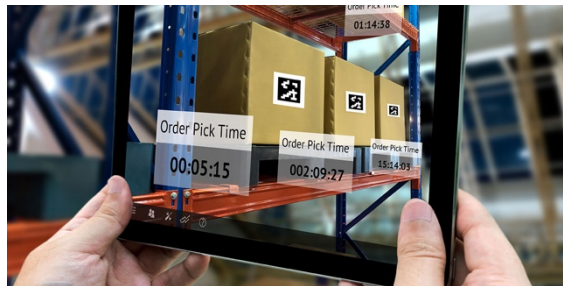


## Quel est le rôle de la technologie Blockchain dans la Logistique et la Supply Chain ? : le cas d'une entreprise de logistique à Genève.



Source : <https://sipmm.edu.sg/key-strategies-implement-digital-supply-chain/>

**Travail de Bachelor réalisé en vue de l'obtention du Bachelor HES**

par :

**Paola Oviedo**

Conseiller au travail de Bachelor :

**Naoufel Cheikrouhou, professeur HES**

< Genève, le 16 juillet 2020 >

**Haute École de Gestion de Genève (HEG-GE)**

Filière économie d'entreprise **Hes·SO** GENÈVE  
Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse occidentale

## Déclaration

Ce travail de Bachelor est réalisé dans le cadre de l'examen final de la Haute école de gestion de Genève, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science en économie d'entreprise.

L'étudiant a envoyé ce document par email à l'adresse d'analyse remise par son conseiller au travail de Bachelor pour analyse par le logiciel de détection de plagiat URKUND.  
<http://www.orkund.com/fr/student/392-orkund-faq>

L'étudiant atteste avoir réalisé seul-e le présent travail, sans avoir utilisé des sources autres que celles citées dans la bibliographie

L'étudiant accepte, le cas échéant, la clause de confidentialité. L'utilisation des conclusions et recommandations formulées dans le travail de Bachelor, sans préjuger de leur valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celle du conseiller au travail de Bachelor, du juré et de la HEG.

Plan-les-Ouates, le 16 juillet 2020

Paola Oviedo

# Remerciements

A travers ce travail je tiens à remercier aux personnes qui ont été présentes pendant tout mon parcours scolaire dans cette institution.

J'aimerais remercier le Professeur Naoufel Cheikrouhou et son assistant Abderrahmen Mediouni pour leurs conseils et éclaircissements sur ce travail de mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à M. Pierre-Dominique Hohl, CEO de l'entreprise EasyShipping4U, qui m'a partagé des informations importantes pour la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier également ma famille et la famille LAYDEVANT pour leur soutien depuis ma première année d'études.

Enfin, j'aimerais remercier mes camarades Lucy SCAMUFFA et Linh Chi PHAM, avec qui j'ai partagé tout mon parcours à la HEG, et qui m'ont beaucoup motivé pendant la réalisation de mon travail.

# Résumé

Ce travail s'intéresse à l'implémentation de la chaîne de blocs dans la Supply Chain et la Logistique. La chaîne de blocs, cette technologie de registre distribué devenant populaire il y a quelques années grâce aux monnaies digitales.

L'objectif de ce travail est de répondre à la question « Quel est le rôle de la technologie blockchain dans la Supply Chain et la logistique » et savoir si celle-ci apporterait une réelle valeur ajoutée dans le cas d'une entreprise de Logistique.

Le travail se décompose en deux parties : la première partie qui permet de comprendre le fonctionnement de la chaîne de blocs et le lien existant entre la chaîne de blocs et la chaîne d'approvisionnement. La deuxième partie, concerne une proposition de solution concrète de cette technologie (la chaîne de blocs) adaptée dans le cas d'une entreprise de Logistique.

Dans la première partie, des outils d'analyses tels que PESTEL et SWOT ont été réalisés dans le but de mieux comprendre les divers facteurs internes et externes pouvant avoir un impact sur la chaîne de blocs.

Dans la deuxième partie, la proposition de solution porte sur la traçabilité des documents de transport pour cela une analyse de faisabilité a été faite ainsi que la procédure d'implémentation de cette solution.

Finalement, un entretien a été effectuée auprès d'un expert dans le domaine de la chaîne de blocs ce qui nous permettra d'avoir des réponses d'un point de vue d'un professionnel actif dans ce domaine.

# Table des matières

Déclaration.....	i
Remerciements.....	ii
Résumé .....	iii
Table des matières .....	iv
Liste des tableaux .....	vi
Liste des figures.....	vi
<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 La chaîne de blocs.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 Principes et fonctionnement.....	2
1.1.2 Types de consensus.....	3
1.1.2.1 Preuve de travail.....	3
1.1.2.2 Preuve de participation.....	3
1.1.2.3 Preuve d'autorité.....	4
<b>1.2 Types de chaînes de blocs .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Chaîne de blocs publique .....	4
1.2.2 Chaîne de blocs de consortium .....	4
1.2.3 Chaîne de blocs privée .....	5
<b>1.3 Les contrats intelligents.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 Analyse SWOT .....</b>	<b>7</b>
1.4.1 Forces .....	8
1.4.2 Faiblesses .....	8
1.4.3 Opportunités.....	10
1.4.4 Menaces.....	10
<b>1.5 Analyse macro-économique .....</b>	<b>10</b>
1.5.1 Politique.....	11
1.5.2 Économique .....	11
1.5.3 Social .....	11
1.5.4 Technologique .....	12
1.5.5 Environnemental.....	12
1.5.6 Légal .....	12
<b>1.6 La chaîne d'approvisionnement .....</b>	<b>14</b>
<b>1.7 La Logistique .....</b>	<b>15</b>
<b>2. Méthodologie .....</b>	<b>16</b>
<b>3. Analyse.....</b>	<b>17</b>
<b>3.1 La chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement.....</b>	<b>17</b>
3.1.1 La traçabilité .....	17
3.1.2 La lutte contre la contrefaçon.....	19
3.1.3 Échange de données en toute sécurité.....	19

<b>3.2 Cas d'implémentations de la chaîne de blocs dans les industries .....</b>	<b>20</b>
3.2.1 Industrie alimentaire .....	20
Industrie pharmaceutique .....	22
<b>3.3 Impacts sur la chaîne d'approvisionnement.....</b>	<b>25</b>
Impacts négatifs .....	25
3.3.2 Impacts positifs.....	26
<b>4. Comment implémenter la chaîne de blocs dans le cas de l'entreprise EasyShipping4U .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 Problématique.....</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Objectif .....</b>	<b>28</b>
4.2.1 La traçabilité des documents de transport .....	29
<b>4.3 Faisabilité technologique.....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Solution basée sur la chaîne de blocs .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Mise en place de la solution basée sur la chaîne de blocs.....</b>	<b>32</b>
4.5.1 Architecture de la plateforme .....	35
4.5.2 Cas d'usage de la solution.....	36
<b>4.6 Risques et bénéfices .....</b>	<b>37</b>
4.6.1 Risques de la solution proposée .....	37
4.6.2 Bénéfices de la solution proposée .....	38
4.6.3 Remarques sur la solution proposée .....	40
<b>5. Conclusion .....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>43</b>
<b>Annexe 1 : Mock-up plateforme .....</b>	<b>49</b>
<b>Annexe 2 : Entretien avec M. Jimmy Paris.....</b>	<b>55</b>

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Analyse SWOT de la chaîne de blocs .....	7
Tableau 2 : Impacts positifs/négatifs de la chaîne de blocs sur la chaîne d'approvisionnement.....	25
Tableau 3 : Transactions effectuées sur la chaîne de blocs .....	34
Tableau 4 : Risques/bénéfices de la solution .....	37

## Liste des figures

Figure 1 : Fonctionnement de la chaîne de blocs.....	3
Figure 2 : Cycle d'évolution de la chaîne de blocs .....	9
Figure 3 : Schéma de la chaîne d'approvisionnement.....	14
Figure 4 : Supply Chain traditionnel vs Supply Chain utilisant la chaîne de blocs .....	17
Figure 5 : Chaîne de production alimentaire .....	21
Figure 6 : Fonctionnement de la chaîne de blocs dans la traçabilité des médicaments.	23
Figure 7 : Architecture de la solution.....	35
Figure 8 : Interaction de l'utilisateur avec la plateforme.....	36

# 1. Introduction

Comment savoir avec certitude la provenance de mon produit ? Comment être sûrs que ces informations n'ont pas été falsifiées ?

Ce type d'information devient de plus en plus exigé de la part des consommateurs, suite à de nombreux scandales notamment alimentaires. Ces consommateurs ont perdu confiance et exigent d'avoir plus de certitude sur l'origine des produits qu'ils consomment.

Une récente technologie appelée « blockchain » ou chaîne de blocs en français pourrait potentiellement révolutionner et apporter une réelle valeur ajoutée en facilitant et améliorant le processus de suivi d'approvisionnement. Est-ce vraiment le cas ? Y a-t-il des inconvénients à l'implémentation ? Ou y a-t-il que des avantages ?

La médiatisation a provoqué de l'engouement et de nombreuses personnes ont déjà entendu parler au moins une fois de cette technologie. Les principales caractéristiques souvent énumérées de cette technologie sont la transparence, l'immutabilité et la sécurité et ceci en étant décentralisée et sans organe de contrôle.

C'est une des raisons pour lesquelles les entreprises s'intéressent et envisagent d'implémenter la chaîne de blocs dans leurs processus. Cette technologie a d'abord été connue et utilisée afin de pouvoir créer de la monnaie numérique, plus précisément le fameux « Bitcoin ». Ensuite plusieurs autres réseaux ont vu le jour et notamment « Ethereum » qui, grâce aux contrats intelligents, a permis d'élargir les possibilités d'utilisation dans de nombreux domaines d'activités (financier, pharmaceutique, alimentaire, etc.)...

Dans ce travail nous nous intéressons à l'implémentation de la chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement et la logistique, pour cela nous étudierons l'impact et le rôle déterminant de cette technologie.



## 1.1 La chaîne de blocs

La chaîne de blocs aussi connue sous le nom de « *blockchain* » est une technologie qui a vu le jour en 2008 par Satoshi Nakamoto (Laurent Leloup,2017), pseudonyme utilisé par la ou les personnes ayant créé cette technologie.

La chaîne de blocs est née grâce à l'invention du « Bitcoin », une monnaie numérique qui n'est pas gérée par l'État ni les banques, celle-ci étant transférable électroniquement et rapidement (thecointribune,2019). Bien que, la chaîne de blocs a été créée pour stocker l'historique des transactions en lien avec le Bitcoin, avec le temps celle-ci a été implémentée dans plusieurs secteurs.

### 1.1.1 Principes et fonctionnement

En premier lieu, la chaîne de blocs est un système de base de données distribuées entre tous les participants d'un même réseau. Ce système enregistre et stocke des données sous forme de blocs enchaînés formant une collection d'enregistrements. (Emmanuelle Ganne, 2017)

Il est important de savoir que même si la chaîne de blocs est une base de données, il n'y a pas de possibilité d'effectuer des mises à jour ou quelque modification. Il est toutefois possible d'ajouter ou de lire un enregistrement. De plus, ces enregistrements sont permanents et donc la suppression de ces derniers ne peut pas s'effectuer.

Le principe de cette base de données distribuée est qu'au lieu d'utiliser une entité centrale celle-ci utilise un réseau pair-à-pair (en anglais *peer-to-peer*), il s'agit d'un réseau où les participants sont à la fois clients et serveur. Chaque participant est un nœud ou pair du réseau. Tout le monde peut le rejoindre et quand une personne rejoint le réseau elle obtient automatiquement une copie complète de la chaîne de blocs existante et donc tout le monde a une vision commune et identique de la chaîne de blocs.

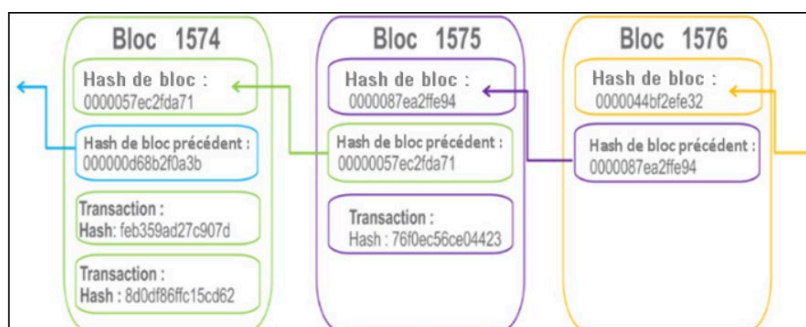
Une chaîne de blocs est composée d'un ensemble de blocs contenant des données (des transactions), le hash du bloc actuel et le hash du bloc précédent. Les données stockées dans un bloc dépendent du type de chaîne de blocs par exemple le Bitcoin stocke les détails d'une transaction tels que l'adresse de l'expéditeur, l'adresse du destinataire et le montant de la transaction.

Le hash d'un bloc correspond à une série de numéros et lettres générés automatiquement, celui-ci est toujours unique et sert d'identification au bloc telle une empreinte digitale chez une personne. Une fois que le bloc est créé, le hash est calculé, dans le cas où le contenu du bloc est modifié ceci provoquera également une modification de son hash, ceci permet donc de s'assurer que le contenu du bloc reste inchangé.

Le hash du bloc précédent fait également partie des éléments importants de la chaîne de blocs, car celui-ci permet à un bloc de pointer sur le bloc précédent (son prédécesseur) et le suivant (son successeur) ce qui permet aux blocs de rester connectés, formant une chaîne. Grâce à cela, il est possible de parcourir l'historique complet des anciens blocs et de garder une trace de ceux-ci. (Figure 1)

Dans le cas où un bloc est trafiqué, ceci provoque un changement sur son hash et rend tous ses blocs liés invalides.

Figure 1 : Fonctionnement de la chaîne de blocs



(Source : Manav Gutap, Blockchain pour les nuls, 2018)

Même si les hash sont utiles pour empêcher les falsifications, ceux-ci ne sont pas suffisants. Il existe donc d'autres éléments connus sous le nom de consensus.

### 1.1.2 Types de consensus

Tout d'abord, un consensus est méthode de vérification des informations réalisée par les mineurs avant l'ajout dans la chaîne de blocs. Parmi les types de consensus existants, les plus utilisés actuellement dans les réseaux distribués sont les suivants :

#### 1.1.2.1 Preuve de travail

Ce consensus appelé preuve de travail ou *proof-of-work (PoW)*, est un algorithme de consensus blockchain qui permet de confirmer les transactions, valider la création de nouveaux blocs et ralentir leur création ce qui permet d'avoir des données fortement sécurisées. En appliquant le mécanisme de consensus de la preuve de travail, le temps moyen de création d'un bloc est de 10 minutes (Ducellier, 2018). Ce consensus est parmi les deux les plus utilisés dans les chaînes de blocs publiques, par exemple le Bitcoin utilise ce type de consensus (Chalaemwongwan et Kurutach, 2018).

#### 1.1.2.2 Preuve de participation

La preuve de participation ou *proof-of-stake (PoS)*, est un mécanisme de consensus appliqué dans les chaînes de blocs publiques, qui compte parmi les plus populaires. Bien que l'objectif soit le même, le fonctionnement est différent. Dans le cas de la preuve de

participation, le choix du nœud<sup>1</sup> qui effectuera le processus de validation d'un bloc se fait de manière aléatoire, mais aussi en se basant sur le nombre de tokens <sup>2</sup> possédés par le nœud (BinanceAcademy,2019).

### **1.1.2.3 Preuve d'autorité**

La preuve d'autorité ou *proof-of-authority (PoA)*, est une méthode de consensus où seuls les participants approuvés (en fonction de leur niveau de fiabilité) ont l'autorisation de valider des transactions (Parissi, 2020). Contrairement au consensus de la preuve de travail, les avantages principaux de la preuve d'autorité sont sa faible consommation d'énergie et la rapidité dans la validation des transactions (Di Angelis et Aniello, 2018). Ce consensus est très souvent utilisé dans le cas des chaînes de blocs privés et les chaînes de blocs de consortium (Di Angelis et Aniello, 2018).

