



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen  
Faculté des Sciences  
Département d'informatique

**Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en  
Informatique sous l'arrêté ministériel N°1275**

Option : génie logiciel (GL)

# *Thème*

*Optimisation de la transparence de la chaîne d'approvisionnement  
grâce à la blockchain*

**Réalisé par :**

-Mme CHERIF DJAMILA KAWTHER

-Mr MELLAH AYMEN

**Présenté le devant le jury composé de :**

-Mr Etchiali Abdelhak

Président

-Mme Benmansour Fazilet

Examinatrice

-Mr Fekar Riyadh

Expert i2e

-Mr Belhocine Amin

Encadrant

**Année universitaire : 2023/2024**

## *Remerciement*

*Nous tenons tout d 'abord à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la patience d'accomplir ce modeste travail.*

*Nous tenons vivement à remercier Monsieur **BELHOCINE Amin** qui a encadré notre projet. Nous sommes très reconnaissants pour son aide, ses conseils, et ses remarques pertinentes.*

*Qu'il trouve ici l'expression de notre gratitude pour l'expérience et le savoir qu'il a bien voulu partager avec nous, ainsi que pour tous les efforts qu'il a fournis pour l'aboutissement de ce mémoire de Master.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs expériences.*

*Nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire de fin d'étude.*

*Aussi, nous tenons à remercier infiniment : Nos chers parents pour leur aide, leur soutien et leurs encouragements tout au long de nos études.*

## *Dédicace*

Je tiens à exprimer toute ma gratitude pour ceux qui m'ont permis d'en arriver là aujourd'hui. Je sais à présent que mes mots ne suffiront jamais.

Du moins je tiens à dédier ce modeste travail à ma chère mère, le symbole de tendresse et de courage, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.

A mon père, le berceau de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années de mes études, et qui a veillé tout au long de ma vie à me soutenir, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les garde et les protège.

A la mémoire de mes Grands-parents que Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir ce bonheur ensemble et de leur exprimer tout mon respect et mon amour. Puisse Dieu tout puissant leur accorder sa clémence, sa miséricorde et les accueillir dans son saint paradis.

A ma Grand-Mère maternelle, le symbole d'amour et de respect. Que ce modeste travail, soit l'expression des vœux que vous n'avez cessé de formuler dans vos prières.

A mes oncles, Riad, Zakaria, Samir et Fathi , que Dieu vous préserve santé et longue vie, vous m'avez toujours soutenue.

Je ne cesserai jamais d'exprimer ma reconnaissance, mon respect et mon amoura mes chères sœurs qui sont ce que j'ai de plus chers et qui ont toujours été à mes cotes.

A mon professeur AHMED et à mon binôme AYMEN à qui je souhaite beaucoup de joie, de santé et de réussites dans leurs vies.

A ma chère et fidèle amie SOUNDOUSS qui m'a aidé, accompagné et soutenue.

ENFIN, je dédie ce modeste travail qui résumera un long, rude et instructif cursus, à vous tous.

CHERIF DJAMILA

## *Dédicace*

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre amour, votre soutien et vos encouragements indéfectibles. Vous avez été ma force et ma motivation tout au long de ce voyage, et sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Votre présence dans ma vie est une bénédiction inestimable.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance à mon encadreur Belhocine Amine pour son aide précieuse et son dévouement sans faille. Ses conseils avisés et son soutien continu ont été essentiels pour mener ce projet à bien.

Un grand merci à Ahmed Abdulrahmen pour son soutien inestimable tout au long de ce projet. Sa guidance et ses conseils ont été d'une importance capitale pour la réussite de ce travail.

Je tiens à remercier également ma binôme Cherif Djamila et sa mère, Madame Cherif, pour leur aide inestimable tout au long de ce parcours, malgré les problèmes rencontrés. Leur soutien et leur encouragement ont été d'une grande importance pour la réussite de ce projet.

Je dédie également cette réussite aux frères et sœurs de Gaza, qui traversent des moments extrêmement difficiles. Vous êtes dans nos pensées et nos prières. Que la paix et la justice prévalent pour vous.

Un merci spécial à Allah pour m'avoir sauvé à chaque fois que je pensais être perdu, non seulement dans ce projet, mais dans tous les aspects de ma vie. Sa présence divine m'a apporté réconfort et courage dans les moments les plus difficiles.

Avec toute ma reconnaissance et mon amour,

Mellah Aymen

# Table Des Matières :

## Chapitre 1 : Chaîne d'approvisionnement

I.	Introduction .....	1
II.	Définition d'une Chaîne d'approvisionnement .....	1
III.	Les étapes d'une Chaîne d'approvisionnement .....	3
IV.	définition de l'automatisation du suivi d'une Chaîne d'approvisionnement.....	4
V.	Historique et état de l'art des systèmes de suivi automatique d'une Chaîne d'approvisionnement .....	4
VI.	Avantages ET Inconvénients de l'automatisation du suivi d'une Chaîne d'approvisionnement .....	5
	VI.1 Les Avantages .....	5
	VI.2 Inconvénients .....	6
VII.	Conclusion.....	9

## Chapitre 2 : Blockchain et suivi automatique de chaîne d'approvisionnement

I.	Introduction .....	10
II.	Définition de Blockchain .....	10
III.	Historique des Blockchains .....	12
IV.	Domaines d'application des Blockchains.....	14
V.	Avantages et inconvénients des Blockchains .....	16
	1. Les avantages.....	17
	2. Les inconvénients.....	17
VI.	Etat de l'art de l'application de Blockchain au suivi de chaîne d'approvisionnement .....	18
	VI.1 Qsq la blockchain dans la chaîne d'approvisionnement.....	18
	VI.2 les caractéristiques de blockchain.....	18
	VI.3 le fonctionnement de la blockchain .....	19
	VI.4 Cas d'Utilisation Existant.....	20
VII.	Smart Contract.....	24

VII.1	Définition .....	25
VII.2	Domaines d'application .....	26
VII.3	Avantages et inconvénients .....	27
	1. Les avantages .....	27
	2. Les inconvénients .....	27
VIII.	Les problématiques .....	28
IX.	Solution Aperçu .....	29
X.	Conclusion.....	30

### **Chapitre 3 : conception et réalisation de système « chain dz »**

I.	Introduction .....	31
II.	Spécification des exigences système .....	31
	II.1 Identification des acteurs .....	31
	II.2 Les exigences fonctionnelles .....	31
	II.3 Les exigences non fonctionnelles.....	33
III.	Conception .....	33
	III.1 les diagrammes .....	33
	III.1.1 diagrammes de cas d'utilisation .....	33
	III.1.2 diagramme de séquence.....	35
	III.1.2.1 Diagrammes de séquence « ajouter un produit » .....	35
	III.1.2.2 Diagrammes de séquence « rechercher un produit » .....	38
	III.1.2.3 Diagrammes de séquence « créer réclamation » .....	41
	III.1.3 diagrammes de classe .....	43
IV.	Outils matériels et logiciels et langages de notre système .....	45
	IV.1 outils matériels.....	45
	IV.2 outils logiciels.....	45
	IV.3 Les outils de conception.....	46
V.	Le scénario descriptif de notre système.....	49
VI.	Architecture de notre système.....	51
VII.	Système « chain dz » .....	52
VIII.	Présentation du système .....	56
	VIII.1 l'interface de l'application .....	56

IX.	Conclusion.....	65
-----	-----------------	----

### **Chapitre 4 : Business model Canvas**

I.	Introduction.....	66
II.	Les piliers de Business Model Canvas.....	66
	II.1 proposition de valeur.....	66
	II.2 segments de clientèle.....	67
	II.3 Relation client.....	68
	II.4 canaux de distribution.....	68
	II.5 partenaires clés .....	69
	II.6 activités clés.....	69
	II.7 ressources clés .....	70
	II.8 structure de couts .....	70
	II.9 sources de revenus.....	73
III.	Business Model Canvas.....	76
IV.	Conclusion.....	77
	Conclusion générale .....	78

Bibliographie

Webographie

## Liste des figures :

Figure I.1 : Système de traçabilité.....	12
Figure II.2 Preuve de travail .....	22
Figure II.3 Preuve d'enjeu .....	23
Figure II.4 Historique de blockchain .....	25
Figure II.5 Entreprises implémentant la Blockchain.....	27
Figure II.6 fonctionnement de la blockchain .....	31
Figure II .7 vue sue le site «Walmart ».....	32
Figure II .8 vue sur le site « IBM Food Trust».....	33
Figure II. 9 Vue sur le site «Nestlé» .....	34
Figure II. 10 Vue sur le site «Alibaba » .....	35
Figure III.11 Diagramme de cas d'utilisation.....	46
Figure III.12 Diagramme de séquence "Ajouter un produit" .....	48
Figure III.13 Diagramme de séquence « rechercher un produit».....	50
Figure III.14 Diagramme de séquence « créer réclamation» .....	53
Figure III.15 Diagramme de classe .....	55
Figure III.16 Liste outils utilisés pour la conception .....	58
Figure III.17 Liste des outils et langages utilisés pour la réalisation de système «chain dz» .....	59
Figure III.18 Traçabilité transparence des produits via la blockchain.....	62
Figure III.19 Structure de système "chain dz" .....	63
Figure III.20 création infura et obtention de la clé api.....	64
Figure III.21 implémentations des bibliothèques nécessaires comme webj3 .....	65
Figure III.23 Créer et déployer le contract intelligent .....	66
Figure III. 22 Créer et déployer le contract intelligent 2 .....	66
Figure III. 24 initialisations les contract intelligents via le web3 .....	67
Figure III.25 Exemple d'interaction 1 .....	67
Figure III.26 Exemple d'interaction2 .....	68
Figure III.27 Interfaces de connexion, d'inscription et de page d'accueil .....	69
Figure III.28 l'interface de réclamations et rechercher des produits .....	70
Figure III.29 l'interface d'ajouter un produit et consulter la lites des produits .....	72
Figure III.30 l'interface des stocks.....	74
Figure III.31 Interfaces Administrateur de l'Application « Chain DZ » .....	76

## Listes des tables :

Table IV.1 : business model canvas de « Chain dz ».

## Introduction générale

Dans un monde de plus en plus globalisé, les chaînes d'approvisionnement jouent un rôle essentiel dans le bon fonctionnement des économies. Il comprend tous les processus nécessaires à la production et à la distribution d'un produit, depuis l'approvisionnement en matières premières jusqu'à la livraison du produit final au consommateur. Un suivi et une gestion efficaces de ces chaînes sont essentiels pour garantir la qualité des produits, minimiser les coûts et améliorer la satisfaction des clients. Les entreprises cherchent à améliorer la transparence, la fiabilité et l'efficacité de leurs chaînes d'approvisionnement, souvent complexes à gérer. Avant la blockchain, elles faisaient face à plusieurs défis majeurs : opacité et manque de visibilité entraînant retards et erreurs, problèmes de confiance et de fiabilité des informations, complexité des processus rendant la coordination difficile, gestion compliquée des conflits et non-conformités, et sécurité des produits menacée par le manque de traçabilité.

Le suivi automatisé de la chaîne d'approvisionnement est devenu une nécessité pour de nombreuses entreprises cherchant à améliorer leur efficacité et leur transparence. Les progrès technologiques ont permis le développement de systèmes sophistiqués qui automatisent la collecte, l'analyse et la communication des données tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

L'introduction de la blockchain dans la supply chain représente une révolution technologique majeure. Cette technologie décentralisée et sécurisée garantit l'intégrité des données et facilite la traçabilité des produits. Les contrats intelligents, qui sont des contrats intelligents auto-exécutables, ajoutent une couche d'automatisation en permettant aux termes d'un contrat d'être exécutés automatiquement si certaines conditions sont remplies.

L'objectif principal de ce projet est de créer une plate-forme innovante qui corrige les vulnérabilités de sécurité des systèmes centralisés et élimine le besoin de faire confiance à des tiers. Pour atteindre cet objectif, nous étudions la technologie blockchain avec sa traçabilité et sa transparence uniques. Notre solution vise à améliorer la traçabilité de la chaîne d'approvisionnement en temps réel sans l'intervention des autorités centrales ou du matériel physique. Cela permet de mieux gérer les litiges, les non-conformités et la sécurité des produits, réduisant ainsi les pertes financières et les relations commerciales.

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres différents. Le premier chapitre consiste en une présentation et une analyse des concepts de base liés aux chaînes d'approvisionnement et à leur automatisation. Le deuxième chapitre décrit l'application de la technologie blockchain dans le suivi automatisé de la chaîne d'approvisionnement et discute de ses avantages, inconvénients et cas d'utilisation. Le troisième chapitre est consacré à la conception et à la création du système « chain dz » et détaille sa spécification, sa conception et sa mise en œuvre, ainsi qu'une analyse des outils et langages utilisés pour développer le système. Le quatrième et dernier chapitre traite du business model canevas, où nous examinons les aspects économiques et stratégiques de notre projet.

***Chapitre I :***  
***Chaine***  
***d'approvisionnement***

### **I. Introduction :**

Dans un contexte où les échanges commerciaux jouent un rôle crucial, il est devenu essentiel pour les entreprises de gérer efficacement leur chaîne d'approvisionnement<sup>1</sup>. Ce développement est motivé par l'émergence de technologies innovantes tel que la blockchain<sup>2</sup>, qui assure une transformation profonde de la manière dont les chaînes d'approvisionnement sont élaborées et gérées.

Ce premier chapitre de notre projet vise à explorer en profondeur cette révolution en cours, en commençant par une définition claire et détaillée de la chaîne d'approvisionnement. Après nous discuterons des différentes phases qui la composent.

Enfin Nous approfondirons ensuite l'analyse de l'automatisation du suivi de la chaîne d'approvisionnement, retraçons son évolution historique et examinerons l'état actuel des systèmes de suivi automatisés. Cette étude permet d'identifier les avantages et les inconvénients de cette approche tout en posant les bases de la mise en œuvre de solutions innovantes.

### **II. Définition de la chaîne d'approvisionnement :**

Dans un contexte commercial de plus en plus complexe et mondialisé, il est essentiel d'assurer une gestion efficace de la chaîne d'approvisionnement afin de garantir le bon fonctionnement des entreprises. Cependant, la persistance des problèmes de transparence entravent souvent cette efficacité, compromettent la confiance des parties prenantes et mettent les entreprises en situation de risques variés.[1]

La chaîne d'approvisionnement, souvent appelée sous le terme anglais "supply chain", est un réseau complexe et interconnecté d'étapes et d'acteurs qui participent à la production, la distribution et la livraison de biens et de services. [2]

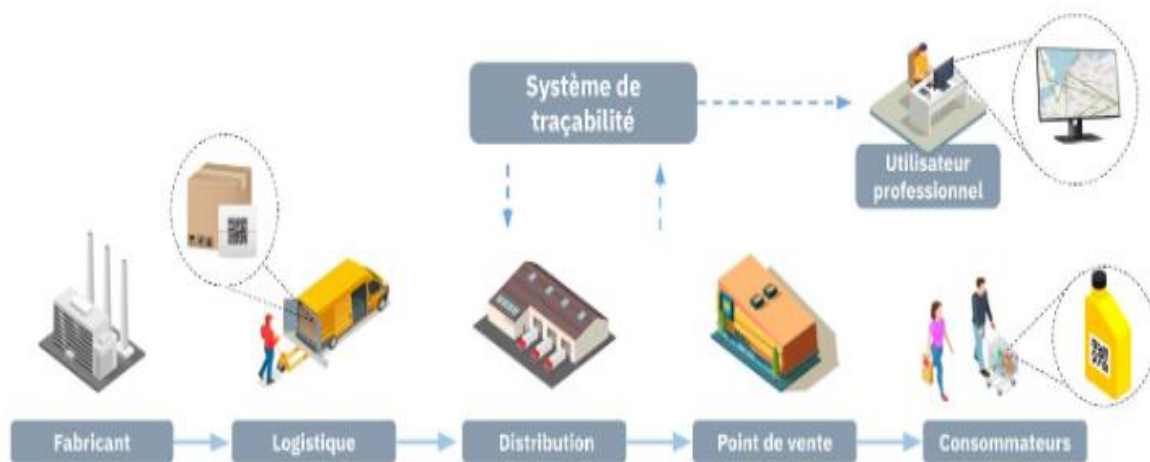
Il englobe l'ensemble des étapes, depuis l'achat des matières premières jusqu'à la satisfaction des exigences des consommateurs finals. Non seulement les fournisseurs, les fabricants et les revendeurs sont inclus dans ce système intégré, mais aussi les prestataires de services logistiques, les transporteurs et d'autres partenaires commerciaux.[3]

---

<sup>1</sup> Une chaîne d'approvisionnement constitue le réseau de toutes les personnes, entreprises, ressources, activités et technologies impliquées dans la création et la vente d'un produit, et ce de la livraison des matières premières au fournisseur jusqu'à la mise à disposition finale côté consommateurs. <https://www.lemagit.fr/definition/chaine-dapprovisionnement-Supply-Chain>

<sup>2</sup> Une blockchain est un registre, une grande base de données qui a la particularité d'être partagée simultanément avec tous ses utilisateurs, tous également détenteurs de ce registre, et qui ont également tous la capacité d'y inscrire des données, selon des règles spécifiques fixées par un protocole informatique très bien sécurisé grâce à la cryptographie <https://www.economie.gouv.fr/entreprises/blockchain-definition-avantage-utilisation-application#>

La traçabilité des produits consiste à pouvoir suivre le chemin d'un produit dans la chaîne d'approvisionnement, depuis sa production ou sa fabrication jusqu'au client final. Il est essentiel de produire et de structurer des données sur la chaîne d'approvisionnement, ce qui contribue à améliorer la transparence de la chaîne d'approvisionnement.[4] la figure I.1 ci-dessous représente le système de traçabilité :



**Figure I.1 : Système de traçabilité**

Tout au long de la chaîne d'approvisionnement, il est possible de suivre les produits en utilisant des codes QR<sup>3</sup> ou des étiquettes RFID<sup>4</sup> (y compris des puces NFC<sup>5</sup>) qui sont placées sur l'emballage du produit ou sur le produit lui-même. L'entrepôt, le magasin de détail et enfin le client final scannent le code QR ou NFC.

Les entreprises peuvent bénéficier des technologies de traçabilité modernes de différentes façons:[5]

**Transparence :** La traçabilité offre aux consommateurs la possibilité de savoir où et dans quelles conditions les produits qu'ils achètent sont fabriqués. Cela permet aux consommateurs de prendre des décisions éclairées en ce qui concerne leurs achats.

**Gestion des risques :** La traçabilité permet de repérer rapidement les problèmes de conformité ou de qualité dans la chaîne d'approvisionnement. Cela permet de diminuer les risques pour les consommateurs et les entreprises.

<sup>3</sup> Le QR code est un code-barres en 2D qui peut être scanné à l'aide d'un appareil lecteur de codes QR (smartphone, tablette...).Ce code stocke des données qui, une fois scannées déclenchent instantanément une action telle que : l'affichage d'une page web, la visualisation d'un contenu multimédia<https://www.solocal.com/ressources/articles/definition-qr-code>

<sup>4</sup> La RFID (Radio frequency identification) ou radio-identification est une technologie qui permet de mémoriser, stocker, enregistrer et récupérer des données à distance <https://www.matooma.com/fr/definitions/rfid>

<sup>5</sup> La NFC est une technologie qui permet l'échange d'informations comme le font déjà certaines cartes à puces ou badges d'accès. <https://cours-informatique-gratuit.fr/dictionnaire/nfc/>

- Visibilité Augmenté sur les détaillants, les canaux de distribution et la cartographie <sup>6</sup>du parcours d'un produit vers le marché.
- Identification et détection des sources de fraude
- Élaborer des méthodes pour anticiper la demande et planifier les stocks.

-Renforcez la confiance des clients en communiquant sur l'origine et la durabilité des produits.

Le rôle essentiel de la chaîne d'approvisionnement est de synchroniser et de coordonner le flux de produits et d'informations pour répondre de manière efficace aux demandes du marché dans un contexte concurrentiel en évolution constante.

### III. Les étapes de la chaîne d'approvisionnement:

Les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement sont un ensemble structuré de processus nécessaires pour mettre un produit ou un service à la disposition du client final. Cette section divise la chaîne d'approvisionnement en diverses étapes et offre une vision approfondie de chaque étape essentielle du processus. Les principales étapes sont les suivantes : [6]

**1-Planification** : Cette étape vise à identifier les besoins du produit ou de services. La planification aide également à identifier les fournisseurs et partenaires appropriés. Le développement des méthodes de production, de stockage et de distribution ainsi que la structure des entrepôts sont tout aussi importants. Enfin, lors de la planification, il est essentiel de définir la stratégie et les objectifs précis, ainsi que de suivre les équipes impliquées dans ce processus logistique.

**2-Approvisionnement** : Après avoir sélectionné un fournisseur, les entreprises doivent conclure différents contrats (achat, vente).Elles peuvent ensuite définir des critères pour définir les délais de livraison et les paiements. Elles doivent également assurer une communication continue avec les fournisseurs et surveiller de près les mouvements de stocks.

**3-production** : À cette étape, les matières premières sont transformées en produits finis par un processus de production et d'assemblage qui tient compte des normes de qualité, du délai de production et du coût.

**4-Ventes** : La gestion du stockage, du transport et de la logistique est incluse dans cette étape, ce qui permet d'optimiser les itinéraires et de réduire les délais de livraison pour le transport des produits finis du site de production vers le point de vente ou l'entrepôt.

**5-Livraison** : La chaîne d'approvisionnement est complétée par cette étape en garantissant la livraison du produit au client final dans les délais prévus et en assurant que les besoins et les attentes du consommateur sont satisfaits.

---

<sup>6</sup> La cartographie désigne la réalisation et l'étude des cartes géographiques <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Cartographie.html>

En résumé, cette partie présente en détail les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement et met en évidence l'importance de chaque étape dans le processus global de distribution de produits et de services sur le marché.

#### **IV. Définition de l'automatisation du suivi d'une Chaîne d'approvisionnement :**

L'automatisation du suivi de la chaîne d'approvisionnement implique la mise en place de systèmes et de processus permettant une surveillance automatisée du mouvement des marchandises, des transactions et des flux d'informations tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cette section se concentre sur l'utilisation de capteurs Internet des objets (IoT), de systèmes d'identification par radiofréquence (RFID), de codes-barres et d'autres solutions de suivi innovantes. [7]

L'objectif principal de l'automatisation du suivi est d'améliorer l'efficacité opérationnelle en permettant un suivi en temps réel et une traçabilité précise des marchandises depuis leur origine jusqu'à leur destination finale.

L'automatisation du suivi contribue également à améliorer la précision des données, à réduire les coûts de gestion des stocks et à allonger la visibilité sur l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement en éliminant les processus manuels et en réduisant les erreurs humaines.

#### **V. Historique et état de l'art des systèmes de suivi automatique d'une Chaîne d'approvisionnement :**

Les premiers systèmes de suivi de la chaîne d'approvisionnement étaient manuels et basés sur des documents papier. Cela rendait le suivi des produits et des matériaux difficile.

Les premiers systèmes automatisés de suivi de la chaîne d'approvisionnement sont apparus sur le marché dans les années 1980. Ces systèmes étaient basés sur des codes-barres et la technologie des radiofréquences (RFID). Ceux-ci permettent un suivi en temps réel des produits et des matériaux, augmentant considérablement la visibilité et le contrôle de la chaîne d'approvisionnement. [8]

Au cours des années 1990, les systèmes de suivi de la chaîne d'approvisionnement sont devenus sophistiqués. Ils ont commencé à intégrer des données provenant de diverses sources telles que les systèmes de gestion des ressources d'entreprise (ERP), les systèmes de gestion des transports (TMS) et les systèmes de gestion des entrepôts (WMS). Cela nous a permis d'avoir une vue d'ensemble de notre chaîne d'approvisionnement et de prendre des décisions plus précises.[9]

Aujourd'hui, les systèmes de suivi de la chaîne d'approvisionnement sont de plus en plus sophistiqués. Collectez, analysez et partagez des données en temps réel à l'aide de technologies telles que l'IA, le Big Data et le cloud computing. Cela donne une visibilité et un contrôle complets sur notre chaîne d'approvisionnement, conduisant à une meilleure prise de décision, à une réduction des coûts et à une addition de l'efficacité.[10]

**Voici quelques exemples de technologies utilisées dans les systèmes de suivi de la chaîne d'approvisionnement :**

- **IA** : L'IA peut être utilisée pour analyser les données de la chaîne d'approvisionnement et identifier les tendances et les anomalies. Cela permet de prendre des décisions plus précises.
- **Big Data** : Le Big Data permet de collecter et d'analyser de grandes quantités de données provenant de différentes sources. Cela permet d'obtenir une vue d'ensemble plus complète de la chaîne d'approvisionnement.
- **Cloud computing** : Le cloud computing permet de stocker et d'accéder aux données de la chaîne d'approvisionnement en temps réel. Cela permet aux entreprises de collaborer plus facilement et de prendre des décisions plus rapidement.[11]

Les systèmes automatisés de suivi de la chaîne d'approvisionnement sont des outils essentiels pour les entreprises qui cherchent à améliorer la visibilité et le contrôle de la chaîne d'approvisionnement. Ceux-ci aident les entreprises à prendre de meilleures décisions, à réduire les coûts et à augmenter leur efficacité.

**VI. Les Avantages et les inconvénients de l'automatisation du suivi d'une Chaîne d'approvisionnement :**

**VI.1 Les Avantages :**

Le suivi automatisé dans la chaîne d'approvisionnement consiste à utiliser les technologies informatiques et de communication pour collecter, enregistrer et analyser automatiquement les données tout au long de la chaîne d'approvisionnement sans nécessiter d'intervention manuelle régulière.

