



CHAIRE FINTECH

AMF-Finance Montréal

ESG UQAM

CAHIER DE RECHERCHE DE LA CHAIRE FINTECH AMF – FINANCE MONTRÉAL

Jetons Non Fongibles pour les équipes de sport : un état des lieux pour les investisseurs et régulateurs

Par

Thierry Warin, HEC Montréal

Nathalie de Marcellis-Warin,

Polytechnique Montréal

Robert Normand, CIRANO

Décembre 2023

Projet réalisé dans le cadre du 5^{ème} appel de projets
de la Chaire « La finance décentralisée, DeFi :
mystère ou développement »



JETONS NON FONGIBLES POUR LES ÉQUIPES DE SPORT : UN ÉTAT DES LIEUX POUR LES INVESTISSEURS ET RÉGULATEURS

Thierry Warin^{*}, Nathalie de Marcellis-Warin^{**}, Robert Normand^{***}

avec la collaboration de[§]

Aïchata Koné, Simon Losier-Tremblay, Jeremy Schneider et Thibault Sénégal

Décembre 2023

Résumé

Cette étude montre l'émergence des jetons non fongibles (JNF ou NFT en anglais) comme piliers de la nouvelle ère numérique, explorant leur rôle et leurs implications tout en mettant en lumière les bénéfices et risques associés et soulignant les défis réglementaires. Plusieurs enquêtes ont permis de décrire l'adoption des JNF dans le secteur sportif dévoilant le marché, les profils des investisseurs et leur importance stratégique pour les organisations sportives. Toutefois, il n'était pas possible de comprendre les dynamiques de prix des actifs numériques.

En utilisant un ensemble de données combinant des gazouillis et des informations sur les prix des JNF de la plateforme Sorare NBA, nous avons utilisé des méthodes analytiques avancées pour explorer cette dynamique. L'analyse des sentiments a été réalisée à travers le *Structural Topic Model* (STM) et les ratios ternaires, offrant une compréhension approfondie des discussions en ligne autour des JNF et de l'ambiance générale de la communauté. Parallèlement, une analyse de statistiques descriptives des prix des JNF a été conduite, révélant des tendances de marché et des indicateurs de volatilité. Les modèles de régression linéaire utilisés, conçus pour évaluer l'impact des sentiments sur les prix des JNF, n'ont pas révélé de corrélation significative. Cette absence de lien direct suggère que les influences sur les prix des JNF pourraient provenir d'autres facteurs tels que les événements économiques ou les changements réglementaires. Cette étude contribue à la compréhension des marchés financiers numériques en démontrant la complexité des interactions entre les sentiments exprimés en ligne et les mouvements de prix des actifs numériques. Elle souligne l'importance d'une approche méthodologique diversifiée pour saisir les nuances de ces marchés émergents.

Mots-clés : Jetons non fongibles ; secteur sportif ; cryptomonnaies ; chaîne de blocs ; réseaux sociaux.

Pour citer ce document : Warin, T., De Marcellis-Warin, N., Normand R., 2023, *Jetons non fongibles pour les équipes de sport : un état des lieux pour les investisseurs et régulateurs*, Cahier de recherche de la Chaire Fintech AMF – Finance Montréal.

^{*} Professeur titulaire, HEC Montréal et Chercheur et Fellow CIRANO, Chercheur principal en science des données.

^{**} Professeure titulaire, Polytechnique Montréal, Présidente-directrice générale du CIRANO, Chercheuse principale du Pôle CIRANO sur les impacts sociétaux de l'intelligence numérique.

^{***} Directeur de projets, CIRANO

[§] Professionnels de recherche, CIRANO

Table des matières

1. Introduction	3
2. Web 3.0, chaîne de blocs et Jetons non fongibles	8
2.1 Évolution du paysage numérique avec le Web 3.0	8
2.2 Jetonisation des actifs.....	11
3. Économie des jetons non fongibles, bénéfiques et risques associés	14
3.1 Bénéfices économiques et coûts de transaction	14
3.2 Risques liés à l'utilisation des JNF	18
3.3 Réglementation des jetons non fongibles	20
4. Adoption des JNF et profil des utilisateurs dans le secteur du sport	23
4.1 Marché mondial des JNF.....	23
4.2 Profils des fans détenteurs de cryptomonnaies et de JNF.....	26
4.3 Opportunités et enjeux de l'utilisation de JNF pour les organisations sportives.....	34
5. Conversations sur les réseaux sociaux et valeurs des JNF sportifs : illustration avec l'étude des JNF de Sorare NBA	36
5.1 Collecte des données de Sorare NBA et statistiques descriptives	37
5.2 Analyse de traitement automatique du langage naturel.....	41
5.3 Analyse de sentiment et impacts sur les prix.....	52
6. Conclusion générale	65
7. Bibliographie	67

1. Introduction

Avec l'avènement des réseaux sociaux, les équipes de sport ont pu se rapprocher encore plus de leurs fans. Avant, pendant ou après un match par exemple, on peut suivre les conversations des fans sur les différentes plateformes. C'est aussi un moyen pour les clubs sportifs ou les joueurs de communiquer plus directement avec leurs fans, mais aussi de voir en temps réel les réactions, les analyses qui sont faites sur une saison, etc. L'ère numérique, et notamment le Web 3.0, a changé les modèles d'affaires des équipes de sport. Le Web 3.0 représente une évolution majeure dans le paysage numérique, mettant l'accent sur la décentralisation, l'interopérabilité et la redéfinition des interactions en ligne avec la préservation sécurisée des données. Par exemple, en tirant parti de nouvelles technologies telles que les jetons non fongibles (JNF) (« non-fungible tokens ») et les jetons fongibles comme les jetons de fans (« fan tokens »), qui s'appuient sur le Web 3.0, les équipes de sport ont de nouvelles voies de revenus qui n'étaient pas disponibles auparavant.

Selon le site de l'Autorité des marchés financiers, « un jeton non fongible représente un actif qui est créé et qui s'échange sur une chaîne de blocs (blockchain) au même titre que le Bitcoin ou l'Ether. La principale différence entre un jeton non fongible et un cryptoactif (ou « crypto ») comme le bitcoin est que le jeton représente un actif unique, qui ne peut pas être remplacé par un autre. À l'inverse, quand un bien ou un actif est dit fongible, c'est qu'il peut être remplacé par un autre bien ou actif identique sans que son usage en soit affecté. Par exemple, une pièce d'un dollar est fongible, car elle n'est pas unique (il y a plusieurs pièces d'un dollar en circulation) et chacune des pièces d'un dollar peut être utilisée pour le même usage. Un bitcoin est également fongible, car il est toujours égal et « identique » à un autre bitcoin »¹.

Jetons non fongibles

Les JNF sont des titres de propriété qui représentent des actifs numériques tels que des œuvres d'art ou des objets de collection. Ils sont échangés en ligne, souvent avec une cryptomonnaie et sont généralement encodés au sein de contrats intelligents sur une chaîne de blocs (« blockchains ») qui garantit ces titres de propriété. D'une manière générale, un JNF permet d'établir la provenance de l'objet numérique attribué, offrant des réponses indiscutables à des questions telles que : qui possède l'objet, qui le possédait auparavant et a créé le JNF ainsi que lequel des exemplaires par exemple est l'original. Tout ordinateur connecté sur cette chaîne de blocs est informé des blocs et sert à son tour de garantie. La chaîne de blocs est la technologie sous-jacente sur laquelle de nombreuses cryptomonnaies sont basées et elle est considérée comme l'une des inventions les plus importantes du 21e siècle. Plusieurs types d'objets numériques peuvent être associés à un JNF, notamment des photos, des vidéos et de l'audio.

¹ <https://lautorite.qc.ca/grand-public/tes-affaires/zone-jeunes/investir/nft-ou-jetons-non-fongibles-quest-ce-que-cest>

À l'origine, les JNF faisaient partie de la chaîne de blocs Ethereum, mais de plus en plus de chaînes de blocs ont mis en œuvre leurs propres versions de JNF. Selon le site DappRadar, l'attention du public envers les JNF a explosé en 2021, lorsque leur marché a connu des ventes record. Toutefois, on sait peu de choses sur la structure globale et l'évolution de ce marché. Les articles échangés sur le marché des JNF sont organisés en collections qui, dans la plupart des cas, partagent certaines caractéristiques communes. Les collections peuvent être de nature très différente, à partir d'ensembles d'objets comme des collections de cartes de sport, des photos ou vidéos prises lors de matchs (ce que l'on appelle des souvenirs sportifs) ou d'espaces virtuels dans les jeux en ligne.

Les JNF ont explosé à la fois sur les marchés financiers et dans l'air du temps en général. Une grande partie du battage médiatique autour des JNF a été alimentée par des ventes époustouflantes, telles que la vente pour 69,3 millions de dollars US pour une seule œuvre d'art numérique de l'artiste Beeple ou encore le PDG de Twitter Jack Dorsey vendant son premier tweet pour 2,9 millions de dollars et le GIF original du chat préféré d'Internet vendu pour près de 600 000 \$US. Dans le contexte sportif, une vidéo de James LeBron plongeant sur Nemanja Bjelica lors d'un affrontement en 2019 entre les L.A. Lakers et les Sacramento Kings s'est vendue 208 000 \$US. Le bloc de tirs épiques du joueur de l'équipe New Orleans Pelicans Zion Williamson dans un match contre les Denver Nuggets s'est vendu 115 000 \$US.

Il peut sembler peu logique que quelqu'un paie pour une version JNF d'un clip vidéo que n'importe qui dans le monde pourrait regarder gratuitement. Mais il est sans doute aussi irrationnel qu'une carte de joueur imprimée se vende pour des sommes à sept chiffres alors que la valeur intrinsèque de la carte est zéro. La valeur dans chaque cas est fonction de la demande et de la rareté du bien. Cette demande peut augmenter et diminuer et est soumise à de multiples facteurs, à la fois endogènes et exogènes. Cette considération se révèle encore plus importante pour mesurer la valeur intrinsèque d'un produit technologique qui peut être distribué et copié à l'infini.

Ce type de transactions a conduit certains utilisateurs à percevoir des collections d'une valeur de 20 millions de dollars. La plateforme d'achats et d'échanges de souvenirs sportifs NBA Top Shot (une joint-venture entre la National Basketball Association, l'association des joueurs de la NBA Players Association et Dapper Labs) montre qu'il existe une demande pour une version numérique du marché des cartes de sport à collectionner, et cela pour des sommes exorbitantes. Par exemple, en 2021 la vente de la carte de baseball Topps Mickey Mantle de 1952 avait atteint un record de 5,2 millions de dollars (revendue en 2022, 12,6 millions de US\$).