## **1.2 Types de chaînes de blocs**

Il existe plusieurs types de chaînes de blocs, les plus utilisées sont :

### **1.2.1 Chaîne de blocs publique**

Ce type de chaîne de blocs compte avec un grand réseau distribué et accessible à tout le monde, ceci étant possible grâce à son code open source. Deux exemples de chaîne de blocs publics les plus populaires sont le Bitcoin et l'Ethereum, où les transactions faites sur ces registres sont visibles par tout le monde et bien que chacun ait ses spécificités, mais les principes sont les mêmes, ce qui veut dire que les informations sont décentralisées, sécurisées et immuables.

### **1.2.2 Chaîne de blocs de consortium**

Ce type de chaîne de blocs est un système dit semi-privé ayant un code open source ; ce type de chaîne de blocs réunit des caractéristiques des chaînes de blocs publiques et privées. Contrairement aux chaînes de blocs publiques, celle-ci ne demande pas une preuve de travail, ce qui rend son utilisation plus rapide tout en gardant une grande évolutivité et confidentialité des transactions.

Les chaînes de blocs de consortiums sont dans la plupart des cas utilisées dans le secteur bancaire et pourraient être utiles dans un secteur où plusieurs entités aimeraient être réunies pour traiter ou transmettre des informations (Binance.vision,2018). Dans ce cas, chaque entité représentera un nœud, donc pour effectuer la validation d'une transaction celle-ci devrait être approuvée par la plupart des entités en question.

---

<sup>1</sup> Serveurs/ ordinateurs chargés de la vérification et validation des informations avant la création d'un nouveau bloc

<sup>2</sup> Actif numérique émis sur la chaîne de blocs

### **1.2.3 Chaîne de blocs privée**

La chaîne de blocs privée est considérée par beaucoup de personnes comme partiellement éloignée du concept de la chaîne de blocs, il s'agit d'une chaîne de blocs accessible à un nombre limité d'utilisateurs. Le code source n'étant pas ouvert, l'information ne doit pas être publique. Il s'agit d'une gouvernance centralisée qui gère, contrôle et valide les participants (LesEchos,2018). Ce type de chaîne de blocs est dans la plupart des cas utilisée par les consortiums qui échangent des informations confidentielles.

## **1.3 Les contrats intelligents**

Nous allons à présent nous intéresser aux contrats intelligents aussi connus sous le nom de « smart contracts ». Ces derniers sont de nouveaux types de contrats, qui vont au-delà des contrats numériques, ceci étant possible grâce à la technologie de la chaîne de blocs.

Un contrat intelligent est un logiciel qui exécute des conditions prédéfinies sur chacun des nœuds d'un réseau chaîne de blocs, de sorte qu'en raison des caractéristiques de la chaîne de blocs, le contrat est vérifié automatiquement, sans avoir recours à un tiers (Cristoph Müller,2018). Dans le cas où les conditions du contrat sont réunies, celui-ci s'exécutera.

Du moment que les contrats intelligents sont stockés dans une chaîne de blocs, ceux-ci sont immuables et cela signifie qu'une fois le contrat intelligent créé, ce dernier ne peut pas être modifié. Ces contrats sont également distribués, vu que le résultat est validé par tous les participants du réseau de la chaîne de blocs, donc dans le cas où une personne essaie d'effectuer une action sur le contrat intelligent, les autres personnes seront informées et l'action ne sera pas validée.

Prenons l'exemple d'un paiement à un fournisseur, une fois que les termes du contrat liés à l'achat de la marchandise sont réunis le paiement pourrait se faire automatiquement. Néanmoins, les contrats intelligents ont besoin d'un service qui porte le nom de « Oracle », ce sont des services tiers qui recherchent, vérifient et fournissent des informations sur les événements externes à la chaîne de blocs destinés à l'utilisation dans les contrats intelligents. Ce type de service est nécessaire étant donné que ni les contrats intelligents ni les chaînes des blocs n'ont accès aux données localisées en dehors du réseau, donc une passerelle est nécessaire (Vallery Mou, 2017). Il existe plusieurs types d'Oracles, les plus fréquents sont les suivants :

**Oracle hardware** : il peut s'agir de dispositifs par exemple un capteur ou une puce RFID<sup>3</sup>.

**Oracle logiciel** : il s'agit des informations qui peuvent être disponibles en ligne.

Si nous revenons sur l'exemple concernant le paiement à un fournisseur, mais en utilisant cette fois-ci un oracle hardware, si une des conditions du contrat était que le client devait payer 30% du total de la commande au moment où la marchandise franchit la porte du dépôt, ce paiement sera effectué quand le GPS attaché à la commande enverra les informations avec toutes les coordonnées de localisation à la chaîne de blocs. L'avantage de l'implémentation d'un Oracle est l'accélération de certains processus qui doivent passer par différentes étapes de validation.

---

<sup>3</sup> Radio Frequency Identification

## 1.4 Analyse SWOT

À l'aide de l'outil d'analyse stratégique SWOT, nous pouvons identifier les enjeux majeurs qu'implique cette technologie. L'analyse SWOT nous permettra d'étudier les forces, faiblesses, opportunités et menaces de la technologie de la chaîne de blocs. Les forces et faiblesses permettent l'analyse à l'interne tandis que les opportunités et menaces font partie de l'analyse de l'environnement externe.

Tableau 1 : Analyse SWOT de la chaîne de blocs

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"><li>• Transparence et traçabilité</li><li>• Coopération de manière sûre</li><li>• Automatisation de processus grâce aux contrats intelligents</li><li>• Pas de recours à un tiers</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mise en place</li><li>• Consommation énergétique (PoW)</li><li>• Performance (Vitesse tx/s)</li><li>• Scalabilité</li><li>• Maturité de cette technologie</li></ul>
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"><li>• Innovation dans toutes les industries</li><li>• Augmentation de la valeur ajoutée dans les entreprises</li><li>• Opportunités dans l'IOT</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Disparition de certains emplois</li><li>• Réticence de l'adoption</li></ul>

(Source : adapté de M. Niranjnamurthy, B. N. Nithya & S. Jagannatha, 2019)

### 1.4.1 Forces

**Transparence et traçabilité** : Tous les membres du réseau ont une copie de la base de données et ont accès aux mêmes informations concernant les transactions effectuées par les autres participants du réseau et ceci à tout moment. Les participants ont également accès à l'historique des transactions qui peuvent être retracées tout au long de la chaîne (Pavel Ciaian,2018).

**Coopération de manière sûre** : La chaîne de blocs permet à plusieurs participants de faire partie du même réseau, comme par exemple les entreprises, les clients, les fournisseurs, et même les concurrents peuvent rejoindre le même réseau (SantanderGlobalTech,2019). Ces participants peuvent effectuer des opérations de manière sûre grâce aux techniques cryptographiques de la chaîne de blocs. (Richard Bradley,2020)

**Automatisation de processus** : Dans la chaîne de blocs, il est possible d'utiliser des contrats intelligents. Grâce à ces programmes informatiques, il existe une accélération et une automatisation de processus, puisque ces contrats exécutent automatiquement les conditions fixées au préalable, sans faire appel à un tiers.

**Pas de recours à un tiers** : Grâce à l'implémentation de la chaîne de blocs, le recours à un organe intermédiaire pour vérifier la fiabilité d'une transaction n'est plus nécessaire. La vérification dans la chaîne de blocs est faite par des calculs mathématiques et informatique (Oriane Esposito,2017). L'avantage principal de ce facteur est la diminution des coûts, car l'intermédiaire qui réaliserait la vérification des informations est éliminé.

### 1.4.2 Faiblesses

**Mise en place de cette technologie** : Même si cette technologie est accessible à tous, l'implémentation de celle-ci exige plusieurs prérequis, par exemple, des ordinateurs très puissants (dans le consensus de la preuve de travail), du personnel ayant les compétences opérationnelles et plusieurs étapes d'expérimentation (Charlie Perreau, 2018).

**Consommation énergétique** : Comme cité précédemment, cette technologie requiert des ressources informatiques importantes. Par exemple, le processus de validation des transactions qui se fait par des problèmes cryptographiques difficiles à résoudre, demande de grands volumes de données et donc une consommation importante d'énergie pour sa réalisation.

**Vitesse** : Le temps de latence, autrement dit le temps de distribution, d'un bloc à partir d'un nœud vers l'ensemble des utilisateurs n'est pas instantané (Pavel,2017). Selon une

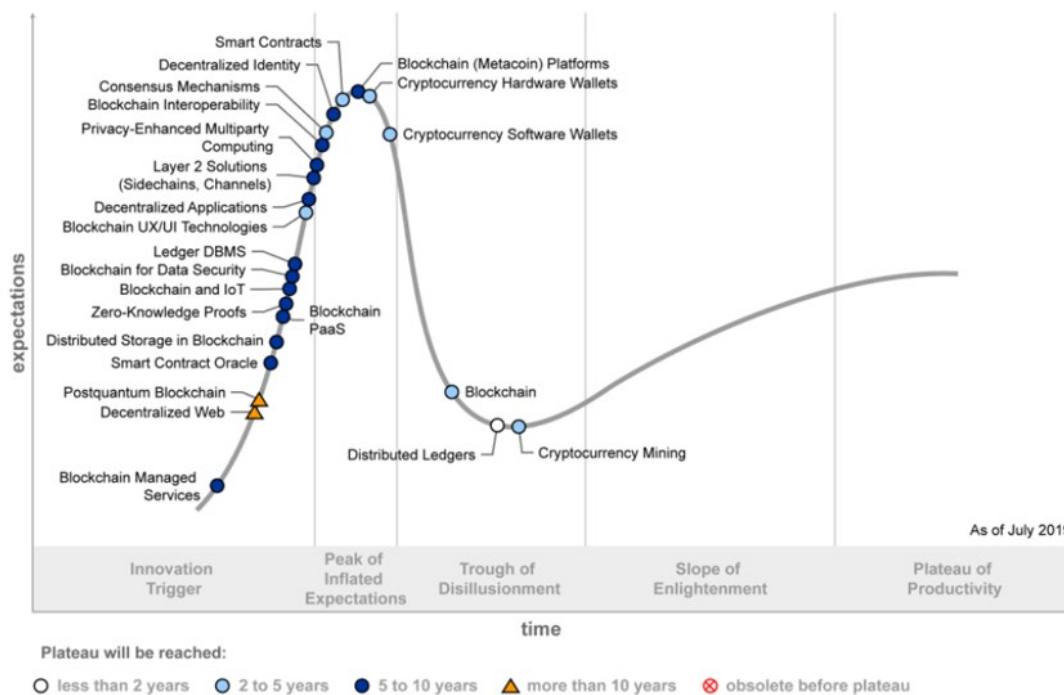
étude effectuée par l'ETH Zürich, dans le cas de la chaîne de blocs Bitcoin, il est en moyenne de 12 secondes (Decker et Wattenhofer, 2013 dans Pavel, 2017).

**Maturité de cette technologie :** Selon le cabinet Garnert, les technologies émergentes suivent un cycle d'évolution et celui-ci est composé de 5 phases (Figure 2). D'après l'étude annuelle concernant le cycle de vie des technologies, en anglais « *Hype Cycle* », effectué chaque année par le cabinet Gartner, la chaîne de blocs aura un impact transformationnel dans les industries dans 5 à 10 ans (Stamford,2019).

En effet, la plupart des technologies en lien avec la chaîne de blocs se trouvent actuellement dans la première phase qui est connue sous le nom de « déclencheur d'innovation ». Cette phase représente le début de vie de la technologie en question, il s'agit plus précisément du moment où un prototype ou une preuve de concept est lancé (Tomaz,2019).

Sur l'image ci-dessous (Figure 2), nous avons un aperçu de l'évolution de la maturité de la chaîne de blocs dans plusieurs secteurs. Comme nous pouvons le voir sur l'axe des abscisses la variable « temps » représente l'évolution de la technologie au fil du temps et sur l'axe des ordonnées la variable « attentes » montre le degré d'attentes au fur et mesure que l'innovation évolue (Fenn et Blosch, 2018).

Figure 2 : Cycle d'évolution de la chaîne de blocs



(Source : STAMFORD Conn, 2019)



### 1.4.3 Opportunités

**Innovation dans toutes les industries :** La chaîne de blocs est en train de changer la façon dont les industries fournissent leurs services numériques traditionnels (Bradley, 2019). Cette technologie ayant une forte popularité dans le domaine de la finance peut être implémentée également dans de nombreux secteurs tels que le tourisme et les loisirs, les produits de consommation, la vente au détail, la distribution et les produits industriels. Suite au grand impact, les industries devront s'adapter à celle-ci pour rester compétitives, sécurisées et éviter l'obsolescence<sup>4</sup> (Stamford, 2019).

**Opportunités dans l'IOT :** La technologie de la chaîne de blocs peut être combinée à d'autres technologies innovantes telles que l'internet des objets (IOT). L'objectif principal de cette dernière est de transmettre des informations qui ont été collectées à partir de dispositifs. Ce que pourrait apporter la chaîne de blocs à l'internet des objets serait la transparence pour les parties prenantes, l'amélioration de la sécurité entre les partenaires et l'augmentation de la confiance lors des transactions (Bonnaud et Didier, 2017).

**Augmentation de la valeur ajoutée commerciale :** Cette valeur regroupe plusieurs facteurs tels que l'augmentation des ventes, les nouvelles opportunités de vente, et la baisse des coûts des intrants et des coûts indirects<sup>5</sup>. Selon une étude réalisée par le cabinet Gartner, la chaîne de blocs créera une valeur ajoutée aux entreprises d'environ 176 millions de dollars d'ici 2025, ensuite elle dépassera 3.1 billions de dollars d'ici 2030<sup>6</sup>

### 1.4.4 Menaces

**Disparition de certains emplois :** Même si un des avantages de l'implémentation de cette technologie est d'éliminer le tiers de confiance, ceci représente également un risque pour certains emplois qui finiront par disparaître. Par exemple, dans le secteur bancaire où le recours à un intermédiaire est primordial pour effectuer certains services tels que les paiements, si ce dernier est remplacé par des paiements basés sur la chaîne de blocs, le recours à un tiers ne serait plus nécessaire (Guo et Liang 2016).

## 1.5 Analyse macro-économique

À présent, nous allons réaliser l'analyse macro-économique de la chaîne de blocs en utilisant l'analyse PESTEL. Cet outil nous permettra d'identifier l'influence que les facteurs macro-économiques peuvent avoir sur la technologie de la chaîne de blocs. Cette analyse

---

<sup>4</sup> <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-03-gartner-predicts-90--of-current-enterprise-blockchain>

<sup>5</sup> <https://www.juniper.net/fr/fr/insights/blockchain/#>

<sup>6</sup> <https://www.gartner.com/en/documents/3627117>

relève les aspects politiques, économiques, sociaux, technologiques, environnementaux et légaux.

### **1.5.1 Politique**

Il existe encore une certaine méfiance de la part des États sur l'implémentation de la chaîne de blocs, étant donné que cette technologie prend de plus en plus d'ampleur et qu'elle est passée du cadre financier (cryptomonnaies) à se généraliser dans plusieurs domaines tels que la santé, l'immobilier et bien d'autres. Dans certains pays tels que les États-Unis, une régulation de la chaîne de blocs a été demandée, l'Union européenne également reste très prudente quant à l'adoption de la chaîne de blocs (Bencherif,2019).