Les avantages de cette automatisation sont : [7]

**Réduction des erreurs** : En éliminant ou en réduisant la saisie manuelle des données, l'automatisation du suivi minimise les erreurs humaines telles que les fautes de frappe, les erreurs de saisie de données et les erreurs de transcription, ce qui améliore la précision des informations de suivi.

**Visibilité et traçabilité améliorées** : En capturant et en enregistrant des données en temps réel à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement, l'automatisation du suivi augmente la visibilité du mouvement des produits, et des informations tout au long du processus, facilitant ainsi le suivi et la localisation.

**Réduction des coûts** : L'automatisation du suivi contribue à réduire les coûts tout au long de la chaîne d'approvisionnement, y compris les coûts de main-d'œuvre, les coûts de stockage, les coûts de transport, les retards, etc.

**Délais de livraison réduits** : L'automatisation du suivi réduit les délais de production, de livraison et d'exécution des commandes en améliorant la planification et la Coordination des activités tout au long de la chaîne d'approvisionnement, augmentant ainsi la réactivité et la satisfaction des clients.

**Améliorer la qualité des données :** L'utilisation de technologies telles que les systèmes blockchain pour collecter et enregistrer les données de suivi permet à l'automatisation de garantir la fiabilité, l'intégrité et la sécurité des informations à utiliser dans la prise de décision et l'analyse.

**Meilleure conformité:** L'automatisation permet de mieux respecter les réglementations et les normes en vigueur.

**Voici quelques exemples concrets d'avantages que l'automatisation du suivi d'une chaîne d'approvisionnement a apportés à des entreprises :**

- **Wal-Mart:** L'automatisation de la chaîne d'approvisionnement a permis à Wal-Mart de réduire ses stocks de 15 % et d'augmenter sa marge bénéficiaire de 1 %.
- **Amazon:** L'utilisation de robots et de l'IA dans ses entrepôts a permis à Amazon de réduire ses coûts de traitement des commandes de 20 %.
- **Schneider Electric:** L'automatisation de la chaîne d'approvisionnement a permis à Schneider Electric de réduire ses délais de livraison de 30 %.

En résumé, l'automatisation du suivi dans la chaîne d'approvisionnement offre des avantages en termes de réduction des erreurs, d'augmentation de la visibilité et de la traçabilité, de réduction des coûts et des délais et d'amélioration de la qualité des données, ce qui la rend idéale pour les processus dans les environnements commerciaux modernes, et augmentation de la compétitivité.

## **VI.2 Inconvénients:**

L'automatisation du suivi dans la chaîne d'approvisionnement nécessite la mise en œuvre de systèmes informatiques et de technologies avancées pour optimiser la collecte, d'enregistrement et l'analyse des données à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement.

Cependant malgré ses avantages évidents, cette automatisation peut présenter des inconvénients qui doivent être pris en compte. Voici ces inconvénients :

**Coûts initiaux élevés :** La mise en place d'un système automatisé de surveillance de la chaîne d'approvisionnement peut nécessiter des investissements initiaux importants dans des logiciels spécialisés, des achats de matériel, la formation du personnel et la mise en œuvre. Ces coûts initiaux peuvent constituer un obstacle financier majeur pour les entreprises, en particulier les petites et moyennes entreprises.

**Complexité de mise en œuvre :** L'intégration de systèmes automatisés dans une chaîne d'approvisionnement existante peut être complexe et nécessite une planification et une coordination exacte entre les différents départements et partenaires commerciaux. La Mise en œuvre peut entraîner des interruptions temporaires de service ou des problèmes de compatibilité avec les systèmes existants.

**Problèmes de confidentialité et de sécurité :** Le suivi automatisé implique la collecte et le stockage de grandes quantités de données sensibles sur les produits, les fournisseurs, les clients et d'autres aspects de la chaîne d'approvisionnement. Cela soulève des problèmes de confidentialité et de sécurité, notamment le risque d'attaques de pirates informatiques, de violations de données et de divulgation non autorisée d'informations sensibles.

**Dépendance technologique et risque de défaillance du système :** Les systèmes automatisés peuvent s'appuyer sur une infrastructure logicielle, matérielle et technologique complexe. En cas de panne technique, de panne de courant, les chaînes d'approvisionnement peuvent être gravement perturbées, entraînant des retards dans la livraison des produits et des pertes financières pour les entreprises.

**Compétences requises :** L'exploitation et la maintenance de systèmes automatisés nécessitent des compétences informatiques et technologiques spécialisées ainsi qu'une formation appropriée du personnel. Les entreprises peuvent avoir des difficultés à recruter et à retenir des professionnels qualifiés, ce qui peut avoir un impact sur l'efficacité et la fiabilité des systèmes automatisés.

**Manque de flexibilité:**

- Les systèmes automatisés peuvent être moins flexibles que les processus manuels, ce qui peut rendre difficile l'adaptation aux changements du marché.
- la prise de décision peut devenir plus dure et moins adaptable.

En résumé, l'automatisation du suivi dans la chaîne d'approvisionnement présente de nombreux avantages, mais elle n'est pas sans défis. Les coûts initiaux élevés, la complexité de la mise en œuvre, les problèmes de confidentialité et de sécurité, la dépendance technologique et le besoin de compétences spécialisées sont autant d'inconvénients qui doivent être pris en compte et gérés de manière appropriée lors de l'adoption de cette technologie.

**Pour minimiser les inconvénients de l'automatisation du suivi de la chaîne d'approvisionnement :**

- Élaborez une analyse de rentabilité approfondie avant d'engager dans un projet d'automatisation.
- Choisissez un système d'automatisation qui s'intègre facilement aux systèmes existants.
- Investissez dans la formation des employés pour qu'ils utilisent efficacement les systèmes automatisés.

- Mettre en œuvre des mesures de sécurité pour protéger les données de la chaîne d'approvisionnement.
- Élaborer des stratégies de gestion du changement pour minimiser la résistance des employés au changement.
- Surveiller et évaluer les performances des systèmes d'automatisation pour s'assurer que les attentes sont satisfaites.

## **VII. Conclusion :**

En résumé, ce chapitre explique pourquoi il est important de rendre la transparence de la chaîne d'approvisionnement et comment cela peut être fait en utilisant la technologie moderne telle que la blockchain.

Nous avons vu que l'automatisation peut rendre les choses plus faciles en suivant automatiquement les produits tout au long de leur parcours, ce qui réduit les erreurs et les délais.

Pour conclure, ce chapitre souligne l'importance de la transparence de la chaîne d'approvisionnement et examine comment l'automatisation peut contribuer à améliorer cette transparence. Nous avons également examiné les obstacles potentiels à la transition vers une automatisation accrue.

***Chapitre II :***  
***Blockchain et suivi***  
***automatique de chaîne***  
***d'approvisionnement***

---

### **I. Introduction :**

Dans ce chapitre, nous explorons le potentiel révolutionnaire de la blockchain dans le domaine du suivi automatisé de la chaîne d'approvisionnement. La blockchain, une technologie émergente de registre distribué, offre des opportunités significatives pour améliorer la transparence, la traçabilité et l'efficacité des processus de logistique et de gestion des stocks.

Nous commencerons par définir la blockchain et examinerons son évolution historique, en mettant en évidence les principales avancées qui ont contribué à son développement. Nous explorerons ensuite les différents domaines d'application de la blockchain, avec un accent particulier sur son intégration dans la chaîne d'approvisionnement.

Nous discuterons ensuite des avantages et des inconvénients liés à la blockchain, en soulignant les défis potentiels ainsi que les opportunités qu'il apporte aux entreprises.

Enfin, nous présenterons notre vision d'une solution basée sur la blockchain pour améliorer le suivi automatisé de la chaîne d'approvisionnement, en décrivant son architecture et ses principaux composants.

Ce chapitre vise à fournir une compréhension approfondie de la façon dont la blockchain peut révolutionner la gestion de la chaîne d'approvisionnement, offrant aux lecteurs une vision claire des opportunités et des défis associés à cette technologie innovante.

### **II. Définition de la blockchain :**

La blockchain est une technologie de registre distribué (DLT) qui agit comme un système de gestion de base de données décentralisé et sécurisé. Il repose sur un réseau d'ordinateurs (nœuds) interconnectés, chacun contenant une copie identique d'une base de données appelée registre. [12]

Au cœur d'une blockchain se trouve un bloc, qui est un regroupement chronologique d'enregistrements de transactions. Chaque bloc contient un ensemble de transactions vérifiées, telles que des transferts d'argent et d'autres informations importantes. La fonction de hachage cryptographique<sup>7</sup> relie chaque bloc au bloc précédent, créant ainsi une chaîne de blocs successifs, d'où le terme de « blockchain ». [13]

La blockchain se caractérise par sa nature décentralisée, ce qui signifie qu'aucune autorité centrale n'a de contrôle exclusif sur le réseau. Au lieu de cela, les décisions sont prises collectivement par les participants du réseau selon un processus appelé consensus. [14]

---

<sup>7</sup> Une fonction de hachage cryptographique est une primitive cryptographique qui transforme un message de taille arbitraire en un message de taille fixe, appelé un condensé. Les fonctions de hachage cryptographiques sont employées pour l'authentification, les signatures numériques et les codes d'authentification de messages [https://developer.mozilla.org/fr/docs/Glossary/Cryptographic\\_hash\\_function](https://developer.mozilla.org/fr/docs/Glossary/Cryptographic_hash_function)

Le consensus garantit que toutes les copies de la blockchain restent synchronisées et cohérentes même en l'absence d'autorité centrale.

Un aspect important de la blockchain est son immuabilité. Une fois qu'une transaction est enregistrée sur la blockchain et confirmée par le réseau, il est quasiment impossible de la modifier ou de la supprimer. Cela empêche la manipulation des ensembles de données existants et garantit l'intégrité des données. [15]

En outre, Toutes les transactions enregistrées sur la blockchain sont visibles par tous les participants du réseau, créant ainsi un environnement de confiance et de vérifiabilité des données.

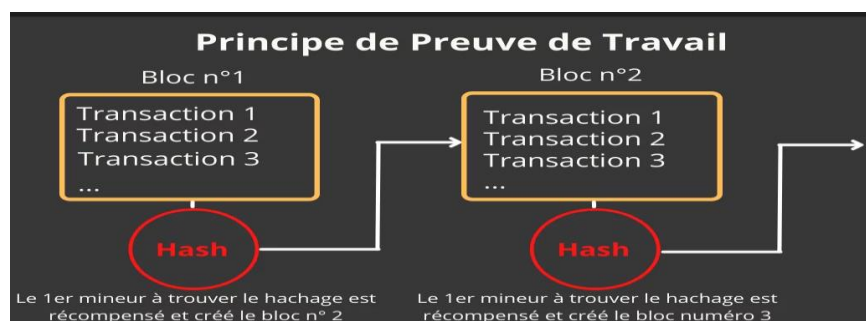
Le consensus est un élément crucial de la blockchain, car il garantit que tous les nœuds du réseau parviennent à un accord sur l'état actuel de la chaîne. Différents mécanismes de consensus sont utilisés pour valider et ajouter de nouveaux blocs à la chaîne, tels que la preuve de travail (Proof of Work) et la preuve d'enjeu (Proof of Stake).

- **La preuve de travail (POW):**

La preuve de travail (Proof of Work, PoW) est une méthode de consensus utilisée dans certains réseaux de blockchain pour valider les transactions et créer des blocs. Elle a été introduite pour la première fois dans le système Bitcoin. [16]

Pour valider les transactions et créer un nouveau bloc, les validateurs du réseau (appelés mineurs) doivent résoudre un calcul mathématique qui nécessite beaucoup de puissance de calcul. Ce calcul est appelé « problème de preuve de travail » et il est conçu pour être difficile à résoudre mais facile à vérifier.

Le mineur qui résout le calcul en premier est récompensé avec une certaine quantité de jetons (généralement la cryptomonnaie du réseau) et il ajoute le nouveau bloc à la chaîne. La preuve de travail a pour avantage de rendre difficile (voire impossible) la création de blocs frauduleux ou la modification de la chaîne de blocs existante. Cela garantit la sécurité du réseau et empêche les attaques de type "double dépense" ou "censure".[17] La figure II.2 ci-dessous représente fonctionnement de la preuve de travail :

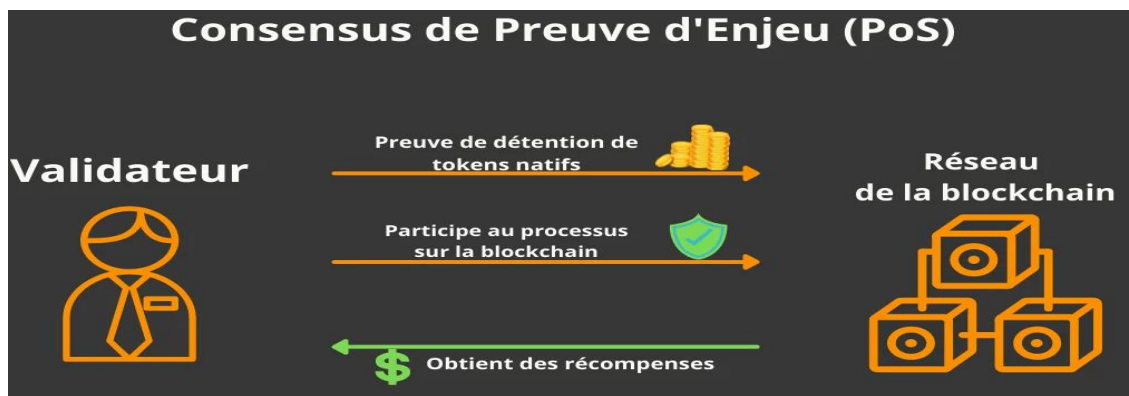


**Figure II.2 Preuve de travail**

○ **La preuve d'enjeu (Proof of Stake) :**

Le Proof of Stake (PoS), est un mécanisme de consensus utilisé dans les blockchains pour vérifier et sécuriser les transactions. Contrairement à la preuve de travail (PoW), qui oblige les participants (mineurs) à résoudre des problèmes mathématiques complexes afin de valider les transactions et de créer de nouveaux blocs.[18]

PoS offre une alternative au PoW en utilisant la propriété de crypto-monnaie au lieu de la puissance de calcul pour sécuriser le réseau et réduire la consommation d'énergie et les risques de centralisation. [19] cette figure II.3 ci-dessous représente preuve d'enjeu :



*Figure II.3 Preuve d'enjeu*

En résumé, la blockchain est une technologie innovante qui offre un moyen sécurisé, transparent et décentralisé de stocker et de vérifier les transactions avec des applications potentielles dans de nombreux domaines, y compris les finances, la santé, la logistique et bien d'autres. Il se base sur les principes de décentralisation, d'immuabilité, transparence et de consensus pour assurer l'intégrité et l'authenticité des données enregistrées.

**III. Historique des Blockchains :**

L'histoire de la blockchain remonte au début des années 1990, bien avant l'émergence de la blockchain Bitcoin, avec des travaux pionniers sur le concept de registres distribués et de preuve de travail. Cependant, l'adoption généralisée de la blockchain telle que nous la connaissons aujourd'hui est en grande partie due à la publication du livre blanc de Bitcoin en 2008 par une personne ou un groupe se faisant appeler Satoshi Nakamoto. [20]

Années 1990 : Les premières recherches sur les registres distribués et les systèmes de consensus ont jeté les bases théoriques de la blockchain. Des chercheurs tels que Stuart Haber et W.Scott Stornetta ont exploré des concepts importants tels que la sécurisation des horodatages et la création de journaux de transactions immuables.[21]

Années 2008 : La publication du livre blanc Bitcoin de Satoshi Nakamoto a officiellement introduit le concept de blockchain dans le monde. La blockchain Bitcoin est destinée à agir comme un registre distribué de transactions, permettant le transfert de valeur (crypto-monnaie) sans avoir recours à une autorité centrale.[22]

Années 2009 : Le premier bloc de la blockchain Bitcoin, également connu sous le nom de « Genesis Block », a été miné par Satoshi Nakamoto. Cela marque le début officiel de l'exploitation de la blockchain Bitcoin. [23]

Années 2013 : Ethereum est proposé par le développeur canadien Vitalik Buterin. Ethereum introduit le concept de « smart contracts », qui sont des contrats autonomes qui sont automatiquement exécutés lorsque certaines conditions prédéfinies sont remplies.[24]

Années 2015 : Ethereum est officiellement lancé, ouvrant la voie à une nouvelle génération de blockchains programmables. Cette année, la blockchain publique Ethereum est devenue opérationnelle et a commencé à héberger des applications décentralisées (DApps) et des jetons basés sur la blockchain (ERC-20, ERC-721, etc.).

Années 2017 : La popularité des ICO (Initial Coin Offers) et des jetons non fongibles (NFT) entraîne une croissance exponentielle de l'écosystème blockchain. Plusieurs entreprises commencent à utiliser la technologie blockchain dans différents domaines, de la finance et de la logistique aux soins de santé et à l'immobilier. [25]

Années 2020 et au-delà : Blockchain continue d'évoluer, avec un intérêt croissant de la part des gouvernements, des entreprises et du grand public. Des efforts sont déployés pour résoudre les problèmes d'évolutivité, de sécurité et d'interopérabilité tout en explorant des applications nouvelles et innovantes de la technologie blockchain.

Cette figure II.4 ci-dessous représente l'historique de la blockchain :

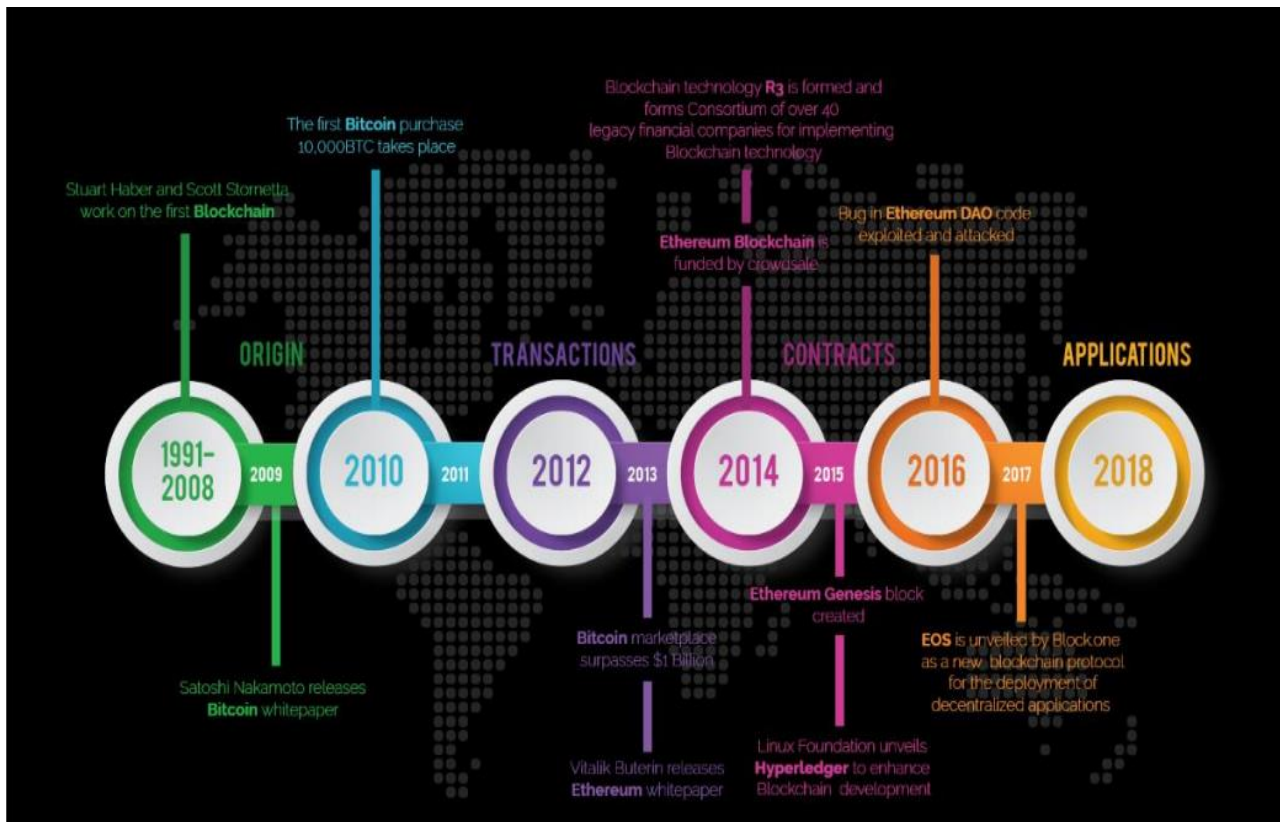


Figure II.4 Historique de blockchain

#### IV. Domaines d'application des Blockchains :

La blockchain a des applications diverses et variées dans de nombreux domaines, offrant des solutions innovantes à des problématiques telles que la gestion des données, la traçabilité des produits ou encore la sécurisation des transactions. Nous parlons de certaines des principales utilisations de la blockchain. L'utilisation sera particulièrement mise en avant dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement et la traçabilité des produits. Voici les domaines d'applications des Blockchains:[26]

**Finance et crypto-monnaie :** Blockchain a révolutionné le secteur financier en permettant des transactions peer-to-peer. Sans cela, les intermédiaires financiers traditionnels sont nécessaires. Les crypto-monnaies telles que Bitcoin et Ethereum sont les exemples les plus connus d'utilisation de la blockchain en finance.

**Supply Chain Management** : La blockchain améliore la traçabilité et la transparence dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement en enregistrant de manière immuable les transactions tout au long du processus. Cela nous permet de vérifier l'origine, la qualité et l'authenticité des produits à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement.

**Healthcare** : Blockchain est utilisé dans les établissements de soins de santé pour sécuriser et échanger de manière sécurisée et transparente les dossiers des patients entre les prestataires de soins de santé. Cela permet une gestion plus efficace des données médicales et garantit la confidentialité des informations sensibles.

**Immobilier** : Blockchain rend la numérisation et la sécurité des transactions immobilières en fournissant un enregistrement immuable de la propriété et des contrats immobiliers. Cela diminue les coûts et les délais de transaction tout en assurant la fiabilité des valeurs des actifs.

**Logistique et transport** : Blockchain améliore la gestion de la logistique et du transport en permettant le suivi des expéditions en temps réel, la gestion des stocks et la vérification de l'authenticité des produits. Cela réduit les inefficacités et les risques tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

**Gouvernance et identité** : Blockchain peut être utilisé pour créer des systèmes de gouvernance décentralisés et garantir l'authenticité des identités numériques. Cela permet une participation démocratique et transparente aux processus décisionnels et renforce la sécurité des données personnelles.

La blockchain offre un potentiel révolutionnaire dans plusieurs domaines, offrant des solutions innovantes pour la gestion des données, la traçabilité des produits et la sécurité des transactions. Grâce à son utilisation dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement on assiste à une nouvelle ère de transparence et d'efficacité dans la logistique et la distribution des produits.

Cette figure II.5 ci-dessous représente les différentes entreprises qui implémentent la blockchain :

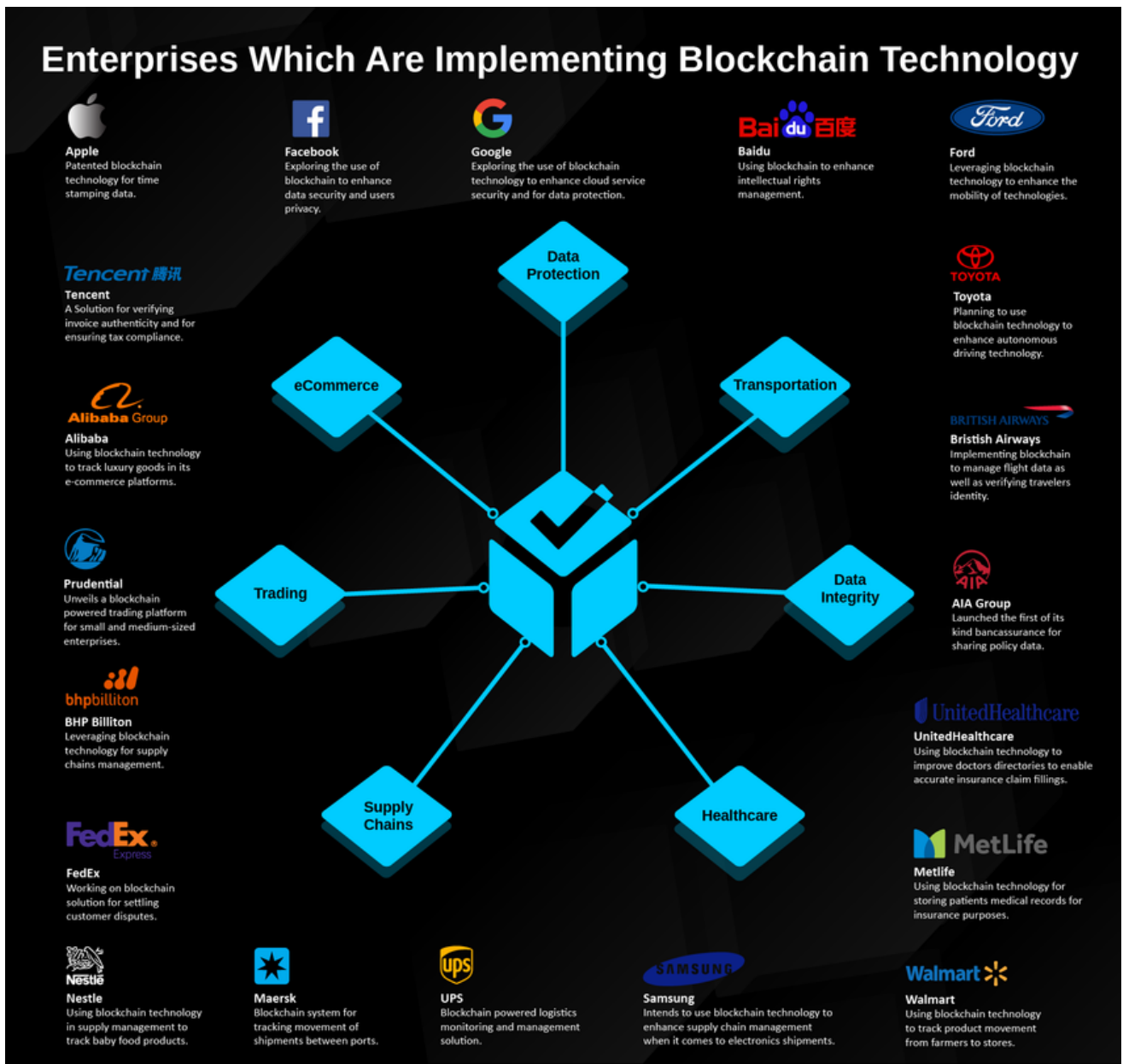


Figure II.5 Entreprises implémentant la Blockchain

### V. Avantages et inconvénients des Blockchains :

La blockchain présente de nombreux avantages et inconvénients qui doivent être pris en compte lors de son utilisation dans différentes situations. Nous présentons ici une analyse détaillée de ces aspects, mettant en évidence à la fois les avantages et les défis associés à l'utilisation de la blockchain. [27]

### 1. les avantages :

**Transparence** : La blockchain offre de la transparence en raison de sa nature décentralisée et de la visibilité des transactions, augmentant ainsi la transparence pour tous. Cela augmente la fiabilité et la vérifiabilité des données enregistrées sur la blockchain.