À ce jour, NBA Top Shot a permis près de 500 millions de dollars de ventes, avec plus de 800 000 comptes enregistrés. Près de 338 000 clients ont acheté au moins un JNF sur cette plateforme. Sa facilité d'utilisation est renforcée par son acceptation des principales cartes de crédit aux côtés des cryptomonnaies. Sur les 3 millions de transactions effectuées sur cette plateforme, plus d'un million n'ont été que de 10 à 50 dollars. Nadini et al. (2021) montrent que le prix de vente moyen des JNF est inférieur à 15\$ pour 75% des actifs et supérieur à 1594 \$ pour 1% des actifs. Ces

marchés sont souvent centralisés : 9% des comptes détiennent 80% de la valeur marchande de 41 milliards de dollars des JNF sur la chaîne de blocs Ethereum².

La rentabilité des JNF a motivé des célébrités et notamment certains joueurs professionnels à créer leurs propres jetons, par exemple avec des objets de collection de la NBA ou de joueurs de football célèbres vendus pour des centaines de milliers de dollars. Dans le monde des souvenirs sportifs, un JNF pourrait être un temps fort d'un match. Aux États-Unis, certains temps forts du basket-ball sont transformés en JNF connus sous le nom de « moments » sur la plateforme NBA Top Shot. On peut voir sur YouTube le joueur Zion Williamson faire un bloc percutant. Mais si vous voulez posséder l'un de ces moments, d'une manière que personne d'autre ne peut, la ligue pourrait vous la vendre pour des dizaines de milliers de dollars. Les collectionneurs de ces « moments » les gardent. 90% des « moments » qui ont atteint des ventes à six chiffres n'ont pas été proposés à la revente.

Jetons fongibles

Un autre cas d'utilisation des jetons dans le sport est l'offre de jetons de fans, qui sont quant à eux des jetons fongibles. Tout fan d'un club sportif peut acheter un jeton de fan de ce club sur une plateforme d'échanges en payant avec de l'argent réel. Le jeton de fan est semblable à une « action » d'un club, et chaque fan peut détenir une petite part de celui-ci. Le prix du jeton dépend de facteurs tels que la valeur, le bénéfice ou la popularité d'un club, qui évoluent avec les succès ou les échecs du club au fil du temps (Parham et Breiteringer 2022). Les partisans peuvent également entrer en contact plus étroit avec le club grâce à leurs jetons. Par exemple, tout propriétaire de jeton a le droit de voter sur certaines décisions concernant le club. Cela conduit à une connexion plus profonde entre les partisans et les clubs, car les clubs peuvent mieux comprendre les préférences de leurs supporters. L'offre de jetons de supporter est un jeu gagnant-gagnant pour les partisans et les clubs, et les deux parties peuvent en bénéficier.

Ces jetons peuvent apporter des revenus supplémentaires aux ligues sportives, aux équipes et aux athlètes individuels. Ils sont également l'occasion d'améliorer les relations avec les partisans. Les clubs sportifs peuvent utiliser les jetons de fans pour améliorer l'expérience des partisans en leur permettant d'acquérir et d'afficher les jetons de leur équipe, ainsi que de contribuer aux décisions telles que le joueur du mois ou même quelles chansons sont jouées pendant les intervalles de jeu.

Paulo-Saumell et al. (2021) montrent que la prise de décision participative influence fortement l'appropriation psychologique, qui est à son tour positivement affectée par l'identification de l'équipe. Les résultats révèlent également que les intentions d'acheter des articles de sport sous licence d'équipes et des vêtements de sport du sponsor principal s'expliquent par la propriété

² Bitcoin est encore plus centralisé : les 2 % des comptes les plus riches possèdent 95 % de l'offre de 800 milliards de dollars de Bitcoin, et 0,1 % des « mineurs » de Bitcoin sont responsables de la moitié de la production.

psychologique des membres. L'achat de jetons de fans est une façon de montrer son soutien, car il contribue souvent directement aux revenus de l'équipe.

Les jetons de fans sont des cryptomonnaies que les fans peuvent détenir pour supporter leurs équipes préférées. Ils permettent aux équipes professionnelles de se rapprocher de leur base de fans. Selon le site internet oks, « les cryptomonnaies mentionnées lorsque l'on parle de jetons de fans sont un type de cryptos conçu pour offrir des avantages d'adhésion à des fans d'équipes sportives, leur permettre de voter dans le cadre de sondages, par exemple concernant l'uniforme de l'équipe, en les récompensant avec des billets offerts ou des rencontres privées avec des stars. Les jetons de fans offrent aux fans une chance de soutenir leur équipe locale, de bénéficier de récompenses VIP, d'accéder à des promotions exclusives, de participer à des jeux et d'être vérifiés en tant que super fan »³.

Ces jetons offrent également à leurs détenteurs la possibilité de profiter de l'évolution des prix si le jeton se comporte bien. Actuellement, les cinq premiers jetons de fans en termes de capitalisation boursière comprennent des jetons de grands clubs de soccer. « Par exemple le Fan token du FC Barça (\$BAR) a de nombreuses utilités, car il donne accès aux avantages et aux services que le projet a lancés ou lancera à l'avenir (par exemple, des visites VIP au Camp Nou). Ce sont des actifs numériques émis par la société Chiliz, partenaire du FC Barça, et ne peuvent être achetés que par l'intermédiaire de Chiliz.net et de sa plateforme Socios.com. Tous les jetons de fans sont créés en utilisant la chaîne de blocs de Chiliz et tous les votes de plateforme sont exécutés comme une série de contrats intelligents passant par la chaîne de blocage \$CHZ (Chiliz) »⁴.

L'utilisation de jetons de fans, de JNF de clubs et de plates-formes uniques peut ajouter un degré de gamification et, en conséquence, améliorer l'expérience globale du fan de sport. Cette nouvelle industrie attire des clients du produit sportif, mais aussi des spéculateurs et potentiellement des investisseurs attirés par le développement de l'industrie. Ces jetons utilisent la technologie blockchain pour assurer la transparence, la sécurité, et l'authenticité. Cependant, ils peuvent être construits sur différentes blockchains selon les spécificités de leur création et de leur utilisation.

Malgré les recherches empiriques et la littérature existantes sur les avantages d'utiliser les médias sociaux pour les organisations sportives professionnelles, peu d'études se sont concentrées sur l'utilisation des données des plateformes transactionnelles de JNF pour mesurer l'engagement des fans ainsi que la valeur des JNF pour les collectionneurs et les investisseurs ou spéculateurs.

³ Voir le site <https://www.okx.com/fr/markets/prices/fantokens-cryptocurrency>

⁴ <https://blog.bitnovo.com/fr/quest-ce-que-le-fan-token-du-fc-barcelone/>

Plan du rapport

C'est dans ce contexte que nous proposons de conduire une étude exploratoire sur cette nouvelle industrie. L'objectif de ce projet de recherche est de mieux connaître les déterminants de l'adoption et le commerce des JNF dans le domaine des souvenirs sportifs, les opportunités et les risques pour les investisseurs. Cette étude cherche à monter les implications pour les investisseurs qui envisagent d'acheter ces jetons, car la compréhension de la valeur intrinsèque et du profil de risque de ce nouveau type d'actif est cruciale pour toute décision d'investissement.

La section 2 du rapport se consacre à la définition et à l'explication technique des jetons non fongibles, en soulignant leur lien intrinsèque avec la technologie chaîne de blocs. Cette partie s'appuie sur les travaux de Nakamoto (2008), qui ont posé les fondements de la chaîne de blocs, ainsi que sur les études de Tapscott et Tapscott (2016) qui ont exploré les implications de cette technologie dans divers secteurs. Dans un deuxième temps, nous abordons le modèle d'affaires sous-jacent à ces technologies, à savoir le Web 3.0. Ce concept, initialement développé par Berners-Lee (1999), est crucial pour comprendre l'économie et le fonctionnement des JNF dans le sport. Des études complémentaires de Swan (2015) et Mougayar (2016) sur le Web 3.0 et l'économie des jetons fournissent un cadre théorique pour cette analyse.

La section 3 porte spécifiquement sur l'économie des jetons non fongibles, les bénéfices et les risques associés.

La section 4 documente les études et données qui permettent de comprendre le profil des utilisateurs des JNF dans le secteur du sport.

La section 5 porte sur les conversations sur les réseaux sociaux et la valeur des JNF sportifs en proposant une illustration des JNF de Sorare NBA. Elle commence par une analyse des gazouillis concernant les JNF dans le secteur sportif. Cette approche s'inspire des travaux de Tufekci (2014) sur les médias sociaux et la politique et est complétée par l'utilisation de ratios ternaires et de la méthode Structural Topic Model (STM), s'appuyant sur les principes énoncés par Roberts et al. (2014). Cette approche méthodologique repose sur les fondements de l'analyse des sentiments dans les sciences sociales, tels que décrits par Pang et Lee (2008), et vise à évaluer l'impact des sentiments sur la valeur des JNF de Sorare NBA.

2. Web 3.0, chaîne de blocs et Jetons non fongibles

2.1 Évolution du paysage numérique avec le Web 3.0

Le Web 3.0 représente une évolution majeure dans le paysage numérique, mettant l'accent sur la décentralisation, l'interopérabilité et la redéfinition des interactions en ligne avec la préservation sécurisée des données. Alors que le Web 1.0 était statique et le Web 2.0 axé sur la participation des utilisateurs, le Web 3.0 va plus loin en introduisant des technologies décentralisées telles que la chaîne de blocs (Gan et al. 2023). Cette nouvelle ère numérique vise à créer un Internet plus transparent, résilient et orienté vers l'utilisateur. Ces principes sculptent un environnement où les utilisateurs exercent un contrôle souverain sur leurs informations, tissant ainsi des relations de confiance sans nécessiter l'intermédiation de structures centralisées. (Madine et al. 2023)

La chaîne de blocs, en tant que pierre angulaire du Web 3.0, incarne ces principes en fournissant un registre décentralisé, immuable et sécurisé. Elle permet la création de systèmes autonomes et transparents, favorisant l'émergence de nouvelles applications décentralisées (dApps) qui éliminent la dépendance vis-à-vis des intermédiaires centralisés. (Panarello et al. 2018) La chaîne de blocs facilite également l'émission de jetons non fongibles et de contrats intelligents, offrant ainsi de nouvelles possibilités dans des domaines tels que la finance décentralisée, la gestion des chaînes d'approvisionnement, et bien d'autres. (Q. Wang et al. 2021)

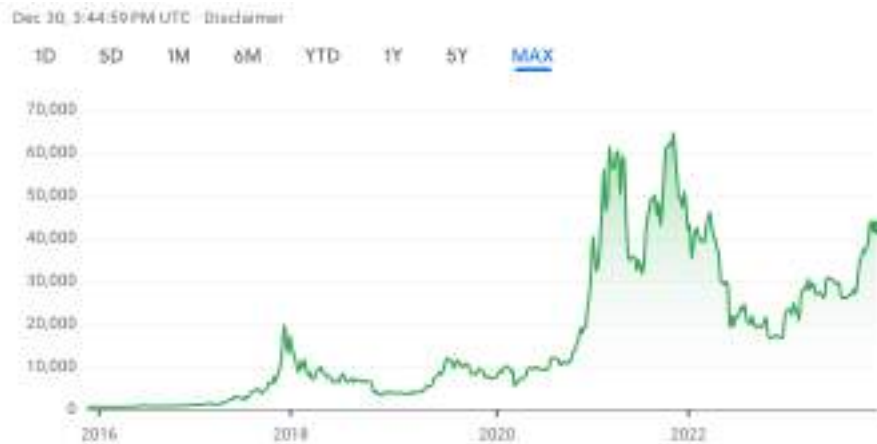
2.1.1 Apparition du Bitcoin et engouement pour la chaîne de blocs

En 2008, sous couvert du pseudonyme « Satoshi Nakamoto », est publié un livre blanc intitulé « Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System ». Ce document fondateur, aujourd'hui orné d'un statut presque mythique, jettera les bases de la cryptomonnaie, un système de transactions entre deux parties sans le besoin d'un intermédiaire qui verra le jour en 2009.