### **1.5.2 Économique**

En ce qui concerne le plan économique de cette analyse, le contexte économique actuel peut se montrer favorable à l'accélération de l'adoption de la chaîne de blocs dans certains secteurs. En effet, la crise due à la pandémie du coronavirus a poussé certains secteurs à examiner leurs processus et considérer la chaîne de blocs comme un outil qui apporterait des solutions. Le domaine de la santé, qui est très concerné par cette crise sanitaire, a détecté certaines vulnérabilités dans leurs systèmes d'information existants et parmi ces difficultés, il y a non seulement l'absence de bases de données coordonnées, mais aussi le risque de falsifications de données confidentielles (Hueber, 2020). C'est pour cela que l'intégration de la chaîne de blocs pourrait servir à relever ces défis. Cela permettrait de stocker de manière sécurisée les données des patients ayant contracté la maladie et également de diminuer le risque de vol, de modifications ou de pertes de ces données confidentielles (Spranger, Azim et Islam, 2020). Par conséquent, ces données pourraient être utilisées pour effectuer des statistiques ou être conservées et réutilisées dans le futur, dans le cas où une autre pandémie aurait lieu (Spranger, Azim et Islam, 2020).

### **1.5.3 Social**

Actuellement, il existe une forte tendance pour la traçabilité et transparence alimentaire. Les consommateurs demandent de plus en plus de renseignements sur l'origine des aliments. Cette tendance fait que la traçabilité et la transparence deviennent des critères importants pour acheter un aliment. De ce fait pour répondre aux besoins de leurs clients, les entreprises alimentaires recourent aux nouvelles technologies, leur apportant la traçabilité demandée par les clients. Par exemple, l'enseigne Carrefour a prévu d'implémenter la traçabilité sur tous ses produits d'ici 2022(Fiévet,2020)

#### 1.5.4 Technologique

Sur le plan technologique, d'autres technologies pouvant remplacer la chaîne de blocs existent. Ces technologies ayant des caractéristiques similaires, et même plus favorables que la chaîne de blocs.

C'est le cas de la technologie connue sous le nom de « Hashgraph », que certains appellent la nouvelle génération de registres distribués. Il s'agit d'un registre distribué qui utilise une architecture de type DAG et non des blocs, comme c'est le cas de la chaîne de blocs. Quelques caractéristiques qui font *Hashgraph* se différencier fortement de la chaîne de blocs:

- **Le facteur écologique :** Le registre distribué *Hedera Hashgraph* demanderait une consommation énergétique moins importante que la chaîne de blocs. Une des raisons étant que Hashgraph utilise un consensus qui ne demande pas des calculs complexes, contrairement à certaines chaînes de blocs qui utilisent le consensus de la preuve de travail connu pour sa demande gigantesque de ressources énergétiques (Hoxha,2018).
- **Le facteur de performance :** La vitesse de traitement des transactions sur *Hashgraph* serait supérieure à 250'000 transactions par seconde (Kofinas,2017 ; Schueffel, 2018) quant à la chaîne de blocs *Hyperledger Fabric* sa vitesse de traitement est d'environ 700 transactions par seconde (Hoxha,2018).

Même si pour l'instant cette technologie est moins populaire que la chaîne de blocs, elle risque de le devenir, étant donné qu'elle a déjà fait ses preuves auprès de compagnies de renommée internationale. Il faut considérer également que des compagnies telles que Swisscom, Google et LG ont rejoint le conseil d'administration de Hedera Hashgraph.

#### 1.5.5 Environnemental

Dans le cadre environnemental, un défi auquel la chaîne de blocs fait face est son importante consommation d'énergie. Il est important de savoir que le stockage de données, l'échange d'informations et les vérifications effectuées avant la création des blocs qui se font sur la chaîne de blocs demandent des équipements informatiques très puissants. Ces équipements destinés à la résolution de problèmes de calculs complexes qui permettent la création des nouveaux blocs tournent 24 heures sur 24 (De la Raudière et Mis, 2018).

#### 1.5.6 Légal

En ce qui concerne le cadre légal de la chaîne de blocs, il y a plusieurs points à relever. Tout d'abord, la réglementation Européenne *RGDP*<sup>7</sup> qui dans un de ses articles stipule

---

<sup>7</sup> Règlement général de protection des données

que les citoyens ont le droit d'effacer leurs données personnelles et il faut souligner que cette loi irait contre un des principes de la chaîne de blocs (celui de l'immutabilité), ce qui signifie qu'il est impossible d'effacer ou de modifier les données insérées dans un bloc (Maldonato,2019).

Un autre principe de la chaîne de blocs qui irait également contre la réglementation Européenne de protection des données, serait celui du non-recours à un tiers de confiance, étant donné que le RGDP impose que le garant des traitements des données soit connu. (Maldonato, 2019).

Mais, il n'y a pas que le RGDP comme réglementation existante qui pourrait être un obstacle pour la chaîne de blocs. En effet, dans plusieurs domaines il y a des lois et c'est le cas de la chaîne d'approvisionnement mondiale où l'environnement est confronté à des lois et réglementations internationales que les parties prenantes sont obligées de respecter, comme par exemple les lois maritimes, les codes commerciaux, etc. (Kshetri,2018).

Les entreprises opérant dans ces domaines sont soumises aux lois existantes depuis des années, ces lois sont gérées par les humains, ce qui peut représenter aussi un obstacle difficile à soulever au moment de faire la transition vers la technologie de la chaîne de blocs.

## 1.6 La chaîne d'approvisionnement

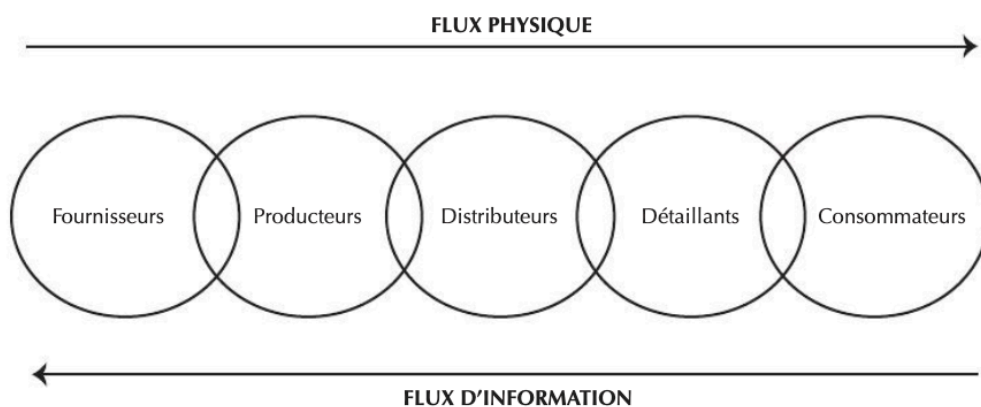
À présent que les fondements de la chaîne de blocs ont été explicités et assimilés, nous allons dans ce chapitre comprendre les processus de la chaîne d'approvisionnement et de la logistique dans le but de déterminer les liens existants avec cette dernière. La chaîne d'approvisionnement et la logistique sont présentes dans tous les secteurs d'activités, soit comme un élément de l'entreprise, soit comme l'activité principale de l'entreprise.

La chaîne d'approvisionnement, connue également sous le nom de chaîne logistique ou *Supply Chain* (terme anglais), est constituée d'un ensemble d'activités, méthodes, processus et d'acteurs associés à la transformation des biens depuis les matières premières jusqu'au processus de vente d'un produit fini (Julien François, 2018).

L'objectif principal de la chaîne d'approvisionnement est l'optimisation des processus de commande, de production et livraison afin de créer un avantage concurrentiel et répondre au mieux aux attentes des clients (Deloitte,2020).

*« La supply chain est l'intégration des principaux processus commerciaux depuis le client final à travers les fournisseurs d'origine qui fournissent des produits, des services et des informations qui ajoutent de la valeur aux clients et aux autres parties prenantes. » (ICCE, 1994 dans MEDAN ET GRATACAP, 2008, P.27)*

Figure 3 : Schéma de la chaîne d'approvisionnement



Source : Supply Chain Management, 2019, p.33

La chaîne d'approvisionnement est constituée de trois flux : le **flux d'informations** qui fait référence à toutes les informations qui circulent dans la chaîne d'approvisionnement, ce flux contient par exemple les caractéristiques sur un produit, les informations liées aux fournisseurs, les stratégies d'approvisionnement comme les délais et prix, les informations liées aux prestataires (douane), l'historique de vente, etc.

Ensuite, nous trouvons le **flux physique** qui concerne tous les déplacements de la marchandise, le stockage et le transport de celle-ci. Finalement, le **flux financier** qui concerne les déplacements de fonds autour des fournisseurs et dans l'entreprise (Figure 3). La coordination appropriée de ces trois flux permettra de satisfaire les besoins des clients (Supply Chain Management, 2019).

Parmi les principaux participants de la chaîne d'approvisionnement se trouvent : les fournisseurs, les sous-traitants, l'unité de fabrication, l'unité d'assemblage, les distributeurs, les prestataires logistiques, les clients et les clients finaux.

## 1.7 La Logistique

La logistique est une partie de la chaîne d'approvisionnement qui consiste à maîtriser les flux physique et d'information dans une entreprise, cela grâce aux ressources informatiques disponibles, des méthodes et des processus.

La logistique se concentre essentiellement sur l'apport des produits finis à son consommateur final au moindre coût et avec la meilleure qualité (OQLF,2006). Parmi les activités concernant la logistique, nous trouverons la réception, le stockage, la préparation et l'expédition des produits.

*« Technologie de la maîtrise de la circulation physique des flux de matières et marchandises transférés au sein de Supply Chain entre plusieurs entreprises industrielles, commerciales et de services »  
(Paché, 2009, p. 54)*

## 2. Méthodologie

Pour la réalisation de ce travail plusieurs méthodes ont été appliquées tout d'abord la recherche documentaire qui m'a permis de comprendre le sujet et de voir ce qui a été fait dans la chaîne d'approvisionnement qui utilise la chaîne de blocs.

Ensuite, des outils de stratégie comme la matrice SWOT et le modèle PESTEL ont été réalisés pour relever les divers facteurs ayant une influence sur la chaîne de blocs.

En ce qui concerne les entretiens réalisés, j'ai eu des entretiens par téléphone et des échanges de mails avec Monsieur Pierre-Dominique Hohl, CEO d'EasyShipping4U, ce qui m'a permis d'obtenir des informations sur la problématique et l'objectif que l'entreprise voulait atteindre quant à l'implémentation de la chaîne de blocs.

Dans ces échanges nous avons pu discuter sur le projet de traçabilité de documents de transport basés sur la chaîne de blocs que l'entreprise désire implémenter.

J'ai également contacté M. Jimmy Paris, ancien élève en Informatique de Gestion à la HEG et occupant actuellement le poste d'Expert en Blockchain et Ingénieur logiciel chez Metaco SA.

Cet entretien m'a permis d'avoir des éclaircissements sur comment la blockchain est perçue dans les entreprises ainsi qu'un avis concernant la solution proposée.

De cette manière, j'ai pu relever une proposition basée sur la chaîne de blocs qui pourrait être appliquée dans le cas que nous avons cité précédemment.

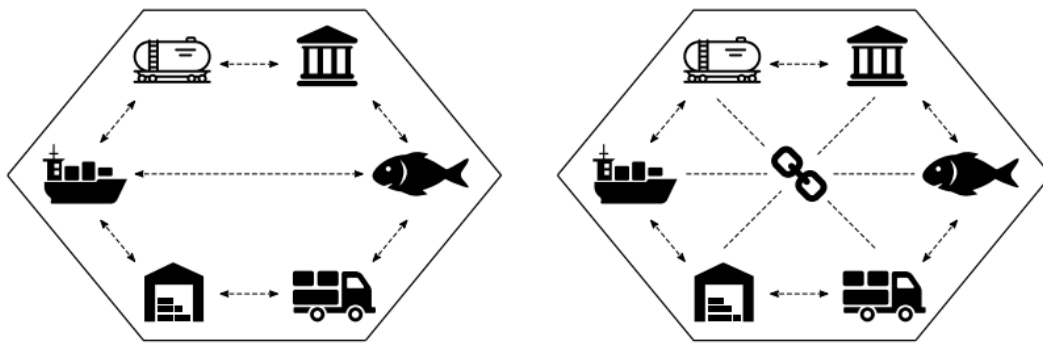
### 3. Analyse

Nous allons dès à présent nous pencher sur les applications de la chaîne de blocs dans la logistique et la chaîne d'approvisionnement.

#### 3.1 La chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement

La chaîne de blocs présente de nombreux avantages dans la Chaîne d'approvisionnement. En effet, cette technologie peut être appliquée dans plusieurs activités de la chaîne d'approvisionnement, les applications qui présenteraient un intérêt majeur seraient la traçabilité d'un produit depuis sa fabrication, l'échange de documents en toute sécurité et la lutte contre la contrefaçon (Bito, ca.2020) et (HUG,2017).

Figure 4 : Supply Chain traditionnel vs Supply Chain utilisant la chaîne de blocs



(Source : CHOWDHURY Mohammad et COLMAN Alan, 2018)

Comme nous pouvons le voir sur l'image ci-dessus, à gauche une représentation des interactions dans la chaîne d'approvisionnement traditionnelle et à droite, l'implémentation de la chaîne de blocs, sur laquelle nous pouvons voir que toutes les informations partagées entre les parties prenantes sont conservées dans un registre distribué. Les transactions sont accessibles qu'aux utilisateurs du réseau tels que les vendeurs, les fabricants, l'usine d'assemblage et les centres de distribution (Chowdury et Colman, 2018).

##### 3.1.1 La traçabilité

Le processus de traçabilité est défini par la norme *ISO 9000 : 2015*<sup>8</sup> comme « *la technique qui permet de retrouver l'historique, la mise en œuvre et l'emplacement d'un objet au moyen d'une identification* ». Le Larousse la définit comme « *la possibilité de suivre un produit aux différents stades de sa production, de sa transformation et de sa*

<sup>8</sup> ISO 9000 : vocabulaire pour l'ensemble de normes en lien avec le management de la qualité.



*commercialisation, notamment dans les filières alimentaires*<sup>9</sup>». Dans la chaîne d'approvisionnement ce procédé rend possible l'enregistrement et suivi des produits envoyés par le fournisseur, transformés et éventuellement distribués en tant que produit fini (GS1,2018).

Parmi les outils de traçabilité les plus utilisés nous trouvons : les codes-barres, Les étiquettes à radiofréquence RFID et les fiches de traçabilité.

Le rôle et les enjeux de la traçabilité sont d'apporter une certaine sécurité au consommateur, car ces derniers accordent de plus en plus d'importance à la provenance des produits aux divers processus qu'ils ont suivis durant la transformation et le transport (Fernandes Valérie, 2007). En ce qui concerne les entreprises, cette technique leur permet d'avoir un meilleur contrôle de qualité, de maîtriser les flux, de détecter et de corriger les défaillances rapidement (Cours Supply Chain 1, 2017, p. 21). La traçabilité représente également un avantage concurrentiel pour les entreprises (Fabbe-Costes, 2006 ; Lazzeri, 2014).

En ce qui concerne l'application de la chaîne de blocs dans la traçabilité, cette technologie peut permettre d'enregistrer et suivre toutes les étapes du cycle de production jusqu'au processus de vente d'une manière sécurisée et immuable, donc les différents individus ou entités de l'industrie ne pourront ni supprimer, ni modifier les informations (Albouy et Meyer, 2019). D'autre part, l'implémentation de cette technologie augmente également la transparence envers les clients; ils pourront ainsi connaître tout le parcours des produits et donner leur confiance aux fournisseurs.

Prenons l'exemple dans l'industrie alimentaire dont la fonction de la traçabilité est de suivre tout le parcours des aliments et donc de connaître toutes les étapes de vie du produit. L'organisation « Provenance », qui exerce dans les technologies informatiques impliquant la traçabilité et la transparence dans la chaîne d'approvisionnement, a collaboré avec l'industrie de la pêche dans le but de faire connaître aux consommateurs la provenance réelle des poissons, si ces derniers ont été pêchés de manière responsable, les diverses transformations appliquées et si la production a été exercée dans le respect des normes de durabilité et d'équité (Dubery,2019).