**Sécurité** : Blockchain utilise des techniques de cryptage avancées pour protéger les données et garantir l'intégrité des transactions. La nature immuable de la blockchain rend difficile la modification ou la falsification des données.

**Résilience** : Les blockchains sont résilientes aux pannes et aux attaques grâce à leur architecture décentralisée. En distribuant les données sur de nombreux nœuds, la blockchain devient vulnérable aux pannes techniques et aux cyberattaques.

**Réduction des coûts** : Les transactions sur blockchain éliminent le besoin d'intermédiaires et de tiers de confiance, réduisant ainsi les frais de transaction et les coûts opérationnels.

**Automatisation des processus** : les contrats intelligents, une fonctionnalité des blockchains comme Ethereum, permettent l'exécution automatique et programmable des contrats sans avoir besoin d'intermédiaires. Cela simplifie et accélère les processus commerciaux.

### 2. les inconvénients :

**Mise à l'échelle** : Les blockchains peuvent être confrontées à des défis de mise à l'échelle en raison de la quantité de données qu'elles traitent et de la capacité limitée des réseaux blockchain. Cela peut entraîner des confirmations de transaction retardées et des frais plus élevés en cas de congestion du réseau.

**Consommation d'énergie** : Certains types de blockchains, notamment celles basées sur des mécanismes de preuve de travail comme Bitcoin, nécessitent une consommation d'énergie importante pour sécuriser le réseau. Cela soulève des préoccupations en matière d'environnement et de durabilité.

**Confidentialité** : Blockchains assurent la transparence des transactions, mais la confidentialité peut être difficile, en particulier dans les blockchains publiques où toutes les informations sont accessibles à tous les participants.

**Complexité de mise en œuvre** : La mise en œuvre de solutions basées sur la blockchain peut être complexe et nécessite des compétences techniques spécialisées. De plus, l'intégration dans les systèmes existants peut être difficile.

**Gouvernance et réglementation** : Les questions de gouvernance et de réglementation entourant la blockchain peuvent être complexes, en particulier dans un environnement où les lois et les réglementations évoluent rapidement. Des défis peuvent survenir lorsqu'il s'agit d'équilibrer les exigences réglementaires et les principes décentralisés de la blockchain.

## VI. État de l'art de l'application de la blockchain au suivi de chaîne d'approvisionnement :

### VI.1. Qsq la blockchain dans la chaîne d'approvisionnement:

La blockchain dans la chaîne d'approvisionnement révolutionne la façon dont les entreprises gèrent et suivent les transactions tout au long de leurs processus. Cette technologie fournit un registre distribué qui enregistre en toute sécurité chaque étape du parcours d'un produit, de la production à la vente finale. En utilisant cette plateforme, les entreprises peuvent réduire les retards de transaction, les coûts supplémentaires et les erreurs humaines, identifier rapidement les sources de fraude et prévenir les violations de données.[28]

La blockchain assure un suivi sécurisé et fiable des stocks, des données et des informations financières dans la chaîne d'approvisionnement. En éliminant les intermédiaires et en permettant l'échange sécurisé de données pertinentes, les entreprises peuvent synchroniser la logistique, suivre les expéditions et automatiser les paiements sans impact significatif sur les systèmes existants.[29]

La blockchain offre un moyen sécurisé, transparent et efficace de gérer les transactions de la chaîne d'approvisionnement, améliorant ainsi la gestion des stocks, la transparence et la sécurité des données. [30]

### VI.2. les caractéristiques de blockchain :

La blockchain fonctionne comme un registre numérique décentralisé qui enregistre les transactions de manière sécurisée sur de nombreux ordinateurs spécialisés dans le réseau. Voici les principales caractéristiques qui constituent son fonctionnement : [31]

1. **Enregistrement des transactions** : Chaque transaction est enregistrée dans un bloc et chaque bloc est connecté au précédent, formant une chaîne.
2. **Décentralisation** : Au lieu d'être stockées sur un serveur central, les copies du registre sont distribuées sur de nombreux ordinateurs, appelés nœuds.
3. **Sécurité** : Les transactions sont sécurisées par cryptographie. Chaque bloc contient un hash cryptographique unique du bloc précédent, une horodatage, et les données de transaction.
4. **Consensus** : Pour qu'un bloc soit ajouté à la chaîne, il doit être validé par les nœuds du réseau selon un mécanisme de consensus, comme la preuve de travail (POW) ou la preuve d'enjeu (POS).
5. **Immutabilité** : Une fois qu'un bloc est ajouté à la blockchain, il est très difficile de le modifier, ce qui garantit l'intégrité des données.
6. **Autonome** : Le système blockchain est autonome et indépendant, ce qui implique que chaque nœud du système peut accéder aux données, les transférer, les stocker et les mettre à jour en toute sécurité, ce qui garantit sa fiabilité et l'absence d'interventions externes.

Ces caractéristiques font de la blockchain une technologie puissante et innovante qui apporte des solutions sécurisées et transparentes à divers domaines, dont les chaînes d'approvisionnement.

### VI.3. le fonctionnement de la blockchain :

Le fonctionnement de la blockchain repose sur la création d'un réseau distribué d'ordinateurs (nœuds) qui fonctionnent ensemble pour vérifier et valider les transactions. Les principales étapes du processus sont : [32]

- Un utilisateur lance une transaction en envoyant une requête au réseau.
- Un réseau de nœuds valide les transactions et vérifie les fraudes ou erreurs potentielles.
- Lorsqu'une transaction est validée, elle est ajoutée au bloc de transactions avec d'autres transactions récemment validées.
- Le bloc est ensuite ajouté à la blockchain existante, créant ainsi un enregistrement permanent de la transaction.
- La transaction sera alors considérée comme terminée et le compte de l'utilisateur sera mis à jour en conséquence.

Chaque bloc d'une blockchain est lié au bloc précédent, créant une chaîne de blocs (d'où le nom « blockchain »). Cela signifie que toute tentative de modification ou de manipulation de transactions au sein d'un bloc nécessiterait de modifier tous les blocs suivants, ce qui est pratiquement impossible. La blockchain est donc une technologie extrêmement sécurisée et sûre.

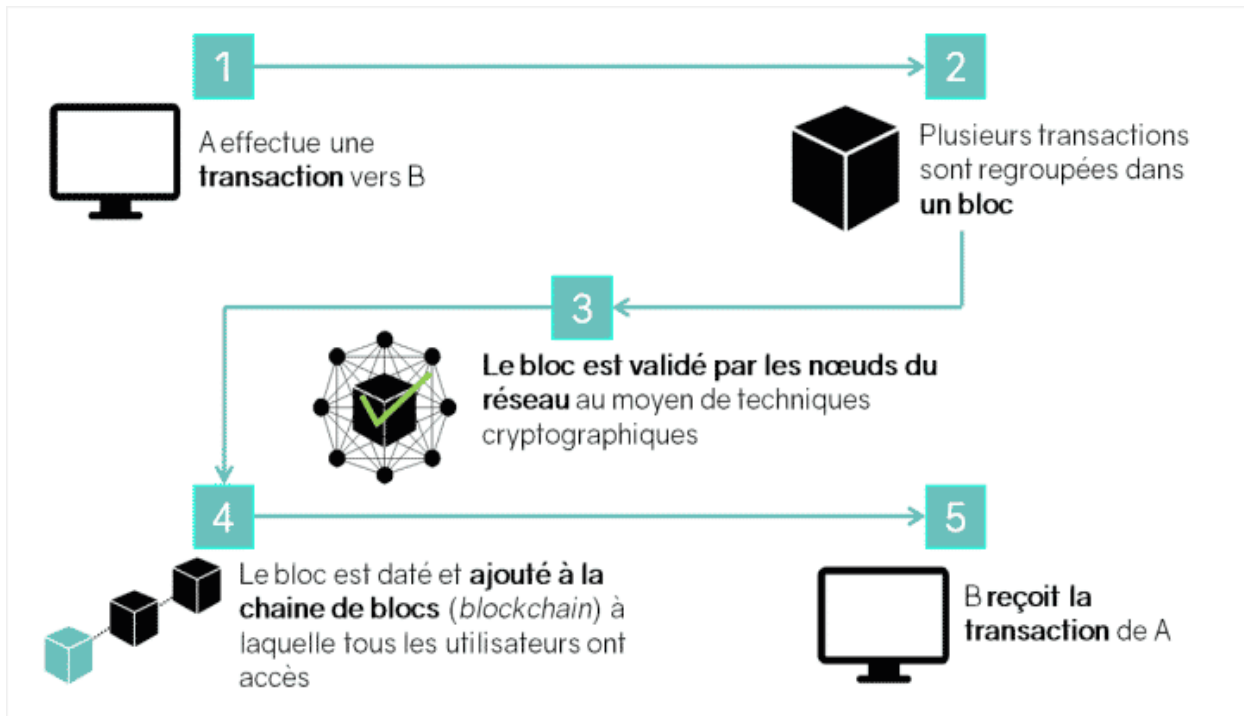
L'utilisation de la blockchain peut être répartie en trois catégories :

**Transfert d'actifs** : (utilisation d'argent, de titres, de votes, etc.)

**L'ancrage (ou notariat)** : Suivi des produits et actifs grâce aux fonctions de hachage .

**Smart Contracts** : Ce sont des programmes autonomes qui, une fois lancés, exécutent automatiquement des transactions sans nécessiter d'intervention humaine.

Cette figure II.6 ci-dessous représente le fonctionnement de la blockchain :



**Figure II.6 Fonctionnement de la blockchain**

#### **VI.4. Cas d'Utilisation Existant :**

L'adoption croissante de la blockchain dans ce domaine a ouvert la voie à de nombreuses innovations et initiatives visant à améliorer la transparence, la traçabilité et l'efficacité de la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Plusieurs entreprises dans le monde ont déjà mis en œuvre des solutions basées sur la blockchain pour améliorer le suivi de la chaîne d'approvisionnement. Parmi les cas d'utilisation :

- Nom du site: «**Walmart** »
- URL du site: <https://www.walmart.com/>
- Présentation du site :

Walmart a lancé un projet utilisant la blockchain pour suivre la traçabilité des produits frais. En utilisant la blockchain, Walmart peut retracer rapidement et précisément l'origine de ses produits, réduisant ainsi les risques en matière de sécurité alimentaire et améliorant sa réponse aux rappels de produits. [33]

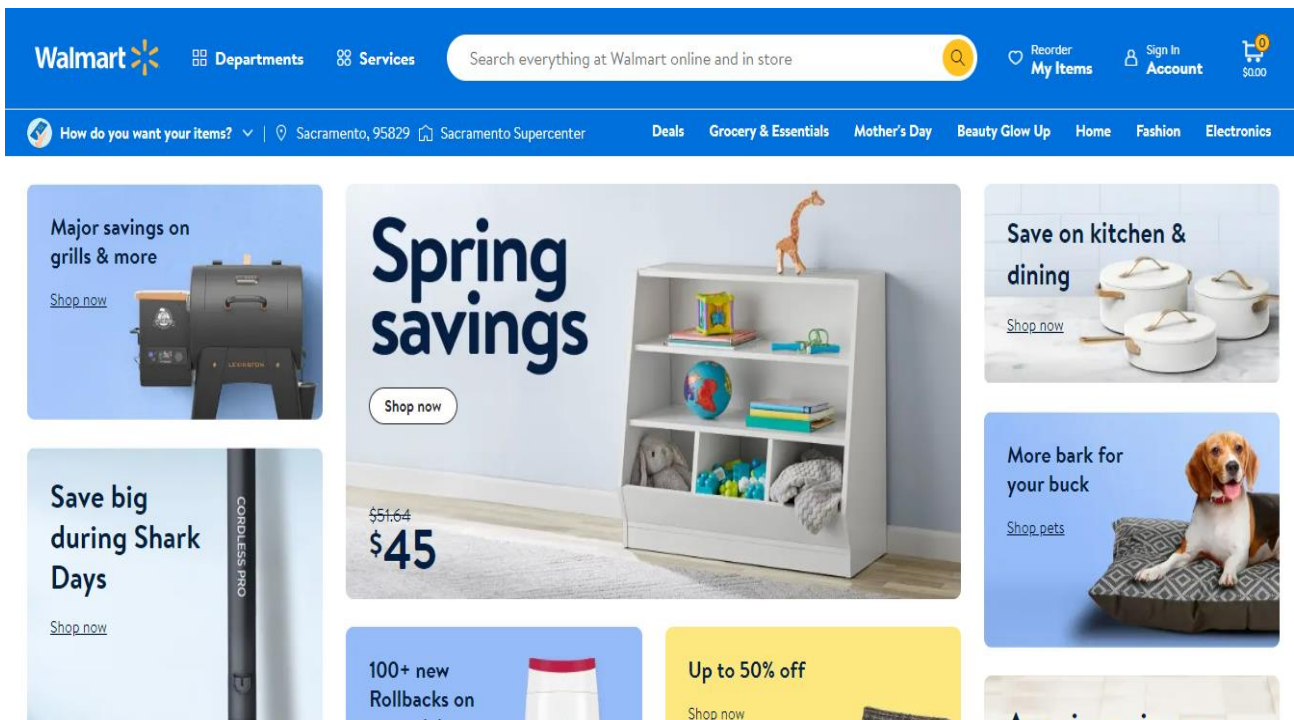


Figure II.7 vue sur le site «Walmart»

- Nom du site: «**IBM Food Trust**»
- URL du site: <https://www.ibm.com/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust>
- Présentation du site :

IBM a développé la plateforme IBM Food Trust, qui utilise la blockchain pour permettre la traçabilité des aliments tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Cette plateforme est utilisée par de nombreuses grandes entreprises alimentaires pour garantir la qualité et la sécurité des produits. [34]

The screenshot displays the IBM Food Trust website interface. At the top, there is a navigation bar with the IBM logo and menu items: Products, Solutions, Consulting, Support, and Think. Below this, a secondary navigation bar includes 'IBM Sterling Supply Chain Intelligence Suite' and sub-menus for Products, Use cases, Pricing, and Resources. A blue button labeled 'Book a consultation' is positioned on the right side of the navigation bar.

# IBM Food Trust

A modular solution built on blockchain,  
benefiting all network participants with a safer,  
smarter and more sustainable food ecosystem

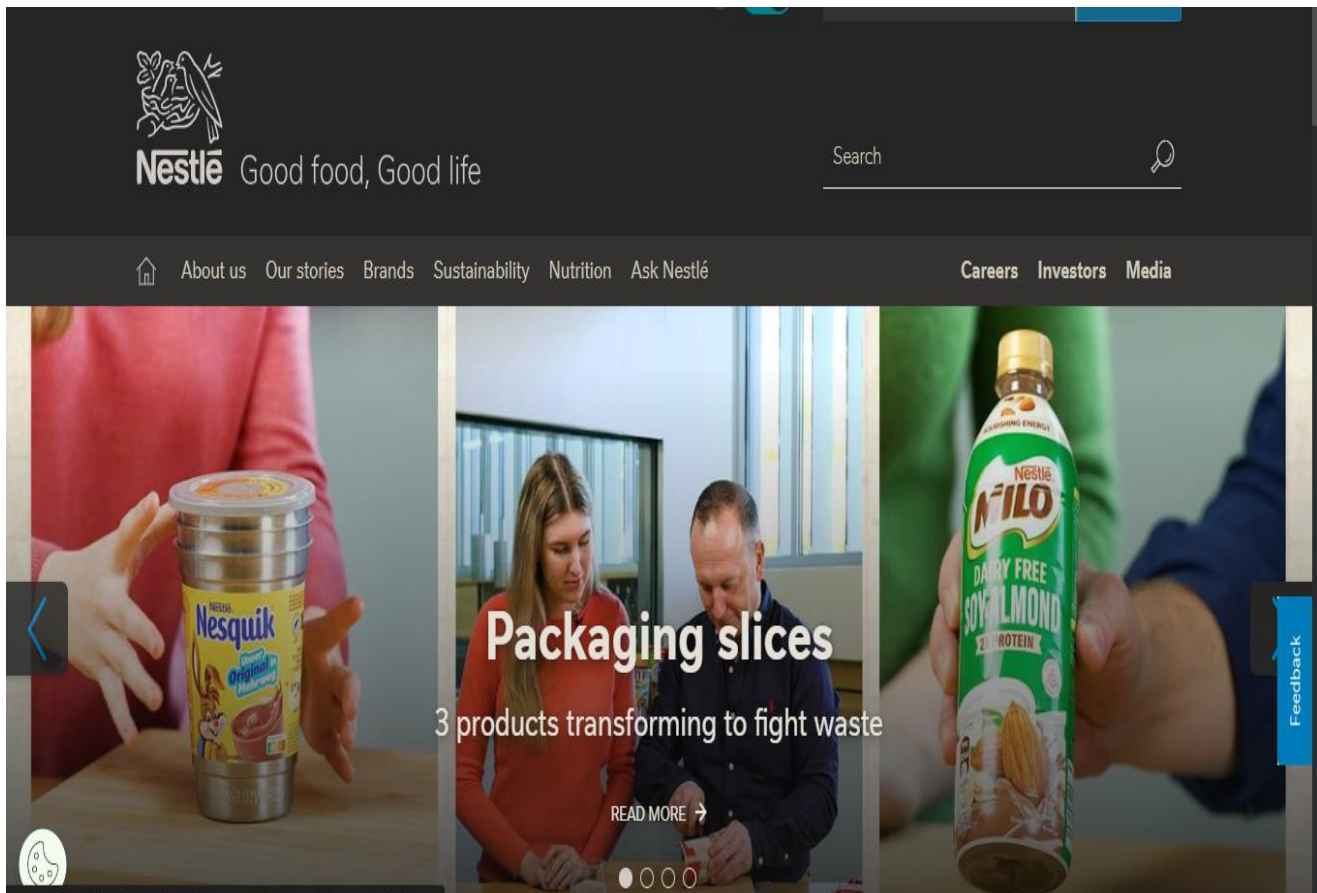
Explore the demo → Access the Food Trust ebook →

The main content area features a supply chain flow diagram with stages: Farm (5), Cooler (1), Initial packer (1), Manufacturer of goods (1), Distributor (1), and Store (2). Below the flow, there are three data visualization components: 1) 'Critical tracking events' showing a line graph with three data series: Transformation (blue), Processing (orange), and Shipping (red). 2) 'Lots active at your location' showing a donut chart with 21 lots, divided into six segments with percentages: 14.3%, 14.3%, 14.3%, 14.3%, 14.3%, and 14.3%. 3) A landscape illustration with green hills and plants.

**Figure II .8** vue sur le site « IBM Food Trust»

- Nom du site: «Nestlé»
- URL du site: <https://www.nestle.com/>
- Présentation du site :

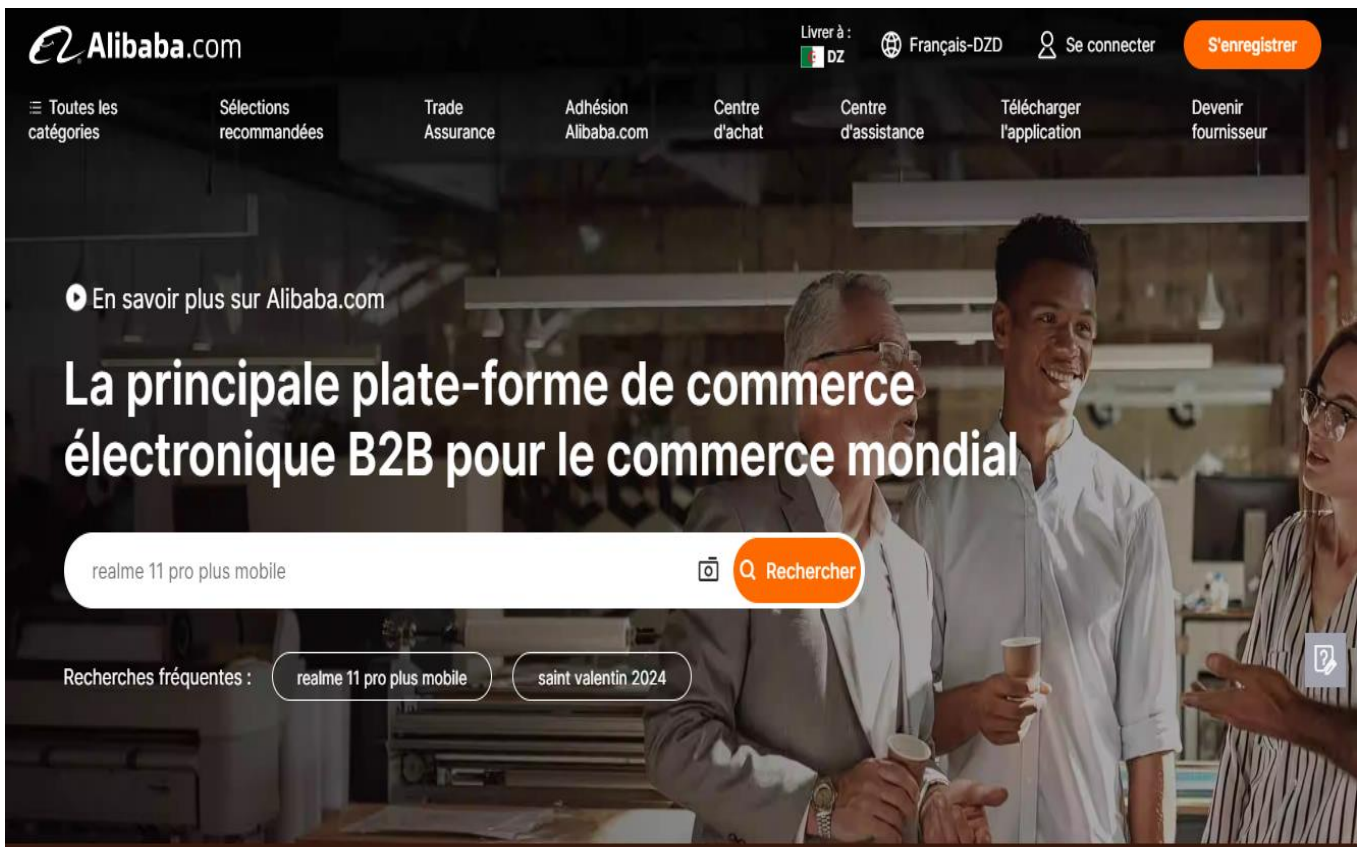
Nestlé utilise la blockchain pour suivre la traçabilité des produits alimentaires tels que le café et le lait. En intégrant la blockchain dans sa chaîne d'approvisionnement, Nestlé vise à garantir la qualité et la durabilité de ses produits. [35]



*Figure II. 9 Vue sur le site «Nestlé»*

- Nom du site : **«Alibaba»**
- URL du site : <https://french.alibaba.com/>
- Présentation du site :

Le géant chinois du commerce électronique Alibaba utilise la blockchain pour améliorer la transparence et la sécurité de sa chaîne d'approvisionnement. L'entreprise explore diverses applications de la blockchain, notamment pour lutter contre la contrefaçon et garantir l'authenticité des produits. [36]



*Figure II. 10 Vue sur le site «Alibaba »*

Dans l'ensemble, l'état de l'art de l'application de la blockchain au suivi de chaîne d'approvisionnement indique une tendance croissante à adopter cette technologie pour améliorer la transparence, la traçabilité et l'efficacité des processus logistiques. Les développements récents indiquent un intérêt croissant parmi les acteurs de l'industrie pour tirer parti des avantages de la blockchain dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement.

### VII. **Smart Contract :**

Les contrats intelligents sont souvent associés au protocole Ethereum et leur histoire remonte aux débuts de la technologie blockchain. Bien que le terme « contrat intelligent » ne soit devenu populaire que récemment, le concept a été exploré pour la première fois par le célèbre cypherpunk Nick Szabo en 1994. [37]

Au fil du temps, l'idée de contrats programmables a gagné du terrain avec l'avènement de protocoles de consensus décentralisés et de crypto-monnaies telles que Bitcoin, qui permettent l'échange d'actifs numériques sans frontières, sécurisé et résistant à la censure. Ethereum est rapidement devenu le protagoniste de cette révolution car il offre une plateforme plus flexible et programmable que Bitcoin, élargissant ainsi considérablement la portée des contrats intelligents.

