



HAL
open science

La blockchain dans l'organisation du transport fluvial, une approche par la théorie de l'agence

Mathieu Lesueur-Cazé, Laurent Bironneau, Thierry Morvan

► To cite this version:

Mathieu Lesueur-Cazé, Laurent Bironneau, Thierry Morvan. La blockchain dans l'organisation du transport fluvial, une approche par la théorie de l'agence. 14ème rencontres de l'Association Internationale de Recherche en Logistique et Supply Chain Managment (l'AIRL) 2022, AIRL-SCM, May 2022, Clermont-Ferrand, France. hal-04084134

HAL Id: hal-04084134

<https://hal.science/hal-04084134>

Submitted on 27 Apr 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



La *blockchain* dans l'organisation du transport fluvial, une approche par la théorie de l'agence.

Mathieu Lesueur-Cazé^{a,b,*}, Laurent Bironneau^{a,*}, Thierry Morvan^{a,*}

^a Univ Rennes, CNRS, CREM – UMR 6211, Rennes, France, ^bTalan, Paris, France.

Mathieu.lesueur@univ-rennes1.fr

Laurent.bironneau@univ-rennes1.fr

Thierry.morvan@univ-rennes1.fr

La *blockchain* dans l'organisation du transport fluvial, une approche par la théorie de l'agence.

À l'égard de ce que fut Internet pour la fin du XXème siècle, la *blockchain* semble constituer une innovation majeure du 21^{ème} Siècle. La technologie *blockchain* contribue à accompagner les approches *supply chain* management et notamment les pratiques collaboratives. Cependant, ces dernières sont traversées par des relations conflictuelles sources de risques nécessitant la mise en place de dispositifs de contrôle et de mécanismes d'incitation. Dans ce contexte, cette communication a pour objet de répondre à la question suivante en mobilisant la théorie de l'agence comme grille d'analyse : Comment créer des solutions *blockchain* qui permettent de réduire le niveau de confiance nécessaire et d'accroître la transparence des informations au sein des chaînes logistiques ? Pour ce faire, nous nous appuyons sur une recherche-action menée auprès d'un Gestionnaire de Réseaux Fluviaux (GRF).

Mots clés : *Blockchain*, Théorie de l'agence, SCM.

In the same way as the Internet was for the end of the 20th century, blockchain seems to be a major innovation of the 21st century. Blockchain technology is helping to support supply chain management approaches and in particular collaborative practices. However, the latter are crossed by conflicting relationships that are sources of risk and require the implementation of control and incentive mechanisms. In this context, this paper aims at answering the following question by mobilizing the agency theory as an analysis grid: How to create blockchain solutions that allow to reduce the necessary level of trust and increase the transparency of information within supply chains? To do so, we rely on an action research conducted with a River Network Manager (RNM).

Keywords : *Blockchain*, Agency theory, SCM.

La *blockchain* dans l'organisation du transport fluvial, une approche par la théorie de l'agence.

Introduction

À l'égard de ce que fut Internet pour la fin du XX^{ème} siècle, la *blockchain* semble constituer une innovation majeure du 21^{ème} Siècle. Trois grandes étapes caractérisent son développement : la *blockchain* 1.0 pour la monnaie numérique, la *blockchain* 2.0 pour la finance numérique, et la *blockchain* 3.0 pour la société numérique et plus particulièrement pour les *supply chain* (Angelis & Ribeiro da Silva, 2018). Cette dernière évolution de la technologie *blockchain* contribue à accompagner les approches *supply chain management* (SCM) en offrant la possibilité d'une meilleure visibilité tout au long de la chaîne logistique, d'une sécurité des données améliorant le partage de l'information et d'une meilleure coordination entre les différents acteurs impliqués (Bahga & Madiseti, 2017; Saucède & Fenneteau, 2017; Lesueur-Cazé et al., 2022).

En effet, la *blockchain* est un registre numérique distribué décentralisant le partage de données (Chen et al., 2018 ; Dwivedi et al., 2020), assurant le stockage et la transmission d'informations de manière sécurisée sans autorité de contrôle (Li et al., 2018 ; Shafagh et al., 2017). Soulignons que deux outils utilisés par la *blockchain* -les algorithmes de consensus et les *smart contracts*- lui confèrent une capacité de distribution des droits et de contrôle : les premiers servent à maintenir un état du réseau identique en tout point et les seconds permettent de valider les conditions dans lesquelles les transactions sont effectuées. Aussi, ces contributions de la technologie *blockchain* sont susceptibles de faciliter la mise en œuvre d'accords de collaboration au sein de consortiums *blockchain* animés par une organisation pivot (Bajolle et Godé, 2021 ; Medine et al., 2020). Ces consortiums fonctionnent comme des plateformes « métiers » combinant plusieurs technologies (cryptographie, algorithme de consensus, *smart-contract*), avec pour objectifs essentiels (i) d'amener un gain de coordination, (ii) de réduire les asymétries d'information et (iii) de répartir les coûts inhérents à la mutualisation des moyens logistique. Or, l'ensemble de ces technologies est susceptible d'avoir un impact sur un certain type de relation, appelée relation d'agence (C. Jensen & Meckling, 1976). Ces relations s'exercent au sein d'un environnement empreints d'incertitude et de changement ; un environnement où les asymétries d'information sont la règle, avec les conséquences associées : aléa moral, opportunisme, divergences d'intérêt, coûts

supplémentaires, *etc.* (Bajolle et Godé, 2021 ; Medina et al., 2020 ; Treiblmaier, 2018 ; Fayezi et al., 2012). Dans un tel contexte, ces relations d'agence sont sources de risques car elles peuvent être empreintes de méfiance entre des organisations dont les intérêts divergent dans une situation d'asymétrie d'information favorisant l'émergence de comportements opportunistes. De tels comportements opportunistes nécessitent la mise en place de dispositifs de contrôle et de mécanismes d'incitation (Mandard, 2015).

Or, il existe un chevauchement conceptuel important entre la théorie de l'agence et la *blockchain*. Toutes les deux portent un intérêt à la question de la confiance dans les relations transactionnelles entre les acteurs, de façon directe pour la *blockchain* (The Economist, 2015) et de façon indirecte pour la théorie de l'agence. Du point de vue de la *blockchain*, en effet, les technologies des registres distribués apportent une solidité de la preuve et conduisent à un écosystème de confiance en modifiant les structures relationnelles (Tapscott & Tapscott, 2016; Vichara Kin et al., 2018; Imeri, 2021). La théorie de l'agence, quant à elle, part du constat de la présence d'asymétries d'information et divergences d'intérêts entre le principal et l'agent. En conséquence, le principal engage des dépenses de surveillance et l'agent, en retour, des dépenses de cautionnement ; il en résulte une perte résiduelle, écart entre actions idéalisées par le principal et effectives de l'agent (C. Jensen & Meckling, 1976). La théorie de l'agence montre qu'un recours à la confiance diminue ces coûts de part et d'autre (M. Jensen & Meckling, 1992). Comme le stipule Treiblmaier (2018), dans son article de référence sur l'impact de la *blockchain* dans la *supply chain*, une question se pose alors sur les modalités de construction d'un système de confiance basée sur la technologie *blockchain*. Plus précisément la *blockchain* permettrait de réduire la complexité de la relation mandant-mandataire, par la diminution des asymétries d'information et par l'élaboration d'un système de validation des échanges dans lequel les intérêts convergents priment davantage que les divergences. L'objet de cet article est de traiter ce questionnement : Comment créer des solutions *blockchain* qui permettent de réduire le niveau de confiance nécessaire et d'accroître la transparence des informations au sein des chaînes logistiques ? Pour ce faire, nous mobilisons la théorie de l'agence comme grille d'analyse d'une étude de cas traitée dans le cadre d'une recherche intervention. Plus précisément, nous retenons à la fois (i) la théorie normative de l'agence afin d'analyser les divergences d'intérêt et les asymétries d'information qui en résultent à l'aune de la *Blockchain* et (ii) la théorie positive de l'agence car elle nous permet d'étudier les mécanismes de prolongation de contrat et les incitations nécessaires pour diminuer les coûts de coopération.

Après avoir analysé l'impact des *Blockchain* sur le SCM à l'aune de la théorie de l'agence (1), et présenté une étude empirique s'appuyant sur une recherche-action menée auprès d'un Gestionnaire de Réseaux Fluviaux (2), nous proposerons plusieurs implications managériales en lien avec notre questionnement (3).

Technologies *Blockchain*, *supply chain* et théorie de l'agence.

La définition la plus classique de la relation d'agence est celle donnée par l'article de Jensen et Meckling (1976) : « *Nous définissons une relation d'agence comme un contrat par lequel une ou plusieurs personnes (le principal) engage une autre personne (l'agent) pour exécuter en son nom une tâche quelconque qui implique un certain pouvoir de décision à l'agent.* » Par la suite, ce type de relation d'agence est étendue à toute forme de relation. Elle devient ainsi très générale et « ... *recouvre toute relation entre deux individus telle que la situation de l'un dépende de l'autre. L'individu qui agit est l'agent, la partie affectée est le principal.* » (Coriat et Weinstein, 2015).

La relation d'agence peut être alors analysée à partir d'un double constat : (i) les intérêts des deux parties sont divergents, (ii) il s'instaure des asymétries de l'information entre les deux parties. Ces asymétries de l'information vont se traduire par l'apparition de problèmes de sélection adverse et de risque moral, problèmes qui vont renforcer l'opportunisme des entités impliquées dans la relation : sélection adverse lorsque l'asymétrie d'information porte sur la qualité du produit (Akerlof, 1978), et risque moral lorsque l'asymétrie d'information porte sur le comportement de l'agent. Les comportements opportunistes génèrent des coûts d'agence (coûts de surveillance, coûts de dédouanement et coût de d'opportunités) par la nécessité de mettre en place des systèmes d'incitation et de contrôles supportés par les deux parties.

Analysons, les divergences d'intérêt et l'asymétrie d'information à l'aune de la *blockchain* car se pose les questions de la répercussion de cette technologie sur les coûts d'agence (Treiblmaier, 2018).

Relation d'agence, divergence d'intérêt et *Blockchain*.

La théorie de l'agence suppose que chacun a une connaissance et une capacité d'action limitée dues au fait que l'information (la connaissance) est coûteuse à saisir, à stocker et à utiliser (Jensen et Meckling, 1992). Il y a donc peu de chances pour que les intérêts des parties soient convergents. « *Le principal doit donc chercher à limiter les divergences en mettant en*

place un système d'incitation approprié ainsi que des moyens de surveillance (monitoring) visant à limiter les comportements aberrants de l'agent » (Jensen et Meckling, 1976).

La *blockchain* agirait dans le sens d'un rééquilibrage de l'information (Treiblmaier, 2018), un abaissement des coûts d'agence (Bajolle et Godé, 2021), grâce à la transparence prodiguée par le système d'information (Medina et al., 2020).

Si les travaux déjà menés sous le prisme de l'agence soulignent l'intérêt des technologies *blockchain* au sein des *supply chain* (Bajolle et Godé, 2021 ; Medina et al., 2020 ; Treiblmaier, 2018), la théorie semble limitée pour expliquer la formation des consortiums *blockchain*, s'appuyant sur des accords de collaboration regroupant parfois plusieurs dizaines d'entreprises. Cependant, l'analyse par la théorie positive de l'agence permet de compléter la théorie normative de l'agence.

En effet, Baudry (1992) considère que l'analyse « classique » de la théorie de l'agence ne reflète pas toutes les spécificités de la relation principal/agent car elle n'explique pas entièrement la formation des partenariats. Plus précisément, il explique que les relations de type sous-traitances/donneurs d'ordres sont reconnues par la théorie de l'agence, « *mais cette relation ne la distingue pas des autres contrats (employeurs/employés, actionnaires/managers, etc.)* » (p. 873). Ainsi, en s'interrogeant sur les mécanismes de coordination, Baudry (1992, 1993, 2003, p. 200, 2005) propose, en effet, une vision plus élargie du contrat relationnel tel qu'il est décrit dans la théorie normative de l'agence. L'auteur souligne, dans son article de 1992, que certes les incitations monétaires sont importantes, mais elles sont insuffisantes pour expliquer les mécanismes qui sous-tendent la collaboration entre les parties contractantes. Selon Baudry (1992), il existe « *des signaux non monétaires qui fondent également la transaction* » (p. 884). Ainsi, l'émergence d'accords de collaboration entre organisations indépendantes peut s'expliquer par la résolution commune des problèmes d'asymétrie de l'information et d'incertitude (Baudry, 1992). Deux caractéristiques principales définissent alors ces accords de collaboration : (i) l'allongement de la durée de l'engagement par le biais de contrats à moyen terme (Baudry, 2005, p. 49) et (ii), l'adoption de dispositifs conjoints d'assurance qualité (Baudry, 1992).