Bien que cette nouvelle technologie ait rapidement fait onde de choc dans la communauté des sciences de l'informatique et chez les technophiles, ce ne fut qu'en 2017 que le Bitcoin est apparu comme phénomène dans l'espace public. Alors qu'en 2010, le développeur Laszlo Hanyec payait 10 000 Bitcoins pour l'achat de deux pizzas Papa John's, en 2017, le prix d'un seul bitcoin franchissait la barre des 20 000\$ US (Zade et al. 2019). On peut aussi observer deux pics de plus de 50 000 \$ US du cours du Bitcoin en 2021 et 2022.

Graphique 1. Cours du Bitcoin depuis 2016

Source : Google Finance (<https://www.google.com/finance/quote/BTC-USD?window=MAX>)



La chaîne de blocs offre une traçabilité et une confiance accrues, ouvrant la voie à de nouvelles formes de collaboration et de gestion des données. Ainsi, l'engouement initial pour le Bitcoin a évolué en un intérêt généralisé pour la chaîne de blocs en tant que moteur de transformation numérique aux implications profondes dans divers secteurs. Au cœur du Web 3.0, la chaîne de blocs révolutionne l'approche de la technologie numérique (Chen et al. 2022). Elle établit un registre décentralisé, éliminant le besoin d'intermédiaires et sert de base technologique à la décentralisation et à la transparence prônées par le Web 3.0. En permettant la création de jetons non fongibles (JNF), de contrats intelligents, et d'applications décentralisées, la chaîne de blocs redéfinit les normes, propulsant l'écosystème numérique vers une ère de collaboration, de transparence et de sécurité (Mahyuni et al. 2020).

2.1.2 Fonctionnement de la chaîne de blocs

La chaîne de blocs constitue essentiellement un registre numérique des transactions, offrant une solution décentralisée de stockage et de gestion sécuritaire de l'information (W. Wang et al. 2019). Contrairement à un enregistrement centralisé des données, la chaîne de blocs tire parti d'un réseau mondial d'ordinateurs répartis. Chaque transaction est consignée sous la forme de blocs, et ces blocs sont interconnectés dans un ordre chronologique, créant ainsi une chaîne continue qui répertorie l'ensemble des échanges entre les individus.

Encadré 1 : Le fonctionnement d'une chaîne de blocs

Création d'un bloc : Lorsqu'une nouvelle transaction a lieu, elle est regroupée avec d'autres transactions récentes pour former un nouveau bloc.

Vérification: Avant qu'un bloc ne soit ajouté à la chaîne, il doit être vérifié par un grand nombre d'ordinateurs dans le réseau. Ces ordinateurs, appelés "nœuds", s'assurent que la transaction est valide et qu'elle respecte les règles du système.

Consensus: Une fois que la majorité des nœuds confirment la validité du bloc, il est ajouté à la chaîne. C'est ce qu'on appelle le "consensus", et il garantit que la chaîne de blocs reste fiable.

La chaîne de blocs, en tant que piliers du Web 3.0, engendre une multitude d'applications révolutionnaires qui transforment divers secteurs. Bien que les cryptomonnaies aient accaparé la grande majorité de l'attention publique dans les dernières années, une panoplie d'applications ont récemment émergé, chamboulant autant de secteurs économiques.

Parallèlement, l'impact environnemental des chaînes de blocs, en particulier celui des cryptomonnaies comme le Bitcoin, est une préoccupation croissante. Cette préoccupation a été mise en lumière par la décision de Tesla et de son PDG, Elon Musk en 2021 (après 3 mois seulement) de ne plus accepter le Bitcoin comme moyen de paiement en raison de son impact environnemental. Cette décision met en évidence les dilemmes éthiques et environnementaux inhérents à l'utilisation des technologies de chaîne de blocs, notamment en ce qui concerne leur consommation d'énergie et leurs émissions de gaz à effet de serre.

2.1.3 Confusion possible entre la chaîne de blocs et les cryptomonnaies

Il importe de distinguer conceptuellement la chaîne de blocs de ses applications. Nombreux sont ceux qui confondent cryptomonnaies et chaîne de blocs. S'il est possible d'avoir une chaîne de blocs sans cryptomonnaie, l'inverse n'est pas possible. Une cryptomonnaie est fondée sur le principe d'une chaîne de blocs qui enregistre l'ensemble des transactions entre les participants. L'objet d'échange est dans ce cas-ci une « monnaie ». Or, dans bien d'autres cas, l'information contenue dans lesdits « blocs » n'est pas le droit de propriété d'une quelconque devise.

Le Bitcoin et les cryptomonnaies subséquentes ont offert des alternatives décentralisées aux systèmes traditionnels. Les contrats intelligents, exécutés automatiquement sans besoin d'intermédiaires, redéfinissent la manière dont les accords sont conclus et exécutés (Jafar, Aziz, et Shukur 2021). La gestion des chaînes d'approvisionnement bénéficie par exemple de la transparence immuable de la chaîne de blocs, réduisant les risques de fraude et améliorant la traçabilité. Dans le domaine de l'identité digitale, la chaîne de blocs assure une sécurité accrue et une gestion décentralisée des données personnelles. Les systèmes de vote basés sur la chaîne de blocs garantissent l'intégrité des élections, éliminant les risques de manipulation (Aste, Tasca, et Di Matteo 2017).

2.2 Jetonisation des actifs

La jetonisation⁵ des actifs révolutionne la manière dont est conçue la propriété numérique (Baker et al. 2022). Les JNF sont des unités uniques de données stockées sur une chaîne de blocs qui représentent la propriété d'actifs numériques spécifiques. Contrairement aux cryptomonnaies comme le Bitcoin, qui sont interchangeables entre elles, chaque JNF est unique et possède des caractéristiques distinctives. Les JNF ont été introduits pour la première fois en 2017, bien que leur popularité ait vraiment décollé en 2020 et 2021 (Nadini et al. 2021).

L'engouement initial s'est concentré principalement sur l'art numérique, les jeux vidéo, la musique, et d'autres formes de médias numériques (Parham et Breitinger 2022). Les artistes, créateurs et détenteurs de contenu ont commencé à utiliser les JNF pour créer des titres de propriété de leurs œuvres, créant ainsi des certificats de propriété numérique vérifiables et inaltérables. On peut penser à une sorte d'acte notarié numérique. La connexion entre les JNF et la chaîne de blocs réside dans le fait que les informations sur la propriété et la provenance des JNF sont enregistrées de manière transparente et immuable sur une chaîne de blocs.

Encadré 2 : Comment achète-t-on un jeton non fongible ?

L'acquisition de JNF nécessite un portefeuille de cryptomonnaies, avec des cryptomonnaies pour faciliter les transactions. Il existe de nombreux portefeuilles de cryptomonnaies offrant différentes particularités. Ces portefeuilles permettent de transiger différentes devises et cryptomonnaies.

Une fois le portefeuille acquis, il existe plusieurs marchés en ligne spécialisés en JNF (OpenSea, Rarible, SuperRare, Mintable, etc). Il est également possible de recevoir des JNF en cadeau ou en participation à des événements.

Il ne reste plus qu'à parcourir et à sélectionner le type de JNF que l'on souhaite acheter. À ce stade, ce n'est qu'une énième transaction en ligne, mais le mode de paiement est généralement en cryptomonnaies.

Il faut ensuite suivre les étapes pour confirmer la transaction. Dans certains cas, il faut payer des frais de transaction, notamment si l'on utilise la chaîne de blocs Ethereum. Une fois la transaction confirmée, le JNF sera transféré du portefeuille de l'expéditeur vers celui du destinataire. Les détails de la transaction, y compris la date et l'heure, seront enregistrés sur la chaîne de blocs.

Chaque JNF est associé à un contrat intelligent, qui est un ensemble de règles programmées définissant ses caractéristiques et son comportement (Nadini et al. 2021). Les chaînes de blocs les plus couramment utilisées pour les JNF sont Ethereum, Binance Smart Chain, et d'autres chaînes de blocs compatibles avec les contrats intelligents (Bhujel et Rahulamathavan 2022). L'utilisation de la chaîne de blocs pour les JNF offre plusieurs avantages, notamment la traçabilité, la transparence et la garantie de propriété.

⁵ La jetonisation se réfère au processus de conversion d'actifs physiques ou virtuels en jetons, qui sont des unités numériques sur une chaîne de blocs ou une autre forme de registre distribué. Ces jetons représentent la propriété, les droits ou la valeur de l'actif sous-jacent. La jetonisation peut concerner divers types d'actifs, tels que des biens immobiliers, des œuvres d'art, des actions, des obligations, des produits de base, ou même des droits de propriété intellectuelle. Chaque jeton est unique, traçable et peut être programmé avec des contrats intelligents pour automatiser certaines fonctions, comme le paiement de dividendes ou la distribution de droits.

La technologie chaîne de blocs permet également aux JNF d'être échangés sur des marchés décentralisés, offrant aux créateurs et aux collectionneurs une plateforme mondiale pour acheter, vendre et échanger ces actifs numériques uniques.

2.2.1 Apparition des premiers JNF en arts numériques, musique et jeux vidéo

En fournissant aux créateurs une plateforme permettant de positionner une œuvre en tant qu'actif numérique unique, les JNF ont transformé le marché de l'art. Cette révolution a donné naissance à l'art crypto, un concept où les créations numériques peuvent être jetonisées, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives en termes de monétisation et d'établissement de propriété dans le domaine numérique (Nadini et al. 2021). En se substituant aux méthodes traditionnelles telles que les galeries, les enchères et les expositions d'art, les JNF proposent une dynamique entièrement inédite dans le commerce artistique. Indéniablement, le marché a vu s'accroître les transactions à forte valeur, illustrée par la vente exceptionnelle d'un collage numérique de l'artiste américain Beeple, atteignant la somme de 69,3 millions de dollars américains (Ante 2022). Les JNF issus de l'art numérique offrent une solution à l'absence de rareté et à la duplication indue en permettant l'obtention d'une certification de droits d'auteur. L'émission d'un JNF pour une œuvre conçoit une version numérique authentifiée de la création, conférant au détenteur une propriété vérifiable et la possibilité de transférer leur possession digitale de manière transparente (S. Wang 2022). Cette approche révolutionnaire remédie aux lacunes du marché artistique numérique tout en offrant aux créateurs une nouvelle voie pour valoriser et protéger leurs œuvres.

