

2018

Identification de configurations par la méthode Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis : illustration par la contribution de la technologie PLM au respect du temps de développement

Valéry Merminod

Université Grenoble Alpes IAE CERAG, valery.merminod@iae-grenoble.fr

Frantz Rowe

Université de Nantes IAE LEMNA, frantz.rowe@univ-nantes.fr

Follow this and additional works at: <https://aisel.aisnet.org/sim>

Recommended Citation

Merminod, Valéry and Rowe, Frantz (2018) "Identification de configurations par la méthode Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis : illustration par la contribution de la technologie PLM au respect du temps de développement," *Systèmes d'Information et Management*: Vol. 23 : Iss. 3 , Article 3.

Available at: <https://aisel.aisnet.org/sim/vol23/iss3/3>

This material is brought to you by the AIS Affiliated and Chapter Journals at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in *Systèmes d'Information et Management* by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Identification de configurations par la méthode Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis : Illustration par la contribution de la technologie PLM au respect du temps de développement

Valéry MERMINOD* & Frantz ROWE**

*Université Grenoble Alpes IAE, CERAG

**Université de Nantes IAE, LEMNA et SKEMA Business School

RÉSUMÉ

Inventée par le sociologue Charles Ragin dans les années 80 pour identifier les configurations expliquant un phénomène, la méthode Qualitative Comparative Analysis (QCA) est utilisée en sciences de gestion depuis le milieu des années 2000. La recherche en management des systèmes d'information semble faire exception, avec quelques rares articles parus récemment. Pourtant, cette méthode fondée sur la comparaison de cas présente plusieurs atouts pour explorer les phénomènes dans le champ des systèmes d'information tels que l'équifinalité (existence de plusieurs combinaisons causales pouvant expliquer le même résultat), la complexité causale (un résultat étant issu de combinaisons causales et rarement d'une seule cause), la sensibilité aux cas déviants et l'attention aux limites de l'observation. L'ambition de cet article est de présenter cette méthode pour les recherches en Management des SI ainsi que ses avantages et ses limites, à travers notamment une illustration. Celle-ci utilise la variante fuzzy set QCA (Fs QCA) fondée sur les ensembles flous et porte sur les conditions d'utilisation de la technologie Product Lifecycle Management (PLM) contribuant au respect du temps de développement dans les projets de co-développement de nouveaux produits. Fuzzy set QCA permet d'identifier les configurations de conditions nécessaires et suffisantes pour un résultat. Dans l'illustration, nous avons ainsi identifié cinq configurations possibles pour un bon respect du temps de développement. En particulier, nous avons mis en évidence une configuration où l'usage des trois sous-systèmes de la technologie PLM est suffisante pour un bon respect du temps de développement. La méthode fuzzy set QCA permet d'analyser la complexité causale et notamment l'équifinalité des configurations aussi bien pour un résultat positif que pour une résultat négatif et ainsi de traiter les problèmes de causalité dite asymétrique dans l'allocation des ressources.

Mots-clés : *Qualitative Comparative Analysis (QCA), équifinalité, diversité limitée, configurations, technologie PLM.*

ABSTRACT

Invented by the sociologist Charles Ragin in the 80 to identify the configurations explaining a phenomenon, the Qualitative Comparative Analysis (QCA) method has been used in management sciences since mid of years 2000s. Research in management information systems seems to be an exception, with rare papers that appeared recently. However, this method offers several advantages to explore aspects, like equifinality, causal complexity, sensitivity to outliers and attention to the limited diversity of observed configurations. The aim of this paper is to present the features, benefits and limitations of this method for research in IS and an illustration of fuzzy-set QCA, one of the two main versions of QCA. This variant of the method is applied to the issue of the contribution of Product Lifecycle Management (PLM) to respect the planned development time in the co-development of new products. QCA method identifies necessary and sufficient conditions for a result. In the illustration, we identified five possible configurations for a good respect of development time. In particular, we have highlighted a configuration where the use of the three PLM sub-systems is sufficient for a good respect of development time. QCA method is used to address the causal complexity notably through equifinality and the management of asymmetric configurations for a positive and negative result.

Keywords: *Qualitative Comparative Analysis (QCA), equifinality, limited diversity, configurations, PLM technology.*

INTRODUCTION

Les recherches basées sur des études de cas étudient des phénomènes à partir d'un nombre limité de cas. Ce faisant elles permettent souvent de comprendre le phénomène dans la richesse de son contexte mais peuvent se révéler plus limitées pour expliquer un résultat (Ragin, 2000, p.30). L'étude de cas sert généralement à comprendre comment un phénomène est arrivé dans un certain contexte et fait entrevoir la complexité des relations qui se nouent entre de très nombreuses caractéristiques pour produire un résultat (Campbell, 1975; Mintzberg, 1979; Ghauri, 2004). Cependant, l'étude de cas ne permet souvent pas d'explorer l'ensemble des configurations, c'est-à-dire l'ensemble des relations possibles entre toutes les modalités que peuvent prendre les variables ou caractéristiques concernées (De Meur & Rihoux, 2007).

Dans les approches qualitatives, les études de cas multiples sont mobilisées pour comparer des configurations (Eisenhardt, 1989). Dans cette optique comparative et depuis le milieu des années 80, une méthode appelée Qualitative Comparative Analysis (QCA) permet d'extraire les configurations observées à partir d'un terrain potentiellement riche et d'un nombre de cas important (Rivard & Lapointe, 2012). En accordant une attention toute particulière à la diversité limitée des observations, QCA permet bien de distinguer ce que la théorisation doit au raisonnement fondé sur l'observation et ce qu'elle doit à ce qui n'est pas fondée sur celle-ci. Dans son principe, la méthode QCA vise à mettre en évidence les configurations, c'est-à-dire les combinaisons de modalités de variables – i.e., les attributs ou intervalles de valeurs que ces variables doivent conjointement prendre – pour obtenir un certain résultat (Fichman, 2004; El Sawy *et al.*, 2010;

Rivard & Lapointe, 2012). Cette méthode est particulièrement adéquate pour analyser les configurations qui peuvent produire le même résultat, situation qualifiée d'équifinalité (Doty *et al.*, 1993). Or, si les systèmes d'information sont bien des systèmes de composants en interaction, et s'ils relèvent bien des sciences de gestion qui ont été marquées par la réfutation du « One best way », une approche de résolution d'un problème en termes de configurations équifinales paraît tout indiquée. L'ambition de cet article est de présenter les caractéristiques, les avantages et limites de cette méthode pour les recherches en Management des Systèmes d'Information (SI) afin de favoriser son usage à bon escient.

Plusieurs articles mobilisant la méthode QCA ont été publiés en management et plus précisément en théorie des organisations et en stratégie (Chanson *et al.*, 2005; Greckhamer *et al.*, 2008; Fiss, 2011). En revanche, en management des SI peu d'articles ont mis en valeur la méthode QCA. Ainsi, Fichman (2004) a identifié certaines conditions pour mobiliser rigoureusement la méthodologie QCA, tandis que El Sawy *et al.* (2010) ont réinterprété les résultats statistiques de leurs recherches antérieures à partir de la méthode QCA. Rivard et Lapointe (2012) ont mobilisé la méthode QCA pour analyser les réponses de l'organisation à la résistance à l'usage de TIC. C'est à ce jour la seule publication qui utilise pleinement QCA dans sa version d'origine qui procède d'une dichotomisation de toutes les variables du modèle considéré. Cependant, ces articles n'ont pas pour principal objet de présenter et expliciter cette méthode relativement récente.

Avant tout, notre article vise d'une part à susciter l'intérêt de la méthode QCA dans la communauté des systèmes d'information et d'autre part à présenter l'une des premières applications de la variante Fuzzy set de QCA

fondée sur les ensembles flous dans laquelle les variables ne sont pas dichotomisées. Au-delà de l'exposition de ses avantages cette application permet de discuter les difficultés de mise en œuvre de la méthode. Nous ne prétendons pas avancer ici une contribution méthodologique. Nous n'allons pas au-delà des ouvrages de Ragin (Ragin, 2000 ; Ragin et Fiss, 2008 ; Rihoux et Ragin, 2009) et de Schneider et Wageman (2012) qui sont les références sur QCA et auxquels nous renvoyons le lecteur intéressé pour une maîtrise plus complète des possibilités ouvertes par la méthode et ses variantes. En guise d'illustration, nous utilisons ici QCA pour l'appliquer à la question de la contribution de la technologie Product Lifecycle Management (PLM) au respect du temps de développement des nouveaux produits. Cette illustration constitue une seconde contribution à la littérature en SI et à celle portant sur l'innovation produit. En effet, ces deux spécialités ont mis en évidence la capacité de certains systèmes à améliorer la performance du développement (Pavlou & El Sawy, 2011). Cependant ces analyses n'ont pas mis en valeur les configurations d'usage du système permettant de répondre à l'enjeu du respect des échéances qui sont pourtant généralement dépassées dans le développement de nouveaux produits (Garel, 1999; Butler & Gray, 2006). En particulier ces configurations n'ont pas caractérisé le contexte humain du projet de co-développement qu'il s'agisse du niveau d'expérience de l'équipe projet, du type de responsabilité des fournisseurs ou encore de la participation des acteurs frontières qui n'ont pas été pris en compte.

Dans une première partie nous développerons les atouts de la méthode QCA et en particulier de sa variante Fuzzy set avant d'en décliner les principales étapes. Puis nous la mettons en œuvre dans une seconde partie intégrant notre illustration. Nous mettrons alors en évidence tant des

configurations équitales aboutissant à un respect des temps de développement prévus que des configurations qui ne les respectent pas. Nous terminons par une discussion sur les avantages et limites de la méthode QCA.

1. QCA : PRINCIPE ET ATOUTS, VARIANTES ET FONCTIONNEMENT

Nous commençons par positionner la méthode QCA avec ses deux principales variantes avant de présenter le fonctionnement de Fuzzy Set QCA.

1.1. Principe, atouts et variantes de la méthode

La méthode comparative consiste à étudier de manière systématique les similitudes et les différences entre plusieurs cas afin d'expliquer un phénomène. Cette tradition remonte notamment à John Stuart Mill, économiste et philosophe du XIX^{ème} siècle. Dans cette lignée, la méthode QCA a été développée par Charles Ragin (1987) et déployée largement dans le domaine des sciences politiques et de la sociologie (Rihoux & Ragin, 2009) et plus timidement en sciences de gestion (Fiss, 2007). QCA analyse les relations entre variables non pas en termes de causalité directes mais à partir de conditions de nécessité et de suffisance. Les notions de condition nécessaire et suffisante constituent le principe au cœur de la méthode QCA. Une condition nécessaire correspond à la situation où quand un résultat est donné, la condition, c'est-à-dire une modalité prise par une variable, est présente. Une condition suffisante correspond à la situation où lorsqu'une condition – qui peut être multiple – est observée, le résultat est également observé. Une condition suffisante est une

situation où le résultat sera toujours obtenu si les attributs en question sont présents. Ainsi en appliquant QCA, on peut identifier des conjonctures causales déterministes et les trier de façon à trouver des conditions suffisantes (généralement complexes, i.e. combinant plusieurs conditions) et nécessaires (généralement simples) permettant d'expliquer un résultat. QCA peut être qualifiée d'approche intégrative dans la mesure où cette méthode examine comment les différentes parties d'un cas s'assemblent ensemble (Ragin, 2000).