Concernant tout d'abord l'allongement des contrats, il est en effet possible de considérer les outils de la *blockchain* (*smart contrats*, algorithmes distribués) comme des attributs au contrat lui conférant une durée indéterminée. La *blockchain* est basée sur le principe d'immutabilité des données, il est par conséquent impossible d'effacer des données. Le *smart contrat* est lui aussi immuable. Par conséquent, une fois la relation dans la *blockchain* établie, il est impossible de défaire les données inscrites. Le droit à l'oubli n'y

existe pas. La *blockchain* peut être utilisée comme canal unique des transactions. Elle emprisonne alors le principal et l'agent dans un schéma relationnel au sein duquel le contrôle prédomine par l'intermédiaire des *smart contracts*. Comme il est très difficile d'en sortir, on peut donc dire que le contrat est à durée indéterminée. Cette analyse se rapproche du phénomène de lock-in identifié par les travaux menés sur les technologies EDI¹ en particulier (Murphy et Daley, 1999 ; Saussier et Yvrande-Billon, 2007) et dans la lecture que Sklaroff (2017) fait de la *blockchain* par rapport aux EDI. Il n'existe donc pas de moyen de quitter un consortium *blockchain* car ce dernier repose sur des transactions opérées dans des conditions bien spécifiques d'utilisation (Atzei et al., 2017; Sklaroff, 2017; Baron & Chaudey, 2019). En définitive les entreprises s'engageant dans un consortium *blockchain*, le font en connaissance de cause et prévoient un fonctionnement des contrats entourant la transaction sur le long terme².

S'agissant, ensuite, de l'adoption de dispositifs conjoints d'assurance qualité, il est particulièrement présent en *supply chain*. Ainsi, les systèmes de traçabilité inter organisationnels (traçabilité produit et traçabilité logistique) (Fabbe-Costes et Lazzeri, 2014 ; Lazzeri, 2014) ou le développement des chaînes logistiques durables (la preuve du suivi des mesures d'émission de CO2 par exemple) (Koberg et Longoni, 2019) sont dans l'obligation de s'appuyer sur des mécanismes de transfert d'information fiables (De Corbière et Le Dû, 2012 ; Kouhizadeh et Sarkis, 2018).

La *blockchain* est dans ce cas un atout majeur car elle apporte la preuve de la donnée, élément devenu indispensable à la relation de confiance (Tapscott et Tapscott, 2016). En étendant la démonstration de Baudry (1992), on peut considérer la *blockchain* comme un outil d'incitation à l'emploi de procédures communes qui régissent les processus logistiques communs aux acteurs de la *supply chain*.

En conclusion, du point de vue de la théorie positive de l'agence l'émergence des partenariats industriels s'explique par deux phénomènes : *i*) l'allongement des contrats *et ii*) des mesures communes de contrôle et d'incitation. Ces deux phénomènes sont les principes qui conduisent à l'adoption des technologies *blockchain* au sein de ces partenariats.

¹ L'Echange de données informatisé ou Electronic Data interchange est un format d'échange d'informations automatique entre deux machines informatiques, échange en mode pair à pair.

² Voir à ce titre les préconisations du World Economic Forum sur la gouvernance des consortiums *blockchain* : <https://widgets.weforum.org/blockchain-toolkit/consortium-governance/index.html>

Relation d'agence, asymétrie d'information et *blockchain*

Akerlof (1978), Williamson (1985) mais aussi Wathne et Heide (2000) ont souligné l'influence de la présence de l'asymétrie informationnelle au sein des relations inter-organisationnelles, à la fois lors de l'établissement des contrats (*ex-ante*) et lors de la réalisation de prestations (*ex-post*). En effet, les acteurs au sein d'une *supply chain* ne possèdent pas tous le même niveau d'information, ni le même niveau d'accès à l'information (De Corbière et al., 2012). Or, la possession de l'information et son exploitation sont cruciales pour accompagner les activités logistiques dans un environnement plus que jamais connecté, comme le montre par exemple l'apparition de plateformes de services numériques favorisée par l'accroissement de l'activité des prestataires de services logistiques (Mével et Morvan, 2021).

Plus précisément, dans une relation d'agence le sous-traitant (agent) dispose d'informations privilégiés sur le déroulement de la transaction ; informations dont le donneur d'ordre (principal) ne dispose pas. C'est pourquoi, l'agent pourra adopter un comportement opportuniste en gérant l'information comme il le souhaite. Pour la théorie normative de l'agence, les relations ne sont comprises que dans ce cadre et expliqueraient la motivation de contrôle du principal. Pour la Théorie Positive de l'Agence (TPA), il n'y a pas nécessairement tromperie ; même s'il est admis qu'elle existe, elle ne prévaut pas sur le long terme. En effet, Axelrod, (1981, 1996, 2006), démontrent en mobilisant la théorie des jeux, que lorsque les protagonistes sont appelés à répéter plusieurs fois la même opération, la coopération sur le long terme sera la meilleure solution pour les deux parties (Baudry, 2005, p. 77). Ainsi, selon le modèle proposé par la TPA, le principal a non seulement recours à des outils de contrôle, mais également à des incitations afin de décourager le comportement opportuniste de l'individu. Ces incitations peuvent revêtir différentes formes : rémunérations, contrôle de la performance, etc. L'architecture organisationnelle qui en résulte doit amener les intérêts de l'agent à s'aligner sur ceux du principal (Charreaux, 2000). Dès lors, un système d'information commun regroupant les usages, les procédures communes de contrôle et de validation apparaît comme une méthode incitative, dans le sens où elle produit un alignement entre les parties avec la stratégie supposée du partenariat d'entreprise (Henderson et Venkatraman, 1994 ; Fimbel, 2007 ; Reix, 2011, p. 253). Malgré tout, ces systèmes d'information ne peuvent se mettre en place sans confiance entre les parties prenantes à la relation (Boughzala, 2010). Il n'existe pas actuellement de consensus sur le rôle de la confiance dans l'élaboration des technologies de mise en commun de l'information. Pour

certaines la confiance engendre la mise en commun d'informations (Fenneteau et Naro, 2005), pour d'autres elle en est le résultat (Boughzala, 2010). La confiance trouve son intérêt dans les éléments peu contrôlables du contrat, autrement dit dans les éléments non tangibles du contrat ; Reitter et Ramanantsoa (2012) parlent de contrat invisible. La confiance serait ainsi un complément au contrat. Mais selon Brousseau (2001), le contrat produit les conditions de la confiance. Toutefois, dans la réalité penser que les *smart contracts* complètent les manquements du contrat ou, au contraire, qu'ils sont la réalisation des contrats serait ignorer leurs limites technologiques, juridiques et financières.

Technologiques tout d'abord, car ces programmes ne répondent pas à tous les cas de figure posés par les aléas industriels (Sklaroff, 2017). Juridiques ensuite, car ils nécessitent des compétences en matière de droit (Barraud, 2018) : comment expliquer l'application d'un programme d'une entreprise tierce qui validerait les contrôles et exploiterait les données de l'entreprise contrôlée ? Enfin financières, car ces programmes nécessitent des connaissances spécifiques en informatique et en droit qui ajoutent un coût non négligeable à l'exploitation de la *blockchain*. La *blockchain* elle-même peut représenter un coût de stockage important (Osmani et al., 2021). La confiance a donc toujours besoin d'être présente ; même si elle n'est pas un élément actif du dispositif de contrôle, elle crée un climat favorable nécessaire à l'orientation de l'action du partenaire dans la bonne direction (Fenneteau et Naro, 2005).

En définitive, du point de vue de la TPA, la *blockchain* est une méthode incitative concourant à l'alignement des partenaires d'un consortium. De cette manière, elle lutte contre l'asymétrie d'information et l'opportunisme qui en résulte. La *blockchain* apparaît alors comme une solution élaborée par des acteurs qui se font déjà confiance. Elle génère en retour la confiance entre les partenaires, avec son corollaire, la performance de leur coopération (Fukuyama, 1995 ; De Filippi et al., 2019; Osmani et al., 2021).

Relation, coûts d'agence et *blockchain*.

Dans la théorie normative de l'agence, le principal doit s'acquitter de coûts d'agence pour limiter les asymétries d'information et l'opportunisme de l'agent qui en résulterait. Jensen et Meckling (1976) distinguent trois catégories de coûts : (i) les coûts de surveillance engagés par le principal pour observer les agissements de l'agent et contrôler son comportement, (ii) les coûts engagés par l'agent pour justifier la qualité de ses décisions et se dédouaner aux yeux du mandant et (iii) les coûts résiduels ou coûts d'opportunité représentant la perte de valeur de la production dans la mesure où les coûts du contrôle pour le principal des agissements de l'agent excèdent les bénéfices.

La TPA cherche à expliquer les formes organisationnelles comme modes de résolution des conflits inhérents à l'asymétrie d'information ou, plus exactement, comme modes de réduction des coûts induits par la relation d'agence dans un environnement incertain. « *En raison des divergences d'intérêts entre individus ou organisations, les relations de coopération s'accompagnent nécessairement de conflits inducteurs de coûts qui réduisent les gains potentiels issus de la coopération* » (Charreaux et al., 1999, p. 63). Ainsi, selon la TPA, toute forme organisationnelle peut s'expliquer par sa capacité à réduire le coût de coopération ou à en formuler un gain (Charreaux et al., 1999). Ce gain de coopération est avant tout un gain de connaissance ou d'information³ réducteur des coûts résiduels (coûts résiduels fonctions des coûts de contrôle pour le principal). L'exemple de Walmart Canada illustre bien cette possibilité⁴ : l'entreprise a pu réduire de 97% le nombre de factures contestées, grâce à la *blockchain*, et les informations qui en découlent sur la qualité, la quantité, le délai d'acheminement des marchandises livrées. Le coût de coopération est toutefois fortement corrélé à la structure des algorithmes de consensus et à l'emploi des *smart contracts*, c'est-à-dire tout ce qui confère à la *blockchain* sa capacité de contrôle des informations. En effet, certains algorithmes de consensus plus « gourmands » en énergie que d'autres rendent la *blockchain* très onéreuse⁵. Par ailleurs, plus le nombre de *smart contracts* augmentera et plus le coût de la *blockchain* sera élevé. En effet, les *smart contracts* sont onéreux et ce pour plusieurs raisons : tout d'abord, ils requièrent une expertise juridique (Barraud, 2018), ensuite, ils nécessitent des compétences en informatique pour les masquer et les sécuriser, et, enfin, ils alourdissent le fonctionnement de la *blockchain* et sont peu évolutifs (Sklaroff, 2017). Ainsi plus l'effort sera mis sur le renforcement de la coopération par le biais des *smart contracts* et des algorithmes de consensus optimaux de type « *proof of work* »⁶, et plus la *blockchain* sera coûteuse.

Pour la théorie de l'organisation, la décentralisation est le fait de distribuer le pouvoir de décision (Mintzberg, 1997, p. 173). L'expansion de la *blockchain*, c'est-à-dire l'intégration dans un consortium de nouveaux intervenants, engage un mouvement de décentralisation

³ Jensen emploie indifféremment les termes connaissances et informations.

⁴ <https://cryptonaute.fr/avec-la-blockchain-walmart-met-tout-le-monde-daccord-sur-les-factures/>

⁵ <https://www.magazine-racines.fr/cout-energetique-minage-bitcoin/>

⁶ *Proof of Work* (preuve de travail en français) est un algorithme de consensus qui apporte la preuve de l'état du réseau par la puissance de calcul qu'il requiert. Cet algorithme de consensus prémunit le système contre différentes attaques.

grâce à la distribution de droits comme la rédaction de nouveaux *smart contracts*. Suivant la position de ces nouveaux partenaires dans la chaîne logistique, cette expansion peut être verticale ou horizontale ou transversale. Aussi, suivant l'appartenance à une même communauté d'usage ou non, les *smart contracts* auront un degré plus ou moins grand de compatibilité. L'expansion des *blockchain* de consortium est donc assujettie à la capacité de faire des liens entre les processus de contrôle des entreprises. A notre connaissance, l'architecture commune des *blockchain* pour la *supply chain*, ne relève pas la difficulté qui existe à uniformiser les *smart contracts*, c'est-à-dire à uniformiser les usages (Xu et al., 2019). La problématique du coût de l'intégration des *blockchain* est identique à celle du coût de l'intégration d'un ERP⁷ dans le cadre d'un écosystème d'affaire (J. F. Moore, 1993; J. Moore, 1996; Millet, 2008). Tout comme dans le cas de l'ERP, le coût de coopération de la *blockchain* est égal à la somme des coûts des alignements de chaque entreprise avec le standard du consortium. Le risque étant que cet alignement ne soit pas vraiment possible et qu'il faille écrire de nouveaux *smart contracts*. La question qui vient alors est celle du coût marginal de l'intégration d'un nouveau partenaire dans le consortium. Ce coût tend-il vers zéro avec l'arrivée de nouveaux partenaires ? Si on suit la logique de Rifkin (2014), nous sommes tentés de répondre qu'effectivement à partir d'une certaine taille (taille critique), intégrer de nouveaux partenaires dans un consortium n'entraînerait pas de coûts supplémentaires. On suppose ainsi que le consortium a bâti une bibliothèque de *smart contracts* et de programmes, dans une logique d'apprentissage organisationnelle (Lazaric et Lorenz, 1998, p. 8), suffisamment exhaustive pour ne plus avoir besoin d'évoluer. Ce point de vue nous amènerait à deux constats. Le premier étant que les consortiums ont besoin d'une certaine taille pour diminuer le coût de coopération. Le second étant que le coût de coopération intervient avant même la mise en place de la *blockchain* ; il est constitué des accords des différentes parties sur la définition d'un standard commun, abordant différents sujets : écriture des *smart contracts*, conditions d'entrée et de sortie du consortium, format et obtention des empreintes numériques, etc. Mais la coopération n'est pas seulement la mise en commun des engagements, comme le montrent Luras et al. (2003). Ces derniers définissent trois niveaux d'entente industrielle : la coordination, la collaboration et la coopération. Dans le niveau le plus élevé de mise en commun (la coopération), la prise de décision s'ajoute au