L'approche traditionnelle pour la preuve d'authenticité d'une œuvre d'art physique implique la participation de divers experts, ce qui est souvent long et coûteux. La transparence de la chaîne de blocs permet aux investisseurs de retracer les transactions des JNF associés à une œuvre d'art spécifique jusqu'au créateur original afin de vérifier la propriété. Outre l'avantage évident pour les détenteurs de JNF de la preuve de possession d'une œuvre d'art authentique, la jetonisation de ces actifs peut faire évoluer la manière dont fonctionne le marché. Par exemple, les contrats intelligents liés aux JNF peuvent inclure des clauses concernant le pourcentage de redevances qui seront versées sur le compte du créateur original à chaque transaction, garantissant que les artistes sont traités et rémunérés équitablement.

Le concept de preuve de propriété grâce à la création de JNF peut également être appliqué à des actifs ayant une substance physique, tels que des terrains, des bâtiments et des bijoux. Cela peut potentiellement bénéficier à la liquidité de divers actifs, car les jetons émis peuvent être échangés sur un marché ouvert sur une chaîne de blocs. De plus, l'immutabilité des enregistrements chaîne de blocs peut remplacer l'approche actuelle centralisée et bureaucratique suivie pour le transfert de titres de propriété ou de tout autre document de validation de propriété d'une partie à une autre. La propriété légale d'actifs physiques, identifiée via des JNF, peut également être associée à des droits de vote concernant la manière dont les actifs physiques seront utilisés et dans quel but (PWC, 2021).

Le concept de jetonisation trouve aussi son application dans le domaine musical, en offrant aux artistes la possibilité de représenter de manière unique certaines œuvres telles que des pièces musicales, des albums ou des objets de collection associés à leur travail créatif. Au-delà de la simple distribution de fichiers audio, les JNF ouvrent de nouvelles voies de financement pour les artistes (Rogers et al. 2022). En mettant en vente des morceaux, des albums exclusifs et même des expériences en direct par le biais de jetons inimitables, les artistes diversifient leurs sources de revenus tout en procurant une expérience musicale plus immersive à leurs dévots. Sous l'effervescence du marché numérique, le groupe de rock américain Kings Of Leon a adopté la tendance en commercialisant des JNF pour leur nouvel album « When You See Yourself » au printemps 2021. Sur des plateformes prestigieuses telles que OpenSea et Rarible, les JNF intégrant du contenu musical et audiovisuel rencontrent un succès saillant (Hendel s. d. 2023).

L'avènement des JNF a également remodelé l'univers du jeu vidéo. En représentant des objets, des personnages, ou des actifs uniques en jeu, les JNF permettent aux adeptes de *gaming* de posséder et d'arborer des collectables numériques singuliers. Cet engouement technophile a donné naissance à un marché émergent et à des plateformes d'échanges, créant ainsi de nouvelles opportunités de revenus pour les développeurs de jeux et les joueurs (Q. Wang et al. 2021). Cependant, la nécessité d'établir des cadres réglementaires solides suscite des débats, étant donné l'émergence de stratégies de monétisation frauduleuses et de systèmes de blanchiment d'argent (Vasan et al. 2022). *Ipsa facto*, d'importantes considérations éthiques doivent être prises en compte pour garantir une mise en œuvre équilibrée et durable des JNF dans l'industrie du divertissement virtuel.

2.2.2 Les JNF dans le secteur du sport

Dans le secteur du sport, le marché des JNF a aussi connu un essor significatif en attirant l'attention de nombreux fans de sport, technophiles et investisseurs. Utilisée pour enregistrer la propriété d'objets physiques ou digitaux, notamment des souvenirs, des objets de collections et même des souvenirs ou moments sportifs, la technologie JNF est prisée par une pléthore de supporters (Baker et al. 2022).

Aux couleurs des plus grands clubs sportifs du monde, les jetons non fongibles offrent aux partisans et aux collectionneurs un contenu exclusif et une place à l'échange de représentations numériques, transcendant le marché des cartes sportives. En saisissant le besoin d'assimilation des partisans à leur communauté sportive, l'équipe de la Juventus, le Paris Saint Germain, l'Atlético de Madrid, le FC Barcelone et plusieurs autres clubs se lançaient dès 2020 dans cette industrie (Keneo 2021). La National Basketball Association (NBA) a également embrassé la tendance en collaborant avec la société Dabbers Labs pour créer sa propre plateforme d'échanges d'actifs numériques, NBA TopShop. Cette initiative lui permet désormais de tirer parti de la renommée de légendes du sport telles que Michael Jordan, Kevin Durant et Klay Thompson (Forbes Advisor 2023).

L'application la plus courante et la plus lucrative des JNF dans l'industrie du sport est probablement la vente de clips vidéo en édition limitée de moments sportifs ou de cartes de

joueur. La valeur de chaque JNF dépend de la notoriété de l'athlète, de l'importance de l'événement et de tout contenu supplémentaire inclus dans le JNF. Un JNF limité à une seule édition d'un événement majeur - disons, un but gagnant, un coup de circuit ou un « dunk » par une star légendaire - accompagné d'un commentaire de cette star pourrait être vendu aux enchères, tandis que la même vidéo, mais sans autre contenu et 20 000 exemplaires disponibles seraient vendus et échangés via une place de marché en ligne. Cela va de pair avec l'engagement des fans sur les réseaux sociaux. Zadeh (2021) s'est intéressé à l'utilisation des médias sociaux sur l'engagement des partisans. Il a proposé une étude de cas sur une équipe de basket-ball d'une grande université américaine et l'utilité et la fiabilité des technologies analytiques disponibles pour comprendre les catalyseurs de l'engagement via les plateformes de médias sociaux en temps opportun et de manière automatisée.

3. Économie des jetons non fongibles, bénéfiques et risques associés

Des études empiriques visant à caractériser les propriétés du marché se sont focalisées sur un nombre limité de collections JNF, telles que CryptoKitties, Cryptopunks et Axie. Ces analyses ont révélé que l'abondance numérique de JNF dans les jeux numériques a entraîné une diminution substantielle de leur valeur et que, même si les prix des JNF sont déterminés par les prix des cryptomonnaies, le marché des JNF pourrait être sujet à la spéculation.

3.1 Bénéfices économiques et coûts de transaction

Les JNF et la technologie de la chaîne de blocs sur laquelle ils reposent engendrent d'importants bénéfices économiques. Son apport provient ultimement du surplus issu de l'activité économique et de la réduction drastique des coûts de transaction. Alors que Ronald Coase mettait en lumière l'importance fondamentale des coûts de transaction dans l'émergence des firmes (Coase 1937), la réduction drastique des coûts de transaction est appelée à redéfinir les rapports de force économiques dans de nombreux secteurs. Le minage provoque toutefois une externalité négative notamment en raison de la demande énergétique.

La décentralisation du processus d'authentification des actifs numériques ou physiques, la désintermédiation de la chaîne de valeur artistique, la démocratisation des marchés financiers, la réduction des fraudes et la confiance accrue par l'immutabilité et la transparence de la chaîne de blocs sont tous des éléments qui contribuent à stimuler l'activité économique ou à réduire d'une façon ou d'une autre les coûts de transaction entre le producteur et le consommateur d'un bien ou d'un service. Que ce soit en créant les conditions nécessaires à de nouveaux flux économiques ou en réduisant les coûts de flux existants, les JNF et la technologie de la chaîne de blocs sous-jacente engendrent un surplus social important, et ce, dans plusieurs secteurs⁶.

⁶ En économie, le surplus social réfère à la somme des surplus des consommateurs et des producteurs dans une économie donnée. Il représente la valeur totale nette générée par une transaction ou une activité économique. Le surplus social est souvent utilisé pour évaluer l'efficacité économique d'une situation ou d'une politique.

Les JNF permettent également de réduire l'asymétrie de l'information sur les marchés et d'en réduire les coûts associés. L'asymétrie de l'information occasionne plusieurs problèmes sur les marchés (Akerlof 1970). Tel qu'introduit dans son article phare «*The market for Lemons : Quality Uncertainty and Market Mechanism*», George A. Akerlof prend l'exemple du marché des voitures d'occasion pour illustrer que lorsqu'un acheteur et un vendeur ne disposent pas d'une information parfaite sur le bien échangé, on observe une distorsion des prix, une sélection adverse, une réduction de la confiance et un dysfonctionnement du marché. Le marché en devient inefficace et une baisse du surplus social s'observe. Une institution publique ou un tiers parti privé est appelé à jouer le rôle d'intermédiaire entre les acheteurs et les vendeurs afin d'augmenter le surplus chez l'acheteur et le vendeur⁷. Dans le marché des voitures d'occasion (*Lemons*), la technologie chaîne de blocs promet de résoudre les problèmes engendrés par l'asymétrie d'information en traçant les données sur le véhicule tout au long de son cycle de vie.

Dans une approche novatrice visant à résoudre ces problèmes, un projet suisse de plateforme électronique basée sur la chaîne de blocs, nommé Cardossier, a été lancé (Zavolokina, Schlegel, et Schwabe 2021). Le projet a été initié par plusieurs organisations de l'écosystème automobile (une compagnie d'assurance, une société de partage de voitures, un importateur et concessionnaire automobile, et une agence de la circulation routière), une société de logiciels et deux universités. Cette plateforme vise à stocker et échanger des informations complètes sur le cycle de vie d'une voiture, de sa production à son élimination. L'idée est que, en stockant autant d'informations que possible sur l'histoire de la voiture, les asymétries d'information peuvent être réduites, tout en assurant potentiellement la confiance entre les acheteurs et les vendeurs. Au lieu d'une base de données conventionnelle pour le stockage des données, les participants du projet ont opté pour l'utilisation d'un système de chaîne de blocs autorisé (les participants se connaissent mutuellement), qui, en raison de ses caractéristiques (comme l'immutabilité des transactions, la transparence, l'intégrité des données et le caractère décentralisé), prétend apporter davantage de confiance dans la relation entre les parties transactionnelles.

Les JNF introduisent de nouveaux défis et engendrent des coûts de transaction de différente nature que les contrats traditionnels. Vatiéro (2022) s'oppose à l'affirmation selon laquelle les contrats intelligents sont censés fonctionner à des coûts de transaction inférieurs aux contrats traditionnels (et incomplets) qui exploitent plutôt une exécution légale coûteuse. L'auteur évoque deux problèmes d'adaptation des dits contrats intelligents: premièrement, les contrats intelligents sont construits pour limiter et potentiellement éviter toute intervention légale ex post, y compris une adaptation par les tribunaux qui améliorerait l'efficacité. Deuxièmement, le mécanisme de consensus sur lequel chaque contrat intelligent dépend peut entraîner des coûts de transaction supplémentaires en raison d'une adaptation majoritaire de la chaîne de blocs. En bref, les bénéfices des JNF et des contrats intelligents varient d'un champ d'application à un autre et certains contextes particuliers sont plus favorables que d'autres à une pleine réalisation des réductions de coûts de transaction.