Dans un premier temps nous distinguerons quatre atouts importants de QCA avant de les commenter:

1. L'équifinalité. QCA est une méthode appropriée pour analyser des combinaisons de valeurs ou modalités de conditions produisant un même résultat, ce que les méthodes classiques de régression prennent plus difficilement en considération (Drazin & Van de Ven, 1985).
2. Les effets combinés des conditions ou complexité causale. Aucune cause n'est à elle seule suffisante pour obtenir un résultat. Un résultat doit être appréhendé comme lié à une combinaison de causes.
3. La sensibilité aux valeurs atypiques. Alors que les techniques statistiques se concentrent sur une explication générale supportée par la majorité des cas, QCA force le chercheur à traiter les cas déviants non pas comme une exception à une théorie mais comme un phénomène insoupçonné pour lequel une explication doit être donnée.
4. La transparence par rapport à la diversité limitée. Dans la plupart des recherches en Management des SI, toutes les configurations possibles ne sont pas exhaustivement observables.

1.1.1. Equifinalité

Avec la méthodologie QCA, le chercheur n'établit pas de corrélation entre les variables mais repère, à travers les cas, des configurations qui sont différentes mais qui peuvent être équifinales, c'est-à-dire qui produisent le même résultat (Ragin, 2000). Dans cette logique « explicative », les conditions formant chaque configuration sont associées au résultat, afin de comprendre quelles configurations produisent un résultat positif et lesquelles produisent un résultat négatif ou absent (Rihoux & Ragin, 2009). Avec la méthode QCA, il est possible d'identifier plusieurs configurations qui permettent d'atteindre le même résultat.

1.1.2. Complexité causale

La mise en œuvre de QCA suppose que le chercheur se donne un modèle conceptuel du problème à traiter. QCA va traiter systématiquement l'ensemble des relations possibles qui découle de ce choix raisonné et limité. Une approche par corrélation peut répondre avec précision aux questions liées à l'effet net moyen d'une variable sur un résultat mais cette approche est moins adaptée pour répondre à quelles conditions spécifiques une variable influence un résultat (Fiss, 2007). Autrement dit, avec QCA la complexité est prise en compte par le traitement systématique des relations entre les conditions. Cependant, il est important de réaliser que, pour des raisons liées à la capacité limitée de traitement par QCA, le modèle ne peut intégrer un trop grand nombre de variables et doit impérativement être sélectif ; il ne peut intégrer toute la complexité d'un phénomène. Mais avec la méthode QCA cette limitation servant la restriction du nombre de conditions ou variables envisagées devient alors une force puisqu'on va pouvoir prendre en compte l'effet de chaque configuration possible à

partir du modèle. C'est ce que l'on entend lorsque l'on exprime l'idée que QCA traite la complexité causale du modèle conceptuel.

1.1.3. Prise en compte des cas déviants ou atypiques

Selon Ragin (2000), il existe deux grandes traditions de recherche en sciences sociales. La première donne lieu à des recherches quantitatives et repose sur une forte abstraction. Elle traite essentiellement des relations théoriques entre variables et tend, d'après Ragin, à s'éloigner des réalités complexes du terrain en écartant, par exemple, les cas déviants ou aberrants. La seconde tradition est d'inspiration qualitative. Elle permet d'appréhender la complexité et les spécificités historiques de chaque terrain, y compris des cas déviants. Elle tend à privilégier une approche holiste dans laquelle les relations entre variables ne sont pas toujours compréhensibles hors du contexte de l'étude. Alors que la plupart des techniques statistiques se focalisent sur l'explication principale supportée par une majorité de cas, QCA force les chercheurs à traiter de cas potentiellement déviants non comme des exceptions à une théorie mais comme un phénomène non anticipé auquel une explication doit pouvoir être fournie (Ragin, 2000; Rihoux & Ragin, 2009). De ce point de vue on peut dire que QCA préserve l'intégrité de chaque cas.

1.1.4. Attention à la diversité limitée des observations

Dans la plupart des recherches en SI, toutes les configurations possibles ne sont pas observables. Il est ainsi souvent difficile d'envisager des échantillons exhaustifs dans les recherches en sciences de gestion (Chanson *et al.*, 2005). La diversité limitée correspond donc à un échantillon limité de données observables et met en relief

et mesure le nombre de combinaisons de modalités observées en comparaison à toutes les possibilités (Ragin, 2000). Cette diversité limitée peut constituer un obstacle à la généralisation, même théorique, des résultats d'une recherche qualitative (Lee & Baskerville, 2003). Un des avantages de QCA est de permettre de prendre en compte cette diversité limitée, notamment à travers le processus de réduction booléenne qui est décrite en détail ci-après.

Pour pouvoir gérer cette diversité limitée tout en permettant de dégager des configurations de conditions parcimonieuses, la démarche QCA repose sur des allers retours constants entre les variables et les faits qui viennent de la comparaison des cas grâce à l'établissement de relations entre les variables et les phénomènes observés. Cette méthodologie s'appuie sur une approche récursive. La littérature fait évoluer les études de cas et les études de cas orientent la revue de littérature et ce tout au long du processus de recherche.

1.1.5. Variantes : crisp QCA et fuzzy-set QCA

Deux principales variantes de la méthode QCA ont été développées : Crisp et fuzzy set QCA. L'approche crisp set nécessite de disposer de variables dont les valeurs ou modalités peuvent être clairement dichotomisées (Rihoux & Ragin, 2009). En revanche, l'approche fuzzy set, inspirée de la théorie des ensembles flous, permet de coder des variables sur un intervalle continu compris entre 0 et 1, tout en conservant les deux états qualitatifs de membre à part entière (1) et non-membre à part entière (0) (Ragin, 2000). Il vaut mieux retenir l'approche fuzzy set lorsque certaines variables du modèle conceptuel ne se prêtent pas facilement à une dichotomisation. Ainsi, l'usage de TIC ne se réduit souvent pas à une dichotomie

entre une absence d'usage et un usage intensif.

QCA s'appuie sur l'algèbre booléenne pour faciliter la comparaison d'un échantillon de cas, avec un nombre limité de variables (3 à 10). Il s'agit de lister toutes les combinaisons possibles de valeur des variables et d'associer à chacune de ces combinaisons des cas observés. QCA permet d'optimiser le niveau de parcimonie de l'analyse en réduisant les combinaisons de conditions grâce à la réduction permise par l'algèbre booléenne pour obtenir un résultat d'analyse plus compréhensible et explicite. A défaut d'observations suffisantes, c'est-à-dire dans le cas d'une diversité trop limitée, elle force également à interpréter par un raisonnement théorique les cas manquants correspondant à des configurations de conditions sans observation empirique. Cas observés et cas manquants sont visibles dans la table de vérité.

1.2. Traitement par la méthode Fuzzy set QCA

L'approche QCA est articulée autour de trois étapes: la calibration des données, la détermination des valeurs de résultat pour chaque ligne de la table de vérité et la réduction booléenne de la table de vérité (Schneider & Wagemann, 2012).

1.2.1. Etape 1 : Calibration des données

La calibration des données correspond à la phase de codage des données et consiste à transformer les variables en valeurs continues de 0 à 1. Cela nécessite donc de spécifier la pleine appartenance à une condition : la valeur 1, la valeur 0 et le point de croisement appelé crossover point qui correspond à la valeur 0,5 (Fiss, 2011). Le point de croisement est l'ancre qualitative à 0,5 représentant le point où il est impossible

de dire si la variable est plus un membre ou un non-membre d'un ensemble. Ainsi, si on considère la participation d'un chef de projet à un projet, il est nécessaire de définir son temps passé sur le projet. Ne considérer que les possibilités qu'il passe 100% de son temps sur le projet (codage à 1) ou 0% de son temps sur le projet (codage à 0) peut être un peu simpliste.

Supposons par exemple que la règle dans une entreprise soit que chaque chef de projet soit affecté à 5 projets en parallèle, avec une répartition uniforme de son temps sur tous les projets. On va alors considérer que le point de croisement (0,5) correspond à un pourcentage de 20%. Plus rigoureusement ce point peut être déterminé à partir d'une analyse statistique en utilisant l'algorithme de Ward (cf. 2.2.3). Nous cherchons une échelle nous permettant d'obtenir pour un projet donné une mesure de la participation du chef de projet par rapport aux règles régissant son affectation. On va alors définir les pourcentages correspondant à une valeur proche de 1 (par ex. 0,95) et à une valeur proche de 0 (par ex. 0,05). On décide que passer 30% de son temps représente une valeur très élevée de participation du chef de projet ; on lui attribue donc la valeur 0,95. A l'inverse si 10% est un temps de participation très faible, on lui attribue donc la valeur 0,05. La définition de ces points permet d'explicitier ce qu'on considère comme un niveau de participation faible ou fort. Plus précisément, à partir de ces trois points (0,05 ; 0,5 ; 0,95), le logiciel FsQCA calcule une valeur pour chaque pourcentage de participation. Par exemple, si le taux de participation du chef de projet est de 15% de son temps, le calcul réalisé donne une valeur de 0,42.

Les valeurs observées sont ainsi transposées dans une échelle allant de 0,05 à 0,95 fondée sur la logique floue.

1.2.2. Etape 2 : Détermination des valeurs de résultat pour chaque ligne de la table de vérité

Il est important de souligner que les cas et donc les combinaisons de modalités réellement observées dans le cadre des recherches ne correspondent en général qu'à une partie des combinaisons de modalités possibles. Que l'on travaille en logique floue ou en logique binaire, on va dans une seconde étape forcer la dichotomisation du phénomène observé en construisant une table de vérité de façon à voir la fréquence des configurations observées (cf. tableau 3). Cela permet d'estimer la diversité couverte par l'observation parmi toutes les configurations imaginables (Ragin, 1987). Si k correspond au nombre de conditions définies par le modèle de recherche, il existe donc 2^k combinaisons possibles. Si nous retenons 6 conditions, cela revient donc à 2^6 possibilités, soit 64 combinaisons possibles. Le concept de table de vérité vient de la logique formelle et vise à présenter toutes les configurations de conditions et donc à présenter notamment les configurations de conditions observées. La table de vérité est un dispositif d'analyse qui répertorie toutes les combinaisons logiquement possibles des conditions causales à la fois présents et absents avec leurs résultats associés (Rihoux & Ragin, 2009). Certaines configurations sont observées empiriquement, d'autres non. Si 33 configurations sont observées sur 64 possibles, le niveau de couverture du phénomène sera élevé : 52%. En effet Ragin, (2006) recommande d'avoir un niveau de couverture minimal de 25%.