Depuis son lancement en 2015, Ethereum est devenu le protocole le plus connu et le plus utilisé pour déployer des contrats intelligents. Cependant, il est important de noter que d'autres blockchains concurrentes offrent également des fonctionnalités de contrats intelligents, offrant ainsi aux développeurs une variété d'options pour les applications décentralisées.

Les contrats intelligents sont actuellement largement utilisés dans divers domaines, notamment la finance décentralisée (DeFi), la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'assurance, la propriété intellectuelle, etc. Il s'agit d'avancées significatives dans la manière dont les contrats sont créés, exécutés et appliqués, offrant des niveaux de transparence, de sécurité et d'automatisation sans précédent.[38]

### **VII.1. Définition :**

Un contrat intelligent est un programme informatique qui peut être exécuté automatiquement et qui est stocké sur une blockchain. Contrairement aux contrats traditionnels, dont l'exécution nécessite souvent une intervention humaine, les contrats intelligents sont conçus pour automatiser l'exécution des termes du contrat une fois que des conditions prédéterminées sont remplies. Ceux-ci sont écrits dans un langage de programmation spécifique et exécutés sur la blockchain de manière décentralisée, transparente et immuable. [39]

Les contrats intelligents utilisent des clauses logiques et des conditions prédéfinies pour déterminer comment et quand déclencher l'exécution d'une action. Par exemple, un contrat intelligent peut être programmé pour payer automatiquement un fournisseur lorsqu'un produit particulier est livré et enregistré sur la blockchain.[40]

Le fonctionnement décentralisé garantit également la résistance à la censure et à la manipulation, car les contrats intelligents fonctionnent sur un réseau de nœuds géographiquement répartis et sont maintenus par une communauté de participants. De plus, la transparence inhérente donne à toutes les parties un aperçu des termes du contrat et des transactions associées, augmentant ainsi la confiance entre les parties et réduisant les litiges potentiels.[41]

Les contrats intelligents représentent donc une innovation majeure dans le domaine des contrats et des transactions, offrant un moyen efficace, sécurisé et transparent d'automatiser les processus commerciaux et juridiques. Il a un large éventail d'applications dans des domaines variés, notamment la finance, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, l'assurance, l'immobilier, etc.,

## VII.2. Domaine d'application :

Les contrats intelligents ont un large éventail d'applications dans différents domaines et offrent un grand potentiel pour automatiser et sécuriser divers processus et transactions. Voici quelques domaines dans lesquels les contrats intelligents peuvent être utilisés efficacement. [42]

**Gestion des contrats** : Les contrats intelligents peuvent être utilisés pour automatiser la création, l'exécution des contrats, réduisant ainsi le risque d'erreurs et de litiges. Les contrats intelligents offrent une solution efficace pour gérer et suivre les contrats dans divers secteurs en éliminant le besoin d'intermédiaires et en garantissant l'exécution automatique des conditions contractuelles prédéfinies.

**Transactions financières** : facilitez les transactions financières telles que les paiements, les envois et les prêts en automatisant les processus et garantissant une exécution sécurisée des transactions. Les contrats intelligents permettent d'exécuter des transactions de manière transparente, rapide et sécurisée, réduisant ainsi les coûts et les retards associés aux transactions traditionnelles.

**Chaîne d'approvisionnement** : Dans le domaine de la chaîne d'approvisionnement, les contrats intelligents peuvent être utilisés pour suivre les produits, déclencher des paiements automatiques lorsque certaines conditions sont remplies et assurer la responsabilité et la transparence tout au long de la chaîne. En utilisant la technologie de la blockchain et les contrats intelligents, les entreprises ont la possibilité d'améliorer la visibilité, la traçabilité et l'efficacité de leur chaîne d'approvisionnement, ce qui permet de diminuer les risques de fraude, les frais de transaction et les délais de livraison.

**Propriété intellectuelle** : Peut être utilisé pour gérer et protéger les droits de propriété intellectuelle en automatisant les processus de licence, de distribution et de rémunération des créateurs. En utilisant des contrats intelligents, les créateurs peuvent facilement gérer les droits de propriété intellectuelle de leurs œuvres, garantir une rémunération juste et transparente et protéger leurs droits contre la contrefaçon.

**Assurance** : Les contrats intelligents peuvent être utilisés pour automatiser le processus d'achat, de facturation et de réclamation des polices d'assurance, offrant ainsi une plus grande transparence et des économies de coûts pour les assureurs et les assurés. En utilisant des contrats intelligents, les compagnies d'assurance peuvent optimiser leurs processus, réduire leurs coûts administratifs et fournir des services plus rapides et plus efficaces aux clients.

En résumé, les contrats intelligents représentent une innovation majeure dans le domaine de la blockchain, offrant un moyen efficace et sécurisé d'automatiser les transactions et les processus dans divers domaines. Son potentiel d'application est vaste et continue d'évoluer avec l'adoption croissante de la blockchain dans diverses industries.

### VII.3. Les avantages et les inconvénients :

#### 1. les avantages :

Les contrats intelligents présentent de nombreux avantages qui transforment la façon dont les contrats sont exécutés et gérés. Voici les principaux avantages : [43]

**Autonomie** : Les contrats intelligents permettent une exécution automatique sur des réseaux décentralisés, réduisant ainsi le besoin d'intervention humaine dans les transactions. Par exemple, dans le domaine des assurances, les contrats intelligents vérifient automatiquement les conditions de couverture et compensent automatiquement si les conditions prédéfinies sont remplies. Cette autonomie réduit les coûts intermédiaires et évite les litiges découlant de différentes interprétations des contrats.

**Rapidité** : Grâce à leur nature automatique, les contrats intelligents augmentent la vitesse d'exécution des contrats. Réalisez des transactions en un temps record sans les retards courants avec les processus manuels.

**Fiabilité et sécurité** : Les contrats intelligents bénéficient de la sécurité et de l'immutabilité de la blockchain. Une fois qu'un contrat intelligent est enregistré sur la blockchain, il ne peut plus être modifié, ce qui augmente la fiabilité et la sécurité. Cette fonctionnalité garantit l'intégrité des transactions et empêche la falsification du contrat.

**Transparence et décentralisation** : Le code du contrat intelligent est stocké sur la blockchain, offrant une transparence absolue. Tout le monde peut consulter le code du contrat intelligent et vérifier son bon fonctionnement. De plus, la blockchain en tant que registre distribué garantit la décentralisation des contrats intelligents et les rend accessibles de n'importe où et à tout moment. Cette transparence et cette décentralisation renforcent la confiance des parties prenantes et favorisent la responsabilité dans les transactions.

**Réduction des coûts** : Les contrats intelligents contribuent à réduire les coûts associés aux transactions, tels que les commissions et les frais administratifs, en éliminant les intermédiaires et les processus manuels.

#### 2. les inconvénients :

**Complexité technique** : La création et la mise en œuvre de contrats intelligents nécessitent des connaissances techniques avancées en programmation et en sécurité informatique. Pour les utilisateurs non techniques, comprendre et mettre en œuvre des contrats intelligents peut être difficile.

**Irréversibilité :** Après le déploiement et l'exécution d'un contrat intelligent sur une blockchain, ses actions sont irréversibles. Il peut être difficile, voire impossible, de modifier ou d'annuler une transaction en cas d'erreur de programmation ou d'incompréhension de la terminologie, ce qui peut entraîner une perte financière importante.

**Sécurité et risques :** Bien que les contrats intelligents soient conçus dans un souci de sécurité, ils restent vulnérables aux attaques informatiques. Les erreurs de programmation et les vulnérabilités du code peuvent être exploitées par des pirates informatiques et compromettre la sécurité des transactions et des fonds associés.

**Gouvernance et réglementation :** Les réglementations et les lois concernant les contrats intelligents sont constamment en évolution et peuvent différer d'une juridiction à l'autre. Les défis liés à la gouvernance et au respect de la réglementation peuvent être importants, en particulier en ce qui concerne les conflits et la responsabilité juridique en cas d'infraction.

Les contrats intelligents présentent des avantages significatifs en termes d'indépendance, de sécurité, d'économie et de fiabilité, mais ils ne sont pas sans inconvénients. Il est important que les utilisateurs et les entreprises prennent en compte ces lacunes et les gèrent efficacement afin de tirer le maximum d'avantages des contrats intelligents dans leurs opérations commerciales.

## VIII. Les problématiques :

En raison de la complexité de la gestion de la chaîne d'approvisionnement, les entreprises s'efforcent constamment d'atteindre la transparence, la fiabilité et l'efficacité opérationnelle.

Jusqu'au développement de technologies disruptives telles que la blockchain, les entreprises étaient confrontées à plusieurs défis majeurs qui limitaient leur capacité à gérer efficacement leurs chaînes d'approvisionnement.

1. **Opacité et manque de visibilité :** Les processus de surveillance et de contrôle étaient souvent troubles, avec peu d'informations sur le mouvement réel des produits à travers les différentes étapes de la chaîne d'approvisionnement. Cela peut entraîner des retards, des erreurs et des inefficacités dans la gestion des flux de produits.
2. **Confiance et fiabilité des informations :** Des erreurs, et des retards peuvent survenir lors de l'échange d'informations entre les différentes parties d'une chaîne d'approvisionnement. La confiance et la fiabilité des données sur lesquelles sont basées les décisions opérationnelles peuvent être menacées

3. **Complexité des processus** : Les processus de surveillance et de contrôle étaient souvent fragmentés et complexes, impliquant plusieurs intervenants et systèmes d'information. La coordination entre ces parties prenantes pouvait être difficile, ce qui rendait la gestion de la chaîne d'approvisionnement moins efficace.
4. **Gestion des conflits et des non-conformités** : En raison de l'absence de suivi et de transparence, il pouvait être difficile de résoudre les conflits et les non-conformités dans la chaîne d'approvisionnement. Cela pouvait causer des pertes financières et une dégradation des relations entre les partenaires commerciaux.
5. **Sécurité des produits** : La sécurité des produits était une préoccupation majeure, en particulier pour les produits liés à la santé et à la sécurité. Sans traçabilité adéquate, il peut être difficile d'identifier et de retirer rapidement les produits problématiques de la chaîne d'approvisionnement.

En abordant ces problèmes, les entreprises ont cherché à améliorer leur efficacité opérationnelle, à renforcer la confiance des parties prenantes et à garantir la conformité réglementaire.

L'émergence de technologies telles que la blockchain offre des solutions potentielles à ces défis, permettant une plus grande visibilité, une traçabilité transparente et une gestion plus efficace des flux de produits dans la chaîne d'approvisionnement.

## **IX. Solution Aperçu:**

Notre objectif principal dans ce projet est de créer une plateforme innovante qui corrige les vulnérabilités de sécurité des systèmes centralisés et élimine le besoin de faire confiance à des tiers. Pour cela, nous explorons la technologie blockchain pour sa traçabilité et sa transparence uniques.

Notre solution vise à améliorer la traçabilité de la chaîne d'approvisionnement en temps réel, sans intervention d'une autorité centrale ni matériel physique. Elle permettra de mieux gérer les conflits, les non-conformités, la sécurité des produits, et de réduire les pertes financières et la dégradation des relations commerciales.

Pour réaliser cette vision, nous avons développé une application utilisant des contrats intelligents pour surveiller le transport des produits.

## **X. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons défini la chaîne de blocs, en mettant en lumière ses caractéristiques, ses domaines d'application dans le suivi de la chaîne d'approvisionnement, ainsi que ses avantages et ses inconvénients. Par la suite, nous avons expliqué le concept de contrat intelligent (Smart Contract) et ses domaines d'application. Nous avons également abordé les problématiques spécifiques liées à la chaîne d'approvisionnement et présenté une solution prospective pour les résoudre.

***III. CHAPITRE 3 :  
conception et  
réalisation de  
système « chain dz »***

## I. INTRODUCTION :

Ce chapitre est dédié à la spécification des exigences de notre système ainsi qu'à leur conception à l'aide des divers outils nécessaires et des diagrammes UML appropriés.

Nous avons initié ce chapitre en répertoriant les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles de notre système, suivies par une présentation des outils de conception. Enfin, nous avons exploré notre conception en détaillant l'utilisation des divers diagrammes UML, accompagnés de leurs scénarios respectifs.

## II. Spécification des exigences système :

### III.1. Identification des acteurs :

**Administrateur** : il est responsable de la gestion globale du système. Il peut créer, modifier et désactiver les comptes d'utilisateurs. Il a aussi la possibilité de dresser une liste des entreprises et de leurs produits enregistrés sur la plateforme.

**Responsable de production** : Personne responsable de superviser la fabrication d'un produit. Il est responsable de la gestion des produits de l'entreprise

**Responsable clientèle** : il est responsable, de la résolution des réclamations des clients et de la réception de notifications en temps réel concernant ces réclamations.

**Charger logistique** : il est responsable de la gestion logistique des produits. Les produits sont scannés par le chargé logistique afin d'enregistrer et de suivre leurs déplacements tout au long de la chaîne d'approvisionnement, et il surveille en temps réel leur localisation et leur statut.

**Consommateur (Client)** : Personne qui utilise le système pour visualiser et acheter des produits. La plateforme permet au consommateur de chercher des produits spécifiques, de créer des réclamations en cas de problèmes avec les produits achetés, et de consulter une liste des produits disponibles.

### III.2. Les exigences fonctionnelles :

- **Coté Administrateur** :

- **Gestions des comptes**: Le système doit permettre à l'administrateur la possibilité de créer des comptes pour les entreprises ou les personnes autorisées à utiliser l'application.
- **Désactivation de compte**: Le système doit permettre à l'administrateur la possibilité de désactiver des comptes utilisateurs, ce qui bloque leurs accès à la plateforme.
- **Lister les entreprises** : Le système doit permettre à l'administrateur la possibilité de consulter la liste de toutes les entreprises enregistrées sur la plateforme.

- **Lister produits des entreprise :** le système doit permettre à l'administrateur la possibilité de consulter la liste des produits enregistrés de chaque entreprise sur la plateforme.
- **Coté Responsable de production :**
  - **Gestion des produits :** le responsable de production doit ajouter, modifier et supprimer des produits de l'entreprise sur la plateforme.
  - **Ajouter lot de produit :** il est responsable d'ajouter des lots de produit
- **Coté responsable clientèle :**
  - **Gestion des réclamations:** le système doit offrir au responsable de production la possibilité de traiter et de résoudre les réclamations des clients concernant les produits.
  - **Recevoir des réclamations :** le système doit offrir au responsable de production la possibilité de recevoir et de consulter en temps réel les réclamations des clients.
- **Coté Charger logistique :**
  - **Scanner les produits :** Le système doit permettre au chargé logistique la possibilité de scanner les produits afin d'enregistrer et de suivre leurs évolutions à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement.
  - **Suivre les produits:** le système doit offrir au charger logistique la possibilité de suivre en temps réel la localisation et le statut des produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement.
- **Consommateur (client):**
  - **Lister produits:** Le système doit offrir au consommateur la possibilité de consulter la liste des produits disponibles sur la plateforme, concernant des informations détaillées sur chaque produit.
  - **Rechercher un produit :** Le système doit offrir au consommateur la possibilité de rechercher des produits précis en se basant sur différents critères tels que le nom, la catégorie ou l'entreprise.
  - **Créer les réclamations :** Le système doit offrir au consommateur la possibilité de soumettre des réclamations concernant les produits achetés, en fournissant des informations sur les problèmes rencontrés.

### III.3. Les exigences non fonctionnelles :

- **Intégrité des données** : Il est essentiel que le système garantisse l'intégrité des données enregistrées sur la blockchain, en empêchant toute altération non autorisée.
- **Disponibilité** : Le système doit être disponible à tout moment et fournir des performances rapides et fiables, même sous une charge importante.
- **Utilisabilité** : Le système doit offrir à l'utilisateur une interface simple et facile à utiliser.
- **Sécurité et confidentialité** : Le système doit assurer la sécurité et la confidentialité des données des utilisateurs.
- **La traçabilité** : est la capacité à suivre un produit tout au long de la chaîne, de l'approvisionnement en matière premières à la mise au rebut, en passant par la production et la consommation,

### III. La conception :

Dans cette partie, nous allons aborder la conception de notre système en utilisant les diagrammes UML (Unified Modeling Language). Ces diagrammes nous permettront de visualiser les différents aspects de notre système, de la structure aux interactions. Nous commencerons par les diagrammes de cas d'utilisation, qui illustreront les différentes fonctionnalités du système « chain dz » et la manière dont les utilisateurs interagiront avec celui-ci. Les diagrammes UML nous aideront à mieux comprendre et documenter les exigences du système, facilitant ainsi son développement et sa mise en œuvre.

#### III.1. Les diagrammes:

##### III.1.1. diagrammes de cas d'utilisation :

Systeme Chain dz

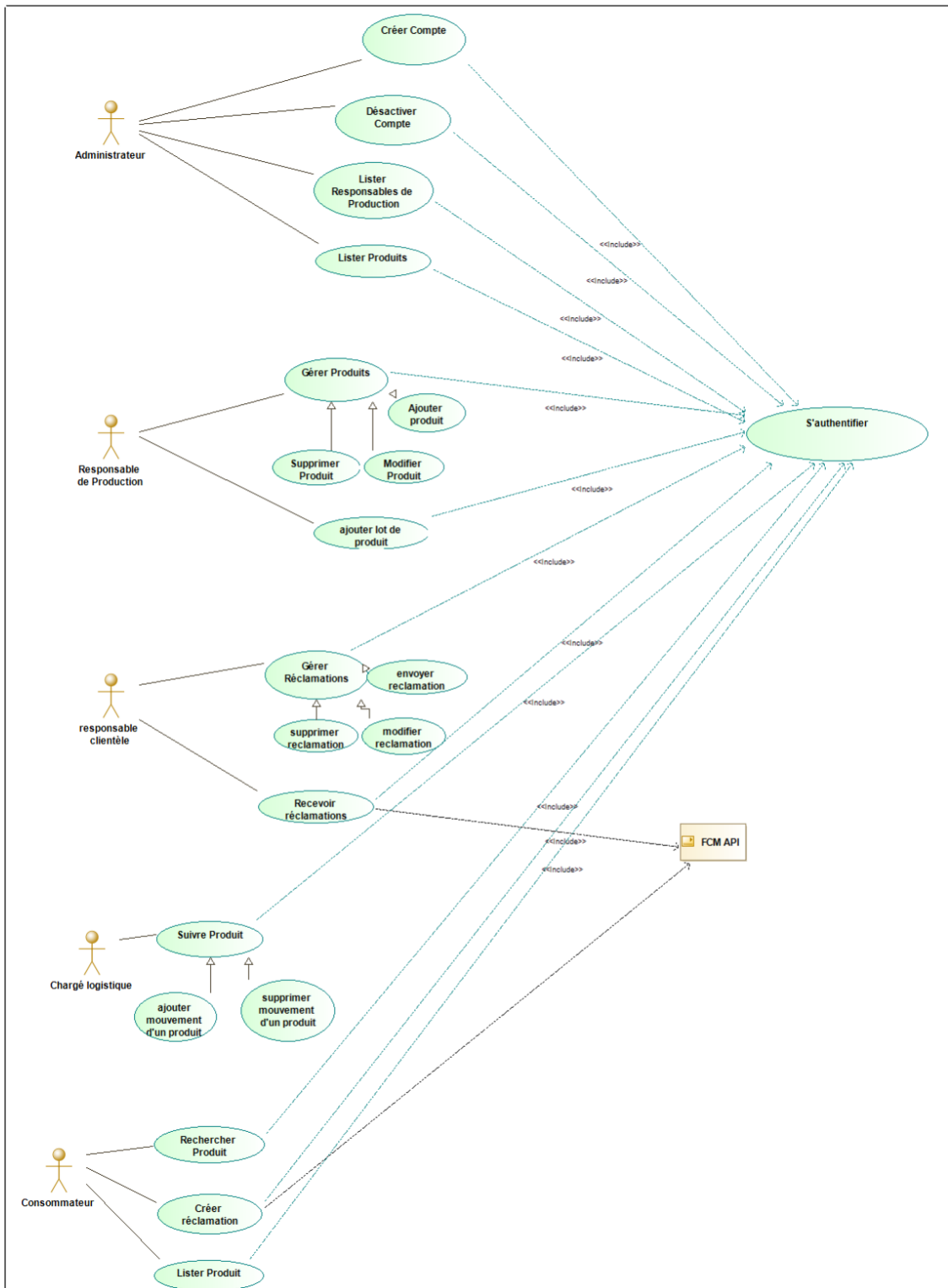


Figure III.11 Diagramme de cas d'utilisation

**Les scénarios :** Nous ciblons 4 types d'acteurs en identifiant chacun à ses propres fonctionnalités.

 **L'administrateur peut :**

- Créer des propres réels comptes pour les responsables de production.
- Désactiver les comptes reliés aux responsables de production.
- Lister les responsables de production.
- Lister les produits relatifs aux responsables de production.

 **Le responsable de production peut :**

- Gérer leurs produits en les ajoutant, modifiant ou les supprimant.
- Ajouter lots de produits.

 **Responsable clientèle :**

- Gérer les réclamations en les traitons puis soit en envoyant, modifiant ou les supprimant.
- Recevoir les notifications de la part de consommateur.

 **Le chargé logistique peut :**

- Scanner les produits de production.
- Suivre le produit tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

 **Le consommateur peut :**

- Lister les produits ajoutés sur la plateforme.
- Rechercher les produits soit en scannant leurs QR Codes ou bien sur la barre de recherche.
- Créer leurs propres réclamations sur la plateforme afin de notifier le responsable de production.

### III.1.2. diagrammes de séquence:

#### III.1.2.1. Diagrammes de séquence << ajouter un produit >> :

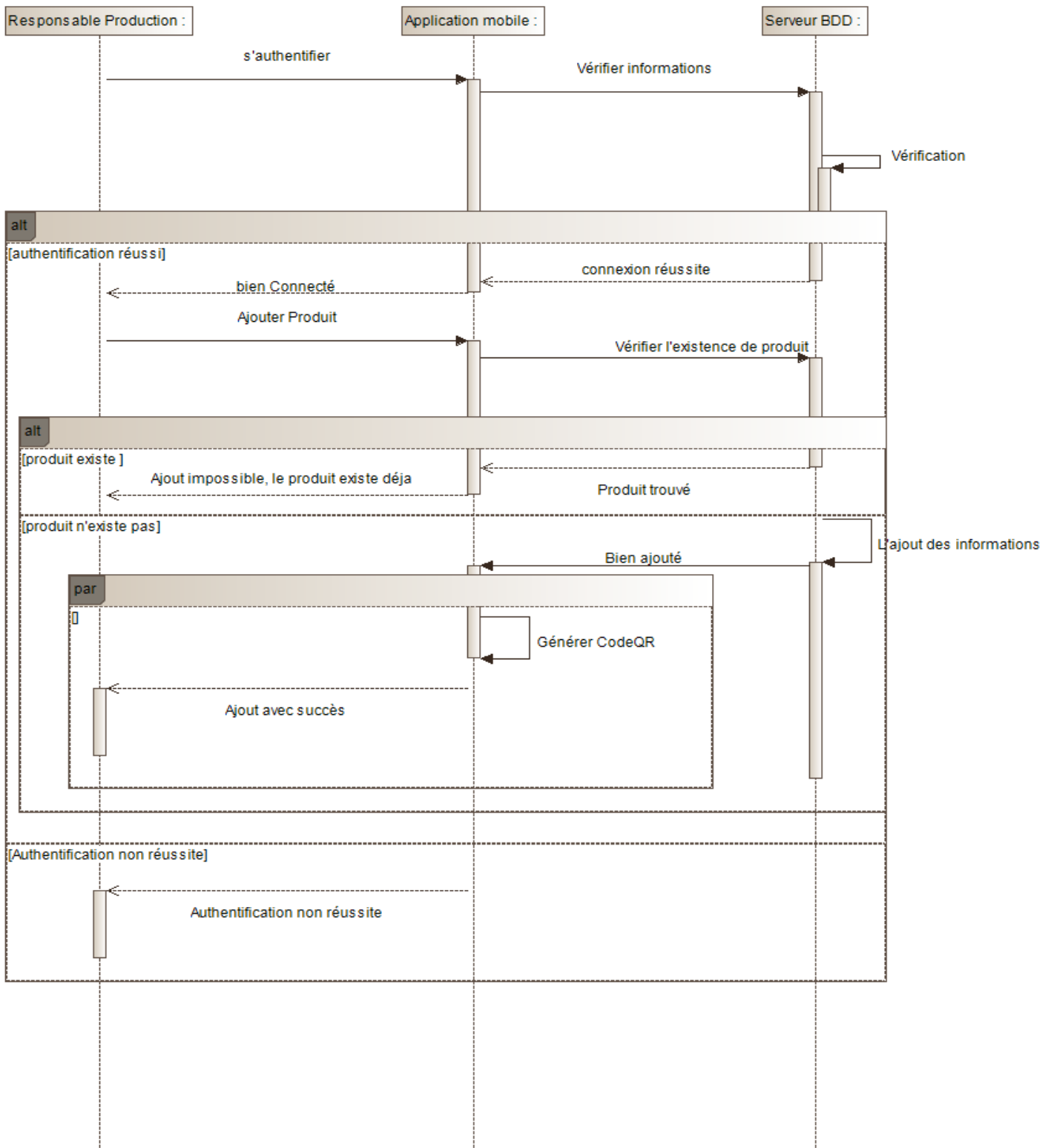


Figure III.12 Diagramme de séquence "Ajouter un produit"

**A. Scénarios nominaux :**

1. Le responsable production s'authentifie sur l'application mobile.
2. Le responsable L'application mobile vérifie les informations d'authentification auprès du serveur BDD.
3. Si l'authentification est réussie, l'application mobile affiche un message de connexion réussie.
4. production sélectionne l'option "Ajouter Produit".
5. L'application mobile vérifie si le produit existe déjà dans la base de données.
6. Si le produit existe l'application va afficher un message d'ajout impossible.
7. Si le produit n'existe pas, L'ajout du produit est enregistré dans la base de données en parallèle l'application mobile ajoute le produit dans la liste.
8. L'application mobile génère automatiquement un code QR pour le produit.
9. L'application mobile affiche un message de succès.