3.1.1 JNF, actifs numériques ou actifs réels ?

Les JNF sont des actifs numériques qui représentent la propriété ou la provenance unique d'un élément numérique, souvent basé sur la technologie chaîne de blocs. En ce qui concerne leur classification en tant qu'actif financier, la définition dépend de plusieurs facteurs et de la réglementation spécifique de chaque juridiction.

À ce jour, il n'existe pas de définition juridique universelle des JNF et leur classification peut dépendre de la législation en vigueur dans chaque pays. En effet, un JNF peut représenter à la fois un actif numérique ou un actif réel, dans quel cas la valorisation diffère. Par exemple, un JNF peut représenter des royautés sur les ventes d'un album. La valorisation d'un tel JNF dépend donc des revenus futurs générés par les ventes de l'album. Un autre JNF peut représenter un certificat de propriété d'une terre agricole. Dans quel cas, la valeur de ce JNF dépend des revenus futurs générés par cette terre. Au niveau des JNF dans le monde artistique, il n'existe pas de définition universelle ou de méthode de valorisation qui englobe la totalité des classes de JNF.

3.1.2 Liens entre les fluctuations du prix des cryptomonnaies et des JNF

La recherche académique récente a mis en lumière un lien significatif entre les fluctuations des prix des cryptomonnaies, telles que Bitcoin et Ethereum, et ceux des JNF, suggérant une corrélation complexe au sein de l'écosystème financier numérique. Alors que certains chercheurs soulignent une influence unidirectionnelle, avec les cryptomonnaies dictant largement les tendances du marché des JNF (Ante (2022), Bai et al. (2022), Luo et al. (2023)), d'autres nuancent cette relation (Z. Wang et al. (2023), Borri et al. (2022)), mettant en avant des facteurs spécifiques à certaines catégories de JNF.

Ante (2022) constate que les prix du Bitcoin et de l'Ethereum exercent une influence notable sur le marché des JNF. Cependant, l'auteur note que le phénomène inverse, soit l'influence significative du marché des JNF sur la tarification des cryptomonnaies, n'a pas été observé de manière notable. Ceci met en évidence une dynamique unidirectionnelle, soulignant l'impact des marchés de cryptomonnaies plus importants sur la croissance et le développement du marché plus restreint des JNF. Les études de Bai et al. (2022) ainsi que de Luo et al. (2023) confirment cette corrélation positive, en identifiant spécifiquement une relation entre le prix d'Ethereum et la tarification des JNF. Borri et al. (2022) constatent que le rendement excédentaire du marché des JNF est positivement et significativement exposé au rendement excédentaire du marché des cryptomonnaies au niveau de signification de 1 % – une augmentation d'un pour cent du rendement excédentaire du marché des cryptomonnaies est associée à une augmentation de 0,789 % du rendement excédentaire du marché des JNF. Le pouvoir explicatif de la régression, mesuré par le R^2 , est d'environ 20 %, ce qui signifie que la majorité de la variation du marché des JNF n'est pas expliquée par le marché des cryptomonnaies, malgré le fait que les JNF sont couramment échangés en cryptomonnaie.

Une nuance importante est apportée par les travaux de Z. Wang, Chen, et Lee en 2023. Leur recherche indique un effet limité de transmission de la volatilité entre la tarification de certains

JNF et les prix du Bitcoin. Cette constatation suggère une relation plus nuancée entre des JNF spécifiques et les prix des cryptomonnaies, soulignant que l'influence peut varier en fonction des caractéristiques spécifiques des JNF étudiés. Note : l'effet limité de la transmission de la volatilité du bitcoin envers les NFT peut indiquer un manque de liquidité des NFT.

La littérature existante met donc en évidence une corrélation positive générale entre les prix des cryptomonnaies, en particulier Bitcoin et Ethereum, et ceux des JNF. Cependant, la nature et l'intensité de cette relation peuvent varier en fonction de divers facteurs, notamment les caractéristiques spécifiques des JNF étudiés.

Au niveau du secteur sportif, Scarnowski et al. (2021) procèdent aussi à une analyse économique des jetons de fan, qui sont eux des jetons fongibles. Les auteurs constatent que les prix des jetons de fan sont très volatils et que les jetons représentent un « actif » nettement plus risqué que des cryptomonnaies établies. Pour un sous-ensemble de clubs cotés en bourse, les rendements des actions et des jetons ne sont pas corrélés. Les jetons de fan ont plutôt tendance à évoluer de manière étroite les uns avec les autres et avec les principales cryptomonnaies utilisées pour les acheter. Les rendements sont plus faibles les jours où le club perd de manière inattendue un match, mais plus élevés les jours où l'attention des investisseurs envers les jetons de fan augmente. Les résultats suggèrent que bien que les jetons de fan puissent fournir une certaine utilité non monétaire, en tant qu'actifs financiers, ils sont très spéculatifs et ressemblent à bien des égards aux cryptomonnaies (Scharnowski et al., 2021).

3.1.3 Impact de l'effet d'attention et des réseaux sociaux sur le rendement des JNF

Les réseaux sociaux, en particulier X (ex-Twitter), se révèlent être des sources d'influence des marchés boursiers et des rendements des JNF, selon plusieurs études. Oliveira et al. (2017) établissent une corrélation entre les données de microblogging, notamment celles provenant des médias sociaux et la capacité à anticiper le comportement des marchés boursiers. L'étude souligne la valeur des données de microblogging, y compris le contenu des médias sociaux, en tant qu'outil précieux pour prédire les dynamiques du marché boursier. Approfondissant cette perspective, Kapoor et al. (2022) mettent en lumière l'importance cruciale des médias sociaux, en particulier Twitter, dans l'influence de l'évaluation des JNF. Leur analyse des données de Twitter souligne l'impact significatif de ces plateformes sur les actifs JNF, affirmant que la compréhension et l'exploitation des données des médias sociaux sont essentielles pour obtenir des informations pertinentes sur l'évaluation des JNF et les dynamiques du marché.

Pinto-Gutierrez et al. (2022) évaluent la relation inverse entre le prix des cryptomonnaies et l'attention portée aux JNF. Les auteurs analysent les requêtes de recherche Google pour comme proxy de l'attention portée aux JNF et démontrent que l'activité de recherche sur Google pour le sujet « jeton non fongible » et « JNF » est positivement associée aux rendements des principales cryptomonnaies. L'étude de Borri et al. (2022) ajoute une perspective distincte en examinant l'attention, les rendements passés et le volume en tant que prédicteurs du rendement du marché des JNF. Ils mesurent l'attention portée au marché des JNF et au marché des cryptomonnaies à

l'aide des recherches Google. Cependant, leurs résultats démontrent que ni l'attention portée au marché des JNF ni celle portée au marché des cryptomonnaies ne prédisent de manière significative les rendements futurs du marché des JNF. Cette perspective nuancée souligne que malgré l'importance des médias sociaux, d'autres facteurs tels que l'attention et les recherches Google peuvent ne pas être des prédicteurs décisifs des rendements futurs du marché des JNF.

Enfin, Ghaffari (2023) fait l'analyse de sentiment des gazouillis et de leur impact sur la valorisation des JNF artistiques. L'étude confirme l'existence d'un lien entre le sentiment dans les conversations sur Twitter et les prix des JNF. La joie et le dégoût ont les liens inverses les plus forts avec la capitalisation boursière. De plus, le nombre total de sentiments est positivement lié à la capitalisation boursière.

3.2 Risques liés à l'utilisation des JNF

Cette sous-section aborde les risques inhérents aux JNF, en se concentrant sur les vulnérabilités au sein de la chaîne de blocs, les applications dérivées, les cryptomonnaies, et les JNF eux-mêmes. L'analyse met en lumière diverses formes de malversations et de fraudes qui entachent le domaine des JNF, en s'appuyant sur des recherches et des études de cas récentes.

3.2.1 Risques liés à la chaîne de blocs et applications dérivées

Les risques associés à la chaîne de blocs et ses applications résident principalement dans la sécurité de la technologie et les défis de régulation. La chaîne de blocs, bien qu'inviolable en théorie, est sujette à des attaques de pointe comme l'ont souligné Antonopoulos et Wood (2018). Les applications de la chaîne de blocs, en revanche, sont souvent moins sécurisées, comme l'indique une étude de Mavridou et Laszka (2018), exposant les utilisateurs à des risques de sécurité accrus.

Le risque inhérent aux cryptomonnaies, étroitement liées aux JNF, réside dans leur volatilité et leur régulation floue, comme l'expliquent Vigna et Casey (2018). Quant aux JNF, ils présentent un terrain fertile pour les cybercriminels. Les escroqueries et les fraudes sont monnaie courante dans cet espace, comme l'illustre le cas de la vente frauduleuse d'une œuvre attribuée à Banksy pour 336 000 \$US (Das et al., 2022). Ces incidents soulignent la vulnérabilité des plateformes et des utilisateurs face à des acteurs malveillants.

Alors que l'espace des JNF explose avec des ventes de plusieurs millions de dollars, les cybercriminels et les escrocs se précipitent aussi sur les marchés pour réaliser des profits rapides et tromper les utilisateurs.

3.2.2 Risque de contrefaçon

La légitimité est l'un des grands problèmes avec les JNF, car rien n'empêche un imposteur de créer des titres de propriété et de vendre l'art de quelqu'un d'autre, tandis que le créateur

demeure ignorant de la fraude (Das et al. 2022). En date de 2023, la responsabilité de vérifier la validité d'un JNF incombe à l'acheteur. Malheureusement, cela n'est pas toujours facile.

Bien que les plateformes d'échange tentent de contrecarrer de telles attaques en exigeant une validation de compte, généralement via la présence sur les réseaux sociaux d'un artiste, un autre escroc a contourné le processus de vérification de Rarible et a réussi à faire vérifier un faux compte associé au célèbre artiste Derek Laufman. Les JNF contrefaits, également appelés imitations ou projets parodiques, ressemblent à des collections réputées et prétendent avoir été créés par des sources connues. Par exemple, le projet JNF CryptoPunks a de nombreux clones, tels que CryptoPhunks. Dans certains scénarios, les escrocs mettent en place des canaux de support client non autorisés et des comptes sur les réseaux sociaux qui prétendent être affiliés aux plateformes d'échange dans le but de voler des informations client et de compromettre des comptes.

3.2.3 Risques de manipulation du marché et blanchiment d'argent

Les *rug-pulls*, qui signifie « coup de tapis » et qui sont une forme de manipulation de marché où les créateurs abandonnent un projet après en avoir augmenté artificiellement la valeur, sont préoccupants. Il existe des preuves de "rug-pulls", où le propriétaire/créateur d'un JNF fait sans scrupules la promotion d'un actif afin d'en gonfler la valeur, pour ensuite encaisser et laisser les autres souffrir de la baisse subséquente de la valeur. Un exemple est la collection Eternal Beings, qui a été promue par le célèbre rappeur américain Lil Uzi Vert via son compte Twitter suivi par 8,5 millions d'abonnés. Peu de temps après l'investissement initial des acheteurs, il a supprimé tous ses gazouillis, entraînant une chute des valeurs des jetons (Das et al. 2022).