⁷ Enterprise Resource Planning (en Anglais) ou Progiciel de Gestion Intégré, est un progiciel qui permet la gestion de l'ensemble des ressources d'une entreprise par intégration de ses fonctions principales : humaines, comptables, financières, ventes, achats, de production, etc.

contrôle partagé présent dans les deux niveaux précédents (Charreaux, 2000). La conséquence de ce mode de fonctionnement est la naissance d'une entité décisionnelle tierce, qui aura pour but de réguler les mécanismes d'entente, appelée aussi « tiers de confiance ». C'est effectivement ce qui est observé dans les *blockchain* de consortium, au sein desquelles le centre décisionnel « *key management* », joue un rôle d'arbitrage dans la distribution des droits : écrire des *smart contracts*, valider l'ajout d'un bloc et/ou d'être membre d'un consortium (Xu et al. 2017). La création de l'entité de *key management* ne peut être que le résultat de choix de coopérations antérieures. Comme le rappelle Charreaux (2000), la TPA analyse la forme organisationnelle non pas comme étant la plus aboutie mais comme étant celle issue d'un processus de sélection. Ce processus de sélection a lieu en deux étapes : le premier est l'émergence d'équilibres organisationnels efficaces, le second correspond à l'élimination des formes organisationnelles les moins efficaces par les mécanismes de marché.

On en conclut que la décentralisation de la décision qu'est le consortium *blockchain* n'apparaît pas de manière spontanée, mais est le résultat des expériences relationnelles antérieures ayant donné lieu à une succession de coopération. En ce sens la formation du réseau précède l'élaboration de l'outil dont il se sert pour assurer et renforcer la confiance. L'élaboration de la *blockchain* comme outil de confiance est avant tout la suite d'un processus de réflexion et d'éliminations successives des modes d'organisation jugés moins efficaces, et non, issue d'un déterminisme technologique. Cette adaptation est le résultat de la recherche d'un abaissement des coûts de coopération et des coûts d'agence.

Après avoir analysé l'impact des *Blockchain* sur le SCM à l'aune de la théorie de l'agence, présentons désormais une recherche-action réalisée au sein d'un Gestionnaire de Réseau Fluvial, que nous nommerons GRF.

Aspects empiriques : le cas d'un consortium *Blockchain* dans le transport fluvial.

Présentation de l'étude de cas.

Le GRF n'est pas une entreprise, c'est une institution publique sous la responsabilité du secrétaire d'état chargé aux transports. Dans l'univers du transport, il occupe une position centrale particulière car il fait le lien entre de nombreuses entreprises de la construction, des industries lourdes de la pétrochimie et assure une partie importante de l'acheminement des

céréales en vrac. Depuis quelques années, cette institution a désiré développer des services auprès de ses usagers afin d'avoir la capacité de fournir à l'écosystème un service d'information sûre. Cette entité est également en responsabilité de gestion du niveau d'eau non seulement pour alimenter la voirie mais également pour le refroidissement des centrales nucléaires. GRF doit donc coordonner tout un ensemble d'activités qui vont de la circulation des barges sur les fleuves à la consommation d'eau des centrales nucléaires en passant par les travaux de maintien en état des nombreux ouvrages d'art.

Le GRF souhaite digitaliser son fonctionnement afin d'avoir une meilleure coordination de ses activités et de rendre ainsi sa solution attractive. Pour un batelier ou un affréteur deux conditions sont indispensables à la rentabilité de son activité : la massification des volumes, et l'optimisation des trajets c'est-à-dire un trajet retour de la barge pleine. Dans ce cadre la digitalisation de l'organisation est supposée apporter des solutions de partage de la donnée permettant un remplissage optimal de la barge et un retour utile de la barge. Plusieurs projets ont été lancés avec l'Entreprise de Service Numérique (ESN), désignée par GRF pour apporter son aide et son expertise à ce projet de digitalisation. Un plan de structuration des applications digitales a été décidé sur quatre ans : il comprend la mise en place d'IoT⁸, l'emploi de l'intelligence artificielle, ainsi que la reprise des données dans un socle commun d'ERP grâce à des robots (démarche RPA). La *blockchain* n'a été perçue par GRF comme un levier de cette digitalisation que dans un second temps, suite à une expérimentation réalisée dans le cadre d'un cas industriel de transport des matières dangereuses (projet XXX cf. Annexe 1). La technologie *blockchain* peut distribuer des preuves accompagnant des données confidentielles et importantes sur le transport dans le cadre de la dématérialisation documentaire engagée. Cela représente une dimension supplémentaire non couverte par les EDI. Or, ce point est crucial pour GRF, précisons ici que GRF a été classé comme « Opérateur d'Importance Vitale ». Les données captées par GRF doivent donc être sécurisées selon les recommandations ANSSI (Agence Nationale de la Sécurité des Systèmes d'Information). Aussi, ce dernier a missionné l'ESN pour la recherche d'une solution de suivi des informations logistiques, interopérables entre les systèmes des clients sous forme de dématérialisation de la lettre de voiture. C'est ce projet auquel nous avons participé.

⁸ IoT (Internet of Things ou Internet des objets): désigne un mode de communication des objets entre eux directement reliés à internet sans interaction humaine.

Méthodologie de l'étude : le choix de la recherche action

Pour les sujets de recherche émergents où la compréhension de la complexité organisationnelle est nécessaire pour traiter le problème, ce qui correspond à notre situation, la recherche-action (RA) (Baskerville, 1999) ou sa variante la recherche-intervention (RI) (Plane, 2000) semblent être des méthodes particulièrement adaptées. C'est notamment le cas dans les contextes où les choix faits par des acteurs entraînent des conséquences jusqu'alors encore inexplorées (ou très peu) par le milieu scientifique ; l'application potentielle de la *blockchain* au cas du GRF, objet de notre étude, correspond pleinement à cette situation. Le caractère inconnu et particulier du terrain oblige notamment à commencer le travail d'analyse tout en opérant des choix et à avancer au fur et à mesure des résultats obtenus. Une synergie entre pratique et recherche est alors mise en œuvre, dans laquelle les deux parties s'alimentent mutuellement (Argyris et al., 1985 ; Whyte et al., 1991 ; Checkland & Holwell, 1998 ; Greenwood & Levin, 1998 ; Gummesson, 2000). Les données recueillies dans ce cadre mixte de participation et d'observation permettent d'obtenir une fiabilité, une validité de construction et une validité interne, solides (Thiétart, 2014, p. 297- 330) car elles ne reposent pas uniquement sur l'observation (étude de cas « classique ») mais sont enrichies par la participation du ou des chercheurs. Par conséquent, nous avons suivi les recommandations de Carmines (1990), Yin (2009), Thiétart (2014) et Silverman (2015), qui définissent quatre facteurs essentiels requis pour un cadre approprié de toute étude empirique, à savoir : la validité du construit, la fiabilité de la construction, la validité interne, la validité externe. Reprenons chacun de ces facteurs, au regard du travail empirique mené.

Validité de la construction

Selon Thiétart, 2014, p. 301 : « *Lorsqu'on se pose la question de la validité du construit, il convient donc de s'assurer que le concept opérationnalisé reflète bien le concept théorique* ». La soumission du projet et son acceptation par l'ensemble des protagonistes (chercheurs et praticiens) montre que le concept opérationnalisé correspond bien au concept théorique.

Fiabilité de la construction

Les travaux menés dans le but de répondre à la question de recherche ont été menés dans un cadre de recherche qualitative. Notre approche est fondée sur une logique

hypothético-déductive au sein d'une démarche de recherche intervention. Aussi, toutes les données empiriques (discussions avec des experts de la *blockchain*, participation à des réunions, conduite de projet, cf. Annexe 1) ont fait l'objet d'un codage selon les principes du modèle d'Eisenhardt (Eisenhardt, 1989). Comme le montre l'annexe 1, ces sources comprenaient des entretiens approfondis avec les personnes en charge du projet, avec d'éventuels prestataires et personnes appartenant au milieu de la logistique fluviale et maritime. Comme le suggère Yin (2009), la validation des données s'est donc effectuée en utilisant une pluralité de sources documentaires, échanges de mails, comptes rendus de réunions, communications, retranscriptions de documents audio.

Validité interne de la recherche

Afin d'éviter les erreurs possibles qui pourraient compromettre la validité interne, nous avons suivi les recommandations de Boxenbaum et Battilana (2005), qui recommandent dans le cas d'une action collective récente, d'interroger les acteurs avant que ne surviennent les résultats de l'action engagée (Thiéart, 2014, p. 314).

Validité externe de la recherche

La validité externe examine la capacité de généralisation et de réappropriation d'une recherche (Thiéart, 2014, p. 321- 323). Le GRF est certes un cas particulier en tant qu'institution publique soumise à des règles administratives strictes et particulières, mais les propositions faites nous semblent généralisables dans la mesure où l'écosystème du GRF est composé d'acteurs privés intervenants au sein d'une *supply chain* dans lequel l'organisme public joue un rôle de facilitateur, rôle qui pourrait aussi être adopté par une structure privée de type Prestataire de Service Logistique (PSL)(Fulconis, 2019). Par ailleurs, elle pourrait aussi être reproduites dans d'autres services publics, dans la mesure où ces derniers joueraient également un rôle central d'institution.

La recherche action et son cadre d'analyse.

Tout projet de recherche action comporte plusieurs phases (collecte de données, communication des résultats, analyse, planification de nouvelles actions etc.) (Beckard & Harris, 1987; Schein, 1999; Coughlan & Coughlan, 2002). Chacune de ces phases nécessite une combinaison d'action participative et de réflexion critique dans le but d'extraire les informations utiles afin d'augmenter la connaissance de l'objet (Dick, 2004). Nous avons mené trois phases distinctes, chacune d'entre elles ayant été conçue après l'évaluation des résultats d'une phase précédente, comme le recommandent Beckard & Harris, (1987), Schein,

(1999), Coughlan et Coughlan, (2002). La première phase a permis d’analyser les relations d’agence en mobilisant la vision normative de la théorie de l’agence, c’est-à-dire que nous avons analysé les divergences d’intérêts et les asymétries qui en résultent. Pour la seconde phase nous avons utilisé l’approche positive de la théorie de l’agence, qui nous permettait d’étudier les mécanismes de prolongation du contrat et les incitations nécessaires pour diminuer les coûts de coopération. La troisième phase a consisté en l’établissement d’une architecture *blockchain* qui réponde aux problématiques soulevées dans les deux premières phases. Notons que nous avons adopté une position de « consultant-intervenants » au cours de ces phases, comme le propose Schein, (1969).

L’analyse des relations a été réalisée selon l’ordre chronologique (figure 1) d’un voyage, terme qui désigne l’affrètement de marchandises dans le domaine fluvial

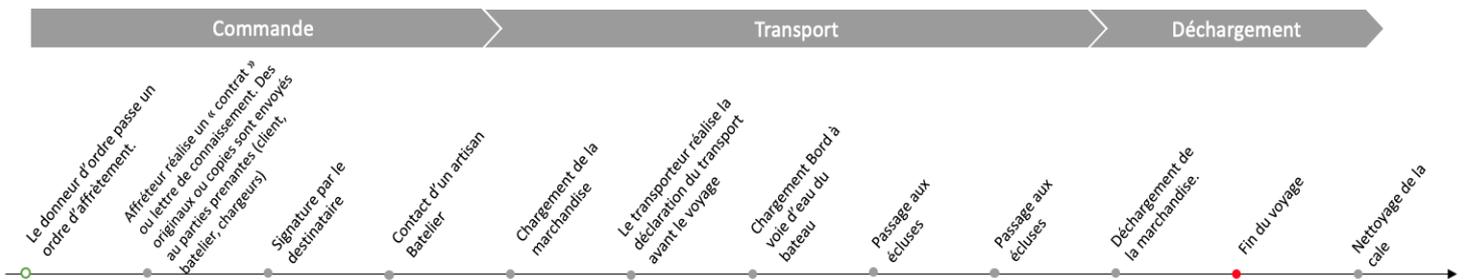


Figure 2: Détail d'un voyage. Source ESN.