**Scénarios alternatifs :**

1. Le responsable production s'authentifie sur l'application mobile.
  - 1.1 Le responsable production saisi un login/mot de passe incorrect.
  - 1.2 Le responsable production annule son authentification
4. Le responsable production sélectionne l'option "Ajouter Produit".
  - 4.1 Le responsable de production annule l'ajout de produit.
  - 4.2 Le responsable n'ajoute pas toutes les informations de produit
  - 4.3 Le responsable de production saisi des fausses informations de produit
  - 4.4 Le responsable de production quitte tout la page

**Scénarios d'exceptions :**

**Scénario d'exception 1 : Le serveur BDD est indisponible.**

- L'application mobile affiche un message indiquant que le serveur BDD est indisponible.
- Le responsable production doit réessayer plus tard.

**Scénario d'exception 2 : Une erreur se produit lors de l'enregistrement du produit dans la base de données.**

- L'application mobile affiche un message indiquant que l'enregistrement du produit a échoué.
- Le responsable production doit contacter le support technique.

III.1.2.2. Diagrammes de séquence << rechercher un produit >> :

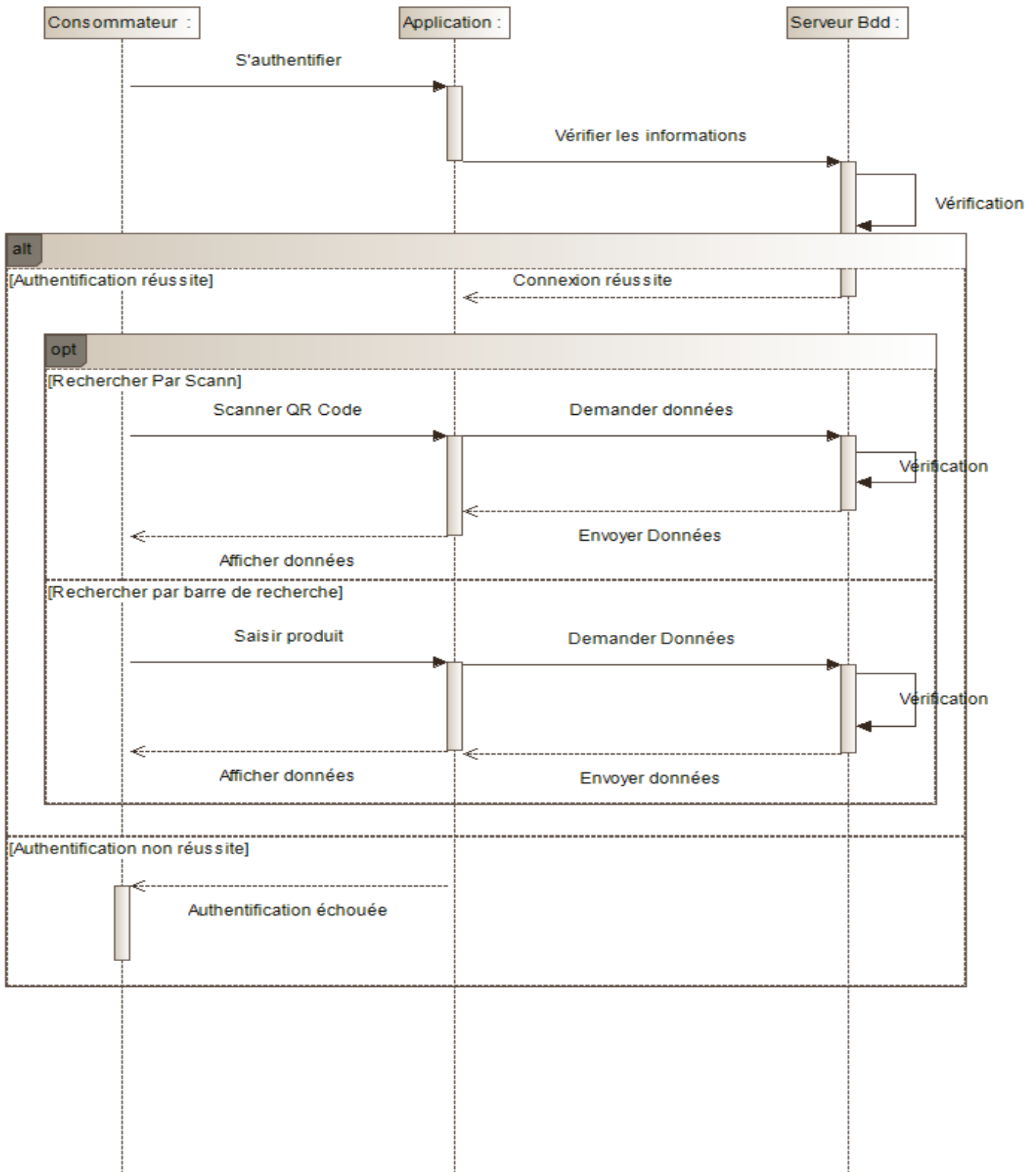


Figure III.13 Diagramme de séquence « rechercher un produit »

### Scénarios nominaux

1. Le consommateur s'authentifie sur l'application mobile.
2. L'application mobile vérifie les informations d'authentification auprès du serveur BDD.
3. Si l'authentification est réussie, l'application mobile affiche un message de connexion réussie.
4. Le consommateur peut chercher le produit souhaité soit par scanne soit sur la barre de recherche.
  - Si le consommateur choisit la recherche par scanne :
    5. Le consommateur scanne le code QR du produit avec son smartphone en utilisant la caméra du smartphone pour scanner le code QR.
    6. L'application mobile envoie les données du code QR au serveur.
    7. Le serveur vérifie les données du code QR et récupère les informations du produit.
    8. Le serveur envoie les informations du produit à l'application mobile.
    9. L'application mobile affiche les informations du produit au consommateur.
  - Si le consommateur choisit la recherche en utilisant la barre de recherche :
    - 5- Le consommateur saisi le nom de produit en cliquant sur le bouton de recherche.
    - 6- L'application mobile renvoie la donnée au serveur BDD.
    - 7- Le serveur vérifie les données et récupère les informations du produit.
    - 8- Le serveur vérifie les données du code QR et récupère les informations du produit.
    - 9- L'application mobile affiche les informations du produit au consommateur.

### Scénarios alternatifs :

5. Le consommateur scanne le code QR du produit avec son smartphone en utilisant la caméra du smartphone pour scanner le code QR.
  - 5.1 **Le code QR est invalide** : Si le code QR est invalide, le serveur ne sera pas en mesure de récupérer les informations du produit. L'application mobile affichera un message indiquant que le code QR est invalide.
  - 5.2 Le produit n'est pas trouvé dans la base de données, le serveur ne sera pas en mesure de récupérer les informations du produit. L'application mobile affichera un message indiquant que le produit n'a pas été trouvé.
  - 5.3 Si le serveur est indisponible, l'application mobile ne sera pas en mesure de communiquer avec le serveur. L'application mobile affichera un message indiquant que le serveur est indisponible.

### Scénarios d'exceptions :

#### **1. Le consommateur s'authentifie sur l'application mobile.**

- 1.1 Le consommateur se trouve dans une zone sans connexion Internet.
- 1.2 L'authentification échoue en raison d'un problème avec le serveur d'authentification.
- 1.3 Une erreur interne se produit au serveur.

#### **2. Le consommateur scanne le code QR du produit avec son smartphone en utilisant la caméra du smartphone pour scanner le code QR.**

- 2.1 Problème avec la caméra du smartphone.
- 2.2 La caméra est défectueuse ou endommagée.
- 2.3 L'application n'a pas les autorisations nécessaires pour accéder à la caméra.
- 2.4 Problème avec le code QR.
- 2.5 Le code QR est endommagé ou illisible.
- 2.6 Le code QR est mal imprimé ou de mauvaise qualité.
- 2.7 Le code QR est trop petit ou trop grand.
- 2.8 Le smartphone n'est pas connecté à Internet.
- 2.9 La connexion Internet est faible ou instable.
- 2.10 Le serveur de l'application est indisponible.

III.1.2.3. Diagrammes de séquence << créer réclamation >> :

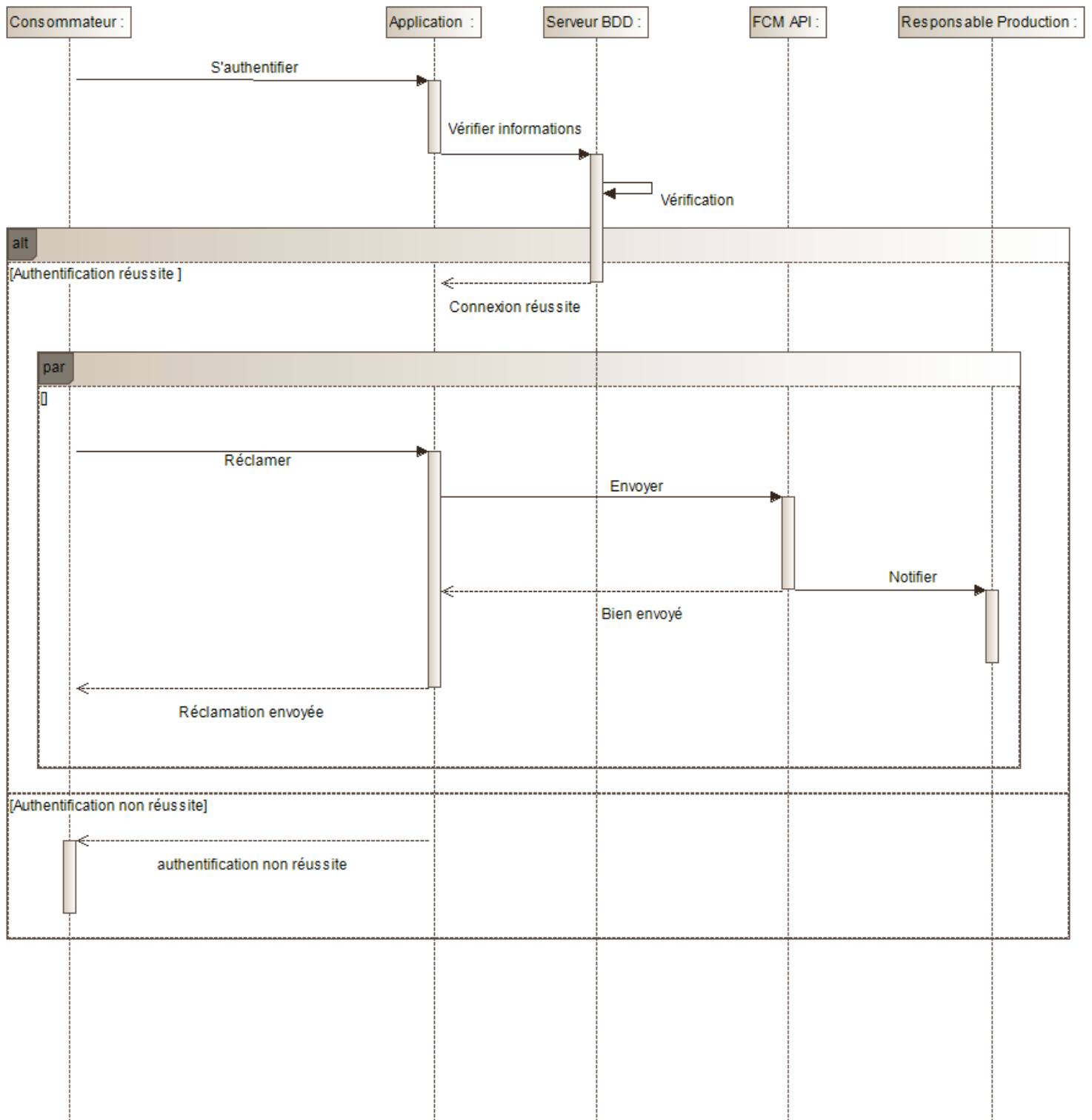


Figure III.14 Diagramme de séquence « créer réclamation »

### Scénarios nominaux

1. Le consommateur s'authentifie sur l'application mobile.
2. L'application mobile vérifie les informations d'authentification auprès du serveur BDD.
3. Si l'authentification est réussie, l'application mobile affiche un message de connexion réussie.
4. Le consommateur sélectionne l'option "Réclamer" et saisi sa réclamation en l'envoyant.
5. L'application envoie au serveur de messagerie de données FCM la réclamation.
6. L'API FCM notifie le responsable de production en lui envoyant la réclamation.
7. Le responsable de production reçoit la réclamation.
8. L'application affiche le message d'envoi de la réclamation avec succès.

### Scénarios alternatifs :

#### **1. Le consommateur s'authentifie sur l'application mobile.**

- 1.1 Le consommateur saisit des informations d'authentification incorrectes.
- 1.2 Le serveur BDD est indisponible.

#### **2. L'application envoie au serveur de messagerie de données FCM la réclamation.**

- 2.1 L'application mobile ne parvient pas à envoyer la réclamation au serveur de messagerie de données FCM.
- 2.2 Le serveur de messagerie de données FCM est indisponible.
- 2.3 L'API FCM ne parvient pas à notifier le responsable de production.
- 2.4 Le responsable de production ne reçoit pas la notification.

### Scénarios d'exceptions :

#### **1. Le consommateur s'authentifie sur l'application mobile.**

- 1.1 Le consommateur se trouve dans une zone sans connexion Internet.
- 1.2 L'authentification échoue en raison d'un problème avec le serveur d'authentification.
- 1.3 Une erreur interne se produit au serveur.

#### **2. L'application envoie au serveur de messagerie de données FCM la réclamation.**

- 2.1 Erreur de saisie des informations de réclamation.
- 2.2 Problème de stockage de données
- 2.3 Problème de stockage de données.

### III.1.3. Diagrammes de classe:

Le diagramme de classes est un diagramme utilisé dans le développement de logiciels pour représenter les classes et les interfaces d'un système ainsi que leurs .Ce diagramme fait partie de la partie statique d'UML et ne s'intéresse pas aux aspects temporels et dynamiques.

La figure III.15 ci-dessous représente le diagramme de classe de notre application.

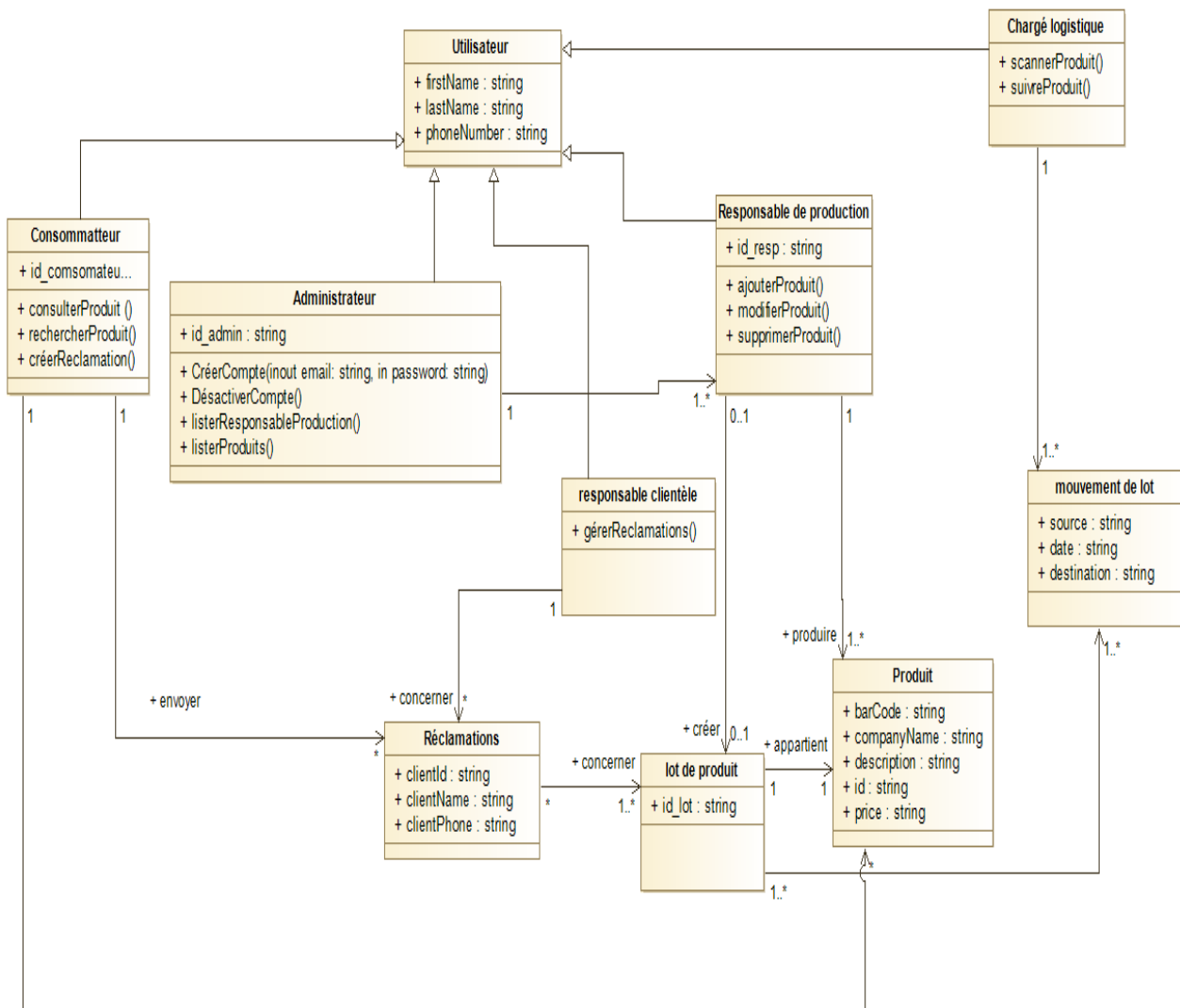


Figure III.15 Diagramme de classe

Le diagramme de classes représente les relations entre les différentes classes de notre système « chain dz ». Le diagramme utilise la notation UML (Unified Modeling Language) pour représenter les classes, leurs attributs, leurs méthodes et leurs relations.

Le diagramme représente les classes suivantes :

- **Utilisateur:** Représente un utilisateur du système, qui peut être un consommateur ou un responsable de production ou le chargé logistique ou l'administrateur ou le responsable clientèle.
- **Responsable logistique:** Représente un responsable logistique qui gère les stocks et les mouvements de lots
- **Consommateur:** Représente un consommateur qui peut acheter et vendre des produits.
- **Responsable de production:** Représente un responsable de production qui peut créer, modifier et supprimer des produits.
- **Produit:** Représente un produit qui est vendu ou acheté par les consommateurs.
- **Réclamation:** Représente une réclamation faite par un consommateur concernant un produit.
- **Lot de produit:** Représente un lot de produits identiques.

**Attributs :** Chaque classe possède des attributs qui représentent ses caractéristiques.

**Méthodes :** Chaque classe possède des méthodes qui représentent ses opérations.

**Relations :** Les classes sont liées entre elles par différentes relations.

**Description détaillée des relations :**

- **Consommateur - Produit:** Un consommateur peut acheter, consulter, rechercher et créer des réclamations sur un produit.
- **Responsable de production - Produit:** Un responsable de production peut créer, modifier et supprimer des produits.
- **Lot de produit - Réclamation:** Un produit peut avoir une ou plusieurs réclamations.
- **Produit - Lot de produit:** Un produit appartient à un lot de produit.
- **Produit - Mouvement de lot:** Un produit peut avoir un ou plusieurs mouvements de lot.

Le diagramme de classes fournit une représentation claire des relations entre les différentes classes de notre système « chain dz ». Il permet de comprendre la structure du système et les interactions entre les différentes classes.

### IV. outils matériels et logiciels et langages de notre système :

#### IV.1. outils matériels :

Afin d'assurer des résultats optimaux lors de la conception et de l'expérimentation de notre solution, nous avons utilisé un ordinateur qui présente les caractéristiques suivantes :

**Nom de l'appareil :** DESKTOP-MRGU8GN

**Processeur:** Intel(R) Core(TM) i7-10510U CPU @ 1.80GHz 2.30 GHz

**Mémoire RAM installée:** 8,00 Go (7,83 Go utilisable)

**ID de périphérique :** 4C4AEE84-D0A4-4647-8E73-CDC90564E2EE

**ID de produit :** 00327-30827-12695-AAOEM

**Type du système :** Système d'exploitation 64 bits, processeur x64

**Styler et fonction tactile :** La fonctionnalité d'entrée tactile ou avec un styler n'est pas disponible sur cet écran

#### IV.2. outils logiciels :

Dans cette partie, nous allons examiner en détails les outils logiciels utilisés pour créer notre application visant à améliorer la transparence de la chaîne en utilisant la blockchain. Le système d'exploitation, les environnements de développement, les langages de programmation, les Framework, les bibliothèques et les plateformes sont parmi les outils qui ont simplifié la conception et la mise en œuvre de notre solution. Chaque élément a joué un rôle essentiel dans la création d'une application, qui peut améliorer la transparence et la sécurité des chaînes d'approvisionnement.



➤ **Système d'exploitation :** Microsoft a développé le système d'exploitation Windows, qui est l'un des systèmes d'exploitation les plus couramment utilisés dans le monde. Sa convivialité, sa compatibilité avec une grande diversité de logiciel et ses nombreuses fonctionnalités en font un choix populaire pour le développement d'application

### IV.3. Les outils de conception et de réalisation de notre système :

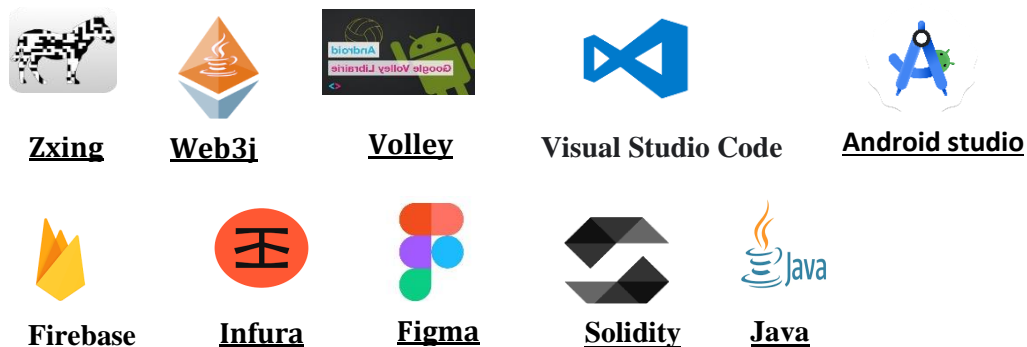


*Figure III.16 Liste outils utilisés pour la conception*

**Modelio** : Modelio offre une solution de modélisation intégrée qui offre une variété de standards de modélisation, tels qu'UML (Unified Modeling Language), BPMN (Business Process Model and Notation), et bien d'autres encore. Modeliosoft a conçu ce logiciel qui propose des caractéristiques intégrales pour la modélisation, la création de code et la gestion de projets logiciels. [44]

**Lucidchart** : Lucidchart offre une solution flexible pour créer différents diagrammes, pour les entreprises, qu'elles soient des startups ou des grandes entreprises. Grâce à ce logiciel, il est possible de concevoir rapidement des diagrammes, des cartes conceptuelles, des cartes UML ou des cartes mentales. Profiter d'une incroyable bibliothèque de formes. Lucidchart est disponible sous forme de SaaS, ce qui lui permet d'être utilisé sur n'importe quel appareil, que ce soit sur Mac, PC ou Linux. [45]

**Canva** : Canva est un outil de conception graphique en ligne qui vous permet de créer des documents visuels à partir d'une bibliothèque de modèles. Cet outil intuitif s'adresse aussi bien aux débutants qu'aux experts. Il s'adresse particulièrement aux aspirants community managers et graphistes, mais aussi aux professionnels du web marketing. Convient également pour un usage personnel. [46]



**Figure III.17** Liste des outils et langages utilisés pour la réalisation de système «chain dz»

- **Environnement de développement intégré (IDE) :** Visual Studio Code
  1. **Visual Studio Code (VSCode)** est une plateforme de développement intégré (IDE) développée par Microsoft. Il est open-source et multiplateforme, c'est-à-dire qu'il fonctionne sur Windows, Linux et Mac. Initialement destiné aux développeurs web, il peut être utilisé dans de nombreux autres langages de programmation tels que C++, C#, Python, Java, etc. Il propose de multiples caractéristiques telles que la coloration syntaxique, l'auto-complétion, la détection d'erreurs, la navigation de code, le débogage, la gestion de versions, l'intégration avec Git, et bien d'autres encore. Il peut aussi être étendu grâce à une multitude d'extensions créées par la communauté, offrant ainsi aux développeurs la possibilité de personnaliser l'éditeur en fonction de leurs besoins. [47]
  2. **Android studio :** Android Studio est un environnement de développement permettant de développer des applications mobiles Android. Il est basé sur IntelliJ IDEA et utilise le moteur de production Gradle. Disponible en téléchargement sur les systèmes d'exploitation Windows, macOS, Chrome OS et Linux1. [48]
- **Langages de programmation :**
  1. **Java :** Le langage informatique Java est un langage de programmation avancé, orienté objet et disponible sur différentes plateformes, créé par Sun Microsystems (qui a été racheté par Oracle Corporation en 2010). Créé dans le but de rendre le développement d'applications logicielles, de sites web dynamiques, d'applications mobiles, de jeux vidéo et bien d'autres encore plus facile, Java est largement employé. [49]