Le *wash trading*, qui signifie « ventes croisées artificielles », consiste à effectuer une transaction dans laquelle le vendeur se trouve des deux côtés de l'échange afin de donner une image trompeuse de la valeur et de la liquidité d'un actif, constitue une autre préoccupation pour les JNF. Le *wash trading* a historiquement été une préoccupation sur les plateformes d'échange de cryptomonnaies, où l'objectif est de faire paraître les volumes de transactions plus importants qu'ils ne le sont réellement. Dans le cas du *wash trading* des JNF, l'objectif serait de donner l'apparence d'une valeur plus élevée à un JNF en le vendant à un nouveau portefeuille que le propriétaire d'origine contrôle également.

En théorie, cela serait relativement facile avec les JNF, car de nombreuses plateformes de trading de JNF permettent aux utilisateurs de trader en connectant simplement leur portefeuille à la plateforme, sans avoir besoin de s'identifier. Cependant, grâce à l'analyse de la chaîne de blocs, nous pouvons suivre le *wash trading* des JNF en analysant les ventes de JNF vers des adresses autofinancées, c'est-à-dire financées soit par l'adresse de vente, soit par l'adresse qui a initialement financé l'adresse de vente. L'analyse des ventes de JNF vers des adresses autofinancées montre que certains vendeurs de JNF ont réalisé des centaines de *wash trades*.

Un rapport de Chainalysis, une firme de recherche sur la chaîne de blocs, révèle qu'en 2021, sur 262 *wash traders*, 110 wash traders ont tiré profit de leur pratique alors que 152 ont connu des

pertes (Chainalysis 2022). Les 110 *wash traders* profitables ont collectivement réalisé près de 8,9 millions de dollars de bénéfices grâce à cette activité, éclipsant les 416 984 dollars de pertes enregistrées par les 152 *wash traders* non rentables. Plus préoccupant encore, ces 8,9 millions de dollars proviennent très probablement de ventes à des acheteurs crédules qui pensent que le JNF qu'ils achètent a pris de la valeur, vendu d'un collectionneur distinct à un autre. Le *wash trading* des JNF évolue dans une zone juridique floue. Alors que le *wash trading* est interdit dans les valeurs mobilières et les contrats à terme classiques, le *wash trading* impliquant des JNF n'a pas encore fait l'objet d'une action de mise en application. Cependant, cela pourrait changer à mesure que les régulateurs recentrent leur attention et appliquent les autorités antifraude existantes aux nouveaux marchés des JNF. Les données et l'analyse de la chaîne de blocs facilitent l'identification des utilisateurs qui vendent des JNF à des adresses qu'ils ont autofinancées, de sorte que les places de marché pourraient envisager des interdictions ou d'autres sanctions pour les contrevenants les plus graves.

De plus, les sommes envoyées aux différentes plateformes d'échange de JNF par des adresses illicites ont augmenté de manière significative au troisième trimestre de 2021, dépassant le seuil d'un million de dollars US en cryptomonnaie (Chainalysis 2022). Ce chiffre a de nouveau augmenté au quatrième trimestre, atteignant près de 1,4 million de dollars US. Au cours de ces deux trimestres, la grande majorité de l'activité de blanchiment provenait d'adresses associées à des escroqueries envoyant des fonds aux plateformes d'échange de JNF pour effectuer des achats. Les deux trimestres ont également enregistré des montants importants de fonds volés envoyés aux plateformes d'échange.

Or, bien que l'enjeu du blanchiment d'argent soit une préoccupation au sein de l'écosystème, les sommes répertoriées représentent une goutte d'eau par rapport aux 8,6 milliards de dollars de blanchiment d'argent en cryptomonnaie suivi par Chainalysis tout au long de 2021. Néanmoins, le blanchiment d'argent, et en particulier les transferts provenant d'entreprises de cryptomonnaie sanctionnées, représente un risque important pour la construction de la confiance dans les JNF et devrait être surveillé de plus près par les plateformes d'échange, les régulateurs et les autorités.

3.3 Réglementation des jetons non fongibles

L'historique et l'état actuel de la réglementation des jetons non fongibles (JNF) révèlent un paysage complexe et en évolution. Actuellement, les JNF ne sont pas soumis à une réglementation spécifique dans de nombreuses juridictions, laissant un vide en termes de protection légale pour ceux qui créent, investissent ou commercent dans ce domaine. Cette situation a conduit à une variété de pratiques, certaines potentiellement risquées, dans le marché des JNF.

Au Royaume-Uni, par exemple, il n'existe pas de réglementation définie pour les JNF. Ils peuvent cependant tomber sous différentes catégories de cryptoactifs, ce qui pourrait nécessiter une autorisation spécifique par l'Autorité de conduite financière (FCA) si ces jetons sont classés comme des tokens de sécurité ou des e-money tokens.

Dans l'Union européenne, il n'y a pas non plus de réglementation spécifique pour les JNF, mais ils pourraient tomber sous le cadre général de la réglementation des cryptomonnaies. Les directives existantes sur les droits d'auteur, la protection des consommateurs et la lutte contre le blanchiment d'argent peuvent aussi s'appliquer. En France, le Conseil supérieur de la propriété littéraire et artistique (CSPLA) a publié en juillet 2022 un rapport intitulé « Rapport de la mission sur les jetons non fongibles (« NFT » en anglais), sécuriser le cadre juridique pour libérer les usages. »⁸. Le 17 octobre 2023, le Projet de loi n°1514, visant à sécuriser et à réguler l'espace numérique (loi SREN), était soumis au vote des députés de l'Assemblée nationale. Celui-ci comporte un Article 15, qui traite des jeux à objets numériques monétisables (JONUM)⁹ et qui dit qu'« à titre expérimental et pour une durée de trois ans, à compter de la promulgation de la présente loi, que les jeux avec des objets numériques monétisables (dont bien sûr les NFT) sont autorisés ». La France, en se dotant de cette réglementation des JONUM, se veut au tout premier rang du marché des JNF.

En Australie, si un JNF répond aux critères d'un produit financier selon le Corporations Act 2001, il serait alors soumis au cadre réglementaire de l'Australian Securities & Investment Commission (ASIC). En Chine, bien que les cryptomonnaies soient interdites, les JNF peuvent être achetés et vendus, et un ensemble de directives a été émis pour prévenir les risques financiers liés aux JNF, bien que ces directives ne constituent pas une réglementation formelle. L'Initiative chinoise suggère des normes de conduite, y compris des exigences en matière de lutte contre le blanchiment d'argent et de vérification de l'identité réelle des parties émettrices, vendeuses et acheteuses des JNF.

Dans le contexte de la réglementation des jetons non fongibles (JNF) et des cryptomonnaies, la question de la vérification de l'identité occupe une place prépondérante dans la dissuasion des activités cybercriminelles. Les plateformes d'échange de cryptomonnaies bien établies, telles que Coinbase et Binance US, sont soumises à des réglementations strictes. Ces plateformes exigent des utilisateurs qu'ils fournissent des informations personnelles identifiables (PII) et des documents justificatifs pour créer un compte, conformément aux règles de connaissance du client (Know Your Customer, KYC) et de lutte contre le blanchiment d'argent et le financement du terrorisme (AML/CFT) (Das et al. 2022).

En revanche, les plateformes JNF ne semblent pas appliquer de mesures réglementaires similaires. Cette absence de réglementation rigoureuse offre aux utilisateurs la possibilité de créer plusieurs comptes anonymes, posant des défis en termes de traçabilité et de sécurité.

La mise en place de l'authentification à deux facteurs (2FA) constitue une autre dimension cruciale de la sécurisation des comptes en ligne. Alors que les institutions financières traditionnelles et les plateformes d'échange de cryptomonnaies ont largement adopté la 2FA, celle-ci n'est pas encore une norme sur les plateformes JNF. Des plateformes comme Sorare, qui

⁸ <https://www.culture.gouv.fr/Nous-connaître/Organisation-du-ministère/Conseil-supérieur-de-la-propriété-littéraire-et-artistique-CSPLA/Travaux-et-publications-du-CSPLA/Missions-du-CSPLA/Mission-du-CSPLA-sur-les-jetons-non-fongibles-JNF-ou-NFT-en-anglais>

⁹ <https://journalducoin.com/nft/nft-projet-loi-sren-incluant-jonum-adopte-assemblee-nationale/>

gèrent le portefeuille des utilisateurs, exposent les comptes à des risques accrus en cas de compromission des identifiants de connexion. Le piratage de Nifty en mars 2021, où plusieurs comptes ont été compromis, illustre la vulnérabilité des plateformes JNF qui n'ont pas activé la 2FA par défaut (Das et al., 2022).

Cette analyse souligne la nécessité d'une réglementation plus stricte et de mesures de sécurité améliorées sur les plateformes JNF pour protéger les utilisateurs contre le vol d'identité, le blanchiment d'argent et d'autres activités frauduleuses. Il est impératif que les acteurs du marché des JNF adoptent des standards de sécurité et de réglementation similaires à ceux des plateformes d'échange de cryptomonnaies. De plus, l'activation par défaut de la 2FA et l'intégration des protocoles KYC et AML/CFT devraient être envisagées comme des mesures essentielles pour renforcer la sécurité des utilisateurs et la transparence des transactions sur les marchés des JNF.

Compte tenu de ces développements, il est essentiel de prendre des mesures proactives pour assurer la sécurité et la conformité réglementaire dans le secteur des JNF. Les recommandations incluraient l'adoption des cadres KYC et AML, l'activation par défaut de l'authentification à deux facteurs, et la vigilance accrue face aux plateformes et vendeurs frauduleux. Les investisseurs et les créateurs de JNF doivent également être conscients des risques, tels que les arnaques, le "wash trading", et les bulles spéculatives, et agir en conséquence pour protéger leurs intérêts. De plus, une réglementation plus claire et cohérente au niveau mondial pourrait grandement contribuer à stabiliser le marché et à renforcer la confiance des investisseurs et des consommateurs dans l'écosystème des JNF.