La représentation des relations entourant GRF étant très complexe, nous n’avons retenu pour la modéliser que les quatre acteurs centraux du transport fluvial : le donneur d’ordre, l’affréteur, le batelier et GRF. Donneur d’ordre, affréteur et batelier sont liés par trois relations d’agence centrées sur GRF (cf. figure 2) et deux relations d’agence en cascade régissent donneur d’ordre – affréteur et affréteur – batelier.

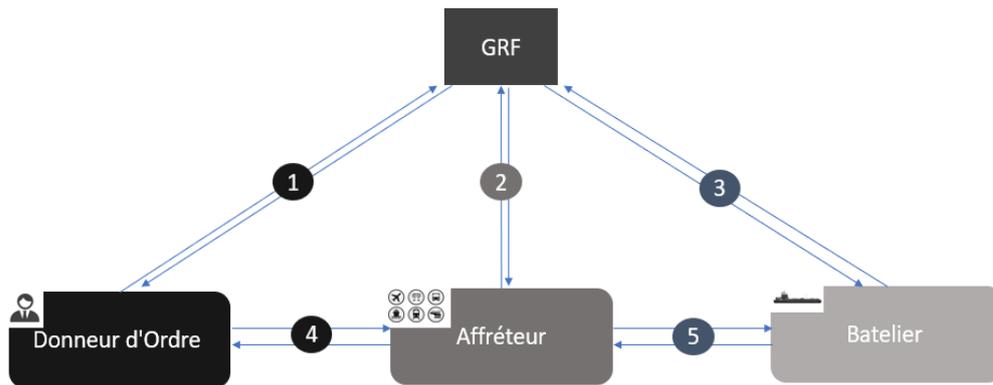


Figure 2 : Relations d'agence entourant GRF. *Source : Auteurs.*

Toutefois, même s'il existe une « communauté d'intérêts » entre les participants au projet, les intérêts ne sont pas nécessairement de même nature. Le donneur d'ordre raisonne comme une puissance privée et souhaite faire jouer la concurrence entre les affréteurs pour diminuer le coût du transport. L'affréteur, quant à lui, a plutôt intérêt à maximiser son utilité, et à faire valoir un prix de transport plus élevé en incitant une proposition de services motivés par une rentabilité financière, auprès des bateliers. Le batelier cherche lui aussi à maximiser son utilité, soit il se lie à un affréteur, soit il gagne des marchés de transport via une bourse de fret. GRF raisonne comme une institution publique, et souhaite augmenter la part du fluvial dans le transport national, en application de la politique gouvernementale. Il est donc indispensable d'éviter les comportements opportunistes et de maintenir l'équilibre entre les partenaires en organisant des relations de coopération.

Résultats

Pour présenter les résultats, nous reprenons les 4 phases de tout projet de recherche-action (Thiétart, 2014).

Phase 1 et 2 : Analyse des relations d'agence

Relation d'agence entre Donneur d'ordre et Affréteur

Le donneur d'ordre achète des prestations d'acheminement de marchandises auprès de l'affréteur. Dans le cadre du transport fluvial, trouver un affréteur revêt une difficulté supérieure par rapport à d'autres infrastructures, routière ou rail par exemple, car il existe peu

de plateformes de mise en relation des donneurs d'ordre avec les affréteurs. Aussi les marchés sont réalisés de grès à grès dans la plupart des cas. Afin de faire jouer la concurrence, le donneur d'ordre n'a pas forcément intérêt à ce que l'affréteur mette en place un outil de gestion trop spécifique de type EDI qui le maintiendrait dans une position de lock-in. Malgré tout le système d'information doit pouvoir véhiculer des données spécifiques relatives à la marchandise transportée : transport de matières dangereuses dans le cadre de la chimie, transport de déchets d'un type particulier, ou encore de transport de céréales d'un type particulier, bio ou autre.

Ainsi l'affréteur compte sur l'emploi d'un système d'information interopérable avec son propre système d'information pour éviter des ressaisies inutiles, fastidieuses, et coûteuses ; il souhaite avoir des garanties de suivi du contrat passé avec l'affréteur pour se prémunir de l'aléa moral et de l'opportunisme. Le donneur d'ordre délègue à l'affréteur son autorité dans un contrat qui lie chacune des deux parties sous forme de lettre de voiture. Ce contrat stipule un transfert de responsabilité du donneur d'ordre à l'affréteur. Il lui délègue ainsi son pouvoir de contrôle.

L'affréteur a de son côté tout intérêt à entretenir une relation longue avec le donneur d'ordre, et à développer un système d'information spécifique pour se prémunir d'une rupture de contrat, et du jeu de la concurrence qui pourrait l'amener à baisser son coût de transport. Les affréteurs les plus importants ont développé des systèmes informatiques qui leur permettent de suivre en temps réel les marchandises et de prouver ainsi au donneur d'ordre leur bon acheminement. Au cours de notre étude nous avons remarqué que les affréteurs craignent que GRF s'équipe en un système d'information plus performant, c'est-à-dire possédant des qualités d'interopérabilité et de confidentialité supérieures. Jusqu'à présent l'asymétrie d'information était profitable aux affréteurs. Cependant, dans le but de rendre son infrastructure plus attractive, GRF met en place une circulation de l'information qui tend à rééquilibrer les pouvoirs. Par ailleurs, GRF a développé des outils qui contraignent l'affréteur à déclarer les voyages, le nombre de kilomètres parcourus ainsi que le tonnage transporté. Ces données sont utilisées pour calculer un droit de péage, une forme de taxe prévue par GRF. Soulignons que l'implantation de cet outil a été très mal perçue par les usagers du fluvial qui ont cessé de payer cette taxe. Nous pouvons résumer l'ensemble relationnel suivant la théorie de l'agence dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1. Synthèse de la relation d'agence entre Donneur d'Ordre et Affréteur. Source : Auteurs.

Relation d'agence	Relation d'agence identifiée entre donneur d'ordre et affréteur
Asymétrie d'information	Asymétrie d'information possible, l'affréteur en sait plus sur les modalités du transport fluvial que le donneur d'ordre.
Mécanisme de contrôle	Le donneur d'ordre pourrait installer des moyens de tracking, mais cela deviendrait trop cher et finalement peu intéressant par rapport à la route.
Mécanismes d'incitation	Le donneur d'ordre engage des relations sur le long terme avec reconduction du contrat en fonction du déroulement des acheminements. Incitations financières possibles.
Mécanismes de renforcement de la confiance par la blockchain	La <i>blockchain</i> doit lever l'asymétrie informationnelle. Le donneur d'ordre doit avoir accès à la localisation de sa marchandise, et avoir la certitude que l'acheminement s'est déroulé dans le respect des procédures du contrat.

Relation d'agence entre Affréteur et Batelier

L'affréteur transmet les demandes de transport à des bateliers et organise le voyage en coordonnant l'activité au plus juste. Le transport fluvial imposant une massification des flux, il est important que le volume de remplissage des barges soit optimisé. Plusieurs types de contrats existent avec les bateliers. Il existe deux catégories de bateliers : des indépendants et des bateliers affiliés à des affréteurs. Dans la majorité des cas, l'affréteur a besoin de sécuriser le contrat avec les bateliers. Pour cette raison, l'affréteur est plus susceptible d'engager des contrats à long terme avec les bateliers ce qui leur garantit un volume de chiffre d'affaires. Certains affréteurs ayant des prestations tout au long de l'année préfèrent gérer leur propre flotte. L'affréteur délègue au batelier la responsabilité de la marchandise sous forme de connaissance fluvial. Pour gérer les cas d'opportunité éventuels du batelier, l'affréteur a mis en place des contrôles qui suivent les contrôles opérés par GRF. Les bateliers remettent à l'affréteur et à GRF certains documents notamment le certificat de nettoyage de la cale. Il faut distinguer ici deux cas : celui du vrac et celui du transport conteneurisé.

Dans le cas du vrac, le nettoyage de la cale est un élément important, d'autant plus lorsqu'il s'agit de transport de céréales (possible « contamination » d'un lot par un autre). Le marinier ou batelier devra apporter la preuve du bon nettoyage en remplissant des documents « papier » stipulant qu'il a effectivement respecté les procédures. Dans le cas du transport conteneurisé, c'est le suivi des conteneurs qui devra être important, un transport pouvant faire

l'objet de 60 conteneurs. La traçabilité associée devra être exhaustive. Les organisateurs de fret, commissionnaires ou affréteurs devront ensuite gérer les ruptures de charge, pré et post acheminement et faire le lien avec les ports maritimes. Ils auront aussi à gérer les conteneurs, une fois vides : entreposage et retour vers les compagnies propriétaires de ces conteneurs.

Ces flux de transport nécessitent des moyens d'information que le batelier ne désire pas forcément mettre en place au regard du coût engendré ; un coût qui alourdit la prestation et qui rend le batelier moins compétitif. A ceci s'ajoute le fait que l'infrastructure de GRF s'agrandit et que cette organisation va être en mesure de faire circuler des bateaux des voisins européens dotés de plus grandes capacités et de systèmes d'information plus performants. Sous l'impulsion de la politique environnementale du gouvernement, GRF désire rétablir un équilibre informationnel propice au développement économique de sa structure. Nous pouvons résumer l'ensemble relationnel dans le tableau suivant (tableau 2).

Tableau 2. Synthèse de la relation d'agence entre Affréteur et Batelier. Source : Auteurs.

Relation d'agence	Relation d'agence identifiée entre affréteur et batelier.
Asymétrie d'information	Asymétrie d'information possible, le batelier en sait plus sur les modalités du transport fluvial que l'affréteur
Mécanisme de contrôle	L'affréteur possède un système d'information mais au-delà d'un certain niveau de contrôle, l'investissement devient trop élevé et met en risque sa rentabilité.
Mécanismes d'incitation	L'affréteur engage des relations sur le long terme avec le batelier et une reconduction du contrat en fonction du déroulement des acheminements. Incitations financières possibles.
Mécanismes de renforcement de la confiance par la blockchain	La <i>blockchain</i> doit permettre une production de service par l'intermédiaire d'un gain informationnel : gestion des stocks, gestion des retours à vide, gestion des emplacements de chargements/déchargements, etc.

Phase 3 : Etablissement d'une architecture *Blockchain*

Le projet de mise en place d'un système d'information élargi employant la *blockchain* a été conduit selon quatre angles de réflexion : la place de GRF dans les relations qu'il entretient avec son écosystème, la transparence à mettre en œuvre pour éviter les asymétries d'information, le coût de la *blockchain* envisagée, et la gouvernance qui en résulte.

Place de GRF dans son écosystème

Concernant le premier angle de réflexion, si nous observons les différentes relations au sein du consortium, GRF est placé dans une position centrale sans pour autant être co-contractant. GRF est ainsi le centre névralgique, support des contrats passés entre donneurs d'ordre, affréteurs et bateliers. Le projet devrait s'accompagner nécessairement de la construction d'un réseau autour du système d'information que nous souhaiterions mettre en place, tout comme on a pu le constater sur différents consortiums qui se sont constitués. L'élaboration d'un réseau autour de l'expérimentation permettrait à GRF d'avoir une place centrale, d'affirmer son pouvoir institutionnelle, de rétablir un équilibre entre artisans bateliers faiblement informatisés et affréteurs. Cependant, il s'agit d'une hypothèse de travail car GRF n'a pas décidé si le projet était une expérimentation ou si celui-ci avait pour vocation de s'étendre à toute l'institution. Toutefois l'environnement direct de GRF montre que des acteurs importants du secteur maritime se sont équipés de technologies *blockchain* afin d'accélérer les démarches douanières et assurer une meilleure traçabilité du transport conteneurisé.

Asymétries d'information et Transparence

GRF doit donc faire face à des systèmes d'information différents dans son environnement direct et s'il désire opérer des couplages forts, il doit pouvoir se mettre au même niveau de digitalisation que les acteurs importants du secteur maritime en proposant une solution interopérable. Notre recherche s'est concentrée sur des systèmes interopérables ou sur des technologies de l'information permettant dans la mesure du possible un certain degré de compatibilité. Pour cette raison, les EDI semblent être un frein, même si le format ERINOT⁹ est mis en avant par GRF pour des raisons de normes Européennes. Les formats EDI risquent, en effet, de ne pas pouvoir être suffisamment évolutifs ; par ailleurs ils forment un système fermé (Ehram, 2017; Fiaidhi et al., 2018). En effet, deux formats EDI ne sont pas souvent compatibles entre eux. Le fait est que l'on peut associer une empreinte numérique aux EDI, et donc tracer ces messages et y ajouter un système de preuves. En conséquence, nous

⁹ Norme de format EDI Européen. Le message de notification ERI (ERINOT) est une utilisation spécifique du message UN/EDIFACT « Notification internationale d'expédition et de transport de marchandises dangereuses (IFTDGN) ». Développé au sein de l'organisation PROTECT. https://unece.org/sites/default/files/2021-01/Appendices_en.pdf

nous sommes dirigés vers un système compatible également avec des systèmes de types EDI et par conséquent avec le format ERINOT.