---

<sup>9</sup> <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/tra%C3%A7abilit%C3%A9/78831>

### 3.1.2 La lutte contre la contrefaçon

La traçabilité et la transparence qu'apporte l'implémentation de la chaîne de blocs serait utile également pour faire face à la contrefaçon des produits de tout type, par exemple, les médicaments, les aliments, les bijoux etc...

Selon le site Stop-piracy, « *l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a estimé que le marché des produits contrefaits ou piratés représentait un volume pouvant atteindre 509 milliards de dollars américains, autrement dit 3.3 % quasiment de l'ensemble du commerce mondial (uniquement les transactions transfrontalières, sans compter ni les biens produits et consommés dans les marchés intérieurs ni les copies numériques piratées*<sup>10</sup> ». Comme nous l'avons cité, une des principales caractéristiques de la chaîne de blocs est d'assurer l'impossibilité pour les parties prenantes d'effectuer des modifications ou des suppressions sur les transactions effectuées dans un bloc. Cette technologie est également utilisée comme un outil permettant de suivre toutes les étapes de vie d'un produit ; elle apportera donc à la lutte contre la contrefaçon la garantie l'authenticité des produits.

En effet, le produit possédant une identité numérique des informations telles que sa provenance, ses circonstances de fabrication ou son emplacement de stockage pourraient être visualisés en bout de chaîne (HUG,2017).

Le fonctionnement est le suivant, une fois que la marchandise arrive aux mains de l'acheteur un QR code lui sera transmis, ce dernier pourra être ensuite scanné par le client depuis son smartphone, ce qui lui permettra de vérifier l'authenticité du produit et donc d'avoir un certificat cryptographique de la marchandise (Raymond,2020).

### 3.1.3 Échange de données en toute sécurité

Comme nous avons pu le voir, la chaîne d'approvisionnement génère un échange de données très important entre les différents acteurs, comme par exemple, les documents commerciaux, factures, avis d'expédition, etc.

La technologie de la chaîne de blocs apporterait un stockage et échange de documents sécurisés, donc cela rendrait la manipulation du partage d'informations plus compliquées, cela amènerait également à une diminution des coûts due aux documents en papier et réduirait les durées de traitement. Par exemple, l'industrie du transport maritime serait particulièrement concernée par l'implémentation de cette technologie, étant donné que de nombreux documents sont échangés pendant le transport, des marchandises par cette

---

<sup>10</sup> <https://www.stop-piracy.ch/presse/zahlen-zu-falschung-und-piraterie/?lang=fr-CH>

voie. En effet, les divers opérateurs pourraient avoir une transparence et une prévisibilité à chaque étape du transport, ce qui amènerait cette industrie à changer son écosystème et passer d'un fonctionnement séparé, à un fonctionnement harmonisé (Okazaki,2018). D'ailleurs, cette industrie est aussi fortement concernée par la lutte contre la contrefaçon, donc l'application de la chaîne de blocs apporterait également de la traçabilité, ce qui permettrait aux douanes de rester informées de toutes les transactions faites et de réagir à temps en cas de fraude.

## **3.2 Cas d'implémentations de la chaîne de blocs dans les industries**

À présent quelques exemples des industries ayant implémenté la chaîne de blocs dans leurs chaînes d'approvisionnement :

### **3.2.1 Industrie alimentaire**

Dans le secteur alimentaire, le motif principal qui a mené certaines entreprises du secteur à implémenter la technologie de la chaîne de blocs a été la traçabilité des produits alimentaires. Plusieurs scandales ont eu lieu ces dernières années suite à des fraudes alimentaires. Par exemple, en 2013 il y a eu un cas de fraude d'une enseigne de distribution ayant vendu de la viande de bœuf contenant de la viande de cheval (Stachtchenko, 2018). Ces scandales ont créé une méfiance de la part des consommateurs qui exigent d dorénavant d'être informés de toutes les étapes suivies par les produits qu'ils achètent, ce qui amène les marques à devenir de plus en plus transparentes. Selon une étude menée par PWC<sup>11</sup> et SSAFE<sup>12</sup> en 2016, les fraudes alimentaires coûteraient à cette industrie environ 30 à 40 millions par année.

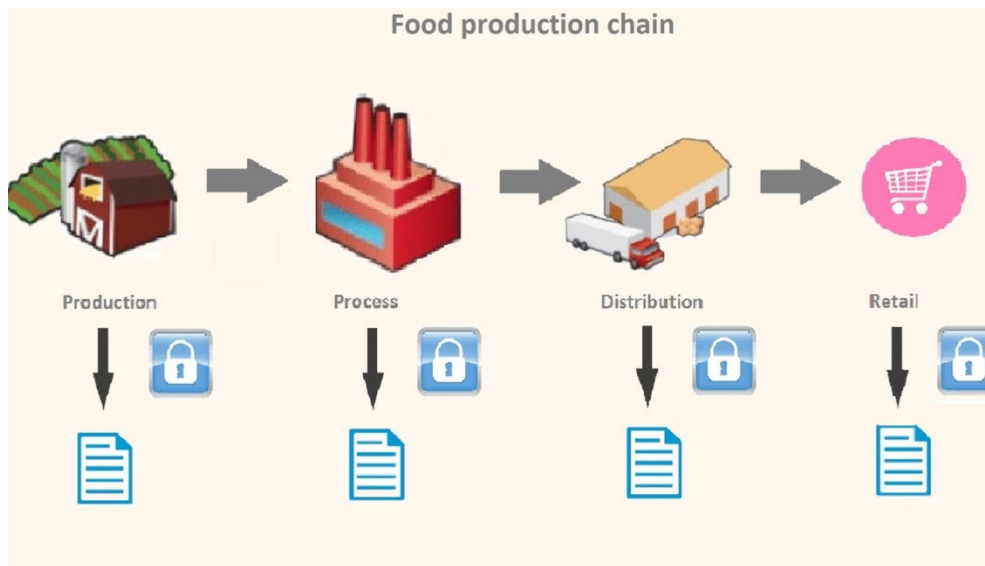
Par conséquent, la chaîne de blocs représente un outil technologique pour relever ce défi complexe auquel l'industrie agroalimentaire faisait face. L'avantage principal de l'implémentation de la chaîne de blocs dans l'industrie alimentaire était la traçabilité et l'impossibilité de modification ou suppression des informations concernant les étapes de fabrication d'un aliment depuis sa production jusqu'à la vente de ce dernier. L'insertion des données dans ce registre partagé pourrait se faire soit en mettant une photographie des documents sur une plateforme soit par le moyen de capteurs connectés qui récupéreront et enverront automatiquement les informations sur le produit et par la suite les inscrire dans la chaîne de blocs.

---

<sup>11</sup> Entreprise spécialisée dans les services d'audit

<sup>12</sup> Organisation mondiale à but non-lucratif étant créé pour promouvoir la sécurité alimentaire dans la chaîne d'approvisionnement

Figure 5 : Chaîne de production alimentaire



(Source : CORREIA Karine, 2017)

Sur l'image ci-dessus (Figure 5), nous pouvons voir la représentation de la chaîne de production alimentaire en implémentant la chaîne de blocs. Le suivi des données dans la chaîne de blocs durant chaque étape se fait de manière cryptée ce qui favorise la transparence entre les acteurs de la chaîne et augmente la sécurité des données.

Un cas d'entreprise ayant mis en place la technologie de la chaîne de blocs est celui de la chaîne de supermarchés Migros, qui a collaboré avec la société spécialisée dans la traçabilité des aliments TE-FOOD (Wood,2019). L'objectif de Migros était d'avoir une solution de traçabilité des fruits et légumes à usage interne dans le but de diminuer le gaspillage alimentaire et donc d'optimiser sa chaîne d'approvisionnement (AGEFI,2020). Ainsi, la solution proposée par TE-FOOD consistait à stocker les données récoltées sur FoodChain, qui est un système de chaîne de blocs basés sur la plateforme open source Hyperledger (Wood,2019).

TE-FOOD reçoit des données en provenance des plateformes web, applications mobiles ou des objets connectés (capteurs), ces données sont stockées sur FoodChain ou sur une autre blockchain comme IBM Food Trust, Vechain, etc.(Medium,2018).

Étant donné que dans le cas de Migros la solution TE-FOOD n'est pas ouverte aux clients du supermarché, cette dernière permet aux acteurs de la chaîne de distribution de Migros de fournir des informations sur les diverses actions qu'ils effectuent sur les produits et d'obtenir des informations sur les étapes précédentes.

Finalement, les autres solutions de chaîne de blocs existantes les plus connues dans l'industrie alimentaire, que nous avons relevé sont les suivantes : IBM Food Trust, Provenance et Ambrosus.

### 3.2.2 Industrie pharmaceutique

En ce qui concerne la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique, un des défis à relever est la contrefaçon des médicaments. D'après une recherche menée par l'Organisation Mondiale de la Santé en 2017 « *1 médicament sur 10 en circulation dans les pays à revenu faible ou intermédiaire est, selon les estimations, soit de qualité inférieure, soit falsifié<sup>13</sup>.* ».

Dans ce secteur la chaîne de blocs est utilisée particulièrement dans les essais cliniques, cette étude de recherche médicale est une partie fondamentale dans l'industrie pharmaceutique. Un essai clinique a pour but le développement de nouveaux traitements (médicaments, vaccins, etc.).

Il faut savoir que les essais cliniques sont composés de plusieurs phases et de plusieurs acteurs durant chaque phase. Par conséquent, le réseau logistique est indispensable au succès de ces recherches médicales.

L'avantage principal de l'implémentation de la chaîne de blocs dans les essais cliniques est la sécurité que celle-ci apporte quant au transfert des données (patients, médecins, laboratoires,) la traçabilité et l'impossibilité de modification des informations récoltées permettant ainsi de prouver l'authenticité de ces données.

Ces solutions basées sur la chaîne de blocs utilisent dans la plupart des cas des contrats intelligents, afin d'exécuter automatiquement les processus une fois que les conditions prédéfinies du contrat ont été remplies.

Une autre technologie combinée à la chaîne de blocs est celle de l'internet des objets (IOT), cette dernière est utilisée dans le but de récolter les données des patients, par exemple l'utilisation de montres intelligentes, pour contrôler le rythme cardiaque des patients.

En outre, la traçabilité et immuabilité de la chaîne de blocs permettrait à l'industrie pharmaceutique de garder une empreinte numérique de chaque action menée sur les médicaments, depuis leur fabrication jusqu'à leur distribution.

En effet, toutes les informations récoltées pendant les différentes phases peuvent être vérifiées par les acteurs de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique, ce qui leur permettra de constater l'authenticité des produits.

---

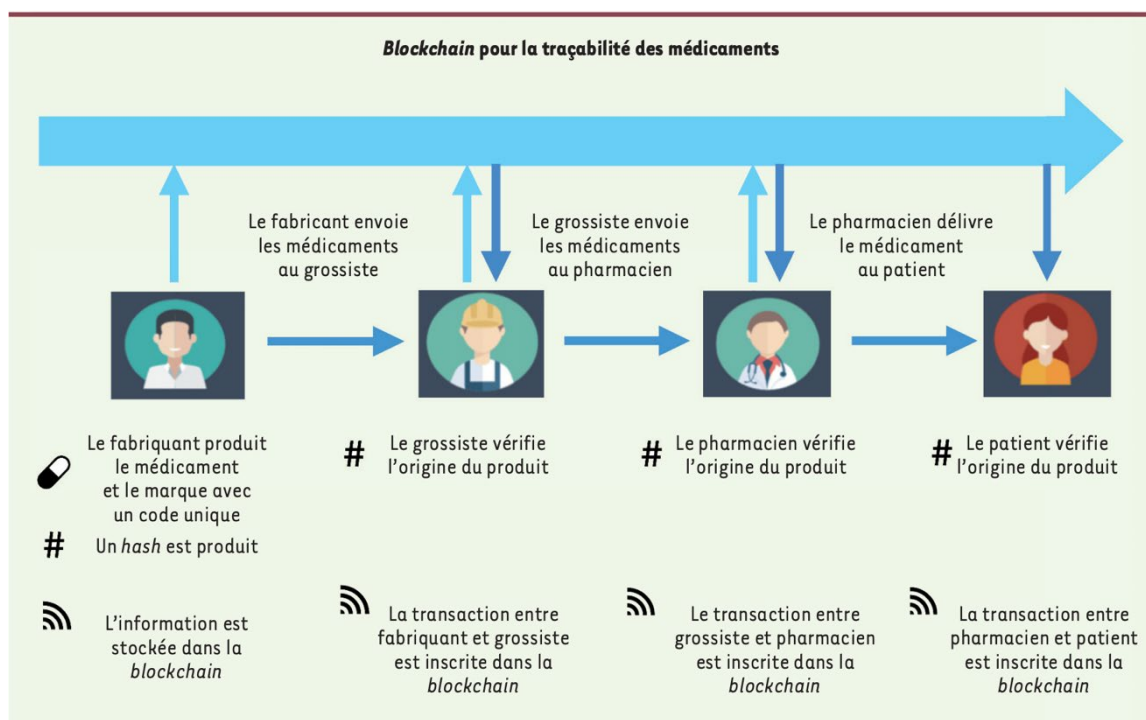
13 <https://www.who.int/fr/news-room/detail/28-11-2017-1-in-10-medical-products-in-developing-countries-is-substandard-or-falsified>

Selon la configuration des droits accordés aux parties prenantes, certains pourront enregistrer les nouveaux médicaments et d'autres ne pourront que valider le passage de ces derniers.

De plus, le suivi des étapes de la chaîne de distribution des médicaments peut être effectué en combinant la chaîne de blocs avec les technologies comme les puces RFID ou les code-barres DataMatrix <sup>14</sup> (Petre et Hai,2018). En effet, grâce à ces technologies il est possible de de transmettre les données du suivi des médicaments à la chaîne de blocs, ceci afin d'assurer la traçabilité du produit.

Par conséquent, les transactions effectuées sur les blocs sont inchangeables et horodatées, ce qui garantit que les données de traçabilité sur les médicaments ne soient pas altérées.

Figure 6 : Fonctionnement de la chaîne de blocs dans la traçabilité des médicaments



(Source : HAÏ Nassima et PETRE Anca, 2018)

Sur l'image ci-dessus (Figure 6), nous pouvons voir le parcours effectué par les médicaments tout au long de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique. Ce parcours est retracé dans la chaîne de blocs jusqu'à l'arrivée du médicament au patient. Les interactions du produit avec chacune des parties prenantes ont généré un hash<sup>15</sup>, celui-ci sera automatiquement stocké dans la chaîne de blocs.

<sup>14</sup> Symbologie code-barres bidimensionnel

<sup>15</sup> Identité numérique du bloc

Prenons l'exemple de la société Blockpharma, qui propose des solutions basées sur la chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique et dans le but de lutter contre la contrefaçon des médicaments. En effet, Blockpharma inscrit dans une chaîne de blocs privée chaque boîte de médicaments produite dans un laboratoire et effectue le suivi de ces boîtes de médicaments pendant tout le cycle de la chaîne d'approvisionnement (Sanchez, 2019).

La chaîne de blocs privés de Blockpharma regroupe tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnements, ce qui veut dire qu'une fois que le médicament quitte l'unité de production pharmaceutique l'enregistrement de la référence de la boîte est fait dans la chaîne de blocs, ensuite au passage chez le grossiste les transactions effectuées se font dans la chaîne de blocs et ainsi de suite jusqu'à l'arrivée en bout de chaîne (Roseau,2016).

Cette société propose une application à ses consommateurs qui leur permet de scanner le QR code d'une boîte de médicaments depuis leur smartphone et instantanément avoir à l'écran toutes les informations sur le produit. Ce procédé permet au consommateur de vérifier l'authenticité du médicament et dans le cas où l'application détecte une contrefaçon, celui-ci envoie une alerte à l'usine de production pharmaceutique.