Toutefois, la situation dans le secteur des JNF en général montre une baisse significative du volume des transactions sur Ethereum en août 2023, atteignant le niveau le plus bas en deux ans. Les volumes de trading ont chuté à 407 millions de dollars, une baisse de 32% par rapport au mois précédent. La Commission des Échanges et des Sécurités (SEC) des États-Unis a lancé sa première action d'application de la loi liée aux NFT contre le studio de podcast Impact Theory, pour "offre non enregistrée de titres d'actifs cryptographiques". Impact Theory a levé environ 30 millions de dollars auprès de nombreux investisseurs. La SEC a également déclaré que les NFT offerts et vendus par Impact Theory étaient des contrats d'investissement et donc des titres. En outre, la plateforme NFT Recur a annoncé sa fermeture, moins de deux ans après avoir levé 50 millions de dollars dans un tour de financement de série A. Le secteur pourrait toutefois trouver un nouveau souffle avec les jeux vidéo, une transition suggérée par Loopify de Endless Clouds.¹⁰

¹⁰ <https://www.theblock.co/post/248692/ethereum-nft-august-2023>

4. Adoption des JNF et profil des utilisateurs dans le secteur du sport

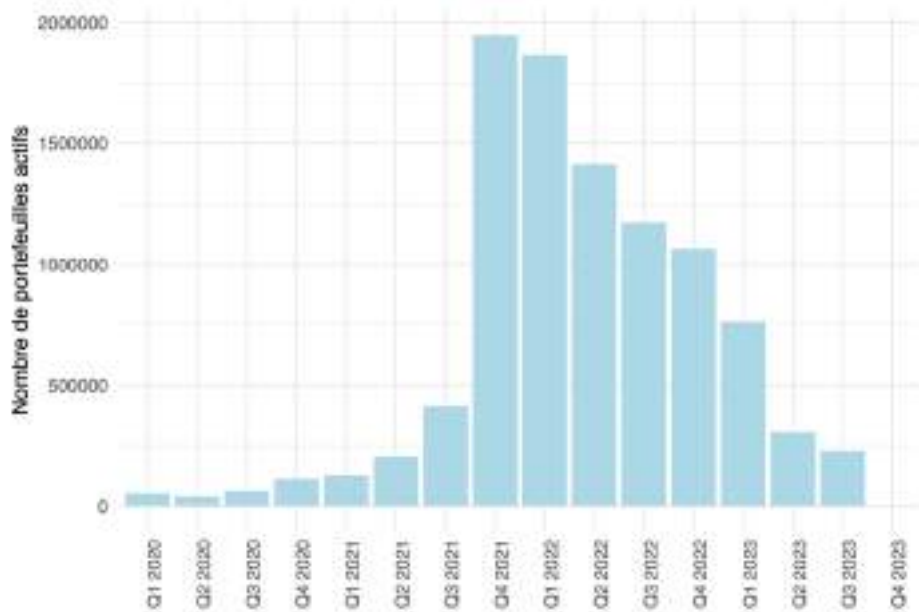
Les données présentées dans la section ci-dessous ont été extraites des sites Statista et Cryptoslam. Statista est une plateforme qui agrège des données provenant de diverses sources, notamment d'agences gouvernementales, de sociétés d'études de marché et d'autres organisations réputées. Cryptoslam est une plateforme qui regroupe des informations sur les transactions de cryptomonnaie, les transactions de JNF et le marché.

Pour chacun des tableaux ou graphiques, lorsque cela est pertinent nous allons spécifier ce qui est important à retenir du point de vue de l'utilisateur (acheteur ou vendeur), de l'investisseur et des régulateurs.

4.1 Marché mondial des JNF

Le nombre de portefeuilles actifs ayant participé à l'achat ou à la vente d'actifs JNF à travers le monde, couvrant la période du premier trimestre 2020 au troisième trimestre 2023 a augmenté considérablement en 2021 pour diminuer courant 2022 qui pourrait refléter une période d'intérêt accru pour les JNF. (Source : Statista, 2023) Le graphique 2 monte un pic d'activité, suivi par un déclin, qui pourrait être le reflet de dynamiques de marché ou d'un ajustement naturel après une période d'intensité particulière, possiblement due à des facteurs tels que la saturation ou des changements dans les tendances de consommation.

Graphique 2. Nombre de portefeuilles actifs ayant acheté ou vendu un actif JNF dans le monde entre le 1^{er} trimestre 2020 et le 3^e trimestre 2023. **Source :** Statista¹¹

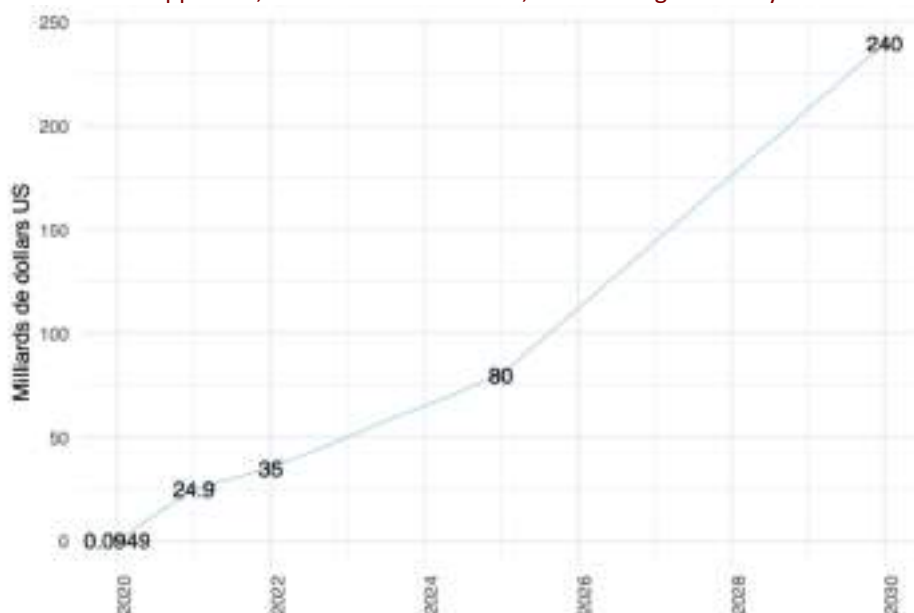


¹¹ <https://www.statista.com/statistics/1266322/nft-user-number/>

Cette tendance suggère des périodes de dynamisme sur le marché qui pourraient correspondre à une plus grande fluidité des transactions et des opportunités potentielles. Pour les régulateurs, les fluctuations observées pourraient indiquer le besoin d'élaborer des politiques ajustées pour accompagner l'évolution de cette catégorie d'actifs.

Si l'on illustre la croissance prévisionnelle du marché mondial des JNF, projetée de 2021 à 2030 (voir graphique 3), les valeurs indiquées suggèrent une trajectoire ascendante significative de ce marché, passant de 0.1 milliard de dollars en 2021 à 240 milliards de dollars estimés pour 2030. Ces projections, basées sur des sources diverses incluant DappRadar, Jefferies, et Morgan Stanley, fournissent un contexte intéressant pour notre étude.

Graphique 3. Croissance prévisionnelle du marché mondial des JNF. Sources : 2020 et 2021 : DappRadar; 2022 et 2023 : Jefferies; 2030 : Morgan Stanley.¹²



Nous pouvons interpréter cette croissance prévue comme un indicateur de l'intérêt grandissant et de l'acceptation des JNF en tant qu'actifs d'investissement viables. Pour les investisseurs, ce graphique suggère que le marché des JNF pourrait devenir un secteur d'investissement de plus en plus important, soulignant le potentiel de diversification des portefeuilles et la nécessité de comprendre les nouvelles dynamiques du marché.

Pour les régulateurs, cette tendance de croissance soulève des questions essentielles quant à la mise en place de cadres réglementaires adaptés pour accompagner le développement de ce marché naissant. Les implications en termes de régulation financière, de protection des

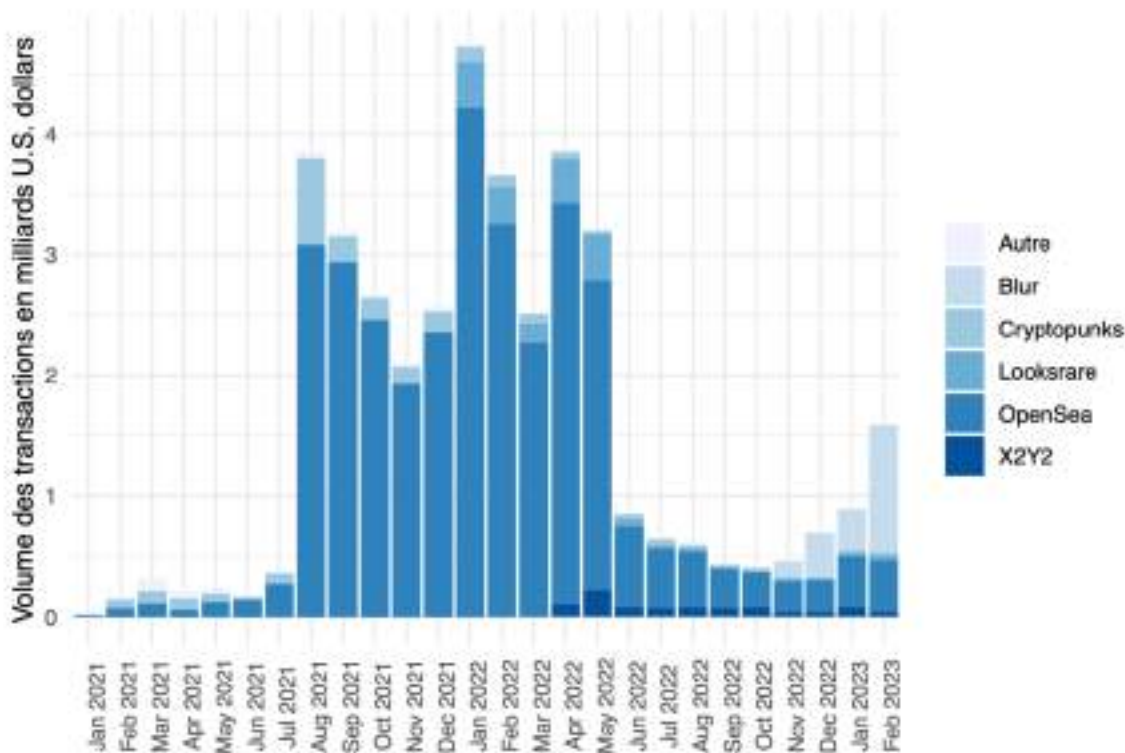
¹² <https://ieeexplore.ieee.org/document/9903860>

consommateurs, et d'intégrité du marché pourraient devenir des sujets de préoccupation majeurs à mesure que le marché mûrit.

Le graphique 4 montre le volume des transactions réalisées sur diverses plateformes d'échanges de JNF (« marketplaces »), entre janvier 2021 et février 2023. Les données semblent indiquer une variabilité mensuelle du volume des transactions, avec des pics qui pourraient correspondre à des événements spécifiques ou à des changements dans la dynamique du marché des JNF.

Parmi les plateformes les plus connues, on trouve OpenSea, LooksRare, Rarible, SuperRare, X2Y2, Blur, etc. Ces différentes plateformes permettent de s'inscrire gratuitement, avant de créer, acheter et vendre des JNF. Les plateformes telles que OpenSea, et plus récemment Blur, jouent un rôle important dans le commerce des JNF, et le graphique 4 montre que la préférence des utilisateurs pour certaines plateformes peut changer avec le temps.