1.2.3. Etape 3 : Réduction booléenne des conditions suffisantes à partir de la table de vérité

La réduction booléenne prend en compte toutes les configurations de conditions

aboutissant à un résultat et consiste à réduire logiquement les différentes combinaisons et à minimiser les opérations booléennes pour atteindre un bon niveau de parcimonie. Cela revient en fait à lister toutes les configurations qui permettent d'aboutir au résultat et à examiner si certaines peuvent être simplifiées pour faciliter la compréhension du résultat. QCA permet ainsi d'identifier les «recettes de causalité» (Ragin & Fiss, 2008), c'est-à-dire les configurations les plus parcimonieuses pour expliquer un résultat. FsQCA est particulièrement apte à saisir les complémentarités complexes parmi des facteurs (Ragin & Fiss, 2008; Woodside, 2013).

La table de vérité construite, l'analyse et la réduction booléenne peuvent alors être effectuées. Les données de la table de vérité peuvent alors être traduites sous la forme d'une équation permettant de trouver le résultat Y. Par exemple:

$$Y = a*b*C + a*B*C + A*b*C$$

c'est-à-dire, $Y = (a \text{ et } b \text{ et } C) \text{ ou } (a \text{ et } B \text{ et } C) \text{ ou } (A \text{ et } b \text{ et } C)$

L'algèbre booléenne permet alors de simplifier cette équation, à travers l'étape de minimisation booléenne :

$$Y = a*C + b*C$$

Cette minimisation n'entraîne aucune perte d'information mais rend l'expression des résultats plus parcimonieuse. Elle permet aussi de faire apparaître d'éventuelles conditions nécessaires ou suffisantes. Ainsi, sur notre exemple, C est une condition nécessaire pour obtenir Y.

Dans le cadre de la réduction booléenne, la diversité limitée peut contraindre le chercheur à émettre des hypothèses sur les effets de certaines configurations qu'il justifie, soit par des fondements théoriques, soit par sa connaissance empirique du phénomène, afin de pouvoir générer une réduction booléenne et ainsi trouver un meilleur

niveau de parcimonie pour expliquer le phénomène observé. Les logiciels Tosmana et FsQCA permettent de générer les réductions booléennes. Toute la difficulté dans la gestion de la réduction booléenne consiste à arbitrer entre le respect de la complexité du phénomène et le souci de parcimonie. Ainsi, il est possible de prendre en compte les configurations absentes de résultats empiriques et de donner une justification théorique ou empirique pour justifier leur mobilisation pour la réduction booléenne.

Un algorithme basé sur l'algèbre booléenne réduit logiquement chaque ligne de la table de vérité à des combinaisons de conditions minimisée/simplifiées. Cette réduction booléenne s'appuie sur une analyse des conditions causales et cherche à surmonter les limitations dues à un nombre insuffisant d'observation empiriques de configurations (Fiss, 2011). Pour cela, on distingue les configurations observées des configurations potentiellement observables. Pour préparer la réduction booléenne, il faut sélectionner le nombre requis minimum de cas observés (par configuration) pour une solution à examiner et le niveau de cohérence brute minimale pour la solution qui mesure le degré d'appartenance des conditions de la solution comme sous-ensemble du résultat (Fiss, 2011; Woodside, 2013). Il est donc nécessaire de définir un seuil de consistance pour identifier les configurations incluses dans le processus de minimisation booléenne. Ce seuil est généralement compris entre 0,75 et 0,95 avec un seuil minimum de 0,75 (Ragin & Fiss, 2008).

La réduction booléenne qui s'appuie sur la table de vérité fournit des solutions parcimonieuses et intermédiaires (Ragin, 2008). Une solution parcimonieuse inclut toutes les hypothèses simplificatrices; une solution intermédiaire ne comprend que les hypothèses simplificatrices basée sur une analyse des hypothèses « faciles » (Chollet

et al., 2016). Les hypothèses « faciles » se réfèrent à des situations dans lesquelles une condition de causalité redondante rejoint un ensemble de conditions causales qui mènent déjà au résultat. La présence ou l'absence de la condition de causalité ajoutée n'a donc pas d'effet sur le résultat. Les hypothèses qualifiées de « difficiles » se réfèrent à des situations dans lesquelles une condition peut être exclue d'un ensemble de conditions causales qui conduit au résultat avec l'hypothèse que cette condition est redondante. Dans ces cas, déterminer si la condition supprimée est redondante est plus difficile (Fiss, 2011).

Le logiciel FsQCA est utilisé pour réaliser la minimisation booléenne basée sur la table de vérité. Il permet d'identifier les conditions nécessaires ainsi que les configurations suffisantes de conditions parcimonieuses et intermédiaires. Il également permet d'identifier les asymétries entre un résultat positif ou négatif : bon niveau et faible niveau de respect du temps de développement dans notre cas.

2. ILLUSTRATION DE LA MÉTHODE FUZZY-SET QCA À TRAVERS L'EFFET DE L'USAGE DE LA TECHNOLOGIE PLM SUR LE RESPECT DU TEMPS DE DÉVELOPPEMENT DE NOUVEAUX PRODUITS

Nous avons choisi d'illustrer la méthode QCA par l'étude des effets de l'utilisation de la technologie Product Lifecycle Management (PLM) sur le respect du temps de développement de nouveaux produits en lien avec la Chine. En effet, cette technologie a été massivement déployée dans les

organisations industrielles ces dix dernières années afin de fiabiliser les processus et améliorer l'efficacité du développement de nouveaux produits. Pour des raisons stratégiques le co-développement de nouveaux produits avec des fournisseurs est devenu fréquent (Cousins *et al.*, 2011) avec des configurations où les équipes sont localisées dans des espaces différents (absence de co-localisation entre les acteurs projet). Cependant sur un plan opérationnel, il est souvent difficile de respecter les engagements dans les projets de co-développement alors que le respect du « time to market » est crucial dans de nombreuses industries (Garel, 1999).

Le modèle conceptuel retenu procède d'une part de l'hypothèse que le respect du temps de développement dépend fondamentalement des capacités techniques offertes par le système et ses sous-systèmes ainsi que des médiations humaines nécessaires, notamment lorsque les projets sont réalisés avec des fournisseurs, et d'autre part de l'idée que ce respect dépend des types de relations avec ces fournisseurs et de l'expérience de l'équipe projet. La question de recherche de l'illustration est la suivante : *Quelles sont les configurations d'utilisation de sous-systèmes PLM qui permettent d'assurer le respect du temps de développement de nouveaux produits ?*

2.1. Elaboration du modèle conceptuel : effet de l'usage de PLM sur le respect du temps de développement produit

Nous commençons par définir le respect des temps de développement avant de caractériser l'intermédiation des activités de développement et les contingences qui peuvent influencer le respect des temps de développement de nouveaux produits.

2.1.1. Efficacité du processus de co-développement : Respect des temps de développement

Une des finalités principales du management de projet est d'identifier rapidement les problèmes rencontrés afin de réaliser les ajustements nécessaires au plus tôt pour respecter les engagements (Butler & Gray, 2006; Yassine, 2007) et réduire le risque qu'un projet ne se réalise pas conformément aux prévisions de date d'achèvement, de coût et de spécifications (Giard, 1991; Garel, 1999).

Le respect des temps constitue une dimension clé de la performance du projet (Marciniak & Pagerie, 1999). Toutefois une difficulté réside dans le mode de calcul du retard moyen des projets ; plusieurs moyens de le mesurer coexistent (Garel, 1999). Garel (1999) insiste sur les difficultés à gérer le respect des échéances dans le développement de nouveaux produits et met en évidence l'importance du référentiel pour calculer les retards. Ce référentiel est essentiel pour mesurer les écarts entre le temps planifié/actualisé et le temps réel pour concevoir et industrialiser un produit. Classiquement en matière de développement de nouveaux produits, le référentiel utilisé est le stage gate définis par Cooper et Kleinshmidt (Cooper & Kleinschmidt, 1990; Cooper, 2008) qui séquence le processus de développement de nouveaux produits autour d'étapes et de jalons.

2.1.2. L'intermédiation des activités de développement de nouveaux produits par la technologie PLM et les acteurs frontière

La littérature insiste sur le rôle humain de l'intermédiation à travers les acteurs frontière et s'interroge sur la contribution des TIC pour supporter les activités de co-développement de nouveaux produits

(Merminod & Rowe, 2012, Merminod *et al.*, 2009) ou de logiciels (Levina & Vaast, 2005).

• Intermédiation par la technologie PLM

La technologie PLM a été déployée dans les organisations depuis le début des années 2000 (Nambisan, 2010). Elle vise à supporter le processus de développement de nouveaux produits en intégrant les fonctionnalités des départements R & D, marketing, production, logistique dans une seule base de données (Batenburg *et al.*, 2004; Balaji *et al.*, 2011). Cette technologie propose un processus unifié de Développement de Nouveaux Produits qui permet d'éviter le cloisonnement des processus et les systèmes d'information en silo (Grieves, 2006; Nambisan, 2010). La technologie PLM se concentre principalement sur l'intégration du processus de développement de nouveaux produits (Balaji *et al.*, 2011), qui commence en amont de l'activité de conception de produits dans les départements R & D et va jusqu'à la production et le service après-vente, tout en stockant les données techniques et projet du futur produit. Par conséquent, la technologie PLM est souvent considérée comme une extension des systèmes de Product Data Management (PDM) et de la conception assistée par ordinateur (CAO) donnant accès à des dessins et des visualisations 3D à tous les collaborateurs du projet et pas uniquement aux techniciens CAO (David & Rowe, 2016).

La technologie PLM étant intégrée (David & Rowe, 2015), elle supporte les trois catégories de systèmes avec des fonctionnalités dédiées (Pavlou & El Sawy, 2010) :

- Les systèmes de mémoire organisationnelle (Organizational Memory Systems : OMS) sont en charge des répertoires de connaissances. Ils regroupent les fonctionnalités de codage des connaissances et des

fonctionnalités de stockage. Les systèmes PLM offrent une base de données unique décrivant les composants du nouveau produit et son assemblage accessible à tous les membres du projet.

- Les systèmes de gestion de ressources projet (Project and Resource Memory System : PRMS) contribuent à la capacité de coordination des projets. Les fonctionnalités associées sont les workflows et les fonctionnalités d'aide à la décision pour la planification et le suivi telles que les tableaux de bord.

- Les systèmes de travail coopératif (Cooperative Work Systems : CWS) supportent la communication et la collaboration dans les projets. Ils offrent notamment des fonctionnalités de visualisation, telles que l'édition de la fiche technique du produit ou des vues en 3D.

