d'un bien public », *Économie et Prévision*, 4(5), 107-122, 2001.
- CASSIMAN, B., VALENTINI, G., « Open innovations: are inbound and outbound knowledge flows really complementary? » *Strategic Management Journal*, 37(6), 1034-1046, 2016.
- CHESBROUGH, H., *Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business School Press, Brighton 2003.
- CHESBROUGH, H., « Open innovation: Renewing growth from industrial R&D », *10th Annual Innovation Convergences*, Minneapolis, 2004.
- CHESBROUGH, H., « The era of open innovation », *Managing innovation and change*, 127(3), 34-41, 2006.
- CHESBROUGH, H., CROWTHER, A., « Beyond high-tech: early adopters of Open Innovation in other industries », *R&D Management*, 36(3), 229–236, 2006.
- CHIARONI, D., CHIESA, V., FRATTINI, F., « Unravelling the process from Closed to Open Innovation: Evidence from mature, asset-intensive industries ». *R&D Management*, 40(3), 222-245, 2010.
- CHIARONI, D., CHIESA, V., FRATTINI, F., « The Open Innovation Journey: How firms dynamically implement the emerging innovation management paradigm », *Technovation*, 31(1), 34-43, 2011.
- COMMISION EUROPEENNE, « Recommandation de la commission du 6 mai 2003 concernant la définition des micro, petites et moyennes entreprises », *Journal officiel de l'Union européenne*, 36-41, 2003.
- INSEAD, WIPO. « *The global innovation index 2018: Energizing the World with Innovation* ». Cornell University, Ithaca, 2018.
- COSH, A., ZHANG, J. J., « Open Innovation Choices - What is British Enterprise doing ? », 1-57, 2011.

- DE LA ROSA, J. L., TORRES-PADROSA, V., EL-FAKDI, A., GIBOVIC, D., HORNYAK, O., MAICHER, L., & MIRALLES, F. « A survey of blockchain technologies for open innovation», *In Proceedings of the 4th Annual World Open Innovation Conference* pp. 14-15, 2017.
- DELOUR, F., LE GALL, S., LETHIAIS, V., « Le numérique transforme-t-il le lien entre territoire et innovation ? Une étude empirique sur les PME ». *Revue d'économie industrielle*, 4, 23-55, 2016.
- DELOUR, F., LETHIAIS, V., « L'innovation en PME et son accompagnement par les TIC: quels effets sur la performance? » *Systèmes d'information management*, 19(2), 45-73, 2014.
- DONG, A., POURMOHAMADI, M., « Knowledge matching in the technology outsourcing context of online innovation intermediaries », *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(6), 655-668, 2014.
- ENKEL, E., GASSMANN, O. « Creative imitation: exploring the case of cross-industry innovation ». *R&D Management*, 40(3), 256-270, 2010.
- ENKEL, E., GASSMANN, O., CHESBROUGH, H., « Open R&D and open innovation: exploring the phenomena ». *R&D Management*, 39(4), 311-316, 2009.
- EWENSTEIN, B., & WHYTE, J. « Knowledge practices in design: the role of visual representations as epistemic objects ». *Organization studies*, 30(1), 07-30, 2009.
- GASSMANN, O., « Opening Up the Innovation Process : Towards an Agenda ». *R&D Management&d Management*, 36(3), 223-228, 2006.
- GASSMANN, O., ENKEL, E, « Towards a theory of open innovation: three core process archetypes », *R&D Management Conference*, Lisbonne, 2004.
- GLASS, G., SMITH, M. L., MCGAW, B., *Meta-analysis in social research*. Sage Publications, Incorporated, 1981.
- HARLAND, P., NIENABER, A.-M., « Solving the matchmaking dilemma between companies and external idea contributors », *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(6), 639-653, 2014.
- HOLZMANN, T., SAILER, K., GALBRAITH, B., KATZY, B. « Matchmaking for open innovation--theoretical perspectives based on interaction, rather than transaction », *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(6), 595-599, 2014.
- HOWE, J., « The rise of crowdsourcing », *Wired magazine*, 14(6), 1-4, 2006.
- HUIZINGH, E. K. R., « Open innovation: State of the art and future perspectives », *Technovation*, 31(1), 2-9, 2011.
- IDOTA, H., BUNNO, T., & TSUJI, M. « Open innovation strategy of Japanese SMEs: From viewpoint of ICT use and innovative technology», *23rd European Regional ITS Conference*, Vienna, 2012.
- JULLIEN, N., PENIN, J., *Innovation ouverte : vers la génération 2.0* Vuibert, 2014.
- KIM, S., AHN, D., SONG, J., LEE, J., BAE, Y., JUN, J., « Building Open Innovation System: Theory, Practice and Policy Implication », *STEPI*, Seoul, 2008.
- KIRSCHBAUM, R., « Open innovation in practice », *Research Technology Management*, 48(4), 24-28, 2005.
- KMIECIAK, R., MICHNA, A., MECZYNSSKA, A., « Innovativeness, Empowerment and IT Capability: Evidence from SMEs », *Industrial Management & Data Systems*, 112(5), 707-728, 2012.