Le second point de réflexion du projet a été la transparence. En effet, le déploiement des *blockchain* est basé sur une idée de la transparence totale des transactions comme apport de la confiance. Or, même si la décentralisation induite par l'emploi d'une *blockchain* suppose la transparence des échanges, le secteur de la *supply chain*, tout comme celui de l'industrie ou plus généralement du monde des affaires, repose sur confidentialité absolue des échanges. Respect de la confidentialité et transparence apparaissent comme antinomiques. La base technologique de la *blockchain* est la production de preuves attachées aux transactions et par voie de conséquence aux données. La production de ces preuves est le résultat du respect des normes et procédures entourant les échanges. Dès lors, il n'est pas nécessaire d'avoir toutes les informations en main : si la preuve est ajoutée, c'est que les conditions entourant la transaction ont été respectées. Pour ce faire nous avons travaillé avec une start-up (« Start-Up X » cf. Annexe 1) spécialisée la production d'empreintes numériques. Ces empreintes sont utilisées comme valeurs probantes des documents auxquelles elles sont rattachées. La *blockchain* sert de point d'ancrage de ces empreintes. La start-up X relie chaque document à trois preuves. Dans le système proposé, seuls ceux qui participent effectivement à la transaction ont accès aux documents, les personnes extérieures à cette transaction n'auront accès qu'aux empreintes. On réconcilie de cette manière la confidentialité des échanges et la transparence.

Architectures blockchain et coûts associés

Notre troisième point de réflexion a été la diminution du coût de la *blockchain*. Concernant la structure de la *blockchain* en elle-même, notre démarche nous a amené à rejeter les formes de *smart* contrats compliqués ; nous avons souhaité établir un modèle de *blockchain* sans faire appel aux *smart* contrats pour des raisons de coût et d'évolutivité. Dans la majorité des cas, les *smart* contrats servent à valider les données entrantes par des mécanismes de contrôle de cohérence. Dans notre projet, les mécanismes de contrôle de cohérence sont effectués par des outils classiques de gestion de bases de données, en dehors de la *blockchain*, on parle dans ce cas de traitement « off-chain ». Toutefois tout ce qui est de l'ordre des signatures numériques, authentification, notariation repose sur des technologies *blockchain*.

Les outils *blockchain* ont ainsi été réduits à leur plus simple expression en utilisant principalement des fonctions de signatures numériques pour authentifier les certificats liés à la

navigation des bateaux, le contrôle du chargement et déchargement. Les preuves de ces manipulations sont des hash cryptographiques inséparables des documents.

Gouvernance et blockchain

La gouvernance est le quatrième sujet qui a occupé ce projet. Ce point n'a pas été mis en avant immédiatement dans la réflexion de GRF. Pourtant, la gouvernance a été au centre de nombreuses discussions pour les managers de l'ESN chargés de mettre en place ce système. Dès lors, on ne peut pas dire qu'il y a eu une mise en cohérence du système d'information avec la stratégie de l'organisation. Cette absence de mise en cohérence s'explique par la séparation entre les entités de management et le service Informatique chez GRF.

La question de la gouvernance est amenée par le choix à opérer entre deux configurations (cas 1 et 2) : dans une *blockchain* de consortium (cas 1), les membres sont à égalité de droits ; dans un système hybride (cas 2), où un serveur est associé à des mécanismes d'authentification de la *blockchain*, GRF reste souverain sur ses données et son pouvoir de décision.

Pour être plus précis dans le cas 1, le consortium *blockchain* nécessite la création d'une entité de gouvernance, appelée key management (cf. *supra*), composée des représentants de chaque organisation faisant partie du consortium *blockchain*. La fonction de ces entités de gouvernance est d'assurer et de répartir un pouvoir de décision au sein du consortium. Ceci mettrait donc à égalité de droits GRF avec les autres participants du consortium. Or dans le cas étudié, GRF étant l'entité dirigeante cette situation est peu envisageable. Toutefois cette hypothèse a été présentée à GRF à des fins de simulation, ainsi qu'à des fins d'acculturation sur la *blockchain*, cette vision de l'impact de la technologie n'ayant pas été anticipée.

Dans le cas 2, GRF ne fait pas partie d'un consortium, mais laisse plusieurs choix à ses utilisateurs : appartenir à une *blockchain*, être membre d'un consortium, ou d'une autre organisation, voire d'utiliser des EDI. Le seul impératif serait que le mode de communication développé du côté entreprise privée soit interopérable avec le système d'information développé côté GRF. Il en résulterait, un système d'information proposant un mode d'incitation, dont l'objectif est la production de documents authentifiés dans le respect des règles édictées par GRF.

En synthèse sur ces points nous proposons le tableau 3 ci-dessous :

Tableau 3. Synthèse des problématiques de gouvernance. Source: Auteurs.

Thème de réflexion	Positionnement/solution
Place de GRF dans son écosystème	GRF se positionne comme une institution, dont le rôle est indispensable à la gestion des droits et des accès sur le domaine fluvial. Des acteurs privés du domaine maritime et portuaires se sont équipés en <i>blockchain</i> ou ont adhéré à des consortiums. Il y a donc un risque pour GRF d'être contraint d'appartenir à un consortium ou de devoir céder certains droits sur les données exploitées. Il y a par conséquent un risque de perte de pouvoir.
Asymétries d'information et transparence	L'équipement informatique n'étant pas de même nature et de même niveau pour chaque acteur, GRF doit en conséquence s'équiper d'un système d'information interopérable.
Architectures <i>blockchain</i> et coûts associés	La complexité et le coût des <i>smart</i> contrats nous amènent à en limiter l'usage. Un regard a été porté également sur les solutions d'hébergement, et sur l'adhésion au système de nouveaux membres, de manière à ne pas alourdir le coût du péage.
Gouvernance et <i>blockchain</i>	En tant qu'institution, GRF doit avoir un système d'information qui lui permet d'exercer son pouvoir. La solution de consortium, mettant chacun de ses membres à égalité de droits, ne semble pas être la meilleure solution. Une solution hybride (serveur + mécanismes de la <i>blockchain</i>) semble être une meilleure option.

Phase 4 : le choix d'un mode de gouvernance

Dans le tableau n° 4, nous montrons différents scénarios, dans lesquels la forme de gouvernance de la *blockchain* impacte les relations de manières différentes. Dans le choix final, bien que nous en fassions l'analyse dans le tableau n°4, nous avons écarté le scénario *blockchain* privée car il ne correspond pas à un optimum de coopération. En effet, dans une *blockchain* privée, les participants inscrivent leurs données dans la *blockchain* ; il en résulte un rapport unilatéral et une possible intégration verticale de la donnée par GRF. De ce fait, ce mode de fonctionnement entraîne une prise en charge financière intégrale de la solution, dans une logique de verticalisation de la donnée. En outre, cette solution risquerait d'entrer en concurrence avec d'autres solutions, et marquerait plus encore la divergence d'intérêt entre affréteur (monde privé) et GRF (institution publique). GRF ne le désire pas. Il n'est pas souhaitable non plus que GRF ne soit pas en lien avec des *blockchains* car dans ce cas, cette organisation serait en asymétrie d'informations par rapport à son écosystème.

	BC privée	BC consortium	Solution GRF
Situation de GRF envisagée	<p>GRF (-), écosystème (+) L'écosystème autour de GRF s'établit en autant de <i>blockchains</i> privées, constituant un maillage complexe de relations marquées par une verticalisation du donneur d'ordre sur l'affréteur et/ou de l'affréteur sur le batelier.</p> <p>GRF (+), écosystème (+) GRF construirait sa propre <i>blockchain</i> privée et serait le pivot indispensable de la chaîne de valeur de chaque entreprise faisant appel à ses services.</p>	<p>GRF (-), écosystème (+) GRF serait entouré de <i>blockchains</i> de consortium.</p> <p>GRF (+), écosystème (+) Appartenance de GRF à une <i>blockchain</i> de consortium. <i>Blockchain</i> coconstruite avec égalité de droits entre tous les participants.</p>	<p>GRF (+), écosystème (+) GRF gère les certifications documentaires par des mécanismes de <i>blockchain</i> interopérables avec tous types d'outils collaboratifs, BC privée, BC de consortium, EDI etc. GRF contraint ses usagers à des déclarations de base.</p>
Convergence/divergence d'intérêts	<p>Divergence d'intérêts forte entre GRF et son écosystème. Pas forcément de divergences d'intérêts entre les membres d'une BC privée. Le Principal trouve son intérêt dans la diminution du coût d'opportunisme et l'Agent dans la diminution du coût de dédouanement.</p> <p>Convergence d'intérêts : GRF prendrait à sa charge toutes les dépenses de construction de la BC privée. Divergences d'intérêts : les frais seraient répercutés sur les péages ou autre. Pas d'accès à toutes les informations, et surtout pas d'accès aux <i>smart contracts</i>.</p>	<p>Pas de convergences d'intérêt entre les consortiums et GRF. A l'intérieur des consortiums des convergences d'intérêts sont fortes.</p> <p>Présence d'un jeu de coopération, chacun est amené à respecter les termes des contrats. Enfreindre les règles posées par le <i>smart contrat</i> revient à enfreindre ses propres règles. Principe de la théorie des jeux appliquée à la <i>blockchain</i>, la « triche » apporte un gain inférieur à la coopération (Liu et al., 2019).</p>	<p>Pas de divergence d'intérêts entre GRF et son écosystème. Convergence d'intérêts sur le développement des services des différentes entreprises qui entourent le GRF. Mise à disposition des outils de certification documentaire issus des mécanismes d'authentification des technologies <i>blockchain</i>.</p>
Asymétrie d'information/confiance	<p>GRF en asymétrie d'information par rapport à son écosystème ; poserait des soucis de coordination, notamment aux écluses (anticipation de l'arrivée d'une barge, déclaration douanière non facilitées etc.).</p> <p>Ecosystème en asymétrie d'information par rapport à GRF.</p>	<p>Ecart informationnelle de GRF vis-à-vis de son écosystème serait encore plus grand qu'il ne l'est actuellement.</p> <p>L'asymétrie d'information est très réduite</p>	<p>Asymétrie d'information faible entre GRF et son écosystème. A l'intérieur de l'écosystème jeux de pouvoir en fonction des différentes configurations existantes.</p>
Coûts d'agence et gains de coopération	<p>Pas de gains de coopération pour GRF. Pas de gain de coopération pour l'ensemble des membres de la BC privée.</p> <p>Coûts de surveillance élevée pour GRF, coût de dédouanement faible pour les donneurs d'ordre, affréteurs et bateliers. Pas de gain de coopération. Dégradation de la relation GRF/Ecosystème, mesure qui entraîne une hausse du coût de la solution fluviale.</p>	<p>Notre modèle ne nous permet pas de savoir ce qu'il adviendrait dans ce cas des coûts d'agence pour GRF. Cette question reste ouverte, et mériterait des études empiriques. En revanche il y aurait là un gain d'efficacité et un gain de coopération à l'intérieur des consortium, cela pourrait contribuer à rendre malgré tout la solution fluviale intéressante.</p> <p>Le coût de surveillance est également réparti entre les membres, le coût de dédouanement pourrait être supporté par GRF en tant qu'institution, sous forme d'incitations financières, et le coût d'opportunité réduit. Gain d'efficacité et gain de coopération peut être envisagé pour l'ensemble GRF et son écosystème et rendrait la solution fluviale intéressante.</p>	<p>Coût d'agence faible pour GRF qui développe un service a minima (sans <i>smart contracts</i>) et interopérable. Un gain d'efficacité existe: les déclarations ne seront plus remplies à la main et des statistiques pourront être calculées de façon plus rapide et aisée. GRF serait en mesure malgré tout d'être partie prenante au sein des consortium qui se formeraient.</p>

Tableau 4. Déterminants de la TPA en fonction de la situation de GRF. Source: Auteurs.

Reprenons, maintenant les deux types de gouvernance susceptibles d'être retenus.

Adoption du modèle Blockchain de consortium.

Nous précisons qu'en raison d'un nombre important d'algorithmes de consensus, il existe plusieurs types de *blockchain* de consortium et dans le cas présent nous posons comme postulat des droits équitablement répartis à l'intérieur d'un consortium¹⁰, ce qui peut ne pas toujours être le cas (Xu et al., 2017 ; Bashir, 2018 ; Mølken, 2018 ; Badr et al., 2018 ; Karrer, 2018). Cette égalité de droits entre les membres du consortium implique que chacun a la possibilité d'inscrire des *smart contracts* sur l'espace commun qu'est la *blockchain*. L'entité de gestion des *smart contracts* est appelée « key management ». Cette entité peut être assimilée à une instance de gouvernance multipartites. L'application de nouveaux *smart contracts* serait donc arbitrée suivant des règles de votes établis par le « key management ». Dans cette configuration GRF est un agent tout comme l'entreprise « B » donneur d'ordre ou affréteur avec le consortium comme principal (cf. figure n°3).