- ***Intermédiation par le(s) acteur(s) frontière(s) du projet***

Pour supporter le co-développement avec les fournisseurs, la relation client/fournisseur est souvent assurée par des individus appelés acteurs frontière (Boundary spanners) (Baskerville *et al.*, 2006) mais aussi portiers (Gatekeepers) (Tushman & Katz, 1980). Ce sont des "individus dans les réseaux de communication qui sont capables de comprendre et de traduire les schèmes cognitifs" entre groupes d'individus séparés géographiquement, hiérarchiquement ou fonctionnellement (Tushman et Katz, 1980, p. 1073). Dans le contexte inter organisationnel et international, le challenge est de gérer les frontières liées aux expertises, aux différences de culture organisationnelle ou de culture nationale (Levina & Vaast, 2005; Merminod & Rowe, 2012). Typiquement, les acteurs frontière jouent plusieurs rôles dans les relations au quotidien dans les projets de développement de nouveaux produits: (1) résoudre

les écarts lexicaux, (2) réconcilier les différences d'interprétation en créant un sens partagé, et (3) faciliter les moyens à travers lesquels les individus peuvent conjointement transformer leurs connaissances locales (Kellogg *et al.*, 2006).

2.1.3. Contingences qui peuvent influencer le respect des temps de développement de nouveaux produits

La littérature sur les déterminants de la performance du développement de nouveaux produits et en particulier sur le respect des temps de développement est foisonnante (Montoya *et al.*, 2009; Sivasubramaniam *et al.*, 2012). Cette littérature insiste sur deux déterminants importants du respect du temps de développement que sont le niveau d'expérience des équipes (Akgun & Lynn, 2002) et le type de responsabilité du fournisseur dans le co-développement (Petersen *et al.*, 2005).

- ***Expérience de l'équipe projet***

Le niveau d'expérience commun est considéré comme une variable clef pour assurer la performance du développement de nouveaux produits (Akgun & Lynn, 2002; Sivasubramaniam *et al.*, 2012) et en particulier dans le respect des échéances du projet. Plusieurs études montrent que les équipes qui sont stables sur la phase de conception et d'industrialisation sont plus rapides dans le développement de nouveaux produits (Akgun & Lynn, 2002). Le changement fréquent dans la composition de l'équipe projet impacte la performance (Sivasubramaniam *et al.*, 2012).

L'expérience de l'équipe est généralement définie à travers le nombre de mois d'expérience commune d'un groupe de personnes (Sivasubramaniam *et al.*, 2012). Certains chercheurs ont mobilisé cette

variable à travers la perception de la stabilité de l'équipe (Akgun & Lynn, 2002). Une équipe projet exige généralement une quantité importante de temps passé ensemble avant de devenir vraiment performante (Marciniak & Rowe, 1999).

Des recherches ont montré que l'expérience du chef de projet était déterminante pour la performance du projet et notamment dans le domaine de la construction (Marciniak & Rowe, 1999). Dans le contexte du développement de nouveaux produits par essence pluridisciplinaire, nous considérons que l'expérience du chef de projet est importante mais doit être prise dans le contexte plus global de l'expérience de l'équipe projet.

- **Types de responsabilité du fournisseur dans le développement de nouveaux produits**

Le rôle des fournisseurs varie beaucoup en fonction de la nature des projets. La plupart des typologies sur la relation client-fournisseur sont fondées sur le niveau de responsabilité laissé au fournisseur dans la conception du produit (Handfield *et al.*, 1999; Monczka *et al.*, 2000; Petersen *et al.*, 2005). Ces auteurs distinguent quatre types:

- **Sous-traitance** : le fournisseur est chargé de réaliser la fabrication en fonction de contraintes précises données par le client,
- **White box** : le fournisseur est consulté pour donner son avis sur les choix de conception,
- **Grey box** : la conception fonctionnelle et technique du produit est développée conjointement entre le client et le fournisseur,
- **Black box** : les spécifications fonctionnelles sont données par le client tandis que le fournisseur apporte son expertise pour clarifier les besoins, développer les

spécifications techniques et assurer ensuite la conception, l'industrialisation et la production du produit.

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

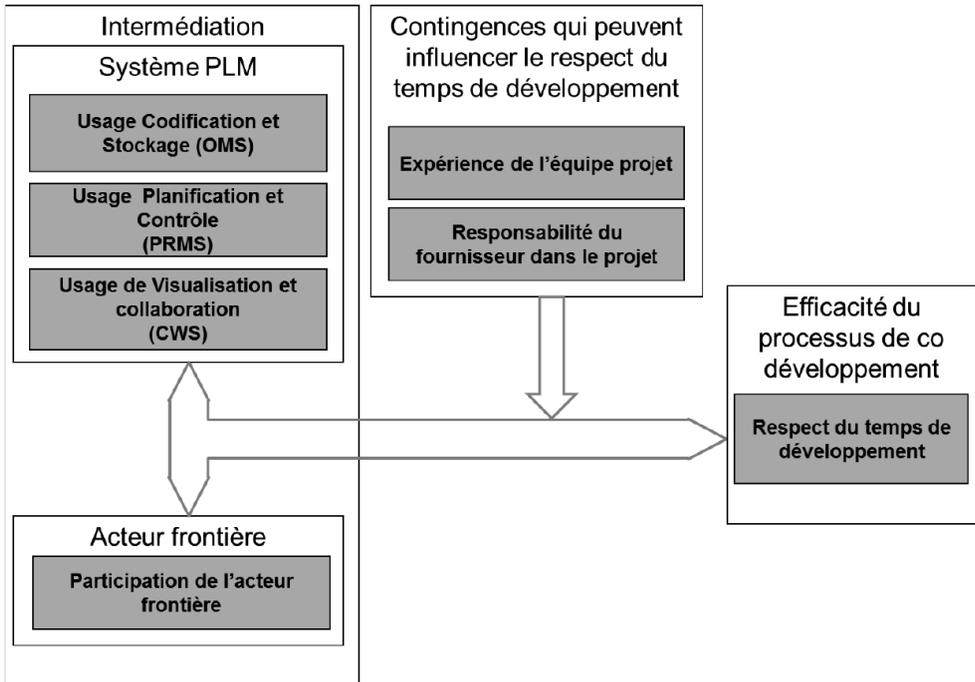
2.2. Terrain de recherche, collecte et codage des données

Nous commençons par présenter le terrain de recherche, puis la collecte et le codage des données qui est spécifique avec la méthode Fuzzy set QCA.

2.2.1. Terrain de recherche

Le terrain de recherche a été effectué dans un groupe industriel français leader dans le petit électroménager. Tester un modèle dans un même contexte permet de raisonner toutes choses égales par ailleurs sur un certain nombre de caractéristiques de l'environnement des projets qui ne sont donc pas intégrées dans le modèle conceptuel. Dans ce groupe le développement de nouveaux produits est organisé autour de trois structures. La première correspond à des équipes de conception localisées en Europe et spécialisées par famille de produit. Le deuxième groupe d'acteurs est localisé en Chine et assure les achats, le support dans le développement produit ainsi que les fonctions logistiques. En son sein, pour gérer les projets avec les fournisseurs, des acteurs-frontières dédiées assurent la médiation entre les fournisseurs et les équipes localisées en Europe. Le troisième groupe d'acteurs correspond aux fournisseurs.

Dans le cadre d'une réorganisation du processus de co-développement avec la Chine qui représente une part croissante des projets, ce groupe industriel a décidé d'implémenter une solution PLM dès 2006 pour gérer les projets de développement de

Figure 1 : Modèle conceptuel

nouveaux produits. L'objectif principal était d'assurer un meilleur partage des connaissances et une meilleure coordination entre des acteurs projets distants (Merminod & Rowe, 2012). Cette solution constitue l'outil de support du développement de nouveau produit pour tous les acteurs associés dans les projets (équipes de conception (marketing, design, bureau d'étude, qualité, normes), ingénieurs support en Chine et fournisseurs).

Nous avons collecté des données concernant 88 projets entre 2006 et 2012, dont 22 projets pour chaque type de responsabilité du fournisseur (Sous-traitance, White Box, Grey Box and Black Box).

2.2.2. Collecte des données

Les mesures de l'utilisation des fonctionnalités de la technologie PLM ont été

réalisées par des données disponibles dans la solution de PLM. Nous avons distingué trois groupes de fonctionnalités pour l'usage de la technologie PLM :

- Usage des fonctionnalités de codification et stockage des objets (OMS)
- Usage des fonctionnalités de planification et contrôle (PRMS)
- Usage de fonctionnalités de visualisation produit (CWS)

Les valeurs concernant la responsabilité des fournisseurs et la participation de l'acteur frontière étaient auto-déclarées et disponibles dans PLM (Tableau 1). La participation de l'acteur frontière est mesurée à travers le temps passé par l'ingénieur chinois qui assure la relation avec le fournisseur sur chaque projet. Cet ingénieur chinois est salarié du Groupe industriel analysé.

Le niveau d'expérience de l'équipe projet prend en compte trois critères : l'expérience préalable avec le fournisseur, l'expérience préalable commune de l'équipe du donneur d'ordre et l'expérience du chef de projet. Dans les projets analysés, les équipes techniques sont expérimentées et habituées à travailler ensemble. Il y a donc une variété très limitée dans l'expérience préalable commune de l'équipe projet. La variété vient du niveau d'expérience du chef de projet et de l'expérience de collaboration préalable avec le fournisseur. Nous avons analysé si l'équipe projet du donneur d'ordre avait déjà travaillé avec le fournisseur et analysé le nombre d'années d'expérience du chef de projet. Nous avons ainsi distingué les situations où le fournisseur avait déjà travaillé avec l'équipe projet de celle où aucune expérience préalable n'existait. Si le chef de projet avait moins de cinq ans d'expérience, nous avons considéré qu'il était peu expérimenté et qu'il était expérimenté au-delà de cinq ans.

Les mesures sur le respect du temps de développement ont été calculées à partir des données rentrées dans l'application PLM. Nous retenons l'estimation de durée faite au début de la phase de conception. Nous calculons l'écart entre cette estimation et le réalisé à la date de fin de développement pour mesurer le respect des temps.

Une analyse plus qualitative a été réalisée pour approfondir les résultats. Nous avons réalisé des entretiens de groupe sur certains projets avec les membres des équipes projet. Nous avons ainsi pu compléter et approfondir la compréhension de nos résultats par l'analyse des entretiens et l'utilisation de certains verbatims.