Nous allons dès à présent aborder les impacts positifs et négatifs de la chaîne de blocs sur la chaîne d'approvisionnements.

### 3.3 Impacts sur la chaîne d'approvisionnement

Tableau 2 : Impacts positifs/négatifs de la chaîne de blocs sur la chaîne d'approvisionnement

Impacts positifs	Impacts négatifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Diminution des coûts</li><li>• Accélération des processus</li><li>• (Traçabilité de confiance)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Augmentation de la surveillance dans la chaîne d'approvisionnement</li><li>• Rigidité des contrats intelligents</li></ul>

(Adapté de KSHETRI Nir,2018)

#### 3.3.1 Impacts négatifs

##### Augmentation de la surveillance dans la chaîne d'approvisionnement

Nous pouvons attendre que la chaîne de blocs ait aussi des impacts négatifs sur la chaîne d'approvisionnement. Comme cela a été mentionné à maintes reprises, la chaîne de blocs apporte de la transparence et de la traçabilité de bout en bout de la chaîne d'approvisionnement. Ce sont des caractéristiques qui rendent cette technologie très attrayante. Néanmoins, ces caractéristiques peuvent également avoir un impact négatif puisque la transparence qu'apporte la chaîne de blocs risquerait de créer une perte de confidentialité et pourrait être utilisée comme moyen de surveillance surtout dans les cas où des entités externes, comme un gouvernement ou d'autres autorités, auraient accès aux informations stockées dans la chaîne de blocs. En effet, chaque action, chaque transaction et événement qui a lieu sur la chaîne de blocs est instantanément visible ce qui donnera la possibilité aux parties prenantes de la chaîne d'approvisionnement de surveiller et même de demander de fournir plus d'informations sous prétexte d'avoir plus de transparence sur le réseau (Hald et Kinra,2019).

De plus, la transparence demandée par la chaîne de blocs pourrait mener les divers acteurs de la chaîne d'approvisionnement à sélectionner minutieusement les informations qu'ils partagent dans le réseau, afin de garder leurs avantages compétitifs et ainsi d'éviter les fuites d'informations importantes (Coyne et McMickle, 2017 ; Yermack, 2017 ;Hald et Kinra, 2019).



## **Rigidité des contrats intelligents**

Comme il a été mentionné, les contrats intelligents sont des bouts de codes informatiques qui jouent le même rôle qu'un contrat traditionnel, mais sans intermédiaire et qui s'exécute automatiquement une fois les conditions prédéterminées réunies.

Même si, les contrats intelligents ont beaucoup de potentiel, l'impact négatif que ces derniers peuvent avoir sur la chaîne d'approvisionnement est leur impossibilité à être modifiée dans le cas où les besoins ont changé ou que certaines conditions n'ont pas été prises en compte pendant l'élaboration du contrat (Sklaroff, 2017 ; Hald et Kinra,2019).

### **3.3.2 Impacts positifs**

#### **Diminution des coûts**

Un impact positif dans l'implémentation de la chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement est premièrement la diminution des coûts.

D'abord, nous avons les coûts en lien avec les processus effectués manuellement puisque ceux-ci créent une augmentation d'erreurs, ce qui provoque des retards dans les procédures et par conséquent une augmentation des coûts (Musienko,2019). L'implémentation de la chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement aide à ce que ces coûts diminuent. Tout d'abord, parce que dans ce domaine, il existe un échange énorme de documents et en implémentant la chaîne de blocs dans la chaîne d'approvisionnement tous les documents seront numérisés et stockés dans la blockchain. Grâce à cette élimination du circuit papier, les procédures s'effectueront de manière rapide et sûre (Geyer et Niessing, 2020).

Prenons le cas de l'entreprise danoise Maersk, sa solution appelée TradeLens basée sur HyperLedger Fabric et développée en collaboration avec IBM et AP Moller lui a permis de numériser tous les documents en lien avec les envois maritimes afin de pouvoir soumettre, tamponner et valider ces documents en toute sécurité et en réduisant les coûts en lien avec la documentation (Kshetri,2018).

Un exemple de l'application de la chaîne de blocs dans ce cas, serait : une autorité douanière signe un document et immédiatement télécharge une copie du document contenant une signature digitale<sup>16</sup> ; par la suite ce document sera enregistré dans la

---

<sup>16</sup> Signature électronique se réfère à un nombre ou une suite de nombres associés à un fichier et à la personne à l'origine de la signature. Cette signature n'est pas visible sur le document, les avantages de la signature électronique sont : la conservation numérique des documents, la suppression de l'archivage. En ce qui concerne le cadre juridique, cette signature garantit l'identité du signataire et l'intégrité des documents.

chaîne de blocs ce qui permettra à tous les participants du bloc de vérifier que le processus a été complété.

Deuxièmement, un autre facteur qui permet de diminuer les coûts dans la chaîne d'approvisionnement en implémentant la chaîne de blocs est la possibilité de détecter à temps la source d'un problème pendant le parcours d'un produit. Ceci permet dans le cas des entreprises du secteur alimentaire d'agir rapidement pour éviter de faire face à des rappels alimentaires qui sont très coûteux pour les entreprises, car elles seraient dans l'obligation de retirer toute la gamme de produits défectueux du marché (Kshetri,2018).

### **Accélération des processus**

Comme cité ci-dessus, la chaîne de blocs entraîne l'élimination du circuit papier, ce qui crée une accélération des processus. En effet, cette accélération se produit, car, en implémentant la chaîne de blocs, les processus sont digitalisés, ce qui génère une réduction des interactions et de la communication (Kshetri,2018).

L'utilisation des contrats intelligents dans la chaîne de blocs contribue également à l'accélération des processus, puisque les contrats intelligents contiennent des conditions prédéterminées sous forme de code logiciel qui s'exécutent automatiquement une fois que les modalités ont été respectées, ce qui automatise la prise de décision.

## 4. Comment implémenter la chaîne de blocs dans le cas de l'entreprise EasyShipping4U

À présent, nous allons prendre le cas de l'entreprise de logistique EasyShipping4U implantée à Genève. Cette entreprise propose à ses clients une plateforme de E-logistique qui comporte des fonctionnalités telles que : gestion des flux logistiques, suivi des envois, gestion des transporteurs, gestion des documents relatifs aux envois, préparation des commandes<sup>17</sup>, etc..

Les services fournis par EasyShipping4U s'adressent aux commerces de type : entreprises à consommateurs ou B2C<sup>18</sup>, interentreprises ou B2B <sup>19</sup> et consommateur à consommateur C2C<sup>20</sup>.

Nous allons dès à présent, aborder le thème de l'implémentation de la chaîne de blocs au sein de l'entreprise Easyshipping4U.

### 4.1 Problématique

Nous allons commencer par expliquer la problématique à laquelle est confrontée l'entreprise. En effet, comme nous l'avons vu précédemment parmi les services proposés par EasyShipping4U, il y a la gestion des documents relatifs aux envois.

Ce service a besoin d'une technologie qui lui permette d'effectuer le suivi et donc de retracer les documents de transport, ce qui permettra aux personnes ayant les droits d'obtenir des informations sur les diverses actions menées sur les documents de transport, par exemple : qui a été la dernière personne à visualiser le document ou l'heure à laquelle le document a été ouvert.

Dans le cas d'EasyShipping4U, la chaîne de blocs serait utilisée uniquement pour les documents de transport dont la pérennité est supérieure à une année. Ces documents concernent l'envoi et la réception des marchandises.

### 4.2 Objectif

Tout d'abord, il faut tenir compte que l'entreprise EasyShipping4U cherche une solution lui permettant atteindre les objectifs suivants :

- **La traçabilité des documents de transport** pour savoir qui a eu accès au document et à quel moment(date/heure).

---

<sup>17</sup> <https://www.easyshipping4u.com/fonctionnalites>

<sup>18</sup> Business to consumer

<sup>19</sup> Business to business

<sup>20</sup> Consumer to consumer

- **La sécurité des documents** donc éviter les falsifications sur les informations se trouvant sur le document.

Ce sont des objectifs qu'une solution basée sur la chaîne de blocs pourrait accomplir. C'est pourquoi, dans cette partie du travail nous allons analyser si la chaîne de blocs apporterait une valeur ajoutée à l'entreprise EasyShipping4U et comment la chaîne de blocs pourrait être implémentée dans le cas de cette entreprise.

Pour ce faire, nous allons évaluer les différentes possibilités d'implémentation de cette technologie, les avantages que cette technologie apportera et quel serait le type de chaîne de blocs la plus appropriée à implémenter dans le cas d'EasyShipping4U.

#### **4.2.1 La traçabilité des documents de transport**

Dans la chaîne de transport, il y a un partage important de documents qui permettent, dans certains cas, de valider la prise en charge de la marchandise ou autoriser le passage de celle-ci, lorsqu'elle arrive dans les mains d'un des acteurs de la chaîne de transport. Prenons le cas de l'organisation de l'envoi ou la réception de marchandises, à ce moment plusieurs documents sont regroupés dans un dossier, nous aurons par exemple : le certificat d'origine de la marchandise, la lettre de transport, le manifeste de transport, les documents douaniers, etc.

Ce dossier accompagne la marchandise tout au long de son trajet, il est donc très probable qu'il soit transmis à plusieurs transporteurs durant son trajet. Par conséquent, nous pouvons relever que cette chaîne de transport est composée d'un réseau de plusieurs intervenants qui échangent des documents importants.

Les acteurs de la chaîne de blocs seront les transporteurs, mais également toutes les personnes intervenant lors de l'envoi ou la réception de la marchandise. Il sera important de tenir compte que le transport de marchandises est une chaîne comprenant plusieurs acteurs.

### **4.3 Faisabilité technologique**

Sur le plan technologique, la traçabilité des documents est possible à l'aide de la chaîne de blocs. Comme vu précédemment, une des caractéristiques de la chaîne de blocs est la possibilité de retracer les produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement, dans le cas d'EasyShipping4U, la traçabilité serait appliquée sur les documents de transport. À ce sujet, nous pouvons nous référer au cas que nous avons cité précédemment concernant la compagnie de logistique Maersk, qui a lancé un projet pour diminuer le circuit papier et effectuer des échanges de documents de tout type entre les différents

acteurs (transporteurs, ports, autorités douanières), de manière sécurisée et transparente en intégrant une solution basée sur la chaîne de blocs appelée TradeLens.

Ce cas d'usage ayant quelques similitudes pourrait nous aider à mieux comprendre les caractéristiques que devrait avoir la solution basée sur la chaîne de blocs proposer à EasyShipping4U.

Rappelons brièvement qu'il existe plusieurs types de chaînes de blocs et les plus utilisées sont : la chaîne de blocs publique et la chaîne de blocs privée. Parmi ces trois types de chaîne de blocs, nous allons évaluer la chaîne de blocs publique et la chaîne de blocs privée pour savoir laquelle des deux conviendrait mieux dans le cas d'EasyShipping4U.

Tout d'abord, l'implémentation d'une chaîne de blocs publique présente quelques risques dans le cas d'une proposition de solution pour cette entreprise, comme le fait que ce type de chaîne de blocs est accessible aux participants du réseau, mais également au public donc les informations confidentielles risquent d'être exposées (Bennett,2018). Néanmoins, cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas de sécurité dans les chaînes de blocs publics, mais le fait qu'elle soit accessible à toute personne et qu'il n'y ait pas un contrôle d'accès instauré n'est pas convenable dans le cas d'une entreprise.

De plus, dans la chaîne de blocs publique les participants sont quasi-anonymes, le seul moyen de les identifier est par le biais de leur clé publique et leur signature électronique. Cependant, dans le cas d'EasyShipping4U il est important de connaître l'identité des participants pour pouvoir tracer et savoir qui serait le responsable de tout changement apporté sur un document.

D'autre part, il existe la possibilité d'implémenter une chaîne de blocs privée, ce type de chaîne de blocs fonctionne comme une sorte de réseau privé(Guilhaudis,2018). En effet, dans une chaîne de blocs privée, il existe une organisation qui décide qui peut faire partie du réseau. Elle s'occupe également d'octroyer les droits aux participants et de fixer les règles, ce qui signifie que seules les personnes ayant reçu une invitation à rejoindre le réseau ont accès à la chaîne de blocs. En fonction des droits qui leur seront octroyés, ils pourront valider, lire ou écrire des transactions.

Par conséquent, l'implémentation d'une chaîne de blocs privée dans une entreprise permettrait à cette dernière de garder une certaine sécurité et confidentialité des procédures étant donné que les personnes ayant accès à la chaîne de blocs seront validées au préalable par l'administrateur.

D'autres facteurs très importants à tenir en compte, sont la rapidité du traitement des transactions dans les chaînes de blocs privées et le coût de l'implémentation qui est moins élevé que dans le cas des chaînes de blocs publiques.

Une fois ayant compris le besoin de l'entreprise EasyShipping4U et les limites propres aux chaînes de blocs publiques, nous pouvons déduire que le plus opportun serait l'implémentation d'une chaîne de blocs privée.

#### **4.4 Solution basée sur la chaîne de blocs**

La proposition de solution que nous allons voir dans les prochaines lignes est basée sur une solution existante qui peut être appliquée dans le cas d'EasyShipping4U.

Parmi les projets de chaînes de blocs existants, il en existe un qui comporte des caractéristiques particulièrement intéressantes pour ce projet, il s'agit de « HyperLedger ». Un projet open source géré par la très populaire fondation Linux (Blummer, Bohan et Bowman, 2018). En effet, une des particularités de Hyperledger est que ce projet fournit des services proposant des solutions de chaînes de blocs privées personnalisées, ce qui permet aux entreprises de déployer des solutions pertinentes basées sur la chaîne de blocs.

En effet, ces sous-projets de chaîne de blocs open source de Hyperledger sont connus sous le nom de « frameworks », ces projets ont pour but d'aider les entreprises à construire leur environnement intégrant la chaîne de blocs, ces frameworks comprennent des fonctionnalités telles que (Blummer et Bohan, 2018) :

- Des contrats intelligents afin de traiter les transactions.
- Des algorithmes de consensus pour valider les transactions.
- La confidentialité dans les transactions effectuées grâce à la restriction d'accès.

Parmi ces frameworks existants, nous allons nous intéresser à « HyperLedger Fabric ».

Les raisons pour lesquelles « HyperLedger Fabric » a été retenu dans le cadre de la solution à proposer pour EasyShipping4U sont les suivantes :

- Il n'y a pas d'anonymat des utilisateurs, il est donc possible de connaître l'identité des participants (Guilhaudis,2018). Par conséquent, les utilisateurs n'ayant pas de droit d'accès ne peuvent ni rejoindre le réseau ni visualiser les données.
- La gestion des autorisations des contrôles d'accès, ce qui signifie qu'il est possible d'accorder des autorisations et des accès en fonction du

rôle de chaque participant, ceci s'effectue au moyen des MSP<sup>21</sup> (*Membership Service Providers*) et la collecte de données privées (Hyperledger,2019).

- Ces solutions sont très utilisées dans le monde des affaires plus précisément dans les commerces de type « business to business » (Bennett,2018).
- Libre choix de l'algorithme de consensus.
- La possibilité de créer des contrats intelligents connus sous le nom de « Chaincode <sup>22</sup> » sur Hyperledger Fabric (Hyperledger).
- Ne requiert pas d'utilisation de miniers <sup>23</sup>, à la place il existe un arrangement de la part des nœuds (participants) ce qui permettra la création des blocs.
- Ne demande pas de traitement coûteux pour réaliser les transactions

De plus, ce type de solution permettra à l'entreprise EasyShipping4U de diminuer les coûts en systèmes informatiques et en maintien de ces derniers.