- LANDRY, R., AMARA, N., LAMARI, M., « Does social capital determine innovation? To what extent? », *Technological Forecasting and Social Change*, 69(7), 681-701, 2002.
- LANZOLLA, G., SUAREZ, F., « Closing the technology adoption–use divide: The role of contiguous user bandwagon », *Journal of Management*, 38(3), 836-859, 2012.
- LAROCHE, P., SCHMIDT, G. « La mété-analyse en sciences de gestion : utilisations et débats » *Crossing frontiers in quantitative and qualitative research methods*, 2004
- LEE, S., PARK, G., YOON, B., PARK, J., « »open innovation in SMEs-An intermediated network model », *Research Policy*, 39(2), 290-300, 2010.
- LERNER, J., TIROLE, J., « The economics of technology sharing: Open source and beyond » *The Journal of Economic Perspectives*, 19(2), 99-120, 2005.
- LICHTENTHALER, U., ERNST, H., « External technology commercialization in large firms: results of a quantitative benchmarking study », *R&D Management*, 37(5), 383-397, 2007.

- LICHTENTHALER, U., ERNST, H., « Opening up the innovation process: the role of technology aggressiveness » *R&D Management*, 39(1), 38-54, 2009.
- LICHTENTHALER, U., FRISHAMMAR, J., « The impact of aligning product development and technology licensing: A contingency perspective », *Journal of Product Innovation Management-Bognor Regis*, 28, 89, 2011.
- LOILIER, T., & TELLIER, A., « Comment peut-on se faire confiance sans se voir? Le cas du développement des logiciels libres », *Management*, 7(3), 275-306, 2004.
- LOILIER, T., TELLIER, A., « Que faire du modèle de l'innovation ouverte? », *Revue française de gestion*, 210(1), 69-85, 2011.
- LOILIER, T., TELLIER, A., *Gestion de l'innovation*, Edition EMS, 2013.
- LOVE, J. H., & ROPER, S., « SME innovation, exporting and growth: A review of existing evidence », *International small business journal*, 33(1), 28-48. 2015.
- MAZZOLA, E., BRUCCOLERI, M., PERRONE, G., « The effect of inbound, outbound and coupled innovation on performance », *International Journal of Innovation Management*, 16(06), 1240008.01-1240008.27, 2012.
- MONTELISCIANI, G., GABELLONI, D., TAZZINI, G., FANTONI, G., « Skills and wills: the keys to identify the right team in collaborative innovation platforms », *Technology Analysis & Strategic Management*, 26(6), 687-702, 2014.
- PAVLOU, P., EL SAWY, O., « From IT leveraging competence to competitive advantage in turbulent environments: The case of new product development », *Information Systems Research*, 17(3), 198-227, 2006.
- PÉNIN, J. « Are you open? An investigation of the concept of openness for knowledge and innovation ». *Revue économique*, 64(1), 133-148, 2013.
- PENIN, J., BURGER-HELMCHEN, T., « Crowdsourcing d'activités inventives et frontières des organisations », *Management international*, 16, 101-112, 2012.
- PILLON, E., LOILIER, T. « Exploring SMEs' open innovation practices diversity in different countries », *R&D Management Conference*. Paris, 2019.
- PORTER, M. E., HEPPELMANN, J. E., « How smart, connected products are transforming competition » Harvard business review, Brighton, 92(11), 64-88, 2014.
- SCHENK, E., GUILTARD, C. « Crowdsourcing et développement d'un écosystème d'affaires: une étude de cas », *Innovations*, 1(49), 39-54, 2016.
- TENNENHOUSE, D., « Intel's open collaborative model of industry-university research », *Research-Technology Management*, 47(4), 19-26, 2004.
- UN, C. A., CUERVO-CAZURRA, A., ASAOKAWA, K., « R&D collaborations and product innovation », *Journal of Product Innovation Management*, 27(5), 673-689, 2010.
- VAN DE VRANDE, V., DE JONG, J. P. J., VANHAVERBEKE, W., DE ROCHEMONT, M., « Open innovation in SMEs: Trends, motives and management challenges », *Technovation*, 29(6-7), 423-437, 2009.
- VON HIPPEL, E., « Lead users: a source of novel product concepts », *Management science*, 32(7), 791-805, 1986.
- WAITES, R., DIES, G., « Corporate research and venture capital can learn from each other », *Research-Technology Management*, 49(2), 20-24, 2006.
- WEST, J., BOGERS, M., « Leveraging external sources of innovation: a review of research on open innovation » *Journal of Product Innovation Management*, 31(4), 814-831, 2014.
- WEST, J., GALLAGHER, S. « Challenges of open innovation: the paradox of firm investment in open-source software », *R&D Management*, 36(3), 319-331, 2006.
- WYNARCZYK, P., PIPEROPOULOS, P., MCADAM, M., « Open innovation in small and medium-sized enterprises: An overview », *International Small Business Journal*, 31(3), 240-255, 2013.
- YOO, Y., BOLAND JR, R. J., LYYTINEN, K., MAJCHRZAK, A., « Organizing for innovation in the digitized world ». *Organization science*, 23(5), 1398-1408, 2012.