2.2.3. Codage : calibration des données

Le processus de calibration des données et donc la détermination du point

Tableau 1 : Collecte des données

Variable	Mesure	Source
Usage des fonctionnalités PLM	Usage de fonctionnalités OMS : Pourcentage d'objets du produit et du projet disponibles au bon emplacement dans PLM avec le contenu adéquat. Ce pourcentage est calculé à partir d'une liste de 40 objets considérés comme importants sur un projet.	Obtenu à partir d'analyses disponibles dans l'application PLM
	Usage de fonctionnalités PRMS : Comptabilisation de l'usage de la fonctionnalité de gestion du planning projet dans PLM. Cette mesure est faite à partir du nombre de logs à cette fonctionnalité dans PLM.	
	Usage de fonctionnalités CWS : Comptabilisation du nombre de connexions au visualisateur 3D durant le projet.	
Participation de l'acteur frontière	Pourcentage du temps passé par l'ingénieur chinois qui assure la relation avec le fournisseur	Déclaré par l'ingénieur chinois
Responsabilité du fournisseur	Niveau de responsabilité du fournisseur dans le développement produit	Déclaré par le chef de projet en début de projet
Expérience de l'équipe projet	Niveau d'expérience commune préalable au sein de l'équipe projet	Analyse qualitative à partir de données RH et de données venant des responsables des bureaux d'étude
Respect du temps de développement	% d'écart entre la durée prévisionnelle et le réalisé du projet	Obtenu à partir de données sur les projets dans l'application PLM

de croisement (0,5) a été réalisée à partir d'une analyse statistique. Les points de croisement pour le respect du temps de développement, l'usage des fonctionnalités PLM et la participation de l'acteur frontière sont déterminés sur la base d'une analyse de classification hiérarchique utilisant l'algorithme de Ward. L'objectif de l'analyse de classification hiérarchique est de séparer clairement chaque variable en deux groupes pour déterminer le point de croisement qui est la base de l'analyse fuzzy de QCA.

Le processus de calibration a ensuite été généré dans l'application FsQCA à partir d'un processus d'étalonnage avec la détermination des valeurs 0, 1 et 0,5 qui sont les points de référence pour la calibration. Les règles retenues pour la calibration sont disponibles dans le tableau 2.

Le calibrage des données a été réalisé pour les 6 conditions : Usage des fonctionnalités OMS, PRMS et CWS, participation de l'acteur frontière, expérience de l'équipe projet et niveau de responsabilité du fournisseur (Tableau 2). Le calibrage

Tableau 2 : Calibration des données

Concept	Variable	Mesure	Analyse méthode Hierarchical cluster Ward	Point de croisement (Cross over point)	Calibration
Usage des fonctionnalités PLM	Usage de fonctionnalités OMS Codification et stockage	Pourcentage d'objets du produit et du projet disponibles au bon emplacement dans PLM avec le contenu adéquat. Ce pourcentage est calculé à partir d'une liste de 40 objets considérés comme importants sur un projet.	Classe 1: de 40% à 85%	85%	Full membership (0,95): 95%
			Classe 2: de 85% à 100%		Cross-over point (0,5): 85%
					Non membership (0,05): 50%
	Usage de fonctionnalités PRMS Planification et contrôle	Comptabilisation de l'usage de la fonctionnalité de gestion du planning projet dans PLM. Cette mesure est faite à partir du nombre de logs à cette fonctionnalité dans PLM.	Classe 1: de 0 à 18	18,5	Full membership (0,95): 39
			Classe 2: de 19 à 45		Cross-over point (0,5): 18,5
					Non membership (0,05): 2
Usage de fonctionnalités de CWS Visualisation produit	Comptabilisation du nombre de connexions au visualisateur 3D durant le projet.	Classe 1: de 0 à 25	25,0	Full membership (0,95): 37	
		Classe 2: de 25 à 37		Cross-over point (0,5): 25	
				Non membership (0,05): 2	
Participation de l'acteur frontière	Pourcentage du temps passé par l'ingénieur chinois qui assure la relation avec le fournisseur	Classe 1: 0 to 20%	20,5%	Full membership (0,95): 30%	
		Classe 2: 21% to 32%		Cross-over point (0,5): 20,5% du temps	
				Non membership (0,05): 10% du temps	
Expérience de l'équipe projet	Niveau d'expérience commune préalable au sein de l'équipe projet	Classe 1 : Pas d'expérience fournisseur et Peu expérience chef de projet	0,5	0 : Pas expérience fournisseur et Peu expérience chef de projet	
		Classe 2 : Pas expérience fournisseur et expérience chef de projet		0,25 : Expérience fournisseur et peu expérience chef de projet	
		Classe 3 : Pas expérience fournisseur et expérience élevée chef de projet		0,75 : Pas expérience fournisseur et expérience élevée chef de projet	
Responsabilité du fournisseur	Niveau de responsabilité du fournisseur dans le développement produit	Classe 1: sous traitance et white box	0,5	0 : sous traitance : niveau de responsabilité du fournisseur faible	
		Classe 2: Gray box et black box		0,25 : White box : niveau de responsabilité du fournisseur assez faible	
				0,75: black box : niveau de responsabilité du fournisseur assez fort 1 : Gray box : niveau de responsabilité du fournisseur fort	
Respect du temps de développement	% d'écart entre la durée prévisionnelle et le réalisé du projet	Classe 1: de 0 à 0,06	0,06	Full membership (0,95): 0	
		Classe 2: de 0,061 à 0,235		Cross-over point (0,5): 6%	
				Non membership (0,05): 23,5%	

des données a également été réalisé sur la variable résultat : respect du temps de développement de nouveau produit (Tableau 2).

Nous avons obtenu la table de vérité à partir de la calibration, c'est-à-dire en dichotomisant à 0 et 1 les valeurs issues de la calibration. Cette table de vérité permet de recenser toutes les configurations possibles (2^6 possibilités donc 64 combinaisons) et de distinguer celles qui sont observées (33 configurations) de celles qui ne sont pas observées (31 configurations) (Tableau 3). Ainsi, pour la première configuration de la table de vérité, 2 cas sont observés parmi les 88 projets analysés. A partir de la configuration 34, il n'y a pas de résultat (respect des temps de développement) car il n'y a aucun cas observé parmi les 88 projets.

3. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DE LA RÉDUCTION BOOLEENNE DE LA MÉTHODE FUZZY SET QCA À PARTIR DE L'ILLUSTRATION

Cette section présente les résultats de l'analyse QCA à partir de l'outil FsQCA et l'interprétation de ces résultats.

3.1. Combinaisons de modalités pour un bon respect du temps de développement

Classiquement, l'analyse des résultats d'une approche QCA est articulée autour de la présentation des conditions nécessaires puis suffisantes. Les résultats de l'analyse Fuzzy set QCA sont présentés en suivant les recommandations formulées par (Fiss, 2011) et (Park & El Sawy, 2012).

3.1.1. Conditions nécessaires au bon respect du temps de développement

L'analyse QCA commence par l'identification des conditions nécessaires. Un usage élevé du codage et stockage de PLM constitue une condition nécessaire pour un respect élevé des échéances du projet. En effet, une condition nécessaire correspond à la situation où quand un résultat est donné, la condition est présente. Cette condition a une cohérence de 0.97 et une couverture de 0.71. La cohérence mesure la proportion de termes de la solution et de la solution dans son ensemble qui sont des sous-ensembles du résultat. 97% des cas faisant un usage élevé du codage et stockage de PLM atteignent un bon respect du temps de développement. La couverture exprime combien le résultat est couvert par la condition (Schneider & Wagemann, 2012). Il s'agit de la proportion de combinaisons de modalités retenues qui correspondent au résultat attendu (Ragin, 2008). Elle est de 71% pour l'utilisation du codage et stockage comme condition nécessaire.

3.1.2. Conditions suffisantes au bon respect du temps de développement

Pour les conditions suffisantes, nous avons identifié les combinaisons de modalités pour le bon respect du temps de développement (Figure 2). La figure 2 suit le principe de formalisme de présentation des résultats QCA défini par Ragin & Fiss (2008). Cette figure identifie les 5 configurations (appelées solutions) pour un bon respect du temps de développement. A titre d'illustration, la configuration 5 correspond à la combinaison de l'usage de l'OMS, du PRMS et du CWS qui est suffisant pour un bon respect du temps de développement.

Du fait de la sensibilité aux valeurs atypiques, nous avons choisi de n'identifier

Tableau 3 : Table de vérité

N° de la configuration	Intermédiation des activités de développement produit				Contingences		Nombre de cas observés	Respect des temps de développement	
	Usage OMS	Usage PRMS	Usage CWS	Participation de l'acteur frontière	Niveau d'expérience de l'équipe projet	Responsabilité fournisseur			
1	1	1	1	1	1	0	0	2	1
2	1	0	0	1	1	0	0	5	1
3	1	1	1	0	1	0	0	1	1
4	1	1	1	0	0	0	0	2	1
5	1	0	0	0	1	0	0	3	1
6	1	1	1	1	0	0	0	2	1
7	1	1	1	1	1	1	0	1	1
8	1	1	1	0	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	0	1	0	5	1
10	1	0	0	0	1	1	0	1	1
11	1	0	1	1	0	0	0	5	1
12	1	1	1	1	0	1	1	2	1
13	1	1	1	1	1	0	1	3	1
14	1	0	1	0	0	1	0	2	1
15	1	1	1	1	0	0	1	3	1
16	1	1	1	1	1	1	1	8	1
17	1	0	0	1	1	0	1	5	1
18	0	0	0	0	0	1	0	2	0
19	0	0	1	1	1	0	1	1	0
20	0	0	1	0	0	0	0	4	0
21	1	0	0	0	0	0	0	4	0
22	1	0	0	0	0	1	0	3	0
23	1	0	1	0	0	1	1	3	0
24	0	1	1	1	1	0	1	2	0
25	1	0	0	0	1	0	1	1	0
26	1	1	0	0	0	0	1	1	0
27	1	0	0	0	0	0	1	1	0
28	0	0	1	0	0	1	0	2	0
29	1	1	0	0	1	1	1	1	0
30	1	0	1	0	0	0	1	2	0
31	0	1	1	1	1	1	1	3	0
32	0	0	1	1	1	1	1	2	0
33	1	0	0	0	1	1	1	5	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	1	0	0	0	0
36	0	0	1	1	0	0	0	0	0
37	0	1	0	0	0	0	0	0	0
38	0	1	0	1	0	0	0	0	0
39	0	1	1	1	0	0	0	0	0
40	0	1	1	1	1	0	0	0	0
41	0	0	0	0	1	1	0	0	0
42	0	0	1	1	1	1	0	0	0
43	0	1	0	0	0	1	0	0	0
44	0	1	0	0	1	1	0	0	0
45	0	1	1	1	0	1	0	0	0
46	0	1	1	1	1	1	0	0	0
47	1	0	1	1	1	1	0	0	0
48	1	1	0	0	0	1	0	0	0
49	0	0	0	0	0	0	1	0	0
50	0	0	0	0	1	0	1	0	0
51	0	0	1	0	0	0	1	0	0
52	0	1	0	0	0	0	1	0	0
53	0	1	0	0	1	0	1	0	0
54	0	1	1	0	0	0	1	0	0
55	1	1	0	1	0	0	1	0	0
56	0	0	0	0	0	1	1	0	0
57	0	0	0	0	1	1	1	0	0
58	0	0	1	0	0	1	1	0	0
59	0	1	0	0	0	1	1	0	0
60	0	1	0	0	1	1	1	0	0
61	0	1	1	0	0	1	1	0	0
62	1	0	0	0	0	1	1	0	0
63	1	0	1	1	1	1	1	0	0
64	1	1	0	0	0	1	1	0	0