2. **Solidity** : Solidity est un langage de programmation de haut niveau, principalement utilisé pour la rédaction de contrats intelligents (smart Contracts) sur la blockchain Ethereum. Créé spécialement pour la blockchain, Solidity a été développé dans le but de simplifier l'automatisation, la sécurité et l'exécution de transactions décentralisées sans nécessiter d'intermédiaire. [50]

- **Base de donne : firebase**

1. **Définition** : Google propose Firebase, une plateforme de développement d'applications mobiles et web, qui offre une gamme de services cloud qui facilitent la création d'applications de qualité supérieure de manière plus rapide et plus efficace. Pour notre application, Firebase a été sélectionné comme solution de base de données pour diverses raisons essentielles. [51]

2. **Firestore** : Firebase Cloud Firestore est une base de données NoSQL flexible, évolutive et hébergée dans le cloud, qui fait partie des services offerts par Firebase depuis sa création. Cloud Firestore est conçu pour faciliter la création d'applications modernes et complexes, offrant ainsi de nombreux avantages et fonctionnalités qui en font une option parfaite pour notre application de transparence de la chaîne d'approvisionnement.[52]

- **bibliothèques :**

1. **Zxing** : ZXing Test est une application Android gratuite développée par l'équipe ZXing et exclusivement pour les développeurs. Cette application est destinée à tester les applications de scanner de codes-barres développées par la même équipe. Il n'est pas destiné à un usage général et peut ne pas être utile à l'utilisateur moyen. [53]

2. **Web3j** : Web3j est une bibliothèque Java et Android hautement modulaire, réactive et sécurisée permettant de travailler avec des contrats intelligents et de s'intégrer aux clients (nœuds) sur le réseau Ethereum. Cela permet d'interagir avec la blockchain Ethereum sans avoir à écrire votre propre code d'intégration pour la plateforme. [54]

3. **Volley** : Google Volley est l'une des meilleures bibliothèques pour établir des connexions HTTP. Cela rend la mise en réseau facile, rapide et sécurisée. Volley est une bibliothèque créée et maintenue par Google, elle est donc bien connue et largement utilisée. Pour les débutants, Volley est un très bon choix car elle est beaucoup plus simple que les autres bibliothèques. [55]

- **Plateformes utilisées :**

1. **Infura** : Infura a été l'innovateur original des nœuds RPC basés sur le cloud et a joué un rôle fondamental dans la croissance du Web3. Notre API Web3 offre un accès instantané aux couches 1 et 2 les plus populaires, notamment Ethereum, Polygon, Linea, Optimism (et plus encore). La plateforme d'outils de développement d'Infura comprend des solutions de pointe telles que IPFS, les notifications Hal, des API de haut niveau, etc. [56]
2. **Figma** : Figma est une plateforme collaborative d'édition et de prototypage de graphiques vectoriels. Elle permet de concevoir des systèmes de conception qui facilitent la création de sites Web et d'applications mobiles. Il s'agit d'une solution destinée aux concepteurs et développeurs UI et UX. [57]

- **Technologies et outils supplémentaires :**



➤ La blockchain est une technologie de stockage et de transmission d'informations transparente, sécurisée et fonctionnant sans autorité de contrôle centrale. Il s'agit d'une base de données qui contient de manière sécurisée et décentralisée l'historique de tous les échanges effectués entre utilisateurs depuis sa création. N'importe qui peut vérifier la validité de la chaîne puisqu'elle est partagée entre différents utilisateurs sans aucun intermédiaire. [58]

### V. Le scénario descriptif de notre système :

Pour assurer la transparence et la traçabilité des produits tout au long de leur parcours, de la production à la distribution jusqu'au consommateur final, notre système basé sur la technologie blockchain.

Lorsqu'un lot de produits est prêt à être expédié, l'administrateur système enregistre les informations de production telles que la quantité, la date de production et les spécifications du produit sur la blockchain. La sécurité et l'immuabilité de ces informations assurent leur intégrité et leur accès par toutes les parties prenantes autorisées.

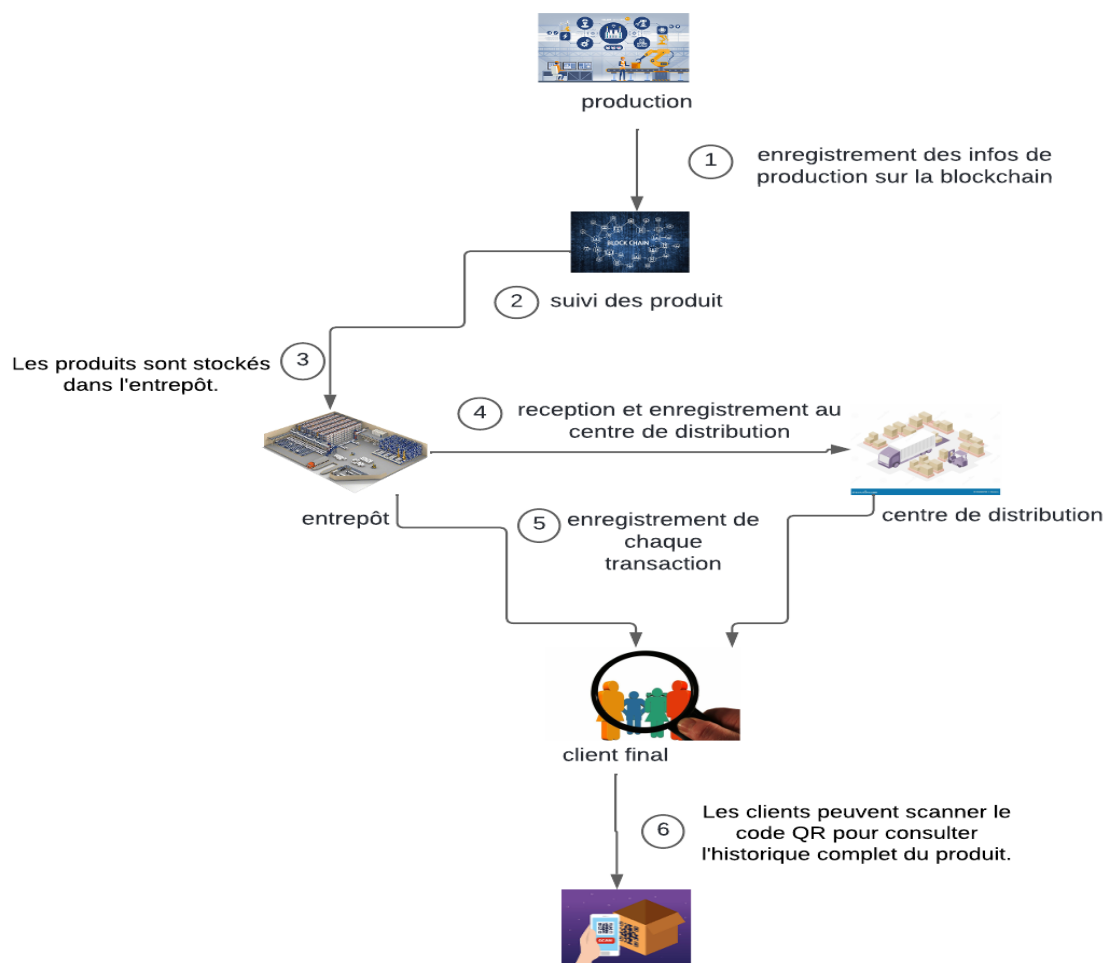
Au fur et à mesure que les produits avancent dans la chaîne d'approvisionnement, chaque étape est enregistrée sur la blockchain, ce qui permet de créer un historique transparent et vérifiable de leur mouvement

### Chapitre III Conception et réalisation de système

Par exemple, lorsqu'un produit est expédié d'un entrepôt vers un centre de distribution, qui est enregistrée sur la blockchain, avec l'heure de départ, les informations du transporteur et la destination. Après la réception du produit au centre de distribution, il est réenregistré sur la blockchain. Cela offre aux responsables du centre de distribution la possibilité de vérifier l'authenticité des produits et de suivre le déplacement des produits depuis leur origine jusqu'au final.

Finalement, une fois que le produit est livré au détaillant ou au client final, chaque transaction est enregistrée sur la blockchain, assurant ainsi une visibilité totale sur le déplacement du produit et une traçabilité complète jusqu'au point de vente. Les clients peuvent également scanner le code QR pour consulter l'historique complet du produit.

En résumé, l'intégration de la technologie blockchain dans la chaîne d'approvisionnement assure la transparence, la traçabilité et la fiabilité tout au long du processus, ce qui améliore la qualité et la sécurité du produit pour le consommateur final.



**Figure III.18 Traçabilité transparence des produits via la blockchain**

## VI. architecture de notre système :

Notre système, Chain DZ, assure la transparence et la traçabilité des produits tout au long de leur parcours grâce à la technologie blockchain. Les utilisateurs doivent d'abord se connecter à la plateforme via un processus d'authentification sécurisé, garantissant que seules les personnes autorisées accèdent au système. Une fois authentifiés, les utilisateurs peuvent enregistrer et mettre à jour les données des produits dans une base de données en temps réel. Ces informations sont ensuite intégrées et synchronisées avec notre application via Firebase, permettant aux utilisateurs de suivre les produits et d'accéder à toutes les informations nécessaires. En résumé, Chain DZ regroupe les données, assure leur sécurité et offre une visibilité complète sur l'historique des produits pour tous les utilisateurs.

- L'application mobile utilise la bibliothèque Web3j pour interagir directement avec la blockchain Ethereum.
- Web3j permet une communication directe avec les contrats intelligents, en contournant Infura comme intermédiaire.
- Web3j améliore la flexibilité et le contrôle des interactions avec la blockchain.

Pour la gestion des données et les fonctionnalités, nous avons choisi d'utiliser Firebase, c'est une plateforme de développement d'applications mobiles proposée par Google. Nous avons utilisé les services suivants de Firebase :

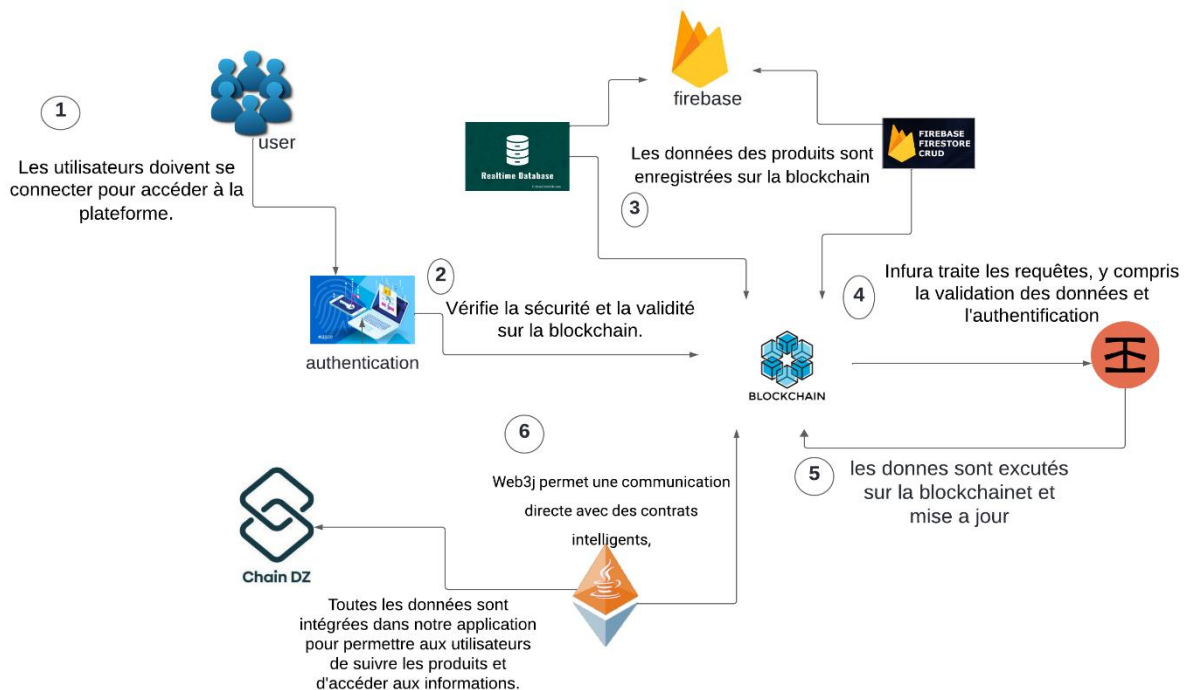


Figure III.19 Structure de système "chain dz"

**Storage** : Firebase Storage est conçu pour stocker et servir des fichiers utilisateur, tels que des images et des vidéos, etc. cela permet aux utilisateurs la possibilité de télécharger et de partager des fichiers dans l'application.

**Authentication** : Firebase Authentication fournit des services backend, des SDK faciles à utiliser et des bibliothèques d'interface utilisateur prêtes à l'emploi pour authentifier les utilisateurs sur notre application. Prend en charge l'authentification à l'aide de mots de passe, de numéros de téléphone et de fournisseurs d'identité fédérés courants tels que Google, Facebook et Twitter, etc.

En utilisant Java avec Firebase, nous avons pu développer notre application mobile. Firebase fournit une plate-forme sécurisée et évolutive pour gérer de manière fiable nos données et opérations.

## VII. système « chain dz » :

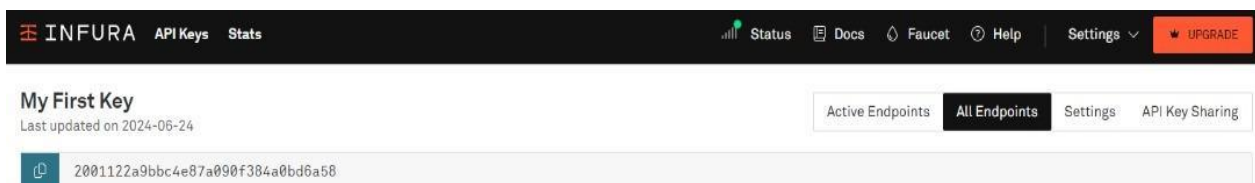
« Chain DZ » est un système innovant de gestion des produits basé sur la technologie blockchain. Ce système vise à améliorer la traçabilité, la sécurité, et la transparence dans la gestion des produits, en particulier dans les chaînes d'approvisionnement. En intégrant des contrats intelligents développés avec Solidity, nous assurons l'automatisation et la fiabilité des transactions et des enregistrements des données. Nous allons présenter quelques morceaux de code source. Ces exemples montreront comment nous avons utilisé Solidity pour développer les contrats intelligents, ainsi que d'autres outils pour créer notre application.

### ❖ Création d'un Projet Infura et Obtention de la Clé API :

Pour notre application « Chain DZ », nous avons utilisé Infura pour faciliter la connexion à la blockchain Ethereum. La figure montre :

- **Nom du Projet** : "My First Key"
- **Dernière Mise à Jour** : 24 juin 2024
- **Clé API** : Une clé API unique générée pour ce projet, affichée sous forme d'une chaîne de caractères. Cette clé API est nécessaire pour que notre application puisse interagir avec les services d'Infura.

En utilisant cette clé API, « Chain DZ » peut accéder à la blockchain Ethereum de manière sécurisée, permettant la création et l'interaction avec des contrats intelligents via les endpoints actifs fournis par Infura.



**Figure III.20 création infura et obtention de la clé api**

### ❖ Implémentation des Bibliothèques Nécessaires comme web3j :

Pour notre application « Chain DZ », nous avons utilisé plusieurs bibliothèques Java pour faciliter l'interaction avec la blockchain Ethereum. La figure montre quelque fichier de configuration du projet :

- **org.web3j:core:4.8.7** : Cette bibliothèque est le cœur de web3j, utilisée pour interagir avec les contrats intelligents et la blockchain Ethereum.
- **org.web3j:android:4.8.7-android** : Une version spécifique de web3j adaptée pour les applications Android, assurant la compatibilité et les optimisations nécessaires pour les applications mobiles.
- **org.web3j:infura:4.8.7** : Cette bibliothèque est utilisée pour faciliter la connexion à Infura, un service qui permet d'accéder à la blockchain Ethereum sans avoir besoin de gérer un nœud complet.

```
implementation ("org.web3j:core:4.8.7")
implementation ("org.web3j:android:4.8.7-android")
implementation ("org.web3j:infura:4.8.7 ")
```

*Figure III.21 implémentations des bibliothèques nécessaires comme webj3*

### ❖ Créer et Déployer le Contrat Intelligent :

Pour notre application « Chain DZ », nous avons créé un contrat intelligent appelé ProductTracking. Ce contrat permet de gérer les produits et les lots de produits, ainsi que de suivre leur stock de manière transparente et sécurisée.

Voici un exemple de la façon dont les fonctions et les structures sont définies en Solidity :

```
// SPDX-License-Identifier: MIT
pragma solidity ^0.8.0;

contract ProductTracking {
    struct Product {
        string name;
        string companyName;
        uint256 price;
        string imgLink;
    }

    struct Stock {
        address stockManager;
        bool out;
        uint256 outTimeStamp;
    }

    struct ProductLot {
        string productBarcode;
        string productLot;
        address productId;
        Stock[] stockList;
    }
}

mapping (address => Product) public products;
mapping (address => mapping(string => ProductLot)) public productLots;

event ProductAdded(address indexed productId, string name, string companyName, uint256 price, string imgLink);
event ProductLotAdded(address indexed productId, string productBarcode, string productLot);
event StockUpdated(address indexed productId, string productLot, address stockManager, bool out, uint256 outTimeStamp);

function addProduct(address _productId, string memory _name, string memory _companyName, uint256 _price, string memory _imgLink) public {
    products[_productId] = Product(_name, _companyName, _price, _imgLink);
    emit ProductAdded(_productId, _name, _companyName, _price, _imgLink);
}

function addProductLot(address _productId, string memory _productBarcode, string memory _productLot) public {
    require(products[_productId].productId != address(0), "Product does not exist.");
    ProductLot storage productLot = productLots[_productId][_productLot];
    require(productLot.productId == address(0), "Product lot already exists.");
    productLot.productBarcode = _productBarcode;
    productLot.productLot = _productLot;
}
```

**Figure III.22** Créer et déployer le contrat intelligent

```
contract ProductTracking {
    event ProductLotAdded(address indexed productId, string productBarcode, string productLot);
    event StockUpdated(address indexed productId, string productLot, address stockManager, bool out, uint256 outTimeStamp);

    function addProduct(address _productId, string memory _name, string memory _companyName, uint256 _price, string memory _imgLink) public {
        products[_productId] = Product(_name, _companyName, _price, _imgLink);
        emit ProductAdded(_productId, _name, _companyName, _price, _imgLink);
    }

    function addProductLot(address _productId, string memory _productBarcode, string memory _productLot) public {
        require(products[_productId].productId != address(0), "Product does not exist.");
        ProductLot storage productLot = productLots[_productId][_productLot];
        require(productLot.productId == address(0), "Product lot already exists.");
        productLot.productBarcode = _productBarcode;
        productLot.productLot = _productLot;
        emit ProductLotAdded(_productId, _productBarcode, _productLot);
    }

    function updateStock(address _productId, string memory _productLot, address _stockManager, bool _out, uint256 _outTimeStamp) public {
        require(products[_productId].productId != address(0), "Product does not exist.");
        ProductLot storage productLot = productLots[_productId][_productLot];
        require(productLot.productId != address(0), "Product lot does not exist.");
        productLot.stockList.push(Stock(_stockManager, _out, _outTimeStamp));
        emit StockUpdated(_productId, _productLot, _stockManager, _out, _outTimeStamp);
    }

    function getProductById(address _productId) public view returns (string memory, string memory, uint256, string memory) {
        Product memory product = products[_productId];
        return (product.name, product.companyName, product.price, product.imgLink);
    }

    function getProductLot(address _productId, string memory _productLot) public view returns (string memory, string memory, address, Stock[] memory) {
        ProductLot memory productLot = productLots[_productId][_productLot];
        return (productLot.productBarcode, productLot.productLot, productLot.productId, productLot.stockList);
    }
}
```

**Figure III. 23** Créer et déployer le contrat intelligent 2

❖ **Interagir avec les contrats intelligents en Java via le Web 3:**

Cette figure montre un extrait de code Java qui interagit avec un contrat intelligent via la bibliothèque Web3j. Web3j est une bibliothèque Java qui fournit une API pour se connecter à la blockchain Ethereum et interagir avec des **Figure**

```
web3j = Web3j.build(new HttpService(infuraUrl));

// Initialize Gas Provider
contractGasProvider = new StaticGasProvider(BigInteger.valueOf(20000000000L), BigInteger

// Load credentials
try {
    credentials = WalletUtils.loadCredentials("KQijs1la6#1s", "C:\\Users\\imodz\\AppDat
    smartContract = YourSmartContract.load(contractAddress, web3j, credentials, contrac
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
    Log.e("StockOutActivity", "Failed to load credentials: " + e.getMessage());
}
```

*Figure III. 22 initialisations les contract intelligents via le web3*

❖ **Exemple d'interaction :**

Cette figure montre quelques interactions avec un contrat intelligent en utilisant la bibliothèque Web3j.

```
private void addProductLotToBlockchain(String productId, String productLot) {
    try {
        TransactionReceipt transactionReceipt = smartContract.addProductLot(productId, productLot).send();
        if (transactionReceipt.isStatusOK()) {
            loadingDialog.dismiss();
            finish();
        } else {
            loadingDialog.dismiss();
            Log.e("StockInActivity", "Transaction failed");
        }
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
        loadingDialog.dismiss();
        Log.e("StockInActivity", "Failed to add product lot: " + e.getMessage());
    }
}
```

**Figure III.23 Exemple d'interaction 1**

```
private void markProductLotAsOut(String productLotId, Stock stock) {  
    // Update stock status on blockchain  
    try {  
        TransactionReceipt transactionReceipt = smartContract.updateProductLot(productLotId, stock).send();  
        if (transactionReceipt.isStatusOK()) {  
            loadingDialog.dismiss();  
            finish();  
        } else {  
            loadingDialog.dismiss();  
            Log.e("StockOutActivity", "Transaction failed");  
        }  
    } catch (Exception e) {  
        e.printStackTrace();  
        loadingDialog.dismiss();  
        Log.e("StockOutActivity", "Failed to update product lot: " + e.getMessage());  
    }  
}
```

*Figure III.24 Exemple d'interaction2*

## VIII. Présentations du système :

### VIII.1. L'interface de l'application :

L'application mobiles offert les fonctionnalités suivantes aux utilisateurs :

#### 1. Pour le consommateur :

- il peut s'authentifier comme il peut s'inscrire.
- une fois connecte, le consommateur sera redirige vers l'écran d'accueil, qui présente une liste des produits avec leur informations.
- il peut rechercher d'un produit par scanner le code-QR puis il entre le numéro de lot de produit ou il peut le rechercher par la barre de recherche.
- le consommateur a également la possibilité de créer des réclamations sur le produit.
- Il peut visualiser leur profile et il peut le modifier.
- le consommateur a également la possibilité de créer des réclamations sur le produit.