#### **4.5 Mise en place de la solution basée sur la chaîne de blocs**

Comme expliqué précédemment, le but de cette solution est d'ajouter une identité numérique à chaque document de transport qui sera téléchargé sur la chaîne de blocs. Ces documents de transports sont liés à une marchandise ce qui permettra de rendre visible les documents aux différents acteurs (transporteurs, douanes, etc.) autorisés et d'avoir également un suivi donc une traçabilité des documents de transport. Ces documents seront également authentifiés et chiffrés sur la chaîne de blocs ce qui signifie que, grâce au chiffrement, les données seront illisibles pour les personnes n'ayant pas d'autorisation. De plus, nous pouvons développer un contrat intelligent avec des conditions prédéfinies.

Premièrement, avant de pouvoir proposer une solution pour l'entreprise EasyShipping4U il faut tenir compte de quelques contraintes causées par la chaîne de blocs :

- Même si la chaîne de blocs est vue comme une base de données, il est important de savoir que la capacité de stockage dans cette dernière est limitée. En effet, la chaîne de blocs ne stocke pas de documents, car ceux-ci ont un poids souvent très lourd. Comme nous l'avons vu précédemment les transactions faites sur la chaîne de blocs sont distribuées sur tous les participants du réseau. Le stockage d'un document d'une taille important pourrait donc provoquer une panne dans le système. De plus, les calculs des hash qui sont effectués durant

---

<sup>21</sup> Composant de Hyperledger Fabric par lequel les participants du réseau sont inscrits à ce dernier

<sup>22</sup> Code de programmation qui accomplit les fonctions d'un contrat intelligent (automatisation des processus métier) sur Hyperledger Fabric

<sup>23</sup> Nœuds accomplissant la fonction d'assembler les blocs

chaque transaction, représentent aussi une charge importante dans le réseau.

- Comme indiqué précédemment, la chaîne de blocs nous permettra de retracer et enregistrer les actions qui seront effectuées sur les documents, l'inconvénient qui se pose est que les informations sur qui a eu accès à la lecture du contenu de la chaîne de blocs ne sont pas enregistrées.

La solution qui concerne le stockage, dès lors où les documents ne pourront pas être enregistrés dans la chaîne de blocs pour la raison citée ci-dessus, serait de déplacer le stockage des documents sur un hébergeur de fichiers et enregistrer l'emplacement des fichiers sur la chaîne de blocs. Par conséquent, le type de service de stockage à proposer est connu sous le nom de « Simple Storage Service » ou S3, les avantages de l'utilisation d'un hébergeur sont les suivants :

- Il est possible de configurer rapidement les droits d'accès (modification, suppression, lecture) aux documents.
- Le contenu peut être chiffré, ce qui augmente la sécurité dans le stockage des documents.
- La capacité de stockage est illimitée, donc il n'y a pas de risque de manquer de place pour enregistrer les fichiers.

Concernant la gestion d'accès, il est important d'établir dès le début les droits qui seront accordés aux participants du réseau par exemple :

- Le droit de télécharger des documents pour EasyShipping4U
- Le droit de visibilité des documents pour les transporteurs, les douanes et EasyShipping4U

Ces droits que nous allons accorder, nous permettront d'avoir plus de sécurité, mais également de retracer et d'enregistrer les actions dans la chaîne de blocs. Pour ce faire, nous allons accorder des certificats aux participants du réseau, ceci dans le but de les identifier. Sur Hyperledger Fabric, ces certificats sont générés dans un outil connu sous le nom de « Cryptogen », par exemple pour chaque entreprise de transport (Bolloré, Planzer) nous pouvons annoncer qu'il y aura 2 nœuds (participants). Dans ce cas l'outil Cryptogen générera une liste de certificats pour les nœuds de ces transporteurs.

Il est important de savoir que sur Hyperledger Fabric, les nœuds (participants) sont divisés en plusieurs types de nœuds et accomplissent des rôles différents :

**Peers** : membres de l'organisation participant au réseau de chaîne de blocs (Mamun,2018).

**Endorser peer ou pair homologué** : Ce type de nœuds accomplissent deux fonctions importantes au sein de la chaîne de blocs (Mamun,2018). Il s'agit de :



- La validation des transactions donc la vérification des certifications du participant qui transmet une demande de transaction
- L'exécution du « chaincode » (contrat intelligent)

Une fois que les deux tâches précédentes sont terminées, le pair homologué (endorser peer) peut approuver ou rejeter une transaction.

**Ordered peer ou nœud de commande** : il s'agit du nœud qui recevra le bloc et ajoutera ce dernier à la chaîne de blocs. De plus, ce nœud transmettra les blocs approuvés aux participants du réseau (Mamum,2018).

Pour continuer avec le développement de la solution sur « Hyperledger Fabric », nous allons définir les composants de cette dernière à l'aide du modèle « *Business Network Définition* » (Hyperledger,2019) :

- **Les participants du réseau** : Les transporteurs, EasyShipping4U, les douanes.
- **Actifs ou Assets** : Les documents de transport des marchandises
- **Transactions** : Transmission des documents de transport lors de l'envoi et réception des marchandises. Ces documents accompagnent la marchandise tout au long du transport et sont échangés entre les participants du réseau.

Les principales transactions qui seront effectuées sur la plateforme seront dédiées au stockage et traçabilité des documents de transport :

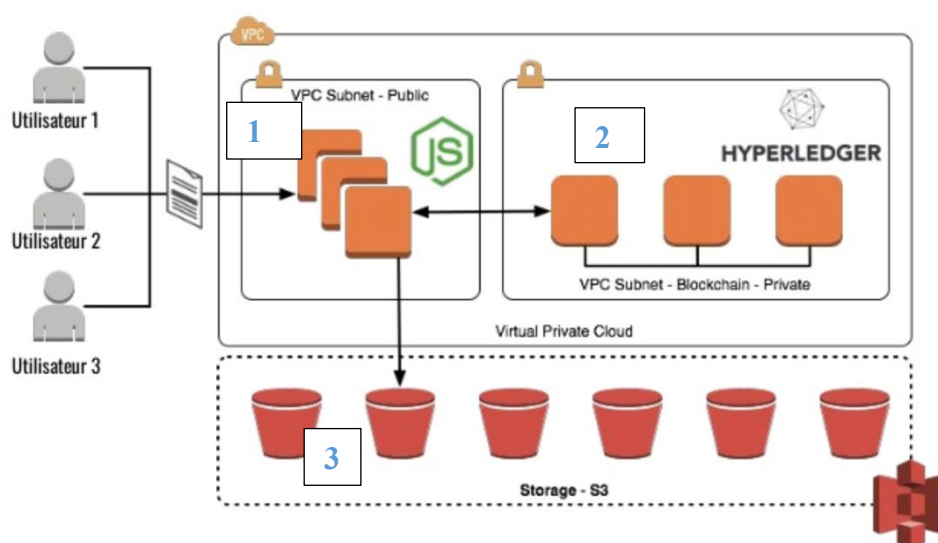
Tableau 3 : Transactions effectuées sur la chaîne de blocs

Transactions	Description de la transaction
Enregistrement des documents de transport	Les documents en lien avec le transport des marchandises seront enregistrés sur la chaîne de blocs.
Enregistrements des actions effectuées sur les documents	Les actions effectuées sur les documents de transports, par exemple, les modifications. Quand une action a lieu cette dernière sera enregistrée sur la chaîne de blocs.

### 4.5.1 Architecture de la plateforme

À présent nous allons déterminer l'architecture utilisée dans la solution basée sur Hyperledger Fabric.

Figure 7 : Architecture de la solution



(Source : SEGOUIN, Vincent, 2018)

Sur l'image ci-dessus (Figure 7), nous avons un aperçu de l'architecture de la solution proposée. Tout d'abord, nous allons mettre en place deux *Virtual Private Cloud* ou VPC, il s'agit d'un réseau isolé dans un environnement de cloud.

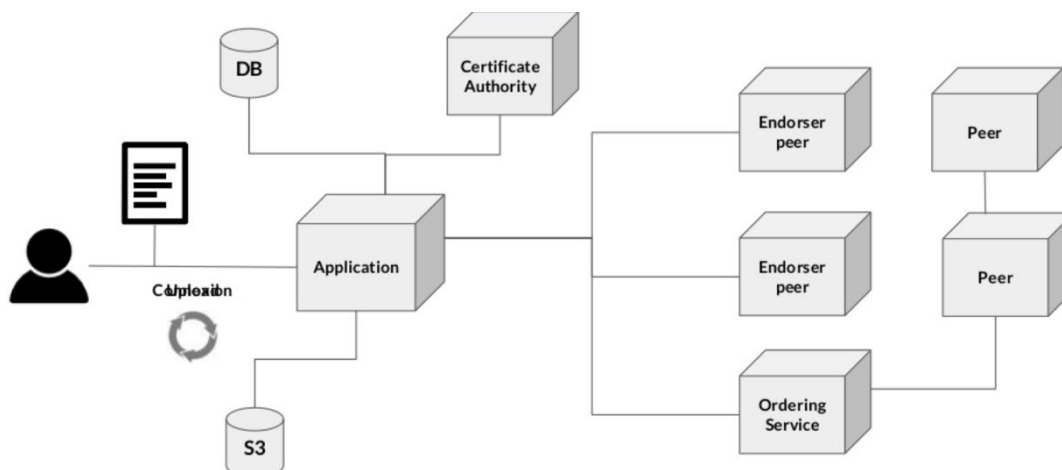
Le VPC public (point 1) hébergera la plateforme et servira également d'intermédiaire entre les participants du réseau (compagnies de transports, EasyShipping4U) et la plateforme. De plus, ce VPC public permettra à l'administrateur d'accéder à la chaîne de blocs pour réaliser des configurations sur cette dernière.

Ensuite, nous allons avoir un Cloud virtuel privé (point 2). La raison principale de l'utilisation d'un VPC privé est d'héberger la chaîne de blocs avec les différents participants des compagnies de transport et EasyShipping4U. Ce VPC privé nous apportera également plus de sécurité, car grâce à ce dernier la chaîne de blocs sera isolée de tout facteur externe (Amazon, 2020).

Finalement, comme nous l'avons vu précédemment un hébergeur S3 (point 3) sera utilisé pour stocker les documents qui seront téléchargés par EasyShipping4U.

#### 4.5.2 Cas d'usage de la solution

Figure 8 : Interaction de l'utilisateur avec la plateforme



(Source : SEGOUIN, Vincent, 2018)

Nous allons aborder les diverses fonctionnalités de la solution basée sur la chaîne de blocs et comment ces dernières seront implémentées sur la plateforme :

Le téléchargement d'un document sur la chaîne de blocs (Figure 8) :

Tout d'abord, un participant d'EasyShipping4U commence par se connecter sur la plateforme à l'aide des informations sur son login. Au moment de la connexion les informations sur son certificat seront récupérées. Dans le cas où il s'agirait d'un nouveau participant qui n'est pas certifié le système créera les certifications pour cet utilisateur pour qu'il puisse communiquer avec la chaîne de blocs.

Par la suite, le participant téléchargera le document sur la plateforme. Avant la validation de cette transaction (téléchargement du document sur la chaîne de blocs) ce dernier sera temporairement enregistré sur l'hébergeur de documents S3. Une requête sera ensuite envoyée au « *endorser peer* » ou nœud homologué, afin qu'il puisse vérifier si le participant voulant ajouter le document sur le réseau est certifié et s'il détient l'autorisation pour effectuer cette action.

Après avoir effectué la validation de la transaction, le nœud homologué fera appel au « *ordered peer* » pour qu'il puisse rajouter le nouveau bloc à la chaîne de bloc et par la suite répartir ce dernier à tous les nœuds du réseau. Finalement, une fois que toutes les

étapes de vérification et validation sont terminées, le document qui se trouvait temporairement sur l'hébergeur S3 sera définitivement enregistré sur ce dernier.

## 4.6 Risques et bénéfices

Les bénéfices et risques de l'implémentation d'une chaîne de blocs dans la traçabilité des documents de transport sont les suivants :

Tableau 4 : Risques/bénéfices de la solution

Risques	Bénéfices
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manque de coopération</li> <li>- Cadre juridique</li> <li>- Altération du document avant le téléchargement sur la plateforme</li> <li>- Temps et coûts dans la formation du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminution des tâches sans valeur ajoutée</li> <li>- Éviter les conflits</li> <li>- Augmentation de la confiance et compétitivité</li> <li>- Automatisation des processus</li> </ul>

### 4.6.1 Risques de la solution proposée

#### Manque de coopération

Dans le réseau plusieurs participants seront réunis, il est donc important d'avoir leur accord pour qu'ils puissent rejoindre le réseau. Il se peut que parmi ces acteurs, quelques-uns soient encore réticents à l'idée d'adopter cette technologie et qu'ils refusent de rejoindre la chaîne de blocs.

#### Temps et coûts dans la formation du personnel

Il est important de tenir compte que même si la solution implémentée ne demandera pas de connaissances avancées en informatique et que son utilisation est plutôt simple, le personnel ou les participants du réseau devront suivre une formation pour apprendre à utiliser la plateforme. Cette formation engendra des coûts associés au temps destiné à celle-ci et également à l'engagement d'un intervenant externe apte à former les participants du réseau.

#### Vérification d'authentification

Comme mentionné précédemment, une fois qu'une transaction a été effectuée sur la chaîne de blocs, il est possible de la tracer et d'éviter toute falsification, mais l'inconvénient qui se pose dans le cas de l'ajout d'un document sur la chaîne de blocs reste que nous ne pouvons pas être sûrs que le document en question n'a pas été altéré avant d'être introduit sur la chaîne de blocs (Guilhaudis, 2018) (Bouzidi et Frossard, 2018).

## **Cadre juridique**

En ce qui concerne le cadre juridique, l'implémentation de la chaîne de blocs nécessite une inspection des lois applicables sur la protection des données personnelles des participants et l'échange des documents. En effet, très souvent pendant l'envoi ou la réception des marchandises les documents et données transférées dans la chaîne d'approvisionnement se font entre plusieurs pays. Il n'existe pas encore de normes standardisées au niveau international et chaque pays compte avec des lois différentes concernant cette technologie (Adam-Kalfon et Dubreuil, 2017). De plus, il est important de connaître la valeur légale des contrats intelligents qui seront mis en place dans le futur. Il faut également tenir compte que la chaîne de blocs est une technologie qui est encore en évolution, donc les lois qui s'appliquent à cette dernière risquent également d'évoluer au fur et à mesure.

D'autre part, les bénéfices de l'implémentation de la chaîne de blocs dans la traçabilité des documents sont les suivants :

### **4.6.2 Bénéfices de la solution proposée**

#### **Diminution des tâches sans valeur ajoutée**

Un bénéfice serait également d'éviter les tâches répétitives ou les communications qui n'ont pas de valeur ajoutée, ces dernières pourront être diminuées puisque les documents seront visibles par les acteurs ayant le droit de visibilité, donc quand un acteur du réseau veut consulter un document il pourra directement s'adresser à la base de données de la chaîne de blocs et il n'aura plus besoin de faire appel à un autre acteur pour effectuer cette action.

#### **Éviter les conflits**

Dans le cas où un conflit dû par exemple à la perte d'un document de transport survient, il sera possible de s'adresser à la base de données de la chaîne de blocs pour obtenir les informations sur les actions suivies sur le document en question (IBM et Maersk, 2019). En effet, la chaîne de blocs agirait comme une source de vérité à laquelle il sera possible

de recourir en cas de doute, car les documents qui se trouvent sur cette dernière sont immuables et vérifiables immédiatement (IBM et Maersk, 2019).

## **Augmentation de la confiance et de la compétitivité**

Étant donné que la chaîne de blocs est connue pour son apport de sécurité, sa transparence et sa traçabilité, ces caractéristiques permettront aux participants du réseau de se sentir plus en confiance. Ils gagneraient en sincérité et transparence, étant donné que les documents seront facilement accessibles et traçables.