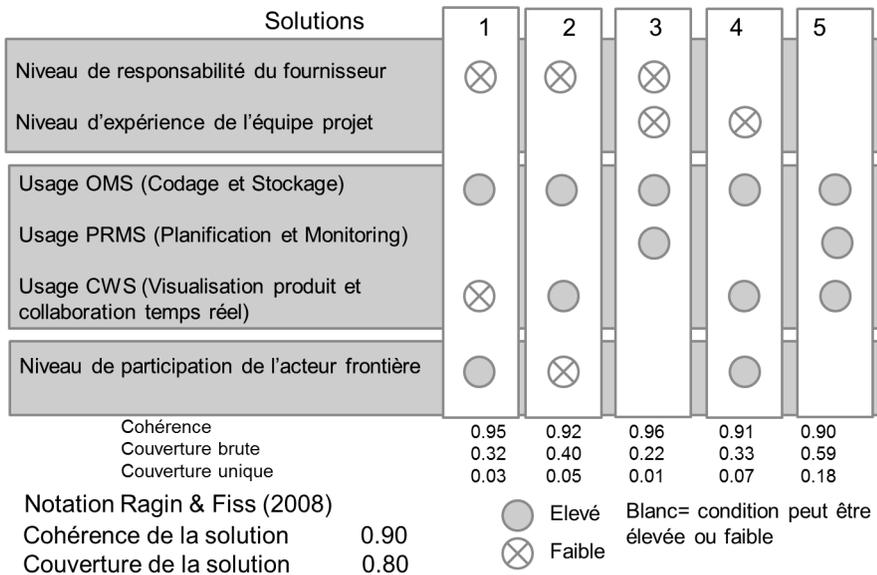
que les configurations où un minimum de deux observations empiriques ont été faites.

Le seuil de cohérence consiste à identifier les combinaisons de modalités qui sont incluses dans le processus de minimisation. La détermination du seuil dépend donc de l'analyse effectuée à partir de la table de vérité qui liste toutes les combinaisons de modalités possibles pour le phénomène et identifie lesquelles ont été observées. Le seuil de cohérence est de 0,88, ce qui est supérieur au seuil minimal recommandé de 0,75 (Ragin, 2008). Un seuil de cohérence à 0,88 signifie que 12% des cas où les combinaisons de modalités figurant dans les solutions parcimonieuses n'atteignent pas le résultat. La cohérence globale de la solution est de 0,9 (Figure 2). Une alternative à la mesure de la cohérence consiste à calculer la réduction proportionnelle d'incohérence (*Proportional Reduction of Inconsistency* : PRI). Elle détermine la

réduction proportionnelle dans le calcul de l'erreur d'appartenance de la solution. Le PRI doit être supérieur à 0,5 (Woodside, 2013). Il est de 0,77 pour le bon respect du temps de développement. La couverture globale analyse dans quelle proportion l'ensemble de ces solutions couvre les observations de niveau élevé de transfert de connaissance. Elle mesure la proportion de ces cas que l'on retrouve dans cet ensemble (Rihoux & Ragin, 2009). Ainsi, les cinq combinaisons de modalités peuvent expliquer 80% des cas de bon respect du temps de développement (Figure 2). Les configurations avec un bon niveau de cohérence doivent être d'abord trouvées, puis la couverture doit être considérée (Rihoux & Ragin, 2009, p.31).

Les valeurs de cohérence pour les cinq combinaisons de modalités varient 0,90 à 0,96, qui sont des niveaux très acceptables (Rihoux & Ragin, 2009), tandis que les

Figure 2 : Configurations intermédiaires de conditions suffisantes pour un bon respect du temps de développement



valeurs de couverture brute varient de 0,22 à 0,59. La couverture brute est de 0,32 dans la solution 1. Elle correspond à la proportion de résultats expliqués par l'ensemble des modalités de la solution (Rihoux & Ragin, 2009). La couverture unique de chaque solution correspond au pourcentage de résultats couverts par chaque solution (Schneider & Wagemann, 2012). La couverture unique des solutions varie de 0,01 à 0,18. Pour la solution 1, la couverture unique est de 0,03.

Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

L'analyse des résultats QCA est mise en perspective par rapport aux connaissances empiriques sur les projets pour expliquer et justifier les configurations ainsi identifiées. Cette phase d'interprétation est essentielle dans la méthode QCA et consiste à expliciter et justifier les configurations mises en évidence.

Dans les projets où le fournisseur a des responsabilités de développement limitées (sous-traitance et white box), la combinaison de l'usage élevé du codage et stockage (OMS) et de la participation élevée de l'acteur frontière avec un usage limité du CWS, ou bien l'usage élevé du codage et stockage (OMS) et de CWS avec une participation limitée de l'acteur frontière sont suffisantes pour observer un bon respect du temps de développement.

Ces configurations correspondent aux solutions 1 et 2 de la figure 2. Ces deux configurations sont complémentaires. Ainsi, si l'usage intensif du codage et stockage (OMS) est indispensable, l'usage des fonctionnalités du CWS peut être compensé par la contribution de l'acteur frontière et vice versa.

Dans les projets où le fournisseur a des responsabilités de développement limitées et un niveau d'expérience de l'équipe projet faible, l'usage élevé du codage et stockage (OMS) et de la planification et contrôle

(PRMS) sont suffisantes pour observer un bon respect du temps de développement.

Cette configuration correspond à la solution 3 de la figure 2. Dans ces projets, l'acteur frontière (l'ingénieur chinois) ne joue pas systématiquement un rôle clé pour le respect des échéances du projet. Dans ces types de projets, les équipes du client et du fournisseur sont choisies pour leurs capacités et leur expérience et ne nécessitent pas une intermédiation humaine très importante.

«J'ai surtout contrôlé que le fournisseur avait les documents nécessaires et surtout les dernières versions à utiliser. Cela a évité les erreurs dues à la prise en compte d'informations erronées» (Ingénieur support chinois)

Ces projets sont souvent des projets avec des fournisseurs qui ne sont pas au panel, des fournisseurs occasionnels avec lesquels le niveau d'expérience dans la collaboration est relativement limité.

La combinaison de l'usage élevé du codage et stockage (OMS) et des systèmes de visualisation et de collaboration (CWS) associés à la participation forte de l'acteur frontière sont suffisantes pour un bon respect du temps de développement sur le projet lorsque le niveau d'expérience de l'équipe projet est limitée.

Dans cette configuration (solution 4 de la figure 2), la participation significative de l'ingénieur support en Chine assure du respect des échéances clés du projet en vérifiant que tous les documents du produit et du projet soient stockés dans PLM et en utilisant le visualisateur 3D pour détecter d'éventuelles erreurs ou problèmes en conception du côté du fournisseur pour compenser la faible expérience commune de l'équipe.

La qualité du codage et le stockage des objets dans PLM facilite le respect des échéances du projet dans un contexte inter organisationnel.

“Si les documents produit et projet ne sont pas disponibles dans PLM, il est impossible d’assurer un échange efficace avec les fournisseurs. L’ingénieur de Hong Kong qui assure la liaison avec le fournisseur a besoin de cela pour éviter les erreurs et limiter les problèmes de conception et d’industrialisation et donc les retards dans le projet” (Chef de projet)

La combinaison de l’usage élevé de chacun des trois systèmes est suffisante pour bon respect du temps de développement. Une mobilisation forte de l’acteur frontière n’est donc pas indispensable pour assurer le respect des échéances dans les projets de co-développement.

Dans cette configuration (solution 5 de la figure 2), l’intervention forte du chef de projet et de l’ingénieur support chinois n’est donc pas nécessaire pour assurer un bon respect des échéances dans le projet. L’interprétation de cette configuration

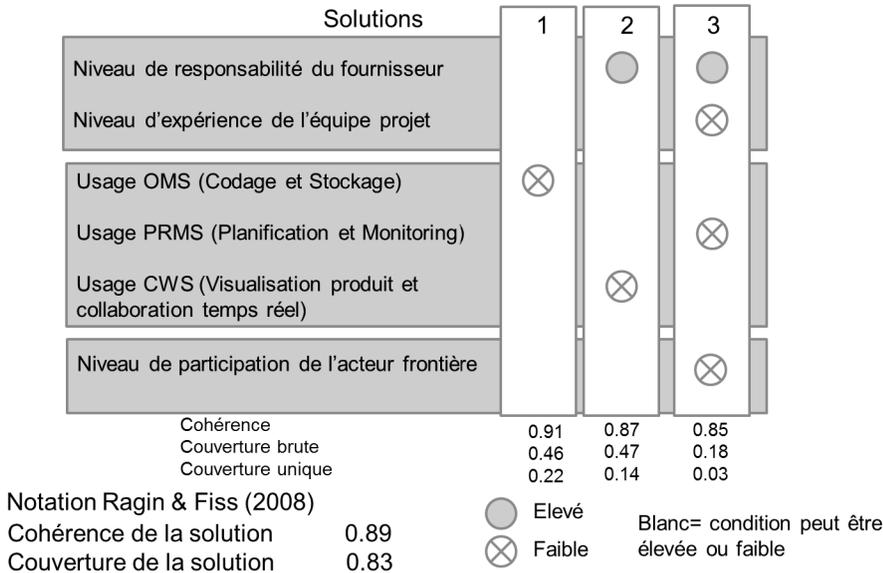
permet de dire que l’usage de fonctionnalités OMS, PRMS et CWS sont des conditions suffisantes pour un bon niveau de respect des échéances du projet.

3.2. Combinaisons de modalités pour un respect limité du temps de développement

Nous avons conduit une analyse dans FsQCA pour identifier les configurations qui conduisent à un respect limité du temps de développement de nouveaux produits. Nous avons identifié les configurations les plus parcimonieuses pour voir si il existe une asymétrie avec un bon respect du temps de développement.

L’analyse des conditions suffisantes les plus parcimonieuses met en évidence 3 configurations qui sont présentées ci-dessous (Figure 3).

Figure 3 : Configurations parcimonieuses de conditions suffisantes pour un respect limité du temps de développement



Les paramètres nécessaires sont manquants ou erronés.

Le faible usage des fonctionnalités OMS suffit pour ne pas respecter le temps de développement

Cela correspond à la solution 1 de la figure 3. Cette configuration est assez évidente dans la mesure où nous avons déterminé la condition d'usage de l'OMS comme une condition nécessaire pour un bon respect du temps de développement.

Dans les projets où le fournisseur a des responsabilités de développement importantes, le faible usage des fonctionnalités CWS est suffisant pour observer un respect limité du temps de développement.

Cela correspond à la solution 2 de la figure 3. Ce résultat est intéressant car il montre que l'usage de fonctionnalités de visualisation 3D ou de conférences virtuelles est essentiel dans les projets où le niveau de responsabilité du fournisseur est important et où les interactions et la communication entre les équipes du fournisseur et du client sur les options de conception est essentielle.