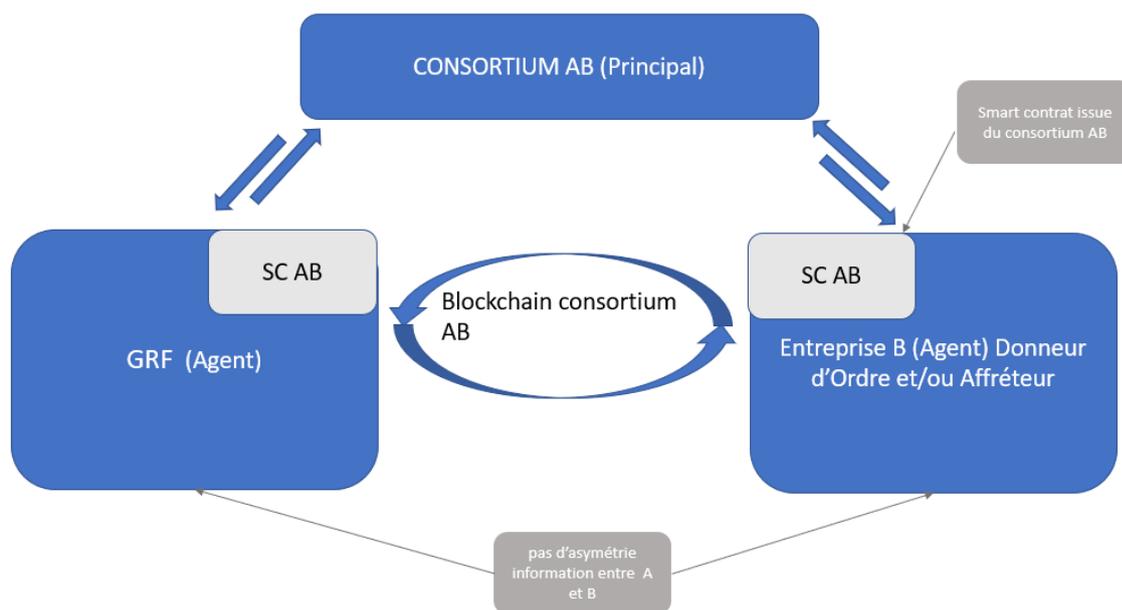


Figure 3: Schéma de la relation de consortium *blockchain* entre GRF et Entreprise « B ».

Bien que cette solution puisse sembler idéale (cf. tableau 4), elle n'est pas souhaitable pour GRF. En effet, elle positionne GRF à égalité de droits sur l'exploitation d'un domaine qui lui incombe. Toutefois la démarcation public – privée est complexe et n'a pas été

¹⁰ Des variantes peuvent exister suivant le mode d'algorithme de consensus employé (Proof of Stake, Delegated Proof of Stake, Proof of Authority, Proof of Elapsed Times, etc.).

anticipée par l'institution car GRF n'envisageait pas la solution *blockchain* comme étant source de repositionnement de sa gouvernance.

Adoption du modèle hybride

La proposition du modèle hybride apporte plusieurs réponses aux problématiques des solutions « *blockchain* privée » et « *blockchain* de consortium ». Ce mode hybride diminue le coût d'équipement en *blockchain*, car il réduit le recours aux *smart contracts*, et il utilise des modes de *blockchain* publiques sans en subir le coût de fonctionnement. En effet, certaines solutions *blockchain* utilisent les *blockchain* publiques telles que Bitcoin ou Ethereum et ne mobilisent pas les mécanismes parfois lourds d'adhésion à la *blockchain* de consortium. Les modes de fonctionnement utilisés sont actionnables depuis une plateforme web et ils s'appuient parfois sur le transfert d'un actif numérique unique¹¹. Dans le cas proposé à GRF, il s'agit d'aller chercher un hash numérique produit par une *blockchain* publique comme moyen de preuve. Cet actif numérique est traçable dans une *blockchain*. Il permet ainsi de suivre de façon transparente la chaîne logistique. En cas de litige, il est donc plus facile d'attribuer des responsabilités. Toutefois, les acteurs de ces chaînes logistiques doivent en adopter le principe impliquant un minimum de convergence d'intérêt. Ce type de *blockchain* est par exemple utilisé dans la grande distribution¹².

Les transactions étant encadrées par des mécanismes de contrôles de cohérence opérés dans des serveurs destinés, la preuve de leur bonne exécution, par la production d'une empreinte numérique (hash), suffit. Les mécanismes de la *blockchain* sont porteurs de garanties de la bonne exécution des processus de contrôle de l'entreprise et d'authentification donc, de confiance dans les échanges.

¹¹ Un actif numérique ou token dans la *blockchain* est un jeton non duplicable mais transférable entre deux parties sur internet. Fongibles et/ou divisibles si nécessaire (Aubert et al., 2018, p. 42). La récente évolution des technologies permet désormais d'utiliser des Tokens non fongibles (NFT : Non fongible Token).

¹² <https://cryptoactu.com/nft-cdiscount-inscrit-tracabilite-colis-sur-blockchain/>

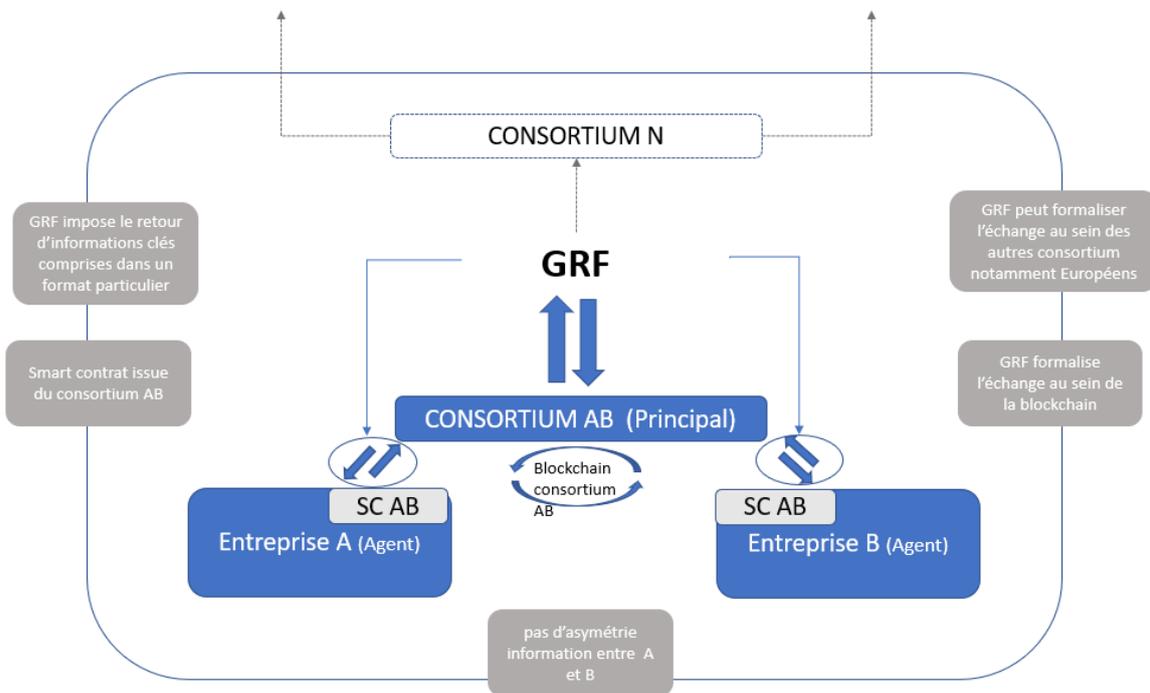


Figure 4: Proposition de l'ESN à GRF. Source: Auteurs.

Dans cette solution, les entreprises utilisatrices des services de GRF peuvent faire partie d'un consortium *blockchain*, d'une *blockchain* privée ou fonctionner avec une architecture plus classique d'EDI, la solution proposée à GRF est interopérable. GRF n'entre pas dans les détails des transactions, seules les informations obligatoires lui sont communiquées (lieu de départ, lieu de destination, tonnage, type de matière transportée, société de transport). Le détail de la transaction n'est connu uniquement que par ceux qui effectuent cette transaction. Dans ce nouvel environnement, il s'agit pour GRF d'avoir une position centrale d'autorité institutionnelle et de considérer qu'autour de lui se sont constitués d'autres consortium qui font déjà œuvre de coopération. Pour réaliser cet objectif, il devient donc nécessaire de construire ce futur outil en ayant comme stratégie de devenir un consortia de consortium. Le projet informatique n'est plus seulement alors de nature technologique mais également de nature organisationnel, avec objectif de réunir différents réseaux d'utilisateurs.

Implications managériales

Tout d'abord, la convergence d'intérêt s'exprime suivant deux temporalités observées dans les projets : une convergence d'intérêt nécessaire à la construction du consortium en

amont du projet, puis une convergence d'intérêt en aval de projet. Cette dernière est renforcée lors de la mise en application du projet *blockchain*. Cette première convergence facilite la naissance d'expérimentations. L'utilisation de la *blockchain* vient renforcer cette première mise en commun des intérêts. En effet, l'outil *blockchain* nécessite la mise en place d'une démarche collaborative et cet outil matérialise la fonction de lien de confiance nécessaire à l'élaboration de méthodes de gestion partagée.

En dehors de la convergence d'intérêt, il se développe une dynamique de coopération au sein d'un consortium *blockchain*, car chaque acteur est amené à respecter les termes des contrats pour deux raisons. La première raison étant que, pour un membre d'une *blockchain*, enfreindre les règles posées par le *smart contrat* ou l'algorithme de consensus reviendrait à enfreindre ses propres règles, puisqu'elles ont été décidées lors des réunions de mise en commun en amont du projet. La deuxième raison s'appuie sur le principe de la théorie des jeux appliquée à la *blockchain*. En effet, le principe de construction des *blockchain* implique que la non coopération apporte un gain inférieur par rapport à la coopération (Liu et al., 2019), avec le risque de répudiation du consortium. La convergence d'intérêt n'est donc pas une condition absolue à l'adhésion aux *blockchain*

Ensuite, en ajustant les *smart contrats* et les algorithmes de consensus, la *blockchain* permettrait d'établir un mode de gouvernance particulier au sein duquel un équilibre entre les coûts de surveillance et les coûts de dédouanement se crée. Il est raisonnable de penser que dans sa forme ultime de répartition des droits, c'est-à-dire en présence de coopération entre les membres d'un consortium, le coût d'opportunité peut être réduit à son extrême limite.

Enfin, bien qu'elle puisse sembler idéale, la *blockchain* de consortium pose la question d'un type de gouvernance particulier (égalité des droits de décision et « ingérence » dans les affaires privées). Ainsi, dans le cas de GRF, la question centrale est la suivante : comment rester propriétaire d'un domaine fluvial sans exploiter toutes les données qui y sont rattachées et surtout comment être allocataire de la confiance ? La réponse à cette question se situe dans le rôle que peut jouer GRF en mettant à disposition des outils de certification documentaire issus des mécanismes d'authentification des technologies *blockchain*. Cette façon d'automatiser les process et leur certification est un gage de confiance pour l'ensemble de l'écosystème, c'est-à-dire les donneurs d'ordre, les affrêteurs et les bateliers. En quelque sorte la solution proposée à GRF est une solution médiane par rapport aux usages potentiels de la *blockchain* (cf. figure n°4).

Autre point, l'apport de confiance attribué à la *blockchain* (Nakamoto, 2008¹³; Werbach, 2018a) est à nuancer. En effet, même si la confiance est un des effets de la *blockchain*, cette confiance est préexistante à la naissance du projet. Dans les faits, à la confiance produite par la *blockchain*, s'ajoute une confiance issue de la mise en place de routines, d'un renouvellement d'expériences réussies, d'une recherche de solutions communes nécessitant de coopérer entre les acteurs de la *supply chain*. L'utilisation des technologies *blockchain* ne peut donc apparaître que si de solides relations entre les entreprises existent au préalable. Par conséquent, elle est moins une réponse commune à une problématique répandue en logistique (massification et optimisation du transport), qu'un phénomène adaptatif aux enjeux du monde actuel. L'utilisation de la *blockchain* nécessite ainsi une compréhension fine des besoins et des enjeux de chaque participant à la chaîne logistique. Par exemple dans le cas GRF, deux enjeux communs émergent clairement pour les acteurs impliqués : la nécessité (i) de prouver les efforts réalisés en matière de réduction des gaz à effet de serre et (ii) l'optimisation du transport. Ces enjeux communs créent des stratégies d'adaptation et donc de coopération dans un milieu compétitif que l'on peut qualifier de coopération (Dagnino et al., 2007 ; Daidj, 2017 ; Richou, 2017). Par ailleurs, par la traçabilité globale recherchée les acteurs se responsabilisent en créant ainsi une transparence du chemin logistique. Même si GRF n'adopte pas le système *blockchain* de consortium il en incite l'adhésion en ayant recours à un système hybride interopérable avec toutes les formes de *blockchain*.