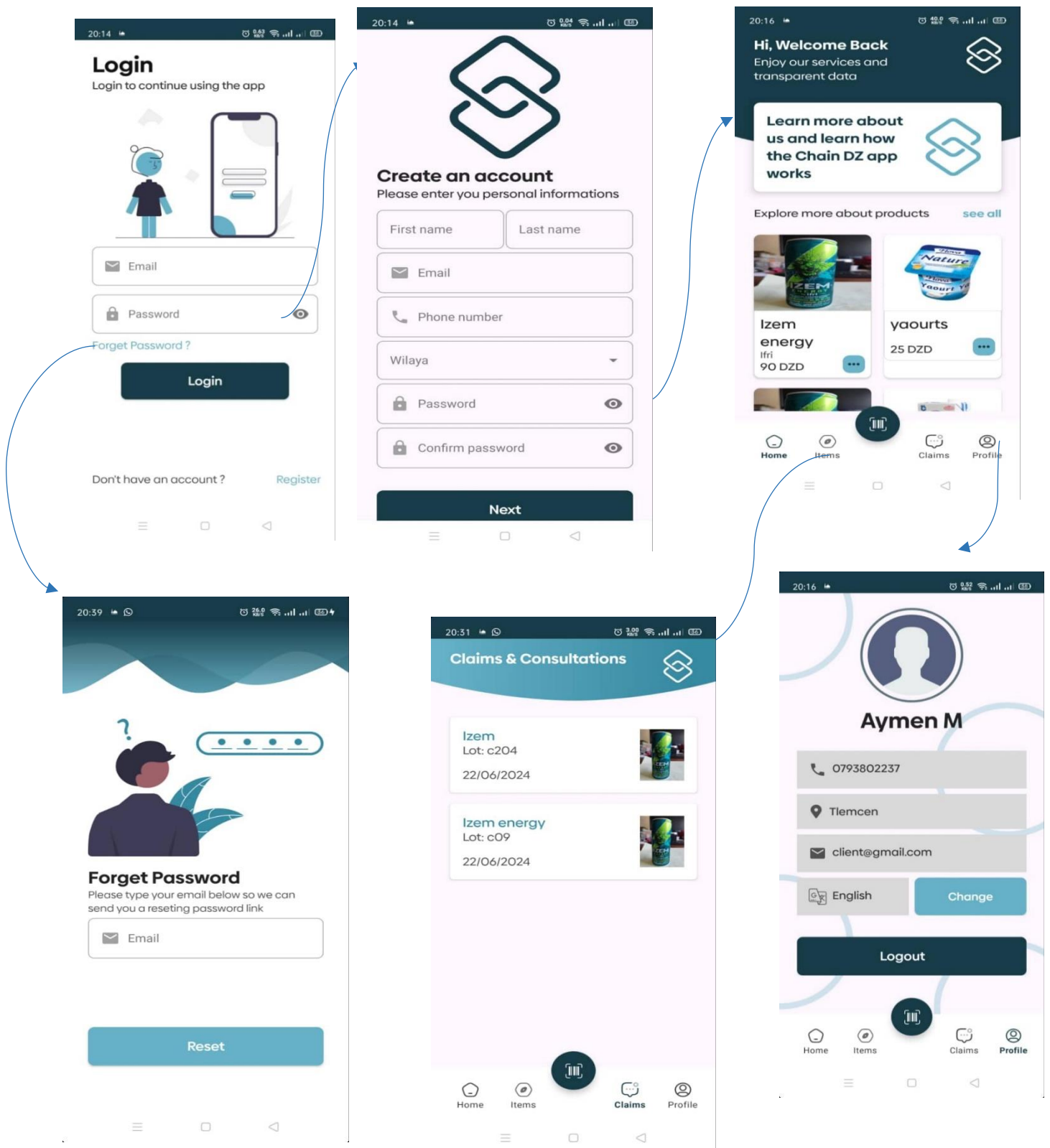


Figure III.25 Interfaces de connexion, d'inscription et de page d'accueil

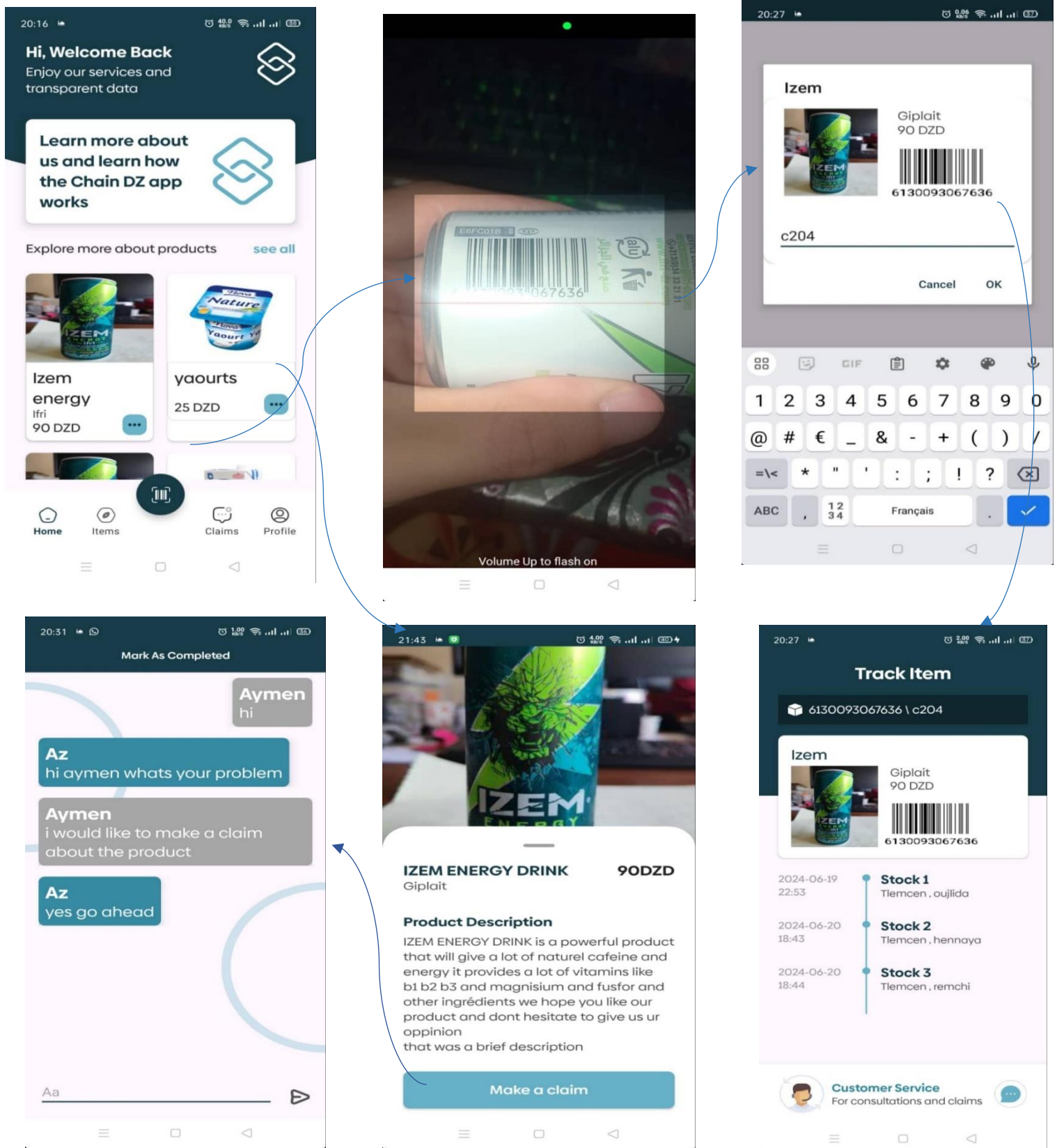


Figure III.26 l'interface de réclamations et recherche des produits

### 3. le responsable de production :

- Il peut naviguer facilement entre les différentes fonctionnalités de l'application grâce au menu principal comme la gestion des produits, l'ajout de nouveaux produits, le changement de langue, et la déconnexion.
- il peut s'authentifier en entrant son mode de passe et son email.
- Il peut ajouter un nouveau produit en cliquant sur l'option "[Add New Product](#)".
- Il a la possibilité d'ajouter une image du produit, de renseigner le nom du produit, son prix unitaire, le code-barres, et une description des ingrédients.
- Une fois toutes les informations saisies, il peut créer le produit en cliquant sur le bouton "[Create](#)".
- L'option "[Manage Products](#)" lui permet de visualiser tous les produits existants.
- Il peut rechercher des produits spécifiques à l'aide de la barre de recherche.
- Chaque produit est affiché avec son image, son nom, et son prix, et son description.
- Pour des raisons de sécurité, il peut se déconnecter de l'application après avoir terminé ses tâches en cliquant sur l'option « [logout](#) ».

L'application permet au responsable de production d'optimiser ses opérations quotidiennes pour de gestion des produits, assurant ainsi une production plus efficace et organisée.

### Chapitre III Conception et réalisation de système

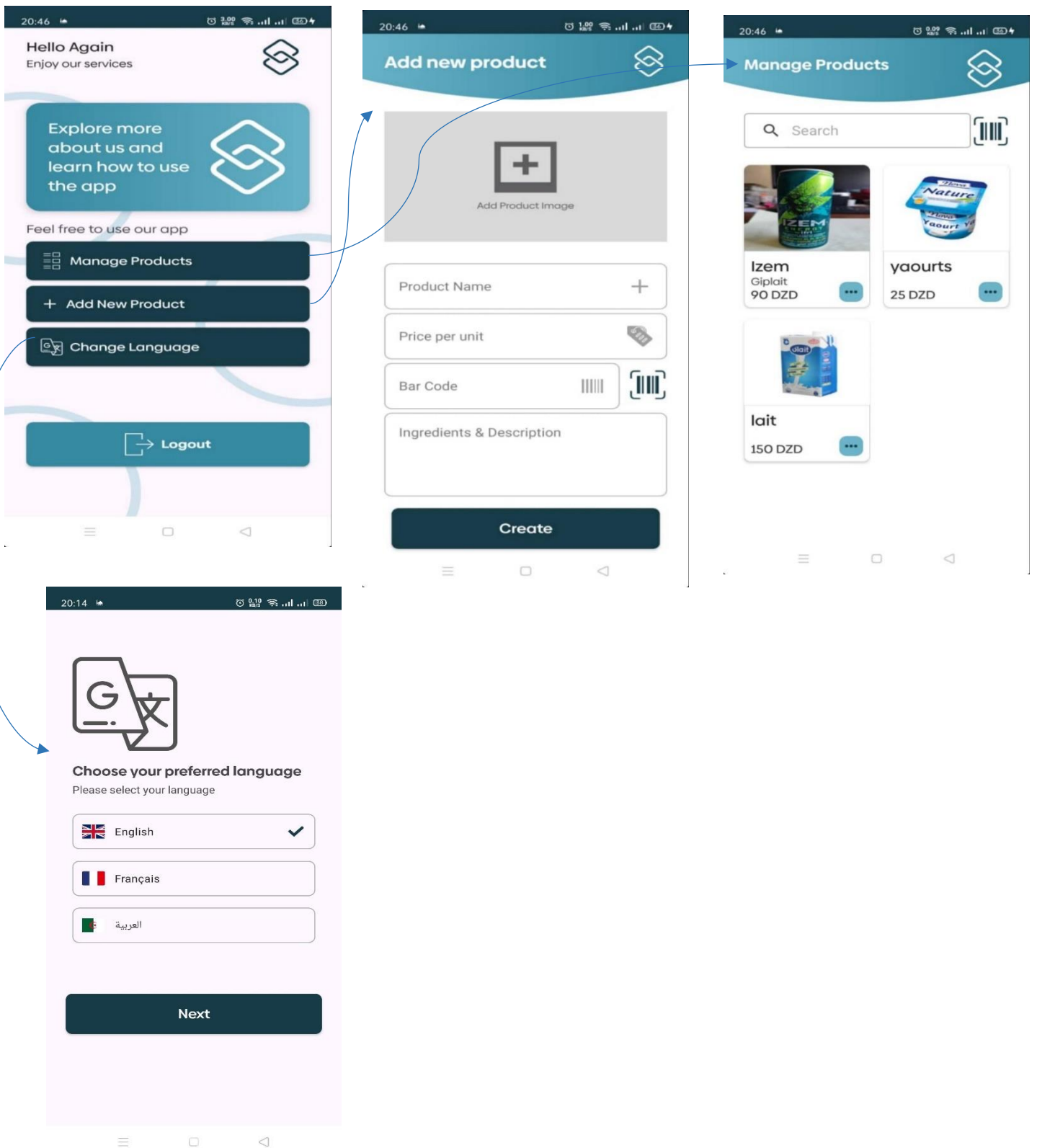


Figure III.27 l'interface d'ajouter un produit et consulter la lites des produits

### 4. Chargé logistique :

À l'ouverture de l'application, le chargé logistique est accueilli avec un écran principal proposant plusieurs options essentielles :

- Il peut naviguer facilement entre différentes fonctionnalités telles que la gestion des entrées et sorties de stock, le changement de langue, et la déconnexion.

#### **Entrée de Stock (Stock In) :**

- En sélectionnant l'option "Stock In", il peut enregistrer de nouveaux produits entrant dans l'entrepôt.
- L'application permet de scanner les codes-barres des produits pour une entrée rapide et précise des informations telles que le lot de produit.

#### **Sortie de Stock (Stock Out) :**

- L'option "Stock Out" permet de gérer les produits sortant de l'entrepôt.
  - De même, les produits peuvent être scannés pour assurer une mise à jour précise des stocks.
  - Après le scan, les détails du produit s'affichent, et le chargé logistique peut ajouter des informations supplémentaires et en appuyant sur "OK"
- 
- Le chargé logistique a la possibilité de choisir une langue préférée,
  - il peut se déconnecter de l'application après avoir terminé ses tâches en appuyant sur « logout».

## Chapitre III Conception et réalisation de système

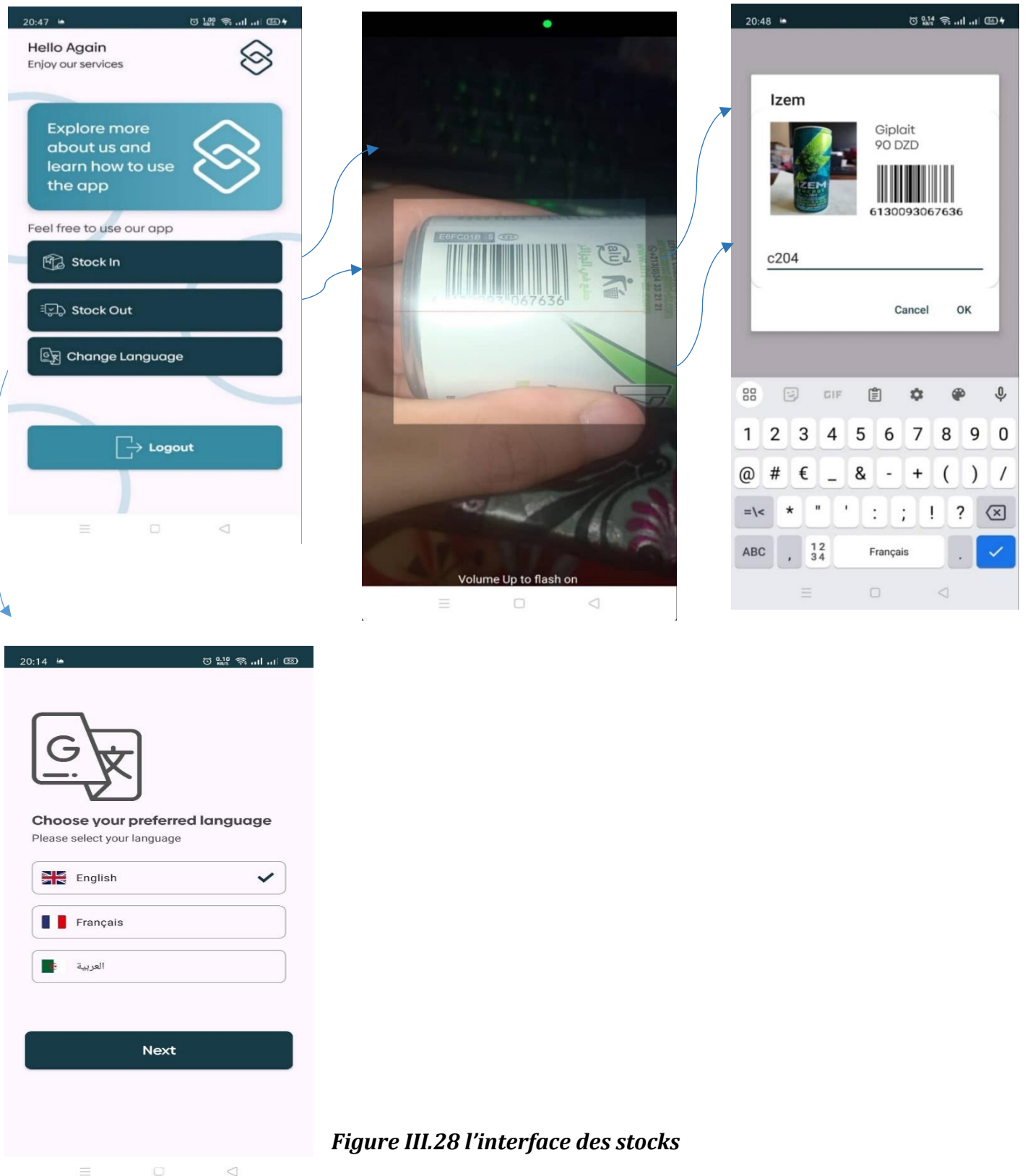


Figure III.28 l'interface des stocks

### 5. administrateur :

L'administrateur est responsable de la gestion globale du système, assurant le bon fonctionnement et la coordination des différentes activités. En utilisant cette application, il peut effectuer les tâches suivantes :

- L'administrateur peut se connecter à l'application en utilisant son adresse e-mail et son mot de passe en appuyant sur « **login** ».
  - Une fois connecté, l'administrateur accède à sa page d'accueil où il peut gérer l'ensemble des fonctionnalités de l'application.
- Permet de créer des comptes pour les producteurs, incluant les détails nécessaires, en appuyant sur « **add production account** ».
- Ajouter un Compte de Stock en appuyant sur « **add stock account** ».
- Ajouter un Compte de Réclamation en appuyant sur « **add claim account** ».
- Il a accès à une liste de produits.
- L'administrateur peut rechercher des produits spécifiques en utilisant la barre de recherche.
- Chaque produit est affiché avec son image, son nom, et son prix et son description.
- Il peut sélectionner de la Langue Préférée (anglais, français, arabe).
- l'administrateur peut se déconnecter après avoir terminé ses tâches en appuyant sur « **logout** ».



Figure III.29 Interfaces Administrateur de l'Application « Chain DZ »

### **IX. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons défini avec précision les exigences fonctionnelles et non fonctionnelles de notre système. En utilisant une approche méthodique, nous avons identifié les outils de conception et pour la réalisation appropriés pour élaborer notre solution, qui vise à améliorer la visibilité de la chaîne d'approvisionnement grâce à la blockchain. À travers l'utilisation de diagrammes UML et leurs scénarios associés (nominaux, alternatifs, exceptionnels), nous avons développé une conception détaillée pour la réalisation de notre système. Nous avons aussi présenté l'architecture et la structure de notre système. Enfin nous avons présenté les différentes interfaces de l'application. L'application mobile offre une interface utile et simple pour les utilisateurs finaux.

***Chapitre IV :***

***Business model Canvas***  
***(BMC)***

### IV.1 Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons parler du Business Model Canvas (BMC) et de son rôle essentiel dans notre projet. Le BMC est un outil stratégique que nous utilisons pour décrire, concevoir, évaluer et adapter des modèles économiques. Il se présente sous la forme d'un tableau divisé de neuf blocs représentant chacun un aspect clé de notre entreprise, tels que : notre proposition de valeur, nos segments de clientèle, les canaux de distributions, nos relations avec les clients, les ressources clés, les activités clés, nos partenaires et enfin les coûts et le revenu. Cette étude nous permettra de mettre en place des stratégies performantes pour renforcer notre position sur le marché et assurer la durabilité à long terme de notre entreprise.

### IV.2 Les piliers du Business Model Canvas :

#### IV.2.1 Proposition de valeur :

**Application mobile :** est un logiciel conçu pour être utilisé sur un smartphone ou une tablette, dans le contexte de l'optimisation de la transparence de la chaîne d'approvisionnement via la blockchain. Cette application permet aux utilisateurs d'accéder à des informations importantes sur les produits en temps réel, telles que leur localisation, leur statut et leur historique de stockage. Avec une interface simple et facile à utiliser, l'application mobile facilitera la gestion et le suivi des produits tout au long de leur parcours dans la chaîne d'approvisionnement, contribuant ainsi à améliorer la transparence et la traçabilité des produits.

**Suivre le circuit de stockage :** Connaître le circuit de stockage implique d'avoir une vision claire et précise de toutes les étapes par lesquelles les produits passent depuis leur production jusqu'à leur arrivée chez le consommateur final. Il permet de connaître les entrepôts, les centres de distribution, et tous les autres processus impliqués dans la gestion et la distribution des produits.

**Connaitre l'historique de stockage :** les utilisateurs peuvent voir toutes les étapes par lesquelles un produit est passé depuis sa production jusqu'à sa livraison. Grace à notre application, chaque mouvement et chaque condition de stockage du produit sont enregistrés et accessibles en temps réel. Cela permet de suivre l'historique de stockage, de la production à l'entrepôt. Assurant une traçabilité complète.

**Facilité d'utilisation :** fournir une interface simple et facile, cela permet aux utilisateurs de naviguer facilement dans l'application. Cela englobe la possibilité de trouver facilement des produits, de gérer les réclamations et de suivre les produits tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

**Garantir l'authenticité des informations :** toutes les informations enregistrées et partagées via notre application sont exactes et fiables. Grace à la technologie blockchain chaque donnée concernant les produits, leur localisation, leur statut et leur historique est vérifiée et validée. Les utilisateurs peuvent être sûrs que les informations qu'ils consultent sont authentiques.

**Protection contre la falsification des données :** les informations stockées dans notre application ne peuvent pas être modifiées ou falsifiées sans que cela ne soit détecté. La blockchain utilise des méthodes de cryptage avancées pour protéger les données et offre une visibilité instantanée de toute tentative de manipulation. Cela garantit que les données restent intactes et sécurisées.

### IV.2.2 Segments de clientèle:

**Entreprises industrielles :** Les entreprises industrielles utilisent notre solution pour améliorer la transparence et la traçabilité de leur chaîne d'approvisionnement en utilisant la technologie blockchain. La gestion efficace de leurs produits tout au long du processus de production, de stockage et de distribution est le principal intérêt de ces entreprises, qui recherchent des solutions innovantes pour renforcer la confiance des consommateurs et optimiser leurs opérations.

### IV.2.3 Relation client :

**Les emails :** Les entreprises les utilisent pour dire des choses importantes aux clients, comme quand un produit est prêt ou pour répondre à leurs questions. C'est un moyen rapide de communiquer avec les clients.

**Communication direct :** C'est quand les entreprises parlent directement avec leurs clients. Elles peuvent discuter en temps réel, répondre aux questions des clients. Cela aide à construire de bonnes relations avec les clients, à régler rapidement les problèmes et à apprendre comment améliorer nos services.

**Rubrique contact sur le site :** C'est comme une boîte à messages sur notre site où les clients peuvent nous écrire. Ils peuvent poser des questions, se plaindre ou donner des idées directement. C'est pratique si les clients ont besoin d'aide ou s'ils veulent nous dire quelque chose sur nos produits ou services. Ça aide à rendre notre façon de travailler plus claire et à faire confiance aux clients.

**Service client :** Le service client représente une équipe particulière dans notre application, offrant une assistance aux entreprises et aux clients. Ils sont présents pour répondre aux questions, aider en cas de problème et offrir une assistance sur mesure.

### IV.2.4 Canaux de distribution :

**Evènements :** Participer à des événements tels que des salons et des conférences pour présenter notre application aux entreprises et d'expliquer son fonctionnement.

**Client ambassadeur :** Utiliser des clients satisfaits pour parler de notre application et la recommander à d'autres entreprises.

**Réseaux sociaux :** Utiliser les réseaux sociaux pour faire connaître notre application et atteindre plus de personnes. Créer des pages et des profils sur Facebook, Instagram, Twitter, TikTok et LinkedIn pour parler avec les utilisateurs, partager des annonces, des avis et des nouvelles sur notre application

**Application mobile :** L'application mobile elle-même est le principal canal de distribution, accessible aux utilisateurs via les plateformes de téléchargement d'applications comme l'App Store (pour iOS) et Google Play Store (pour Android).

**Publicités en ligne :** Utiliser des publicités sur Internet pour faire connaître notre application. Cela inclut les annonces sur des plateformes en ligne, les vidéos publicitaires et les publications sponsorisées sur les réseaux sociaux.

### IV.2.5 Partenariats clés :

**Fournisseurs de serveurs :** Les fournisseurs de serveurs fournissent les équipements nécessaires pour héberger notre application et ses services. Ils garantissent le bon fonctionnement de notre application et son accès à tout moment.

**Fournisseurs de base de données (BDD) :** Les fournisseurs de bases de données (BDD) offrent des solutions de stockage et de gestion des données. Ils aident à stocker et structurer toutes les informations de manière sécurisée et efficace.

**Fournisseurs de maintenance :** Les fournisseurs de maintenance prennent en charge la gestion et la résolution des problèmes techniques. Ils s'assurent que notre système soit toujours à jour et fonctionne sans problèmes.

### IV.2.6 Activités clés :

**Développement :** Le développement implique la conception et la perfection de notre application. Cela englobe la programmation, la création et l'intégration de nouvelles fonctionnalités afin de satisfaire les besoins des utilisateurs.

**Mise à jour :** Il est nécessaire de mettre à jour régulièrement notre application afin d'apporter des améliorations. Cela implique la résolution de problèmes, l'intégration de nouvelles fonctionnalités et l'amélioration des performances afin d'assurer une expérience utilisateur efficace et sans problème.

### IV.2.7 Ressources clés :

**Nos compétences** :\_\_Cela fait référence aux connaissances et compétences particulières que nous avons dans différents domaines, comme la programmation, la gestion de projet, le marketing, etc. Ces compétences nous permettent de créer et de gérer notre application avec succès.

**Équipe design** : Ce sont les personnes dans notre équipe qui dessinent à quoi ressemblera notre application. Ils choisissent les couleurs, les formes et les images pour la rendre facile à utiliser. Garantit que tout est facile à voir et à comprendre pour les utilisateurs.

**Équipe de développement** : Ils sont responsables de la programmation et du développement technique du projet

### Matériels informatiques :

- **Serveur** : Un serveur est un ordinateur puissant conçu pour stocker, gérer et partager des données et des ressources avec d'autres ordinateurs, souvent via un réseau. Il peut être utilisé pour héberger des sites web, des applications, des bases de données, ou pour fournir des services comme le stockage de fichiers ou le traitement de données.
- **PC portable** : Un PC portable est un ordinateur que l'on peut facilement transporter et utiliser n'importe où
- **Modem wifi** : est une technologie qui permet la connexion sans fil entre un appareil informatique et Internet, ainsi qu'entre plusieurs appareils entre eux

### IV.2.8 Structure de coûts:

**Coûts ut marketing** : Les dépenses pour faire connaître notre entreprise, tels que les annonces en ligne, les événements pour faire connaître nos services, ainsi que les salaires des personnes chargées de la publicité.

**❖ Coûts de personnel :****1<sup>ère</sup> année :**

-Marketing sur l'application : 10.0000

1 fois chaque mois :  $10.000 \times 12 = 120.000 \text{DA}$

**2<sup>ème</sup> année :**

- Développeur : 40 000DA/ mois=> 480 000DA/an

- Marketing de l'application : 2 fois par mois : 15 000DA /mois

$15\ 000 \times 24 = 360\ 000 \text{DA/an}$

Cout annuel : 840 000DA/ an

**3<sup>ème</sup> année :**

- Développeur : 50 000DA/ mois=> 600 000DA/an

- Marketing de l'application : 2 fois par mois : 20 000DA /mois

$20\ 000 \times 24 = 480\ 000 \text{DA/an}$ .