Dans les projets où le fournisseur a des responsabilités de développement importantes et un niveau d'expérience de l'équipe projet limité, le faible usage des fonctionnalités PRMS et une faible participation de l'acteur frontière sont suffisants pour observer un respect limité du temps de développement.

Cela correspond à la solution 3 de la figure 3.

“Avec les fournisseurs que nous connaissons peu et quand le projet est complexe, si l'ingénieur support Chine est peu disponible et que nous ne suivons pas régulièrement les plannings et les tableaux de bord à partir de PLM, on a toutes les chances de prendre du retard” (Chef de projet)

4. DISCUSSION SUR L'INTÉRÊT DE LA MÉTHODE QCA POUR LES RECHERCHES EN MANAGEMENT DES SI ET CONCLUSION

Cet article est un des premiers à mobiliser la méthode QCA en Management des SI dans la littérature francophone. Cette technique analytique permet l'évaluation des conditions causales qui contribuent à un résultat. Elle assure une compréhension configurationnelle de la façon dont les causes se combinent pour induire des résultats, ce qui permet de mieux gérer des niveaux significatifs de complexité de causalité (Fiss, 2011). Pour expliquer quelles configurations conduisent à un bon niveau de respect des échéances, cette méthode identifie toutes les combinaisons d'attributs qui sont associés avec le résultat et définit un ensemble réduit de configurations qui conduisent au résultat (Fiss, 2011; Woodside, 2013).

4.1. Avantages de la méthode Fuzzy set QCA et interprétation en contexte des résultats

La méthode QCA s'appuie sur l'algèbre booléenne pour mener une analyse systématique des différents cas étudiés. Ainsi, malgré son ambition affichée de dépasser le clivage qualitatif/quantitatif, Ragin positionne davantage la méthode QCA dans les approches qualitatives. Dans cette recherche, nous mobilisons notamment la variable niveau d'expérience de l'équipe projet qui est qualitative et avons systématiquement validé les résultats des conditions suffisantes produites par FsQCA par une analyse qualitative approfondie des projets pour valider la cohérence et la pertinence des configurations identifiées. L'interprétation des résultats nécessite une connaissance empirique du terrain et de

l'objet de recherche pour pouvoir analyser et contextualiser les différentes configurations sorties du logiciel. Ainsi, nous avons illustré les configurations identifiées à travers des verbatims de participants aux projets. Cela permet de corroborer empiriquement les interprétations des configurations issues de la réduction booléenne dans Fuzzy Set QCA par des cas d'usage décrits dans leur contexte.

4.1.1. Complexité causale et équifinalité

L'illustration montre amplement que QCA permet d'identifier de multiples configurations qui produisent un même résultat, en considérant notamment des configurations composées de conditions combinées, c'est-à-dire dotées d'une certaine complexité causale. Un des avantages de la méthode QCA est donc sa capacité à appréhender la complexité causale. L'identification de plusieurs configurations qui conduisent au même résultat permet d'envisager des règles de substitution entre variables et d'identifier formellement des conditions qui sont nécessaires pour un résultat car elles apparaissent dans toutes les combinaisons (Woodside, 2013).

Du fait de cette faculté, QCA est une méthode qui s'applique assez bien à une approche réaliste critique (George & Bennett, 2005), pour laquelle un mécanisme causal n'est pas toujours aussi facilement observable qu'une condition nécessaire car la plupart du temps son efficacité causale dépend d'autres conditions présentes ou absentes (Mingers, 2004). Ainsi, dans l'illustration, à part l'usage de l'OMS, les autres conditions n'apparaissent comme causalement efficaces que dans des configurations de conditions suffisantes.

Cette aptitude à traiter la causalité complexe permet de positionner QCA comme complémentaire voire comme alternative

aux méthodes quantitatives plus économétriques, car elle permet de mettre en évidence les interdépendances entre modalités plutôt que comme des effets d'interaction entre variables. QCA renforce ainsi la troisième voie constituée par les analyses comparatives face au clivage traditionnel entre les recherches centrées sur les faits très contextualisés telles que les études de cas uniques et les recherches centrées sur des analyses statistiques de variables (Ragin, 2000; Curchod, 2003; Fiss, 2007).

4.1.2. Échantillons de taille intermédiaire et mise en évidence de résultats contre intuitifs

La tendance à valoriser les échantillons de petite taille (parce qu'ils permettent une analyse approfondie de chaque cas) d'un côté et de grande taille d'un autre côté (parce qu'ils permettent une analyse statistique) laisse peu de place pour des échantillons compris entre une dizaine et une centaine de cas. En d'autres termes, les échantillons de taille intermédiaire sont peu légitimes et donc, naturellement, apparaissent peu dans les publications scientifiques. Or, d'après De Meur et Rihoux (2007), QCA est particulièrement bien adaptée à un échantillon comprenant entre 11 et 50 cas (De Meur & Rihoux, 2007). Comme Federowicz et al (2015) notre illustration va même au-delà en l'appliquant à des échantillons entre 50 et 100 cas (Federowicz *et al.*, 2015).

QCA permet également de prêter attention à des résultats inhabituels/contre intuitifs qui sont plus difficilement pris en considération avec les approches quantitatives traditionnelles. Ainsi, l'analyse QCA dans notre illustration met en évidence plusieurs configurations de conditions qui sont suffisantes pour un bon respect du temps de développement. La participation d'un acteur frontière n'est pas indispensable

notamment pour les projets avec un niveau de responsabilité limitée du fournisseur ou lorsque le niveau d'expérience de l'équipe projet est significatif. Ce résultat vient infirmer certaines recherches qui tendent à montrer que l'acteur frontière est toujours nécessaire pour gérer la co-conception de nouveaux produits ou services (Levina & Vaast, 2005; Merminod & Rowe, 2012).

4.2. Limites et précautions d'usage de la méthode QCA

Construit sur une approche rigoureuse, QCA permet de découvrir des combinaisons de modalités nécessaires et suffisantes à partir d'une analyse. Cependant, QCA peut être difficile à opérationnaliser. En effet, Ragin semble éviter de formuler un protocole précis (Chanson *et al.*, 2005). Différentes options s'offrent alors au chercheur pour choisir les cas (échantillon) et les conditions (variables), pour recourir à des hypothèses simplificatrices et pour généraliser ses résultats.

4.2.1. Limitation dans le nombre de variables

Un des problèmes potentiels dans l'utilisation de QCA est celui du nombre de variables. L'élaboration d'une table de vérité pousse en effet les chercheurs à limiter fortement leurs variables explicatives. Généralement, elles ne dépassent pas six dans les recherches empiriques ce qui paraît assez limité pour des chercheurs se réclamant d'approches qualitatives approfondies. Au-delà, une majorité de configurations ne correspondraient à aucune observation sauf à disposer d'un échantillon important et présentant de multiples combinaisons empiriquement observées. Les recherches qualitatives font souvent intervenir plus de six variables. Un des dangers qui guette le chercheur est alors de proposer des

modèles explicatifs simplistes, lorsqu'il utilise la QCA, consistant à expliquer des phénomènes complexes avec trop peu de variables. Dans notre illustration au-delà de la connaissance approfondie du contexte et de la technologie par les auteurs, le fait que des cas soient tous issus du même contexte d'entreprise, c'est-à-dire de cas enchâssés, permet de raisonner dans un contexte spécifique donné. QCA n'est donc pas la méthode idéale pour tout type de recherche et de problématique et ne peut être mobilisée que dans des cadres précis.

Dans une optique d'optimisation de l'usage de QCA, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance du phénomène observé pour permettre de choisir les variables les plus pertinentes dans l'explication. Les chercheurs ayant mobilisé cette méthode, qu'il s'agisse du présent article ou d'autres travaux en systèmes d'information (El Sawy *et al.*, 2010; Rivard & Lapointe, 2012) avaient auparavant une ou plusieurs publications démontrant une connaissance et une analyse scientifique déjà éprouvée du phénomène.

4.2.2. Une méthode « sensible au cas » et à la diversité limitée

Puisqu'elle met en valeur tout cas déviant, la méthode QCA est une méthode « sensible au cas » (Ragin 1987, Rihoux 2003, p. 359). L'avantage qu'elle offre – rendre compte potentiellement de tout le réel observé dans la limite d'une modélisation restreinte à un certain nombre de variables ou conditions – a comme contrepartie la non robustesse comme faiblesse. Il suffit potentiellement d'un seul cas déviant par rapport à une hypothèse pour la rejeter. Recoder le résultat d'un seul cas peut amener à une modification des résultats, de même qu'ajouter un nouveau cas peut suffire à modifier le résultat de la minimisation booléenne. Comme dans toute méthode de recherche

fondée sur la comparaison de cas, le codage est essentiel. Pour se prémunir de ce risque de sensibilité des résultats on peut utiliser plusieurs tactiques. Premièrement comme dans notre illustration, on peut ne retenir que les configurations qui apparaissent avec une fréquence minimale (ici deux). Ensuite, on peut préférer l'analyse d'échantillons assez exhaustifs de la population (Chanson *et al.*, 2005), car la délimitation trop faible d'un échantillon, même statistiquement représentatif, a une incidence assez forte sur le résultat. Ici nous observons 33 configurations observées sur 64 possibles, ce qui représente plus de 50% des configurations possibles. Cela donne un bon niveau de couverture et, nonobstant une diversité limitée, une probabilité raisonnable que les résultats soient fiables.

Dans la démarche QCA, la phase de codage/calibration des données est très importante. Le codage des données est sensible à la détermination du point de croisement (0,5). Il est donc nécessaire de bien expliciter le choix du point de croisement et de le justifier pour garantir un traitement des données optimal par la mobilisation de techniques quantitatives brutes ou des justifications empiriques et théoriques.

4.3. Conclusion

Au-delà de la question des combinaisons de modalités observables, l'identification des mécanismes de causalité est un problème en soi. Le vocabulaire lié à QCA peut être trompeur. C'est dans l'interprétation des résultats qu'il est possible de mettre en évidence des combinaisons de conditions suffisantes. Avec l'approche fuzzy set, il faut reconnaître le risque de sensibilité du codage surtout pour les projets autour du point de croisement dans le codage. En ce sens, l'application de la méthode nécessite de renforcer le dialogue entre les concepts

et les faits pour justifier les options retenues (Ragin, 2000). Malgré ces limites, en mettant l'accent de façon systématique sur les exceptions, et en faisant apparaître plusieurs configurations comme solutions relatives à un même problème, QCA constitue un outil prometteur pour mieux diagnostiquer la contribution des SI à la performance des organisations en fonction du contexte, des sous-systèmes ou outils qu'ils comprennent et des processus de mise en œuvre. Grâce à une approche mathématique basée sur l'algèbre booléenne, cette méthode apporte davantage de rigueur aux études de cas explicatives, en particulier lorsque les cas sont nombreux (en pratique au-delà de dix). Elle permet de contrôler l'influence de chaque mécanisme causal potentiel sur chaque combinaison de modalités observée. Cela est d'autant plus important, que la méthode d'étude de cas est l'une des approches les plus fréquemment utilisées en Management des SI (Keutel *et al.*, 2014; Avenier & Thomas, 2015).