La *blockchain* de consortium implique aussi des modifications importantes concernant les coûts d'agence. Cette modification part du constat que les relations entretenues entre agent et principal se retrouvent sur le plan de l'information en phase de symétrie. On pourrait supposer dès lors que le principal n'a plus de coût de surveillance lié au besoin d'exercer le contrôle et que l'agent n'a pas de coût lié au besoin de se « dédouaner ». Ces coûts existent toujours en réalité et sont compris dans la construction du système hybride et dans les frais de maintenance ou d'exécution de la *blockchain*. En ajustant les *smart contrats* et les algorithmes de consensus, la *blockchain* permettrait d'établir un mode de gouvernance particulier au sein duquel un équilibre entre les coûts de surveillance et les coûts de dédouanement se crée. Il est raisonnable de penser que dans sa forme ultime de répartition des droits, c'est-à-dire en présence de coopération entre les membres d'un consortium, le coût d'opportunité peut être

¹³ « We have proposed a system for electronic transactions without relying on trust. » (Nakamoto, 2008)

réduit à son extrême limite. Ainsi, la *blockchain* constituerait un optimum organisationnel, dans lequel non seulement un gain d'efficacité pourrait en être retiré mais également un gain de coopération sous forme d'apprentissage organisationnel.

Conclusion

L'objectif de notre travail était d'analyser les solutions *blockchain* envisageables au sein des chaînes logistiques afin d'accroître la transparence de l'information en retenant comme grilles d'analyse à la fois la théorie de l'agence et la théorie normative de l'agence. En nous appuyant sur une étude de cas, il ressort tout d'abord que si certains acteurs de la chaîne logistique étudiée profitaient jusqu'à maintenant de l'asymétrie d'information, la mise en place d'une solution *blockchain* rééquilibre les pouvoirs tout en facilitant l'accès aux informations nécessaires à la réalisation de la transaction (respect du contrat, localisation de la marchandise transportée, etc.). Nous soulignons aussi que la transparence et la confidentialité au sein des chaînes logistiques s'opposent. Cependant, il existe des solutions *blockchain* originales qui permettent de réconcilier confidentialité et transparence. Dès lors, les mécanismes de la *blockchain* sont porteurs de garanties de la bonne exécution des processus et donc de confiance dans les échanges. A cette confiance issue de l'outil *blockchain* s'ajoute aussi le fait qu'il existe déjà une confiance entre les acteurs de la *supply chain* souhaitant mettre en place un consortium.

Enfin, il apparaît que les *blockchain* de consortium nécessitent la mise en place d'instances de gouvernance facilitant la prise de décision par les acteurs impliqués ; leur rôle serait de distribuer les droits d'accès au réseau informatique et par extension au réseau logistique.

Toutefois, le travail mené n'est pas exempt de limites, et mériterait d'être complété dans plusieurs directions, ce qui ouvre des pistes de recherches complémentaires. Il serait, par exemple, intéressant d'enrichir notre analyse par d'autres études empiriques. Notre étude de cas concerne notamment une institution publique ayant une position d'autorité, mais apparaissant comme un facilitateur ; se pose ainsi la question de la dynamique des relations lorsque les acteurs au sein du consortium sont essentiellement des acteurs privés.

Par ailleurs, si nous avons choisi de mobiliser la théorie de l'agence et la théorie positive de l'agence, d'autres travaux pourraient être conduits en ayant recours à la théorie des réseaux, afin d'éclairer la naissance de nouvelles formes organisationnelles émergentes provoquées par l'utilisation des technologies *blockchain*.

Références

- Akerlof, G. A. (1978). The market for “lemons”: Quality uncertainty and the market mechanism. In *Uncertainty in economics* (p. 235- 251). Elsevier.
- Angelis, J., & Ribeiro da Silva, E. (2018). Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001>
- Argyris, C., Putman, R., Putnam, R. D., Smith, D. M., & others. (1985). *Action science* (Vol. 13). Jossey-bass.
- Atzei, N., Bartoletti, M., & Cimoli, T. (2017). A Survey of Attacks on Ethereum Smart Contracts (SoK). In M. Maffei & M. Ryan (Éds.), *Principles of Security and Trust* (p. 164- 186). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54455-6_8
- Aubert, J., de La Raudière, L., & Mis, J.-M. (2018). *Rapport d'information n°1501, Les blockchains un enjeu de souveraineté*.
- Axelrod, R. (1981). The Emergence of Cooperation among Egoists. *American Political Science Review*, 75(2), 306- 318. <https://doi.org/10.2307/1961366>
- Axelrod, R. (1996). *Comment réussir dans un monde d'égoïstes : Théorie du comportement coopératif*. Ed. O. Jacob.
- Axelrod, R. M. (2006). *The evolution of cooperation* (Rev. ed). Basic Books.
- Badr, B., Horrocks, R., & Wu, X. (Brian). (2018). *Blockchain by example: A developer's guide to creating decentralized applications using Bitcoin, Ethereum, and Hyperledger*. <http://proquest.safaribooksonline.com/?fpi=9781788475686>
- Bahga, A., & Madisetti, V. (2017). *Blockchain Applications : A Hands-On Approach*. VPT.
- Bajolle, E., & Godé, C. (2021). Blockchain et relations inter-organisationnelles dans la Supply Chain : Une approche par la théorie de l'agence. In *Post-Print* (hal-03226731; Post-Print). HAL. <https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-03226731.html>
- Baron, R., & Chaudey, M. (2019). *Blockchain and Smart-contract: A pioneering Approach of inter-firms Relationships? The case of franchise networks*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-02111603>
- Barraud, B. (2018). *Les blockchains et le droit*. 24.
- Bashir, I. (2018). *Mastering blockchain : Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained* (Second edition, fully revised and updated). Packt.

- Baskerville, R. L. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 2. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.00219>
- Baudry, B. (1992). Contrat, autorité et confiance : La relation de sous-traitance est-elle assimilable à la relation d'emploi? *Revue économique*, 43(5), 871- 893. <https://doi.org/10.2307/3502480>
- Baudry, B. (1993). Partenariat et sous-traitance : Une approche par la théorie des incitations. *Revue d'économie industrielle*, 66(1), 51- 68. <https://doi.org/10.3406/rei.1993.1496>
- Baudry, B. (2003). *Economie de la firme*. La découverte Paris.
- Baudry, B. (2005). *L'économie des relations interentreprises*. La Découverte.
- Beckard, R., & Harris, R. (1987). Organizational Transitions : Managing Complex Change. 2e éd. Reading, Massachusset: Addison-Wesley.
- Boughzala, Y. (2010). *Le rôle de la confiance dans l'adoption des systèmes d'information : Cas de l'e-achat public en France* [These de doctorat, Université Savoie Mont Blanc]. <https://www.theses.fr/2010CHAML012>
- Boxenbaum, E., & Battilana, J. (2005). Importation as innovation : Transposing managerial practices across fields. *Strategic Organization*, 3(4), 355- 383. <https://doi.org/10.1177/1476127005058996>
- Brousseau, E. (2001). Confiance ou contrat, confiance et contrat. *COLLOQUES-INRA*, 65- 80.
- Carmines, E. G. (1990). Zeller. RA (1979) Reliability and validity assessment. *Quantitative applications in the social sciences (Series/No. 07-017)*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Charreaux, G. (2000). La théorie positive de l'agence : Positionnement et apports. *Revue d'économie industrielle*, 92(1), 193- 214.
- Charreaux, G. & others. (1999). La théorie positive de l'agence : Lecture et relectures. G. Koenig.
- Checkland, P., & Holwell, S. (1998). Action Research : Its Nature and Validity. *Systemic Practice and Action Research*, 11(1), 9- 21. <https://doi.org/10.1023/A:1022908820784>
- Chen, W., Liang, X., Li, J., Qin, H., Mu, Y., & Wang, J. (2018). Blockchain Based Provenance Sharing of Scientific Workflows. *2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, 3814- 3820. <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622237>
- Coriat, B., & Weinstein, O. (2015). *Les nouvelles théories de l'entreprise : [Coût de transaction, économie des droits de propriété, théorie de l'agence, routines et*

- apprentissages, information et incitations, entreprise japonaise, entreprise fordienne.*
Librairie générale française.
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220- 240.
<https://doi.org/10.1108/01443570210417515>
- Dagnino, G. B., Leroy, F., & Yami, S. (2007). La dynamique des stratégies de coopération. *Revue française de gestion*, 33(176), 87- 98. <https://doi.org/10.3166/rfg.176.87-98>
- Daidj, N. (2017). *Coopération, coopération et innovation.*
- De Corbière, F., & Le Dû, A.-C. H. (2012). La qualité de l'information produit, vecteur d'une supply chain davantage durable. *Logistique & Management*, 20(2), 41- 52.
- De Corbière, F., Rowe, F., & Wolff, F.-C. (2012). *De l'intégration interne du système d'information à l'intégration du système d'information de la chaîne logistique* (halir.hal.00671507v1). HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00671507>
- De Filippi, P., Wright, A., Oneissi, M., & Ruffault, G. (2019). *Blockchain & droit : Le règne du code.*
- Dick, B. (2004). Action research literature : Themes and trends. *Action research*, 2(4), 425- 444.
- Dwivedi, S. K., Amin, R., & Vollala, S. (2020). Blockchain based secured information sharing protocol in supply chain management system with key distribution mechanism. *Journal of Information Security and Applications*, 54, 102554.
<https://doi.org/10.1016/j.jisa.2020.102554>
- Ehrsam, F. (2017, novembre 27). *Blockchain Governance : Programming Our Future – Fred Ehrsam.* Medium. <https://medium.com/@FEhrsam/blockchain-governance-programming-our-future-c3bfe30f2d74>
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532- 550.
- Fabbe-Costes, N., & Lazzeri, J. (2014). *Chapitre 9. Vers une hyper traçabilité et un hyper pilotage des chaînes logistiques ?* EMS Editions. <http://www.cairn.info/la-logistique--9782847696813-page-189.htm>
- Fiaidhi, J., Mohammed, S., & Mohammed, S. (2018). EDI with Blockchain as an Enabler for Extreme Automation. *IT Professional*, 20(4), 66- 72.
<https://doi.org/10.1109/MITP.2018.043141671>
- Fimbel, E. (2007). *Alignement stratégique : Synchroniser les systèmes d'information avec les trajectoires et manoeuvres des entreprises.* Pearson Education France.

- Fukuyama, F. (1995). *Trust [Texte imprimé] : The social virtues and the creation of prosperity* (BU Centre – Magasins Cotes G G30219). Hamish Hamilton; BU Rennes 1. <https://passerelle.univ-rennes1.fr/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat06143a&AN=bur.146001&lang=fr&site=eds-live>
- Fulconis, F. (2019). Pilotage de réseaux. Quel rôle pour le prestataire de services logistiques ? In *Post-Print* (hal-02280649; Post-Print). HAL. <https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-02280649.html>
- Greenwood, D. J., & Levin, M. (1998). Action research, science, and the co-optation of social research. *Studies in Cultures, Organizations and Societies*, 4(2), 237- 261. <https://doi.org/10.1080/10245289808523514>
- Gummesson, E. (2000). *Qualitative Methods in Management Research*. SAGE.
- Henderson, J. C., & Venkatraman, N. (1994). *Strategic alignment : A model for organizational transformation via information technology*. Oxford University Press: New York.
- Imeri, A. (2021). *Utilisation de la technologie blockchain pour l'amélioration de la confiance dans les processus de logistique et de transport* [These de doctorat, université Paris-Saclay]. <https://www.theses.fr/2021UPASG036>
- Jensen, C., & Meckling, H. (1976). *THEORY OF THE FIRM: MANAGERIAL BEHAVIOR, AGENCY COSTS AND OWNERSHIP STRUCTURE*. 56.
- Jensen, M., & Meckling, W. (1992). Specific and General Knowledge and Organizational Science. *Contract Economics*.
- Karrer, U. (2018). *Making Blockchain Real for Business*. 32.
- Koberg, E., & Longoni, A. (2019). A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 207, 1084- 1098. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.033>
- Kouhizadeh, M., & Sarkis, J. (2018). Blockchain Practices, Potentials, and Perspectives in Greening Supply Chains. *Sustainability*, 10(10), 3652. <https://doi.org/10.3390/su10103652>
- Lauras, M., Parrod, N., & Telle, O. (2003). Proposition de référentiel pour la notion d'entente industrielle : Trois approches dans le domaine de la gestion des chaînes logistiques. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 22(4), 5- 29. <https://doi.org/10.53102/2003.22.04.424>
- Lazaric, N., & Lorenz, E. (1998). *Trust and Economic Learning*. Edward Elgar Publishing.