Cout annuel : 1 080 000DA/an

**❖ Frais généraux :****- 1<sup>ère</sup> année :****Frais fixes :**

-2 pc portables : 190 000DA

-Modem wifi : 5000DA

-Bureaux : 30 000DA

- Chaises : 15 000DA

**Frais changeables :**

-Loyer : 17 000DA/mois=>

$17\ 000 \times 12 = 204\ 000 \text{DA/an}$

- Facture électricité : 24 000/an

-Facture d'Internet : 27 000DA/an

- Facture de Gaz : 12 000DA/an

**Prix total : 240 000DA**

**Prix total : 267 000DA/an**

**Cout total annuel : 627 000DA/an**

**- 2<sup>ème</sup> année :**

**Frais changeables :**

- Loyer : 20 000DA/mois => 240 000DA /an
- Facture électricité : 28 800 DA/ an
- Facture d'Internet : 29 000DA/an
- Facture de Gaz : 16 000DA/an

**Cout total des frais changeables : 313 800DA/ an**

**Cout total annuel : 313 800+ 840 000 : 1 153 800DA/an**

**-3<sup>ème</sup> année :**

**Frais changeables :**

- Loyer : 25 000DA/mois => 300 000DA /an
- Facture électricité : 30 000 DA/ an
- Facture d'Internet : 30 000DA/an
- Facture de Gaz : 18 000DA/an

**Cout total des frais changeables : 378 000DA/ an**

**Cout total annuel : 378 000+ 1 080 000: 1 458 000DA/an**

## IV.2.8 Sources de revenus :

### 1<sup>ère</sup> année :

Application cote client :

-pour chaque client qui achète des produits nous avons un pourcentage de 2% de la part de l'entreprise.

-supposons que le client demande de la part de l'entreprise de production d'Achter une quantité de produit

- Louer l'application par un contrat d'abonnement annuel :

**Nous avons un abonnement annuel 300 000DA/an**

- **Maintenance et mis à jour de l'application : 50 000DA/ an**

- Supposons que les entreprises ont demandées une publicité pour le consommateur lors de l'ajout d'un nouveau produit n'est pas connu sur le marché alors nous demandons un pourcentage pour chaque lot vendu à travers cette publicité :

- **Supposons que le pourcentage en premier an soit 5% pour chaque lot vendu et l'entreprise a vendu 1000 lots et chaque lot son prix est 900DA alors :  $900 \times 1000 = 900\ 000\text{DA}$**

**1000 lots => 900 000**

**Donc notre revenus de 5% et à partir de ces lots dernier avec une seule entreprise c'est 45 000DA/ lots.**

**Supposons que l'entreprise a vendu en 1 an 12 000 lots /an**

**Alors notre revenue par an sera 540 000DA/an**

**Revenue total annuel: 890 000 DA**

**2<sup>ème</sup> année :**

- Louer l'application par un contrat annuel : 350 000DA/an
- Maintenance et mis à jour de l'application : 100 000DA/ an
- Pour La publicité supposons que plusieurs entreprises commencent faire la pub pour leurs produits : 3 entreprises

- Entreprise 1 : 5000 lots/ an      1 lots=> 1080DA/6 produit

Notre pourcentage est 10% :

⇒ 5000 lots =5 400 000DA/an

⇒ 10% => 540 000 DA/an

- Entreprise 2 : 8000 lots/an      1 lots=> 200DA/ 6 Produit

Notre pourcentage est 10% :

⇒ 8000 lots =1 600 000DA/an

⇒ 10% => 160 000 DA/an

- Entreprise 3 : 12 000lots/an      1lots=> 300DA/6 Produit

Notre pourcentage est 10% :

⇒ 12 000 lots =3 600 000DA/an

⇒ 10% => 360 000 DA/an

Revenus total de 3 entreprises : 1 060 000DA

Revenus total annuel : 1 510 000DA/an

**3<sup>ème</sup> année :**

- Louer l'application par un contrat annuel: 400 000DA
- Maintenance et mis à jour de l'application : 150 000DA/ an

-

Cout total : 1 750 000 DA

- Supposons la pub pour leurs produits : 3 entreprises

- Entreprise 1 : 10 000 lots/ an      1 lots=> 300DA/6 produit

**Notre pourcentage est 15% :**

⇒ 10 000 lots = 3 000 000 DA/an

⇒ 15% => 450 000 DA/an

- **Entreprise 2 : 15 000 lots/an      1 lots=> 400DA/ 6 Produit**

**Notre pourcentage est 15% :**

⇒ 15 000 lots = 6 000 000 DA/an

⇒ 15% => 900 000 DA/an

- **Entreprise 3 : 20 000 lots/an      1 lots=> 300DA/6 Produit**

**Notre pourcentage est 15% :**

⇒ 20 000 lots = 6 000 000 DA/an

⇒ 15% => 900 000 DA/an

**Cout total de 3 entreprises : 2 250 000 DA**

**Revenus total annuel : 2 800 000 DA/an**

## Business Model Canevas : BMC

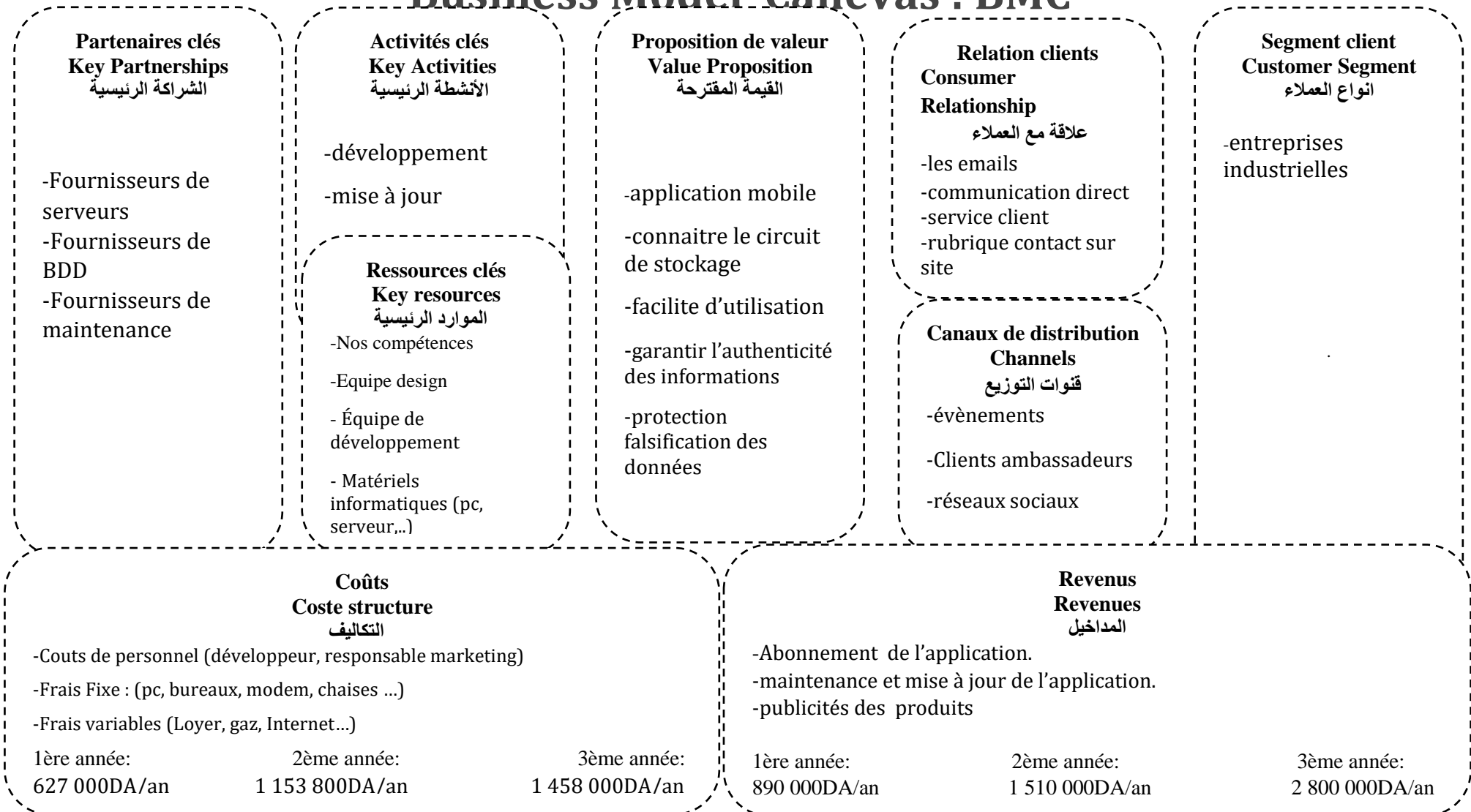


Tableau IV.1 Business model canvas de « chain dz »

**IV.3 Conclusion :**

En conclusion ce chapitre montre l'importance de cet outil (BMC) pour définir et évaluer notre modèle économique. En détaillant les différents éléments clés de notre activité, BMC aide à clarifier notre proposition de valeur, nos clients, nos canaux de distributions, notre structure de couts et permet une compréhension plus approfondie de notre logique commercial.

# ***Conclusion générale***

### **Conclusion générale :**

À la fin de ce mémoire, il deviendra clair que l'automatisation et l'intégration de la blockchain dans les chaînes d'approvisionnement représentent une avancée majeure pour les entreprises cherchant à améliorer l'efficacité opérationnelle et la transparence.

En analysant les concepts de base de la chaîne d'approvisionnement, nous avons démontré l'importance d'un suivi précis et automatisé pour garantir la qualité et la fiabilité des produits. Une étude détaillée de la technologie blockchain a révélé de nombreux avantages de la technologie blockchain pour la surveillance de la chaîne d'approvisionnement, notamment en termes de sécurité, de traçabilité et de réduction de la fraude. Les contrats intelligents ajoutent une dimension supplémentaire d'automatisation, permettant d'exécuter des transactions et des accords de manière fiable et rapide.

La conception et la création du système « chain dz » démontre comment ces technologies peuvent être spécifiquement utilisées pour développer des outils efficaces de gestion de la chaîne d'approvisionnement.

Le système intègre des fonctionnalités avancées qui répondent aux besoins spécifiques du marché et constitue une solution robuste et innovante pour les entreprises cherchant à moderniser leurs processus logistiques.

Enfin, notre mémoire souligne l'importance et les avantages de l'automatisation et de la blockchain dans les chaînes d'approvisionnement. « chain dz » représente une étape vers la transformation numérique des processus logistiques et offre un avenir prometteur.

Nous espérons que ce travail contribuera à une meilleure compréhension et à l'adoption de ces technologies dans le secteur de la chaîne d'approvisionnement, augmentant ainsi l'efficacité, la transparence et la fiabilité de ces systèmes complexes.

Les perspectives pour l'avenir de l'automatisation et de la blockchain dans les chaînes d'approvisionnement sont vastes et prometteuses. Il est essentiel de poursuivre les recherches pour améliorer l'interopérabilité des technologies blockchain et leur intégration avec les systèmes existants, permettant une adoption plus harmonieuse. L'évolution des réglementations et des normes internationales sera cruciale pour garantir que les nouvelles solutions respectent les exigences légales et éthiques. L'adoption de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique en conjonction avec la blockchain peut encore améliorer l'efficacité des chaînes d'approvisionnement par des analyses prédictives optimisées. Enfin, la sensibilisation et la formation des acteurs de la chaîne d'approvisionnement sont essentielles pour maximiser les bénéfices potentiels et assurer une transition fluide vers ces technologies innovantes.

## Bibliographie

- [29] Ayadi.Oussama, 2019, CHAPITRE III : État de l'art de la Blockchain
- [8] M. Beaulieu et J. Roy, « OPTIMISATION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE ET PRODUCTIVITÉ DES ENTREPRISES »
- [41] M. N. Boustia et M. S. Hadjar, « Implémentation d'un Smart contract sous la plateforme Ethereum : vote électronique ».
- [21] V. Blanc *et al.*, « Les origines et les fondements de la blockchain », *Cahiers ESPI2R. Publications du laboratoire ESPI2R - École supérieure des professions immobilières*, n° 8, oct. 2021, Consulté le: 26 juin 2024. Disponible sur: <https://www.cahiers-espi2r.fr/1040>

## Webographie

- [1] « Gestion de la logistique | Transparent & Adapté | DEUFOL ».Disponible sur: <https://www.deufol.com/fr/gestion-logistique/> (Consulté le: 20 juin 2024.)
- [2] « Chaîne d'approvisionnement: un élément essentiel pour gagner en efficacité - SupplyChainInfo ».Disponible sur: <https://www.supplychaininfo.eu/chaîne-dapprovisionnement/> (Consulté le: 20 juin 2024.)
- [3] « La Traçabilité dans l'Industrie Textile : Définitions, Objectifs, Technologies et Perspectives Futures ». Disponible sur: <https://fr.linkedin.com/pulse/la-tra%C3%A7abilit%C3%A9-dans-lindustrie-textile-d%C3%A9finitions-et-karim-ksontini-9hxf> (Consulté le: 20 juin 2024)
- [4] N. Ray, « Guide sur la traçabilité des produits dans les chaînes de distribution », Scantrust. Disponible sur: <https://www.scantrust.fr/guide-sur-la-tracabilite-des-produits-dans-les-chaines-de-distribution/> (Consulté le: 20 mai 2024)
- [5] Mecalux, « Traçabilité des produits : Définition et mise en œuvre ? » Disponible sur: <https://www.mecalux.fr/blog/tracabilite-des-produits> (Consulté le: 20 mai 2024)
- [6] J. L. Bourhis, « Les étapes de la chaîne d'approvisionnement · TRADE.EASY », TRADE.EASY. Disponible sur: <https://www.trade-easy.fr/les-etapes-de-la-chaine-dapprovisionnement/> (Consulté le: 20 juin 2024.)
- [7] Mecalux, « Automatisation de la chaîne d'approvisionnement: présent et avenir »..Disponible sur: <https://www.mecalux.fr/blog/automatisation-de-la-chaine-approvisionnement> (Consulté le: 20 juin 2024)

[9] « Présentation du système de gestion des entrepôts (WMS) ». Disponible sur: <https://www.oracle.com/dz/scm/logistics/warehouse-management/what-is-warehouse-management/> (Consulté le: 26 juin 2024.)

[10] « Qu'est-ce que la visibilité de la chaîne d'approvisionnement : réponses à toutes vos questions | Cinq ». Disponible sur: <https://www.tive.com/french/blog/what-is-supply-chain-visibility-all-your-questions-answered> (Consulté le: 20 juin 2024)

[11] F. H. USA, « Les avantages du cloud dans la gestion de la logistique », Fulfillment Hub USA. Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://fulfillmenthubusa.com/les-avantages-du-cloud-dans-la-gestion-de-la-logistique/>

[12] « Blockchain ». Disponible sur: <https://www.cnil.fr/fr/definition/blockchain> (Consulté le: 20 mars 2024)

[13] « Comprendre La Blockchain Et La Décentralisation », FasterCapital.. Disponible sur: <https://fastercapital.com/keyword/comprendre-la-blockchain-et-la-décentralisation.html> (Consulté le: 20 mars 2024)

[14] « Qu'est-ce que Blockchain ? » Disponible sur: <https://www.oracle.com/ca-fr/blockchain/what-is-blockchain/> (Consulté le: 20 mai 2024.)

[15] «Blockchain». Disponible sur <https://www.cnil.fr/fr/definition/blockchain> (Consulté le 21 juin 2024).

[16] S. March et A. B, « Preuve de travail (Proof of work) », Stradoji. Disponible sur: <https://www.stradoji.com/preuve-de-travail-proof-of-work/> (Consulté le: 10 mai 2024.)

[17] « Qu'est-ce que la preuve de travail (Proof of Work ou PoW) ? », Coin Academy. Consulté le: 26 juin 2024. [En ligne]. Disponible sur: <https://coinacademy.fr/academie/guide-proof-of-work/>

[18] L. Lars, « Qu'est-ce qu'un bloc dans la technologie blockchain ? », Cryptoast. Disponible sur: <https://cryptoast.fr/bloc-blockchain-crypto-explication/> (Consulté le: 12 mai 2024)

[19] M. Valente, « Proof-of-Stake (PoS) : découvrez la preuve d'enjeu », Coinhouse.. Disponible sur: <https://www.coinhouse.com/fr/academie/blockchain/proof-of-stake/> (Consulté le: 1 juin 2024)

[20] « Bitcoin », Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Bitcoin&oldid=216144063> Consulté le: 26 juin 2024.

[22] « L'histoire de la création de Bitcoin et son fonctionnement. », Binance Square. Disponible sur: <https://www.binance.com/fr/square/post/416032> (Consulté le: 20 mai 2024)

[23] B. George, « Le bloc Genesis: le premier bloc Bitcoin ». Disponible sur: <https://www.coindesk.com/fr/learn/the-genesis-block/> (Consulté le: 28 mars 2024.)

[24] « Comprendre La Blockchain Et La Décentralisation », FasterCapital. Disponible sur: <https://fastercapital.com/keyword/comprendre-la-blockchain-et-la-décentralisation.html> (Consulté le: 26 mars 2024)

[25] C. Petitgand, « La blockchain appliquée aux données de santé », Data Lama. Disponible sur: <https://datalama.ca/la-blockchain-appliquee-aux-donnees-de-sante/> (Consulté le: 29 mars 2024.)

[26] « 6 exemples d'application de la blockchain - Blog Axiocap ». Disponible sur: <https://www.axiocap.com/blog/6-exemples-application-blockchain> (Consulté le: 20 mai 2024.)

[27] « Avantages et inconvénients de la Blockchain », Binance Academy. Disponible sur: <https://academy.binance.com/fr/articles/positives-and-negatives-of-blockchain> (Consulté le: 1 juin 2024.)

[28] « Protéger l'art à l'ère numérique: la blockchain pour la protection des droits d'auteur ». Disponible sur: <https://www.tomorrow.bio/fr/poste/la-sauvegarde-de-l%27art-%C3%A0-l%27%C3%A8re-num%C3%A9rique-la-blockchain-pour-la-protection-des-droits-d%27auteur-2023-06-4732239169-blockchain> (Consulté le: 12 mai 2024.)

[30] « Le rôle de la blockchain dans la logistique et la gestion de la chaîne d'approvisionnement ». Disponible sur: <https://cryptomus.com/fr/blog/blockchain-in-supply-chain-management-case-study> (Consulté le: 15 mars 2024.)

[31] « Comment fonctionne la blockchain? », Bpifrance Le Hub. Disponible sur: <https://lehub.bpifrance.fr/comment-fonctionne-blockchain/> (Consulté le: 20 mars 2024.)

[32] « Qu'est-ce Que La Blockchain Et Comment Fonctionne-t-elle? » Disponible sur: <https://metlabs.io/fr/quest-ce-que-la-blockchain-et-comment-fonctionne-t-elle/> (Consulté le: 20 mai 2024)

[33] « définition de walmart ». Disponible sur: <https://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/walmart.html> (Consulté le: 20 juin 2024)

[34] « IBM Supply Chain Intelligence Suite - Food Trust ». Disponible sur: <https://www.ibm.com/products/supply-chain-intelligence-suite/food-trust> (Consulté le: 20 juin 2024.)

[35] « Nestlé », *Wikipédia*. 4 mai 2024. Disponible sur: <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Nestl%C3%A9&oldid=214822934> (Consulté le: 20 juin 2024)

[36] « définition Alibaba ». Disponible sur: <https://www.glossaire-international.com/pages/tous-les-termes/alibaba.html> (Consulté le: 20 juin 2024.)

[37] « Smart contract : définition et fonctionnement ». Disponible sur: <https://www.captaincontrat.com/contrats-commerciaux-cgv/contrats-commerciaux/smart-contract-definition-et-fonctionnement-me-beaubourg-avocats> (Consulté le: 1 juin 2024.)

[38] « 5. Les révolutions ICO, STO, DAO, DeFi et NFT », Coin Academy. Disponible sur: <https://coinacademy.fr/cours/les-revolutions-ico-sto-dao-defi-et-nft/> (Consulté le: 26 juin 2024.)

[39] « Smart contract : définition simple et fonctionnement ». Disponible sur: <https://www.journaldunet.fr/patrimoine/guide-des-finances-personnelles/1208979-smart-contract-definition/> (Consulté le: 12 juin 2024)

[40] « Définition Contrat intelligent / Smart contract », Journal du Coin. Disponible sur: <https://journalducoin.com/lexique/smart-contract/> (Consulté le: 15 juin 2024)

[42] « Les applications prometteuses des smart contracts », Blockchain France.. Disponible sur: <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/applications-smart-contracts/> (Consulté le: 20 mai 2024)

[43] « Qu'est-ce qu'un Smart Contract? Guide complet 2023 », Cryptonews France. Disponible sur: <https://fr.cryptonews.com/guides/smart-contract.htm> (Consulté le: 12 mai 2024)

[44] « Modelio », Disponible sur: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Modelio&oldid=1210768569> (Consulté le: 11 juin 2024).

[45] « Lucidchart ▷ Avis clients, aperçu des fonctionnalités | Appvizer », appvizer.fr. Disponible sur: <https://www.appvizer.fr/operations/business-process/lucidchart> (Consulté le: 11 juin 2024).

[46] « Canva : un outil de conception graphique en ligne et facile à utiliser », BDM | Tools. Disponible sur: <https://www.blogdumoderateur.com/tools/canva/> (Consulté le: 21 juin 2024).

[47] « Visual Studio : IDE et Éditeur de Code pour les Développeurs de Logiciels et les Équipes », Visual Studio. <https://visualstudio.microsoft.com/fr/> (Consulté le 21 juin 2024).

[48] « Android Studio », Disponible sur: [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Android\\_Studio&oldid=215935671](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Android_Studio&oldid=215935671) (Consulté le: 24 juin 2024.)

[49] « Java : définition ». <https://www.journaldunet.fr/web-tech/dictionnaire-du-webmastering/1203555-java-definition/> (Consulté le: 21 juin 2024 ).

[50] « Solidity », *Wikipédia*. 22 novembre 2023. : <https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Solidity&oldid=209901061> (Consulté le: 21 juin 2024 ).

[51] « Firebase Documentation »..<https://firebase.google.com/docs?hl=fr> (Consulté le: 21 juin 2024).

[52] « Firestore | Firebase ». <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=fr> (Consulté le: 21 juin 2024).

[53] « ZXing Test », Softonic. Disponible sur: <https://zxing-test.fr.softonic.com/android> (Consulté le: 21 juin 2024).

[54] « Web3j ».Disponible sur: <https://docs.web3j.io/4.11.0/> (Consulté le: 21 juin 2024).

[55] L. com Mbiya Jean Claude, « Android : Comment implémenter la librairie Google Volley avec code sources », Letecode. Disponible sur: <https://letecode.com/android-comment-implementer-la-librairie-google-volley-avec-code-sources> (Consulté le: 21 juin 2024).

[56] « Infura | LinkedIn »..<https://www.linkedin.com/company/infuraio> (Consulté le: 21 juin 2024).

[57] « Figma : un outil de prototypage et de design collaboratif », BDM | Tools. Disponible sur: <https://www.blogdumoderateur.com/tools/figma/> (Consulté le: 21 juin 2024).

[58] « Paymium - Blog - Tout comprendre sur la blockchain »..Disponible sur: <https://www.paymium.com/blog/tout-comprendre-sur-la-blockchain>(Consulté le: 10 mai 2024)

## Résumé :

Dans un contexte caractérisé par la nécessité de moderniser les chaînes d'approvisionnement et d'assurer la sécurité, notre mémoire souligne l'importance du système « Chain-DZ » que nous avons développé. Ce système utilise la technologie blockchain pour permettre un suivi automatique et transparent des produits depuis la production jusqu'à la distribution finale. Avec des fonctionnalités telles que la traçabilité en temps réel, la gestion des stocks et l'automatisation des contrats intelligents, « chain dz » vise à améliorer l'efficacité, la transparence et la sécurité des processus logistiques et à répondre de manière moderne aux besoins spécifiques des entreprises.

**Mots clés :** Chaîne d'approvisionnement, Blockchain, Traçabilité, Smart contracts, Transparence, Technologie, Automatisation, Firebase, solidity

## Abstract :

In a context characterized by the need to modernize supply chains and ensure security, our brief highlights the importance of the "Chain-DZ" system that we have developed. This system uses blockchain technology to enable automatic and transparent tracking of products from production to final distribution. With features such as real-time traceability, inventory management and smart contract automation. "chain dz" aims to improve the efficiency, transparency and security of logistics processes and meet the needs in a modern way specific to companies.

**Keywords:** Supply chain, Blockchain, Traceability, Smart contracts, Transparency, Technology, Automation, Firebase, solidity.

## ملخص:

"Chain-DZ" تحديث سلاسل التوريد وضمان الأمن، يسلط موجزنا الضوء على أهمية نظام لتمكين التتبع التلقائي والشفاف للمنتجات من blockchain الذي قمنا بتطويره. يستخدم هذا النظام تقنية الإنتاج إلى التوزيع النهائي. ومن خلال ميزات مثل التتبع في الوقت الفعلي وإدارة المخزون وأتمته إلى تحسين كفاءة وشفافية وأمن العمليات اللوجستية وتلبية "chain dz" العقود الذكية، تهدف الاحتياجات بطريقة حديثة خاصة بالشركات.

## الكلمات المفتاحية:

firebase, blockchain, سلسلة التوريد، التتبع، العقود الذكية، الشفافية، التكنولوجيا، الأتمتة، الصلابة.