BIBLIOGRAPHIE

- Akgun, A. E. et G. S. Lynn (2002), "New product development team improvisation and speed to market: An extended model", *European Journal of Innovation Management*, vol. 5, n°1, p. 117-129.
- Avenier, M. et C. Thomas (2015), "Finding one's way around various methodological guidelines for doing rigorous case studies: A comparison of four epistemological frameworks", *Systèmes d'Information et Management*, vol. 20, n°1, p. 21-43.
- Balaji, S., C. Ranganathan et T. Coleman (2011), "IT-led process reengineering: How sloan valve redesigned its new product development process", *MIS Quarterly Executive*, vol. 10, n°2, p. 81-92.
- Baskerville, R., S. Pawlowski et E. McLean (2006), "Enterprise Resource Planning and Organizational Knowledge: Patterns of Convergence

- and Divergence”, *Systèmes d'Information et Management*, vol. 11, n°4, p. 7-28.
- Batenburg, R., R. Helms et J. Versendaal (2004), *The maturity of product lifecycle management in Dutch organizations: A strategic alignment perspective*. Utrecht, Inderscience Enterprises.
- Butler, B. et P. Gray (2006), “Reliability, mindfulness and information systems”, *MIS Quarterly*, vol. 30, n°2, p. 211-224.
- Campbell, D. (1975), “Degrees of Freedom and the Case Study”, *Comparative Political Studies*, vol. 8, n°2, p. 178-193.
- Chanson, G., B. Demil, X. Lecocq et P. Sprimont (2005), “La place de l’analyse comparée en sciences de gestion”, *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 8, n°3, p. 29-50.
- Chollet, B., M. Géraudel, A. Khedhaouria et C. Mothe (2016), “Market knowledge as a function of CEOs’ personality: A fuzzy set approach”, *Journal of Business Research*, vol. 69, n°1, p. 2567-2573.
- Cooper, G. (2008), “Perspective: The Stage Gate Idea-to-Launch Process Update, What’s New, and NexGen Systems”, *Journal of Product Innovation Management*, vol. 25, n°1, p. 213-232.
- Cooper, R. et Kleinschmidt (1990), “Stage Gate systems for new product success”, *Marketing Management*, vol. 4, n°1, p. 20-24.
- Cousins, P. D., B. Lawson, K. J. Petersen et R. Handfield (2011), “Breakthrough Scanning, Supplier Knowledge Exchange, and New Product Development Performance”, *Journal of Product Innovation Management*, vol. 28, n°6, p. 930-942.
- Curchod, C. (2003), “La méthode comparative en sciences de gestion : vers une approche quali quantitative de la réalité managériale”, *Finance Contrôle Stratégie*, vol. 6, n°2, p. 155-177.
- David, M. et F. Rowe (2015), “Le management des systèmes PLM: un agenda de recherche”, *Journal of Decision Systems*, vol. 24, n°3, p. 273-297.
- David, M. et F. Rowe (2016), “What does PLMS (product lifecycle management systems) manage: Data or documents? Complementarity and contingency for SMEs”, *Computers in Industry*, vol. 75, p. 140-150.
- De Meur, G. et B. Rihoux (2007), “Qualitative Comparative Analysis (QCA)” in B. Rihoux and C. Ragin, *Configurational Comparative Methods*, Thousand Oaks and London SAGE.
- Doty, D. H., W. H. Glick et G. P. Huber (1993), “Fit, equifinality, and organizational effectiveness: a test of two configurational theories”, *Academy of Management Journal*, vol. 36, n°1, p. 1196-1250.
- Drazin, R. et A. Van de Ven (1985), “Alternative Forms of Fit in Contingency Theory.”, *Administrative Science Quarterly*, vol. 30, n°4, p. 514-539.
- Eisenhardt, K. M. (1989), “Building theories from case study research”, *Acad. of Management Rev.*, vol. 14, n°4, p. 532-550.
- El Sawy, O., A. Malhotra, Y. Park et P. Pavlou (2010), “Seeking the Configurations of Digital Ecodynamics: It Takes Three to Tango”, *Information Systems Research*, vol. 21, n°4, p. 835-848.
- Fedorowicz, J., S. Sawyer et A. Tomasino (2015), “Patterns of Governance among Inter-organizational Coordination Hubs”, *JCIS*, Fort Worth.
- Fichman, R. (2004), “Going beyond the dominant paradigm for information technology innovation research: emerging concepts and methods”, *Journal of the Association of Information Systems*, vol. 5, n°8, p. 314-355.
- Fiss, P. (2007), “A set-theoretic approach to organizational configurations”, *Academy of Management Review*, vol. 32, n°4, p. 1180-1198.
- Fiss, P. (2011), “Building better casual theories: a fuzzy set approach to typologies in organizational research”, *Academy of Management Journal*, vol. 54, n°2, p. 393-420.
- Garel, G. (1999), “La mesure et la réduction des délais de développement des produits nouveaux”, *Recherche et Applications en Marketing*, vol. 14, n°2, p. 29-47.
- George, A. L. et A. Bennett (2005), *Case Studies and Theory Development in the Social Sciences*. Cambridge.
- Ghauri, P. (2004), “Designing and conducting case studies in international business research

- “ in R. Piekkari and C. Welch, *Handbook of qualitative research methods for international business*, London, Elgar.
- Giard, V. (1991), “La gestion du risque dans les projets” in, *Gestion de projets*, Economica.
- Greckhamer, T., V. F. Misangyi, V. F. Elms et R. Lacey (2008), “Using qualitative comparative analysis in strategic management research: An examination of combinations of industry, corporate, and business-unit effects”, *Organizational Research Methods*, vol. 11, p. 695-726.
- Grieves, M. (2006), *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Management*. New York, McGraw Hill.
- Handfield, R. B., G. L. Ragatz, K. L. Peterson et R. M. Monczka (1999), “Involving Suppliers in New Product Development”, *California Management Review*, vol. 42, n°1, p. 59-82.
- Kellogg, K., W. Orlikowski et J. Yates (2006), “Life in the trading zone: structuring coordination across boundaries in postbureaucratic organizations”, *Organization Science*, vol. 17, n°1, p. 22-44.
- Keutel, M., B. Michalik et J. Richter (2014), “Towards Mindful Case Study Research in IS: a Critical Analysis of the Past Ten Years”, *European Journal of Information Systems*, vol. 23, n°3, p. 256-272.
- Lee, A. S. et R. L. Baskerville (2003), “Generalizing generalizability in information systems research”, *Information Systems Research*, vol. 14, n°3, p. 221-243.
- Levina, N. et E. Vaast (2005), “The emergence of boundary spanning competence in practice: implications for implementation and use of information systems”, *MIS Quarterly*, vol. 29, n°2, p. 335-363.
- Marciniak, R. et M. Pagerie (1999), *Gestion de projet : guide pratique de la réussite de tous vos projets et produits industriels*.
- Marciniak, R. et F. Rowe (1999), “Styles de coordination avec les sous-traitants, expérience commune et performance économique : le cas de trois projets dans le bâtiment”, *Systèmes d'Information et Management*, vol. 4, n°2, p.37-64.
- Merminod, V. et F. Rowe (2012), “How does PLM technology support knowledge transfer and translation in new product development? Transparency and Boundary Spanners in an international context”, *Information & Organization*, vol. 22, n°4, p. 295-322.
- Merminod, V., C. Mothe et F. Rowe (2009), Effets de Product Lifecycle Management sur la fiabilité et la productivité: une comparaison entre deux contextes de développement produit, *M@n@gement*, vol. 12, n°4, p.294-331.
- Mingers, J. (2004), “Real-izing information systems: critical realism as an underpinning philosophy for information systems”, *Information and Organization*, vol. 14, n°1, p. 87-103.
- Mintzberg, H. (1979), “An emerging strategy of “direct” research” in J. v. Maanen, *Qualitative Methodology*, Beverly Hills, Sage: 105-116.
- Monczka, R. M., R. B. Handfield, T. B. Scannell, G. L. Ragatz et D. J. Frayer (2000), *New Product Development: Strategies for Supplier Integration* ASQC/Quality Press.
- Montoya, M. M., A. P. Massey, Y. C. Hung et C. Crisp (2009), “Can You Hear Me Now? Communication in Virtual Product Development Teams”, *Journal of Product Innovation Management*, vol. 29, n°2, p. 139-155.
- Nambisan, S. (2010), *Information technology and product development*, Springer.
- Park, Y. et O. A. El Sawy (2012), “Discovering the multifaceted roles of information technologies with a holistic configurational theory approach”, *45th Hawaii International Conference on System Sciences*, Maui Hawaii.
- Pavlou, P. et O. El Sawy (2010), “The “Third Hand”: IT-Enabled Competitive Advantage in Turbulence Through Improvisational Capabilities”, *Information Systems Research*, vol. 21, n°3, p. 443-471.
- Pavlou, P. et O. El Sawy (2011), “Understanding the Elusive Black Box of Dynamic Capabilities”, *Decision Sciences*, vol. 42, n°1, p. 239-273.
- Petersen, K. J., R. B. Handfield et G. L. Ragatz (2005), “Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design”, *Journal of Operations Management*, vol. 23, n°1, p. 371-388.
- Ragin, C. (2000), *Fuzzy-set social science*, The University of Chicago Press.

- Ragin, C. C. et P. C. Fiss (2008), "Net effects analysis versus configurational analysis: An empirical demonstration" in C. C. Ragin, *Redesigning social inquiry: Fuzzy sets and beyond*, Chicago, University of Chicago Press: 190-212.
- Rihoux, B. et C. Ragin (2009), *Configurational Comparative Methods: Qualitative Comparative Analysis (QCA) and Related Techniques*. London, Thousand Oaks Sage.
- Rivard, S. et L. Lapointe (2012), "Information technology implementers' responses to user resistance: nature and effects", *MIS Quarterly*, vol. 36, n°3, p. 897-924.
- Schneider, C. Q. et C. Wagemann (2012), *Set-theoretic methods for the social sciences: a guide to qualitative comparative analysis*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Sivasubramaniam, N., J. Liebowitz et C. L. Lackman (2012), "Determinants of New Product Development Team Performance: A Meta-analytic Review", *Journal of Product Innovation Management*, vol. 29, n°5, p. 803-820.
- Tushman, M. L. et R. Katz (1980), "External communication and project performance: an investigation into the role of gatekeepers", *Management Science*, vol. 26, n°11, p. 1071-1085.
- Woodside, A. (2013), "Moving beyond multiple regression analysis to algorithms: Calling for adoption of a paradigm shift from symmetric to asymmetric thinking in data analysis and crafting theory", *Journal of Business Research*, vol. 66, n°1, p. 463-472.
- Yassine, A. (2007), "Investigating product development process reliability and robustness using simulation", *Journal of Engineering Design*, vol. 18, n°6, p. 545-561.