- Lazzeri, J. (2014). *Vers une traçabilité totale des supply chains : Le cas de l'agroalimentaire en France* [These de doctorat, Aix-Marseille]. <https://www.theses.fr/2014AIXM2000>
- Lesueur-Cazé, M., Bironneau, L., Lux, G., & Morvan, T. (2022). Réflexions sur les usages de la blockchain pour la logistique et le Supply Chain Management : Une approche prospective. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 36(1), 60- 82.
<https://doi.org/10.53102/2022.36.01.917>
- Li, J., Wu, J., & Chen, L. (2018). Block-secure : Blockchain based scheme for secure P2P cloud storage. *Information Sciences*, 465, 219- 231.
- Liu, Z., Luong, N. C., Wang, W., Niyato, D., Wang, P., Liang, Y.-C., & Kim, D. I. (2019). A Survey on Applications of Game Theory in Blockchain. *arXiv:1902.10865 [cs]*.
<http://arxiv.org/abs/1902.10865>
- Medina, M. Z. J., Baudet, C., Doan, K., & Lebraty, J.-F. (2020). *Les impacts des technologies blockchain sous le prisme de la théorie de l'agence : Étude de cas multiple dans le domaine de la supply chain*. 19.
- Mevel, O., & Morvan, T. (2021). Relation de service, boucle de service et bouquet de services examinés dans un contexte logistique [Review of *Relation de service, boucle de service et bouquet de services examinés dans un contexte logistique*, par N. Morvan]. *European Review of Service Economics and Management*, 2021 – 2(n° 12), 35- 68.
<https://doi.org/10.48611/isbn.978-2-406-12261-6.p.0035>
- Millet, P.-A. (2008). *Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP* [Phdthesis, INSA de Lyon].
<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00343560>
- Mintzberg, H. (1997). *Structure et dynamique des organisations*. Éditions d'organisation.
- Mölken, R. van. (2018). *Blockchain across Oracle : Understand the details and implications of the Blockchain for Oracle developers and customers*.
<http://proquest.safaribooksonline.com/?fpi=9781788474290>
- Moore, J. (1996, avril 15). The death of competition. (excerpt from James Moore's book 'The Death of Competition : Leadership & Strategy in the Age of Business Ecosystems'). *Fortune*, v133(n7), p142.
- Moore, J. F. (1993). Predators and prey : A new ecology of competition. *Harvard business review*, 71(3), 75- 86.
- Murphy, P. R., & Daley, J. M. (1999). EDI benefits and barriers : Comparing international freight forwarders and their customers. *International Journal of Physical Distribution*

- & *Logistics Management*, 29(3), 207- 217.
<https://doi.org/10.1108/09600039910268700>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. 9.
- Osmani, M., El-Haddadeh, R., Hindi, N., Janssen, M., & Weerakkody, V. (2021). Blockchain for next generation services in banking and finance : Cost, benefit, risk and opportunity analysis. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(3), 884- 899. <https://doi.org/10.1108/JEIM-02-2020-0044>
- Plane, J.-M. (2000). *Méthodes de recherche-intervention en management*. Harmattan.
- Reitter, R., & Ramanantsoa, B. (2012). *Confiance et défiance dans les organisations*. Economica : Trust Management Institute.
- Reix, R. (2011). *Systèmes d'information et management des organisations*. Vuibert.
- Richou, S. (2017). *Coopétition en action*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.richo.2017.01>
- Rifkin, J. (2014). *La nouvelle société du coût marginal zéro : L'internet des objet, l'émergence des communaux collaboratifs et l'éclipse du capitalisme*. Editions Les liens qui libèrent.
- Saucède, F., & Fenneteau, H. (2017). Les blockchains et l'idéal de la traçabilité totale dans la chaîne logistique au prisme des théories du canal de distribution. In *Images de la Logistique Eclairages managériaux et sociétaux* (p. 49- 55).
<https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-01984296.html>
- Saussier, S., & Yvrande-Billon, A. (2007). *Économie des coûts de transaction*. La Découverte.
- Schein, E. H. (1969). *Process Consultation : Its Role in Organization Development*.
- Schein, E. H. (1999). *Process consultation revisited : Building the helping relationship*. Addison-Wesley Reading, MA.
- Shafagh, H., Burkhalter, L., Hithnawi, A., & Duquennoy, S. (2017). Towards Blockchain-based Auditable Storage and Sharing of IoT Data. *Proceedings of the 2017 on Cloud Computing Security Workshop - CCSW '17*, 45- 50.
<https://doi.org/10.1145/3140649.3140656>
- Silverman, D. (2015). *Interpreting Qualitative Data*. SAGE.
- Sklaroff, J. M. (2017). Smart Contracts and the Cost of Inflexibility. *University of Pennsylvania Law Review*, 166, 263.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016, mai 10). The Impact of the Blockchain Goes Beyond Financial Services. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2016/05/the-impact-of-the-blockchain-goes-beyond-financial-services>

- The Economist. (2015, octobre 31). The trust machine. *The Economist*.
<https://www.economist.com/leaders/2015/10/31/the-trust-machine>
- Thiétart, R.-A. (2014). *Méthodes de recherche en management*. Dunod.
<http://international.scholarvox.com/book/88820817>
- Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain : A theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management*, 16.
- Vichara Kin, François Jan, Marie-Pascale Senkel, & Serge Bonnaud. (2018). *Redistribuer les cartes grâce à la digitalisation ? Cas de la Blockchain dans une démarche de supply chain management, ou comment (re)penser la collaboration, la confiance et le pouvoir dans la supply chain ?* (edsrep.p.hal.journal.hal.01936448). RePEc.
<https://ideas.repec.org/p/hal/journal/hal-01936448.html>
- Wathne, K. H., & Heide, J. B. (2000). Opportunism in Interfirm Relationships : Forms, Outcomes, and Solutions. *Journal of Marketing*, 64(4), 36- 51.
<https://doi.org/10.1509/jmkg.64.4.36.18070>
- Werbach, K. (2018). *The blockchain and the new architecture of trust*. MIT Press.
- Whyte, W., Greenwood, D., & Lazes, P. (1991). Participatory Action Research : Through Practice to Science in Social Research. In W. Whyte, *Participatory Action Research* (p. 19- 55). SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412985383.n2>
- Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism [Texte imprimé] : Firms, markets, relational contracting* (BU Centre – Magasins Cotes L L13537). Free Press.
- Xu, X., Lu, Q., Liu, Y., Zhu, L., Yao, H., & Vasilakos, A. V. (2019). Designing blockchain-based applications a case study for imported product traceability. *Future Generation Computer Systems*, 92, 399- 406. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.10.010>
- Xu, X., Weber, I., Staples, M., Zhu, L., Bosch, J., Bass, L., Pautasso, C., & Rimba, P. (2017a). A Taxonomy of Blockchain-Based Systems for Architecture Design. *2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, 243- 252.
<https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.33>
- Xu, X., Weber, I., Staples, M., Zhu, L., Bosch, J., Bass, L., Pautasso, C., & Rimba, P. (2017b). A Taxonomy of Blockchain-Based Systems for Architecture Design. *2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA)*, 243- 252.
<https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.33>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research : Design and Methods*. SAGE.

Annexe 1 : Liste des documents et références.

201010_0098	Fichier son	Réunion	ESN GRF (Dev1 - Dev2)	Présentation du report modal : 55000 voyages chargés et 19000 voyages à vide environ	10/10/2020	1h57	exploration du terrain
201016_0099	Fichier son	Réunion	Réunion ESN	Recherche des applications BC	16/10/2020	0h58	élaboration des actions
201019_0100	Fichier son	Réunion	Réunion ESN	Conduite des projets BC	19/10/2020	1h46	élaboration des actions
201101_0102	Fichier son	entretien	ESN Resp DSI GD	Développement des BC, report modal	01/11/2020	2h16	élaboration des actions
201119_0103	Fichier son	Réunion	Réunion ESN	Coordination interne ESN	19/11/2020	00h05	exploration du terrain
210422_0105	Fichier son	entretien	ESN Start Up X - DG Start Up X	Présentation Start Up X	22/04/2021	2h19	exploration du terrain
210507_0108	Fichier son	Réunion	ESN GRF (DSI 2)	Intérêt de la BC pour GRF contexte grosse attaque du SI	07/05/2021	1h16	exploration du terrain
210602_0111	Fichier son	Réunion	ESN interne	Management du projet avec GRF	02/06/2021	00h59	élaboration des actions
210608_0113	Fichier son	conférence	Regroupement d'entreprises	Start up W - blockchain - rôle de la confiance	08/06/2021	56h58	élaboration des actions
210610_0116	Fichier son	Réunion	Réunion équipe de recherche	Stratégie de recherche	10/06/2021	00h05	élaboration des actions
210618_0120	Fichier son	Réunion	Réunion ESN - GRF (PRT3 - PRT1 - DSI 2 - PRT4)	Comment mettre en dynamique GRF et ESN sur le sujet de la BC	18/06/2021	01h19	élaboration des actions
210712_0121	Fichier son	Réunion	ESN GRF (Dev1 - Dev2 - CHR1)	Accompagnement GRF - Recherche	12/07/2021	00h56	validation des actions
210804_0122	Fichier son	Réunion	ESN GRF (Dev2 - CHR1)	Accompagnement GRF - ESN pilotage par l'informatique	04/08/2021	00h36	validation des actions
210804_0123	Fichier son	Réunion	ESN Start Up X - partenariat	Accompagnement GRF	04/08/2021	00h47	élaboration des actions
210818_0124	Fichier son	Réunion	ESN - GRF	Accompagnement conversation téléphonique Dev1	18/08/2021	00h08	élaboration des actions
210929_0125	Fichier son	Réunion	ESN Start Up X - PRT1 partenariat	Partenariat Start Up X	29/09/2021	1h10	élaboration des actions
210929_0126	Fichier son	Réunion	communication interne PRT2	relance du projet partenariat via PRT4 --> PRT2	29/09/2021	00h07	élaboration des actions
210929_0127	Fichier son	Réunion	communication interne PRT2	Partenariat Start Up X ESN : problématique financière de répartition	29/09/2021	00h02	élaboration des actions
210930_0128	Fichier son	conférence	Start Up X le document augmenté	Présentation réalisations Start Up X	30/09/2021	00h59	élaboration des actions
211013_0129	Fichier son	conférence	Conférence Evénement FLU (table ronde) AT	Table ronde AT (Association des Transporteurs)	13/10/2021	01h39	exploration du terrain
211119_0130	Fichier son	présentation	Start Up X les outils de Start Up X	présentatio principes et outils de la start up X	19/11/2021	00h19	élaboration des actions
220106_0131	Fichier son	Présentation	Présentation Start Up Y	Présentation de Start Up Y dans le cadre du benchmark	06/01/2022	01h01	élaboration des actions
220106_0132	Fichier son	Présentation	Entretien ESN - GRF	enquête questionnement Dev2 comment se passe l'affrètement	06/01/2022	00h18	exploration du terrain
220106_0133	document	Compte Rendu	Réunion GRF Start Up X	choix de Start Up X comme solution			validation des actions
220106_0134	document	Compte rendu	Réunion présentation des projets de digitalisation	manquement dans les projets de digitalisation	19/08/2021		validation des actions
220106_0135	document	Compte rendu	CR projet XXX	Compte rendu Projet XXX	09/09/2021		expérimentation
220106_0136	document	Compte rendu	CR atelier GRF/BC	Atelier GRF/BC intérêt de la BC pour GRF, conduite du projet	21/05/2021		validation des actions
220106_0137	document	Compte rendu	CR Réunion GRF (GRF (DSI))/ESN	Suite à donner au projet XXX	22/02/2021		expérimentation
220106_0138	document	Prise de notes	Prise de notes de toutes les Réunions Benchmark	Benchmark des solutions par rapport à l'écosystème de GRF (13 Réunions, entretiens)			élaboration des actions
220106_0139	document	Compte rendu	CR Réunion Start Up Z	BC sous hyperledger	05/05/2021		élaboration des actions
220106_0140	document	Prise de notes	Réunion GRF Start Up X	prise de contact avec Start Up X	27/04/2021		élaboration des actions
220106_0141	document	prise de notes	Réunion GRF ESN	Réunion ESN interne de coordination des actions	25/05/2021		élaboration des actions
220106_0142	document	Cahier des charges	Transformation Numérique du SI	cdc Mémoire technique réalisé par ESN et Entreprise de Conseil	01/11/2019		accès au terrain
220106_0143	document	Présentation	ESN : un réseau pour l'économie verte	économie verte dans le cadre de la gestion de l'eau pour GRF	26/05/2021		validation des actions
220106_0144	document	Présentation	ESN : comment adresser un sujet blockchain	intervention ESN CIN cadrage d'un projet BC	26/05/2021		validation des actions
220106_0145	document	Présentation	ESN : proposition d'architecture	cadrage architecture du SI du projet	20/12/2021		validation des actions
220106_0146	document	Présentation	ESN : rencontre GRF (DSI) GRF (Dir Territoire) la blockchain	Présentation de la blockchain	26/05/2021		validation des actions
220106_0147	document	Mails	conversations	41 conversations enregistrées (103 mails échangés)			validation des actions