D'autre part, la chaîne de blocs étant une technologie en pleine croissance, l'implémentation dans les processus d'une entreprise permettrait à cette dernière de rester compétitive (Coyne et McMickle, 2017 ; Yermack, 2017 ; Hald et Kinra, 2019). Elle sera ainsi vue comme une entreprise qui s'adapte aux nouvelles technologies et qui innove par rapport à ses concurrents.

### **4.6.3 Remarques sur la solution proposée**

Comme nous l'avons vu EasyShipping4U compte déjà avec une plateforme de logistique. La solution proposée sur ce rapport se base sur une migration dans un cloud, la raison de cette proposition est que d'implémenter la chaîne de blocs sur la plateforme existante provoquerait que les processus changent potentiellement, tout dépend de ce qui existe déjà. Il sera toutefois très probable qu'une bonne partie de l'architecture actuelle soit maintenue et que la chaîne de blocs apporte une meilleure intégration.

## 5. Conclusion

La technologie de la chaîne de blocs évolue avec les caractéristiques apportent une valeur ajoutée aux entreprises qui l'ont implémenté. Nous avons pu constater dans les diverses analyses effectuées, que la chaîne de blocs a un grand potentiel dans les chaînes d'approvisionnement des divers secteurs d'activités.

Les entreprises ayant la chaîne d'approvisionnement comme activité principale et qui ont eu recours à l'implémentation de la chaîne de blocs sont en train de connaître une transformation bénéfique dans leurs processus. L'accélération des processus, la diminution de la falsification des données et surtout la sécurité des données confidentielles en sont des exemples. Ce qui signifie que cette technologie a de nombreuses opportunités dans un réseau complexe comme la chaîne d'approvisionnement.

D'autre part, afin de faciliter le transport de marchandises ou les échanges de données dans la chaîne d'approvisionnement des lois standardisées internationalement pourraient motiver les entreprises à se lancer plus facilement dans l'implémentation de la chaîne de blocs.

À propos de la solution proposée dans ce travail, il faut tenir compte que cette solution qui semble être la plus adaptée à la problématique présentée par l'entreprise. Il existe néanmoins d'autres solutions qui pourraient également être utilisées, par exemple « Ethereum ». En effet, le réseau de chaîne de blocs « Ethereum » permet aussi la création de contrats intelligents. Ce dernier est d'ailleurs le pionnier dans ce type de protocole informatique.

Cela permettrait, dans la problématique abordée dans ce travail, de créer un contrat intelligent avec des conditions prédéfinies et de combiner ce dernier avec un oracle hardware pour récolter les informations externes à la chaîne de blocs. Par la suite, ces informations obtenues pourraient être stockées et retracées de manière sécurisée.

En ce qui concerne l'avenir de la chaîne de blocs, celle-ci s'améliore avec le temps, car de nouvelles mises à jour sont réalisées. Dans le cas d'Ethereum une version 2.0 est envisagée pour l'année prochaine. Ces mises à jour ont pour but de traiter un plus grand nombre de données, car pour l'instant le volume est limité.

Pour conclure, même si la chaîne de blocs a de nombreuses caractéristiques avantageuses, d'autres registres distribués (Hashgraph) pourraient devenir plus connus



et, à l'avenir être des concurrents potentiels pour les chaînes de blocs existantes. Restons attentifs à ce domaine en plein développement.

## Bibliographie

ADAM-KALFON, Pauline et EL MOUTAOUAKIL Selsabila. Blockchain, catalyseur de nouvelles approches en assurance. In : . 2017.p.48.

ALIMENTARIUM., [sans date]. Traçabilité des aliments. In : *Alimentarium* [en ligne]. [Consulté le 26 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.alimentarium.org/fr/savoir/tra%C3%A7abilit%C3%A9-des-aliments>.

AZIM, Amirul, ISLAM, Muhammad Nazrul et SPRANGER, Paul E, 2020. Blockchain and novel coronavirus: Towards preventing COVID-19 and future pandemics. In : . 2020. p. 4.

BASET, Salman A., DESROSIERS, Luc et GAUR, Nitin, 2019. *Blockchain Development with Hyperledger* [en ligne]. S.l. : Packt Publishing. [Consulté le 5 juillet 2020]. ISBN 978-1-83864-998-2. Disponible à l'adresse : <https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/88867539?searchterm=HYPERLEDGER%20FABRIC>.

BASET, Salman A., DESROSIERS, Luc et GAUR, Nitin, 2019. Blockchain Development with Hyperledger [en ligne]. S.l. : Packt Publishing. [Consulté le 5 juillet 2020]. ISBN 978-1-83864-998-2. Disponible à l'adresse : <https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/88867539?searchterm=HYPERLEDGER%20FABRIC>.

BENNETT, Chris, 2018. *Public Blockchain vs Private Blockchain for the Enterprise* [en ligne]. 27 juin 2018. [Consulté le 6 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=GgcTmSoaEY&t=3094s>.

BLOCKCHAIN PARTNER., [sans date]. Supply chain, traçabilité & blockchain : notre étude. In : *Blockchain Partner* [en ligne]. [Consulté le 26 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://blockchainpartner.fr/supply-chain-tracabilite-blockchain/>.

BONNAUD, Serge et DIDIER, Christophe, [sans date]. IoT et Blockchain combinés: Quels sont les Usages? In : . p. 16.

BOUZIDI, Djellil, 2018. L'identité numérique : un usage de la blockchain au profit du citoyen. In : . 2018. p. 28.

BRUCKER, Xavier, 2019. Assurer la continuité numérique des données : un challenge pour l'industrie pharmaceutique - Xavier Brucker. In : [en ligne]. 19 décembre 2019. [Consulté le 23 décembre 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.usinenouvelle.com/blogs/xavier-brucker/assurer-la-continuite-numerique-des-donnees-un-challenge-pour-l-industrie-pharmaceutique.N914639>.

CARRON, Cécilia, 2015. Lutter contre la contrefaçon grâce à des QR code. In : *EPFL Actualités* [en ligne]. 6 mai 2015. [Consulté le 27 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://actu.epfl.ch/news/lutter-contre-la-contrefacon-grace-a-des-qr-code/>.

CELARIES, CHRISTOPHE, 2016. Les finalistes des Trophées de la e-santé 2016 désignés. In : *La semaine de Castres* [en ligne]. 2016. [Consulté le 8 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.lasemainedecastres.fr/les-finalistes-des-trophees-de-la-e-sante-2016-designes/>.

CHALAEMWONGWAN, Nutthakorn et KURUTACH, Weresak, 2018. Notice of Violation of IEEE Publication Principles: State of the art and challenges facing consensus protocols on blockchain. In : *2018 International Conference on Information Networking (ICOIN)*. S.l. : s.n. janvier 2018. p. 957-962.

CHANUT, Guillaume, 2019. Qu'est-ce que le Blockchain as a Service (BaaS)? In : *Cryptoast* [en ligne]. 30 décembre 2019. [Consulté le 29 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://cryptoast.fr/blockchain-as-a-service-baas/>.

CHOWDHURY, Mohammad Javed Morshed, COLMAN, Alan, KABIR, Muhammad Ashad, HAN, Jun et SARDA, Paul, 2018. Blockchain Versus Database: A Critical Analysis. In : *2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/ 12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)*. S.l. : s.n. août 2018. p. 1348-1353.

CIAIAN, Pavel, 2018. Blockchain technology and market transparency. In : . 2018. p. 33.

CHEIKROUHOU, Naoufel, 2017. Supply Chain 1, Chapitre 1, Fondements de la logistique, [document PDF]. Support de cours : Haute école de gestion de Genève, filière économie d'entreprise, année académique 2016-2017.

CORREIA, Karine, 2017. Startups et blockchain au service de la traçabilité alimentaire. In : *MBA MC/* [en ligne]. 6 juillet 2017. [Consulté le 26 mai 2020]. Disponible à l'adresse : <https://mbamci.com/startups-et-blockchain-au-service-de-la-tracabilite-alimentaire/>.

DECKER, Christian et WATTENHOFER, Roger, 2013. Information Propagation in the Bitcoin Network. In : . 2013. p. 10.

DELNATTE, Hortense, GROUBIER, Margaux et RAULOT, Lorena, [sans date]. BLOCKCHAIN ET LUTTE ANTI-CONTREFAÇON. In : . p. 37.

FENN, Jackie et BLOSCH, Marcus, 2018. Understanding Gartner's Hype Cycles. In : *Gartner* [en ligne]. [Consulté le 15 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.gartner.com/en/documents/3887767/understanding-gartner-s-hype-cycles>.

GARCIA, Roberto, 2019. Will Blockchain Succeed? Cooperation is the Key Factor. In : Santander Global Tech [en ligne]. 4 septembre 2019. [Consulté le 14 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://santanderglobaltech.com/en/will-blockchain-succeed/>.

GEYER, Fred et NIESSING, Joerg, 2020. *THE DEFINITIVE GUIDE TO B2B DIGITAL TRANSFORMATION: How to Drive Uncommon Growth by Prioritizing Customers over Technology*. S.l. : Frederick Geyer. ISBN 978-1-73429-692-1.

GUILHAUDIS, Elise, 2018. Comprendre la blockchain a travers l'étude d'un cas d'usage : le covoiturage « blockcar ». In : . 2018. p. 32

GUPTA, Manav, 2018. Grasping Blockchain Fundamentals. In : *Blockchain For Dummies*. IBM Limited Edition. pp. 3-12. ISBN 9781119371

GUPTA, Manav, 2018. Taking a Look at How Blockchain Works. In : *Blockchain For Dummies*. IBM Limited Edition. pp. 13-18. ISBN 9781119371

HUEBER, Olivier, 2020. *Blockchain and health* [en ligne]. [Consulté le 17 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02564394>.

MALDONATO, Julien, 2019. La technologie Blockchain à l'heure du RGPD : conforme ou incompatible ? In : *Blog Deloitte D.Views* [en ligne]. 13 décembre 2019. [Consulté le 4 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://blog.deloitte.fr/la-technologie-blockchain-a-lheure-du-rgpd-conforme-ou-incompatible/>.

MÉDAN, Pierre, 2008. Logistique et Supply Chain Management: Intégration, collaboration et risques dans la chaîne logistique globale [en ligne]. S.l. : Dunod. [Consulté le 15 juillet 2020]. ISBN 978-2-10-049113-1. Disponible à l'adresse : <https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/10232235?searchterm=Logistique%20et%20Supply%20Chain%20Management%20Int%C3%A9gration,%20collaboration>.

MUSIENKO, Yuri, 2019. What is the Difference Between Hedera Hashgraph vs Blockchain vs Tangle - Merehead 5314. In : *Merehead* [en ligne]. [Consulté le 15 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://merehead.com/blog/difference-hedera-hashgraph-vs-blockchain-vs-tangle/>.

MUSIENKO, Yuri, 2019. Maersk Blockchain Use Case - Merehead 5379. In : *Merehead* [en ligne]. 2019. [Consulté le 11 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://merehead.com/blog/maersk-blockchain-use-case/>.

MUSIENKO, Yuri, 2019. What is the Difference Between Hedera Hashgraph vs Blockchain vs Tangle - Merehead 5314. In : *Merehead* [en ligne]. [Consulté le 15 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://merehead.com/blog/difference-hedera-hashgraph-vs-blockchain-vs-tangle/>.

OECD et EUROPEAN UNION INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE, 2019. *Trade in Counterfeit and Pirated Goods: Value, Scope and Trends* [en ligne]. S.l. : OECD. [Consulté le 1 juillet 2020]. Illicit Trade. ISBN 978-92-64-31249-4. Disponible à l'adresse : [https://www.oecd-ilibrary.org/trade/trends-in-trade-in-counterfeit-and-pirated-goods\\_g2q9f533-en](https://www.oecd-ilibrary.org/trade/trends-in-trade-in-counterfeit-and-pirated-goods_g2q9f533-en).

OKAZAKI, Yotaro, 2018. *Révéler le potentiel de la chaîne de blocs pour la Douane* [en ligne] Organisation mondiale des douanes. Document de recherche de l'OMD n° 45 p. 28. Disponible à l'adresse : [http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/fr/pdf/topics/research/research-papers/45\\_reveler\\_le\\_potentiel\\_de\\_la\\_chaine\\_de\\_blocs\\_pour\\_la\\_douane.pdf?la=fr](http://www.wcoomd.org/-/media/wco/public/fr/pdf/topics/research/research-papers/45_reveler_le_potentiel_de_la_chaine_de_blocs_pour_la_douane.pdf?la=fr)

LEEWAYHERTZ, 2019. What is Blockchain as a Service? (BaaS) How to select the right BaaS platform? In : *Medium* [en ligne]. 10 décembre 2019. [Consulté le 29 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://medium.com/hackernoon/what-is-blockchain-as-a-service-28667754d6dc>.

LELOUP, Laurent, 2017. *Blockchain : La révolution de la confiance Ed. 1* [en ligne]. S.l. : Eyrolles. [Consulté le 5 juillet 2020]. ISBN 978-2-212-56665-9. Disponible à l'adresse : <https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/88838650?searchterm=REVOLUTION%20DE%20LA%20CONFIANCE>.

LYONNET, Barbara, SENKEL, Marie-Pascale et CLAMENS, Sylvie, 2019. *Supply Chain Management* [en ligne]. S.l. : Dunod. [Consulté le 5 juillet 2020]. ISBN 978-2-10-078866-8. Disponible à l'adresse : <https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/88871993?searchterm=SUPPLY%20CHAIN>.

NASSIRI, Khalid, ABDELLAOUI ALAOUI, El Arbi, MEJDOUB, Youssef et RACHDI, Youssef, 2019. L'utilisation de la blockchain pour la sécurité de l'internet des objets. In : Colloque sur les Objets et systèmes Connectés [en ligne]. CASABLANCA, Morocco : Ecole Supérieure de Technologie de Casablanca (Maroc), Institut Universitaire de Technologie d'Aix-Marseille (France). juin 2019. [Consulté le 14 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02296372>.

PETRE, Anca et HAÏ, Nassima, 2018. Opportunités et enjeux de la technologie *blockchain* dans le secteur de la santé. In : *médecine/sciences*. octobre 2018. Vol. 34, n° 10, p. 852-856. DOI [10.1051/medsci/2018204](https://doi.org/10.1051/medsci/2018204).

PERREAU, Charlie, 2018. Implémenter la blockchain en entreprise : ils l'ont fait. In : [en ligne]. 2018. [Consulté le 14 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.journaldunet.com/economie/finance/1210411-la-blockchain-en-entreprise-mode-d-emploi/>.

RODRIGUEZ, Philippe, 2017. *La Révolution Blockchain : Algorithmes ou institutions, à qui donnerez-vous votre confiance?* [en ligne]. S.l. : Dunod. [Consulté le 5 juillet 2020]. ISBN 978-2-10-076360-3. Disponible à l'adresse :

<https://hesge.scholarvox.com/catalog/book/docid/88841998?searchterm=DE%20LA%20CONFIANCE%20BLOCKCHAIN>.

SCHUEFFEL, Patrick, 2017. Alternative Distributed Ledger Technologies Blockchain vs. Tangle vs. Hashgraph - A High-Level Overview and Comparison -. In : *SSRN Electronic Journal* [en ligne]. 2017. [Consulté le 14 juin 2020]. DOI [10.2139/ssrn.3144241](https://doi.org/10.2139/ssrn.3144241). Disponible à l'adresse : <https://www.ssrn.com/abstract=3144241>.

SEGOUIN, Vincent, 2018. Utiliser Hyperledger Fabric pour la création d'une blockchain privée In : *XebiCon'18* [en ligne]. Technologie. S.l. 14:14:14 UTC. [Consulté le 29 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://fr.slideshare.net/XebiaFrance/xebicon18-utiliser-hyperledger-fabric-pour-la-creation-dune-blockchain-prive>.

SEGOUIN, Vincent, 2018. *XebiCon'18 - Utiliser Hyperledger Fabric pour la création d'une blockchain privée* [en ligne]. 3 décembre 2018. [Consulté le 6 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.youtube.com/watch?v=W2MBrD4z8Aw&t=1187s>.

STAMFORD, Conn, 2019. Gartner 2019 Hype Cycle for Blockchain Business Shows Blockchain Will Have a Transformational Impact across Industries in Five to 10 Years. In : [en ligne]. 2019. [Consulté le 14 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-09-12-gartner-2019-hype-cycle-for-blockchain-business-shows>.

SWAN, Melanie, 2015. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. S.l. : O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-1-4919-2047-3.

TE-FOOD, 2018. TE-FOOD's FoodChain testnet is alive. In : *Medium* [en ligne]. 13 octobre 2018. [Consulté le 3 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://medium.com/te-food/te-foods-foodchain-testnet-is-alive-a06d3277db17>.

TREIBLMAIER, Horst, 2018. The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. In : *Supply Chain Management: An International Journal*. 1 janvier 2018. Vol. 23, n° 6, p. 545559. DOI [10.1108/SCM-01-2018-0029](https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029).

YAZGI, Aline, 2018. Les défis des entreprises face à l'économie 4.0. In : . 2018. p. 52.

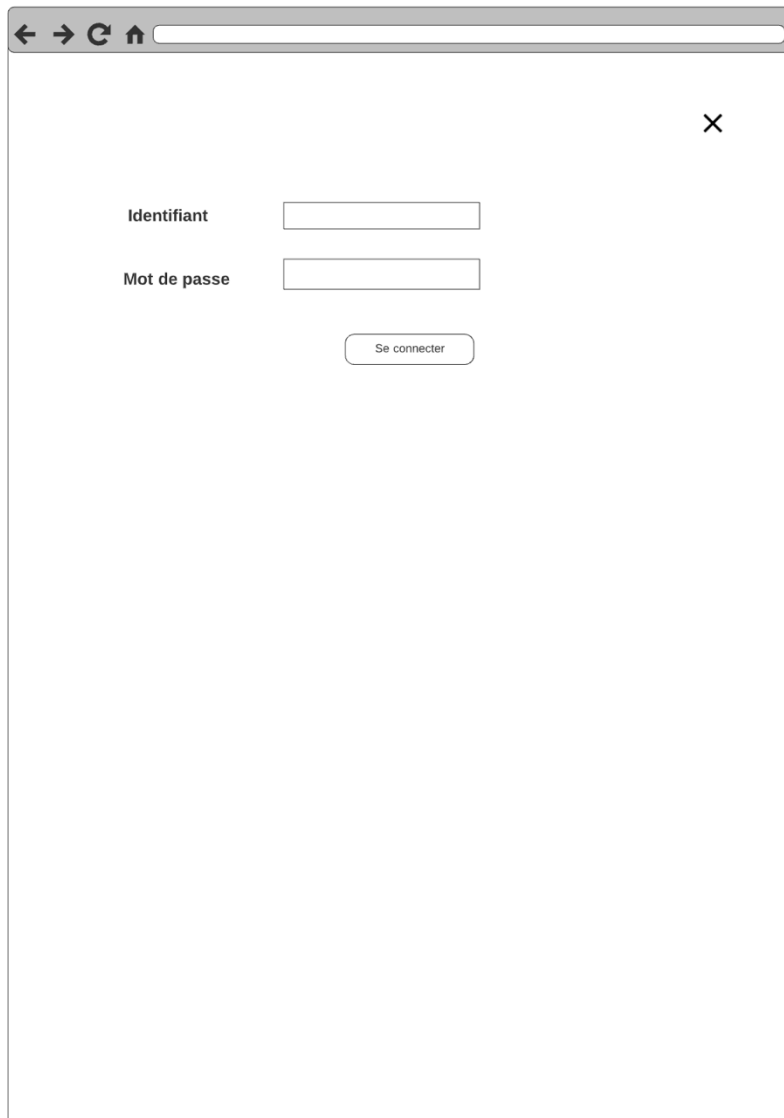
YEWALE, Aniket Jalinder, [2018]. Study of Blockchain-as-a-Service Systems with a Case Study of Hyperledger Fabric Implementation on Kubernetes. In : . p. 92.

WHITE, Mike et ERDLY, Marvin, 2019. Shipping in the Age of Blockchain [en ligne]. 22 février 2019. [Consulté le 13 juillet 2020]. Disponible à l'adresse : [https://www.youtube.com/watch?v=Xwqo\\_fwPEJo&t=1608s](https://www.youtube.com/watch?v=Xwqo_fwPEJo&t=1608s).

WOOD, Miranda, 2019. Switzerland's largest supermarket adopts blockchain for traceability. In : *Ledger Insights - enterprise blockchain* [en ligne]. 29 août 2019. [Consulté le 3 juin 2020]. Disponible à l'adresse : <https://www.ledgerinsights.com/switzerlands-largest-supermarket-blockchain-traceability/>.

# Annexe 1 : Mock-up plateforme

Connexion à la plateforme



The image shows a mock-up of a login form within a browser window. The browser's address bar is empty. The form contains two input fields: one for the 'Identifiant' (username) and one for the 'Mot de passe' (password). Below these fields is a button labeled 'Se connecter'. A close button (X) is located in the top right corner of the form area.



## Affichage des documents par rapport au numéro de référence du dossier ou de l'envoi

The screenshot shows a web browser window with a search bar containing the text "numéro de référence du dossier" and a "chercher" button. Below the search bar, it indicates "Résultats de la recherche : 1". A section titled "Numéro de référence : ESU300393" is displayed. Underneath, there is a "Documents" section with a "Nouveau document" button. Three document entries are listed, each with a blue folder icon: "Déclaration d'importation", "Déclaration d'exportation", and "Certificat d'origine".




← → ↻ ↑

numéro de référence du dossier

Résultats de la recherche : 1

**Numéro de référence** : ESU300393

**Documents**

-  Déclaration d'importation
-  Déclaration d'exportation
-  Certificat d'origine

## Choisir le type de document à télécharger

← → ↻ ↑

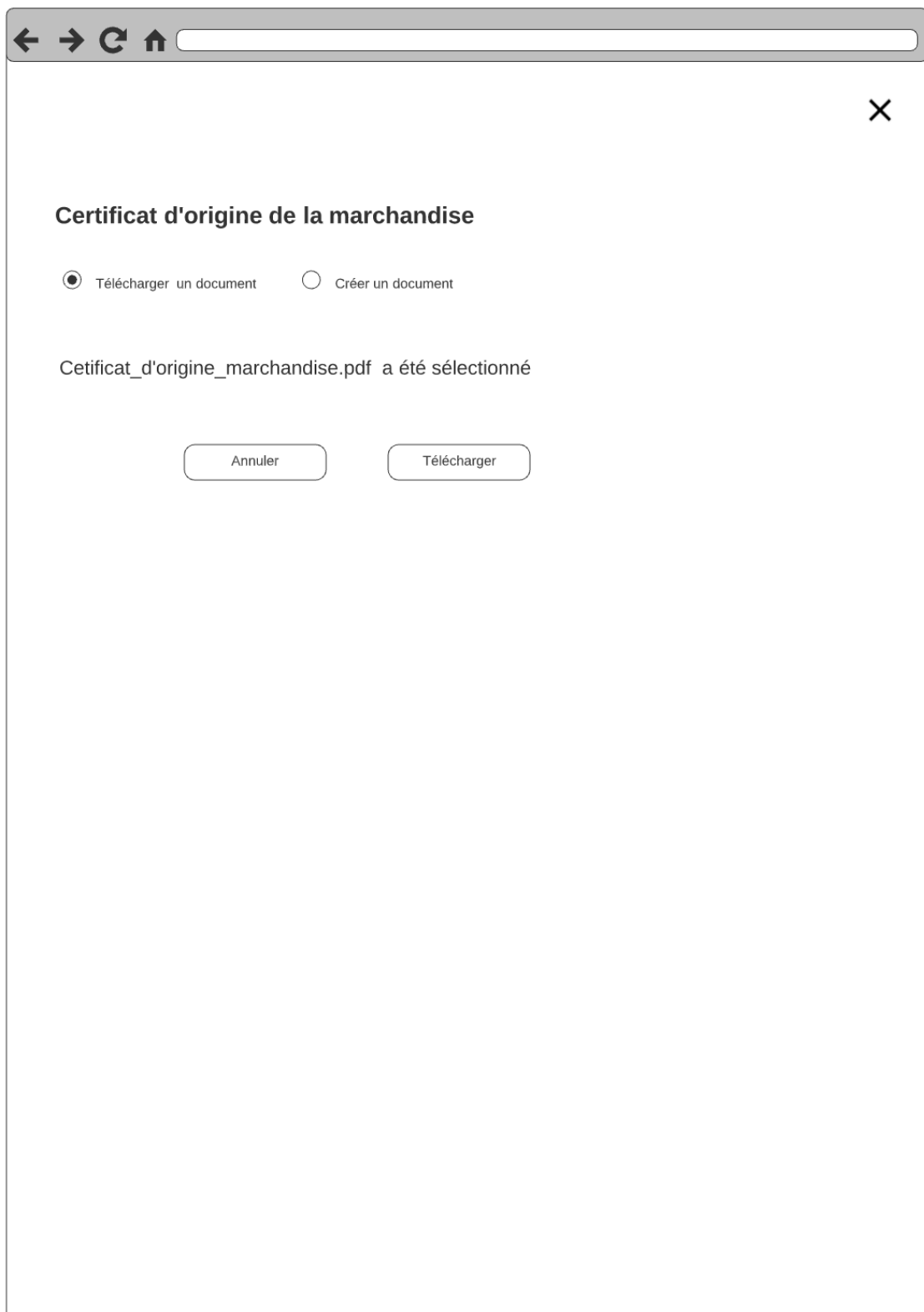
×

### Ajouter un nouveau document

Choisir un type de document :

- Certificat d'origine de la marchandise
- Lettre de voiture
- Manifeste de transport
- Déclaration d'exportation
- Déclaration d'importation
- Certificat phytosanitaire
- Autre

Choisir le document à télécharger



The image shows a browser window with a document selection dialog. The browser's address bar is empty. The dialog has a title bar with a close button (X) in the top right corner. The main content of the dialog is as follows:

**Certificat d'origine de la marchandise**

Télécharger un document     Créer un document

Cetificat\_d'origine\_marchandise.pdf a été sélectionné

At the bottom of the dialog, there are two buttons: "Annuler" (Cancel) on the left and "Télécharger" (Download) on the right.

Aperçu du dossier contenant le nouveau document téléchargé

← → ↻ 🏠

Header button/link

**Numéro de référence** : ESU300393

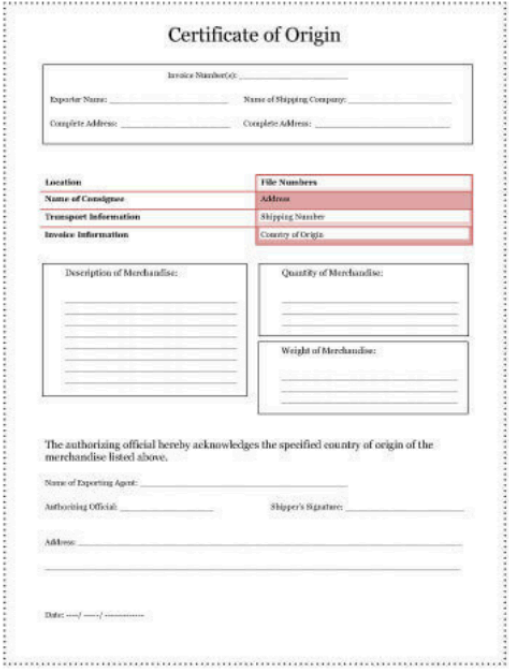
## Certificat \_origine\_ marchandise .pdf

Identifiant document : 8743b52063cd84097a65d1633f5c74f5

Date de téléchargement : 11.07.2020

Version	Nom du document	Modifié par	Date et heure de modification
Cetificat _origine_ marchandise V1	Certificat _origine_ marchandise.pdf	EasyShipping4U	11.07.2020 11:00

🔒 Le document a été récupéré en toute sécurité à partir de la blockchain



Aperçu de toutes les versions du document

← → ↻ ↗

Header button/link

**Numéro de référence** : ESU300393

## Certificat \_origine\_ marchandise .pdf

Identifiant document : 8743b52063cd84097a65d1633f5c74f5  
 Date de téléchargement : 11.07.2020

Version	Nom du document	Modifié par	Date et heure de modification
Cetificat_origine_marchandise V1	Certificat_origine_marchandise.pdf	EasyShipping4U	11.07.2020 11:00
Cetificat_origine_marchandise V2	Certificat_origine_marchandise.pdf	Bolloré	11.07.2020 12:00

🔒 Le document a été récupéré en toute sécurité à partir de la blockchain

### Certificate of Origin

Invoice Number(s): \_\_\_\_\_  
 Exporter Name: \_\_\_\_\_ Name of Shipping Company: \_\_\_\_\_  
 Complete Address: \_\_\_\_\_ Complete Address: \_\_\_\_\_

Location	File Numbers
Name of Consignee	Address
Transport Information	Shipping Number
Invoice Information	Country of Origin

Description of Merchandise:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Quantity of Merchandise:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Weight of Merchandise:  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

The authorizing official hereby acknowledges the specified country of origin of the merchandise listed above.

Name of Exporting Agent: \_\_\_\_\_  
 Authorizing Official: \_\_\_\_\_ Shipper's Signature: \_\_\_\_\_  
 Address: \_\_\_\_\_  
 Date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## Annexe 2 : Entretien avec M. Jimmy Paris

**1. Quelle est la raison sociale de votre entreprise ?**

Metaco SA

**2. Quel poste occupez-vous ?**

Expert en blockchain et ingénieur logiciel

**3. Quel est votre niveau de connaissance de la blockchain ?**

Niveau expert

**4. En général, combien de temps demande l'implémentation d'une chaîne de blocs ?**

De 6 mois à 2 ans, cela dépend de l'ampleur du projet

**5. Quels sont les principaux risques et contraintes dans l'implémentation d'une solution blockchain ?**

Le coût des développeurs et de la mise en pratique (formation, matériel informatique...)

**6. Quels sont les facteurs les plus contraignants dans l'implémentation et/ou la transition à la chaîne de blocs ?**

Les utilisateurs ne connaissent pas bien la blockchain, difficile à adopter

**7. En termes de coûts, est-ce que l'implémentation d'une chaîne de blocs est plutôt ?**

Coûteuse, surtout en salaire pour les salaires des ingénieurs logiciels, les infrastructures informatiques et les formations.

**8. Ces coûts sont principalement liés à :**

Clairement le personnel technique

**9. D'après vous, à l'avenir la blockchain deviendra une solution essentielle pour toutes les entreprises ?**

Pas sous sa forme actuelle, et même, je ne pense pas que la blockchain aille avec tous les domaines et certaines entreprises sont trop petites et ne peuvent simplement pas financier un tel projet (ou n'ont pas d'intérêt à le faire).

**10. Est-ce que les entreprises ayant adopté la chaîne de blocs font entièrement confiance à cette dernière ?**

Ils font confiance dans la mesure ou si non il ne l'utiliserait pas, la grosse banque s'assure en conséquence du risque et les cryptomonnaies sont considérée comme un asset à risque. Mais les données de la blockchain sont peu remises en question, car le coût pour attaquer par exemple Bitcoin ou Ethereum est très élevé.

**11. Est-ce que vous trouvez que cette solution est 100% fiable ?**

Non, ce n'est pas ultimement fiable. En revanche, si le protocole est sécurisé et connu (pas comme des petites blockchains peu connues, alors le nombre de failles est tout de même limité).

Par exemple, il existe des failles de sécurité venant des smart contracts qui ne sont pas tous bien écrits.