Graphique 4. Volume des transactions sur les différentes plateformes JNF de janvier 2021 à février 2023. **Source :** Statista.¹³



Cela peut être dû à des améliorations technologiques, des partenariats stratégiques, ou des campagnes de marketing qui influencent l'engagement des utilisateurs. Pour les investisseurs, comprendre ces tendances est essentiel pour saisir où l'activité est la plus intense et où les opportunités d'investissement pourraient être les plus fructueuses. Pour les régulateurs, le graphique souligne l'importance de surveiller le développement de ces plateformes et la volatilité

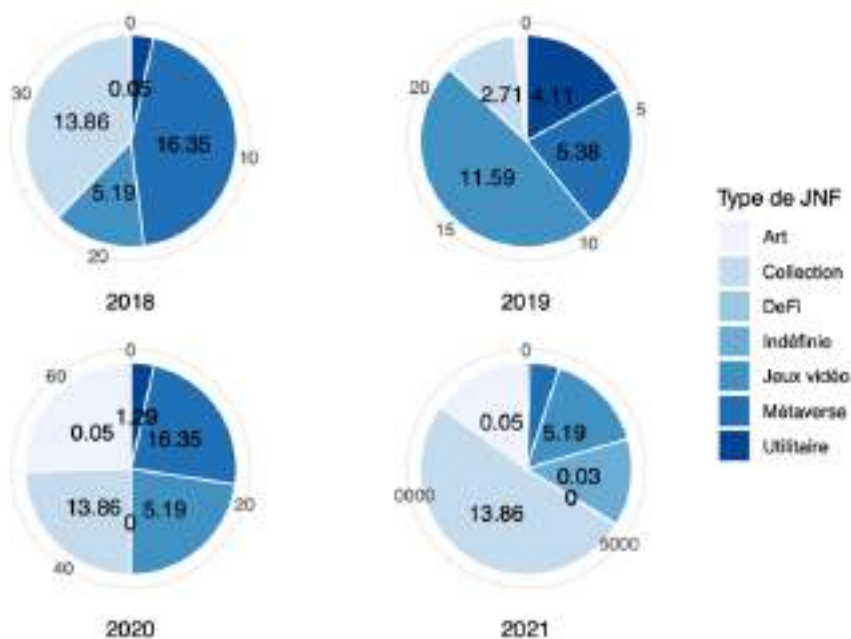
¹³ <https://www.statista.com/statistics/1376289/nft-trading-volume-on-selected-platforms/>

du marché, ce qui est fondamental pour établir des directives qui protègent les intérêts des consommateurs tout en soutenant l'innovation et la croissance dans ce secteur.

On observe dans le graphique 5 une évolution des segments du marché des JNF au fil du temps. En 2018 et 2019, les jeux vidéo et les objets de collection dominaient le marché, ce qui reflète les premiers intérêts et applications des JNF. En avançant vers 2020 et 2021, il y a une expansion notable dans d'autres domaines, y compris l'art et le métavers, ce dernier prenant une place considérable en 2021. Cette diversification pourrait signaler un élargissement de l'acceptation des JNF et une reconnaissance de leur potentiel au-delà des premières applications ludiques et collectives.

Graphique 5. Valeur des ventes de JNF dans différents segments (2018-2021)

Source : adapté de Best (2022), Statista ¹⁴



4.2 Profils des fans détenteurs de cryptomonnaies et de JNF

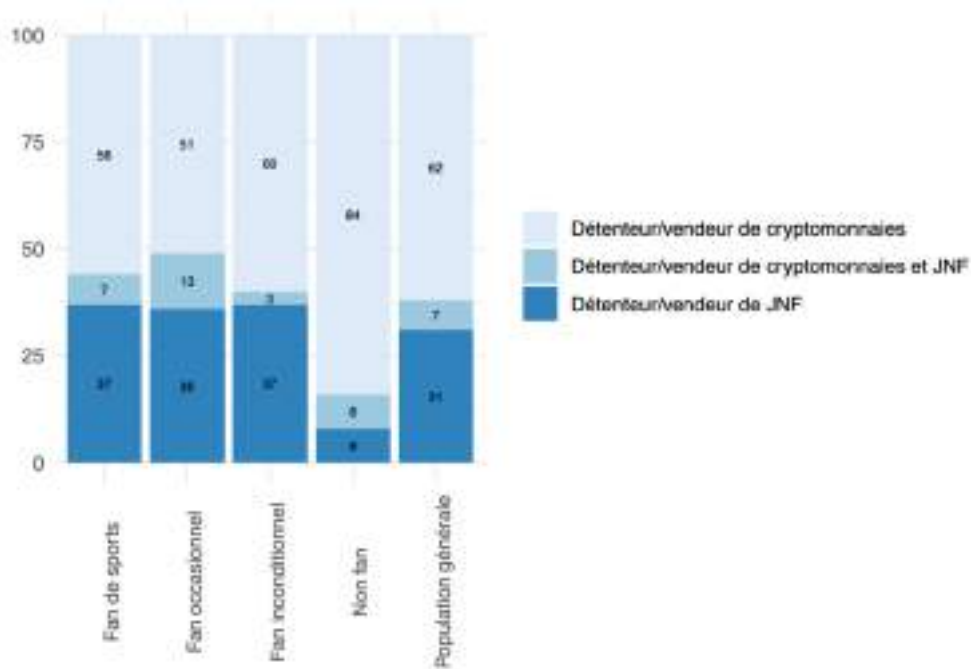
Selon une étude effectuée en 2022 sur les sports américains, les cryptomonnaies sont plus populaires que les JNF. Le graphique 6 représente la répartition de cryptomonnaies (qui pourraient être des jetons de partisans) et de JNF, dans le secteur sportif aux États-Unis, selon

¹⁴ <https://www.statista.com/statistics/1221400/nft-sales-revenue-by-segment/>

différentes catégories de fans (fan de sports, fan occasionnel, fan inconditionnel, non-fan, population générale). Les fans peuvent détenir ou vendre des JNF.

Graphique 6. Profil des fans détenteurs de cryptomonnaies et de JNF dans le sport

(Source : adaptée de Gough, 2023, Statista)¹⁵



Un sondage de mai 2022 s'est concentré sur les fans de sport américains qui ont acheté des cryptomonnaies et des JNF. Selon l'étude, les cryptomonnaies étaient plus populaires que les NFT, avec environ 56 % des fans de sport interrogés en possédant ou en vendant. Alors que 13 % des fans occasionnels déclaraient avoir détenu ou vendu ces deux actifs numériques, seulement trois pour cent des fans inconditionnels interrogés affirmaient la même chose. Les « non fans » ne s'intéressent pas aux JNF de sport.

Le tableau ci-dessous montre une augmentation initiale substantielle du volume total des transactions de JNF de 6,774,325 en 2018 à 7,619,671 en 2019, suivie d'une diminution à 1,332,724 en 2020. Cette évolution pourrait indiquer un marché des JNF qui, après une phase de croissance rapide, est entré dans une période de consolidation ou de réajustement.

Dans le cadre de notre étude, cette fluctuation suggère que bien que l'intérêt pour les JNF ait connu une expansion rapide, le marché a pu être affecté par des facteurs externes qui ont ralenti la croissance ou modifié les habitudes des consommateurs en 2020. Il est également possible que

¹⁵ <https://www.statista.com/statistics/1317375/sports-fans-holding-cryptocurrency-nft-united-states/>

la saturation du marché, la volatilité des prix des cryptomonnaies ou les changements dans les préférences des consommateurs aient influencé ce volume de transactions.

Pour les investisseurs, cette tendance pourrait indiquer la nécessité d'une analyse plus approfondie des segments de marché spécifiques qui restent robustes ou montrent une résilience face aux fluctuations globales. Pour les régulateurs, une telle volatilité met en lumière le besoin d'une surveillance du marché des JNF pour comprendre les dynamiques sous-jacentes et pour assurer une régulation qui protège les intérêts des parties prenantes tout en encourageant une innovation saine.

Tableau 1. Nombre de transactions impliquant un JNF dans différents secteurs de 2018 à 2020 (Source : Statista)¹⁶

Caractéristique	2018	2019	2020
Total	6774325	7619774	1332724
Jeux vidéo	N/A	N/A	629553
Collection	5054571	3325734	363412
Métaverse	84870	72955	111773
Sport	N/A	N/A	103109
Art	21765	344390	64485
Utilitaire	4275	130843	60392
Jeux de cartes à collectionner	109769	336366	N/A
Jeu de Rôle	644362	1187502	N/A
Jeu de stratégie	748028	2072103	N/A
Autre	106685	149881	N/A

Le tableau 2 dresse la liste des principales sources d'inspiration pour commencer à investir dans des JNF liés au sport aux États-Unis. Selon les données à partir de 2021, les amis représentent la source la plus influente, avec 51.6% des répondants indiquant qu'ils étaient inspirés par leurs amis pour investir dans les JNF sportifs. Les médias arrivent en deuxième position avec 40.1%, suivis par des articles (37.8%) et des forums en ligne (28.6%).

Les équipes préférées de la NBA sont citées par 23.2% des répondants, tandis que les plateformes de réseaux sociaux telles que Facebook, Clubhouse, et Instagram montrent également une influence notable. Des personnalités publiques comme Elon Musk, Mark Cuban, Keem Bosak, et Rob Gronkowski figurent aussi sur la liste, bien que dans une moindre mesure.

Ces données s'avèrent précieuses, car elles mettent en lumière les canaux d'influence qui conduisent à l'adoption des JNF dans le sport. Elles soulignent l'importance des réseaux sociaux et des recommandations personnelles dans les décisions d'investissement liées aux JNF. Cela indique également l'importance de la confiance et de l'influence sociale dans la promotion et l'adoption des technologies financières émergentes.

¹⁶ <https://www.statista.com/statistics/1221487/nft-sales-volume-by-segment/>

Tableau 2. Principales sources d'inspiration pour commencer à investir dans les JNF liés au sport aux États-Unis depuis juin 2021 (Source : Best, 2023, Statista)¹⁷

Sources de renseignements	Pourcentage de répondants
Amis	51.6%
Famille	40.1%
Articles	37.8%
Forum en ligne	28.6%
Équipe préférée de la NBA	23%
Twitter	22.6%
Facebook	20.7%
Clubhouse	18.9%
Instagram	17.5%
Joueur NBA préféré	13.8%
Elon Musk	12%
Mark Cuban	11%
Kenn Bosak	9.7%
TikTok	5.5%
Rob Gronkowski	3.7%

Le tableau 3 présente une analyse statistique du volume des ventes du jeu de cartes de Basket à collectionner JNF NBA Top Shot en fonction du nombre d'acheteurs uniques de juillet 2020 à octobre 2022. Le volume minimum de ventes est de 8,350 et le nombre minimum d'acheteurs uniques est de 35 (le nombre moyen est de 45647)

Tableau 3. Volume des ventes (en milliers) de cartes à collectionner JNF NBA Top Shot en fonction du nombre d'acheteurs uniques de juillet 2020 à octobre 2022 (Source : Statista)¹⁸

	Volume des ventes	Acheteurs uniques
Min	8.35	35
1st Qu	4181	13274
Median	23741.49	39134
Mean	36990.04	45647
3rd Qu	40858.82	64930
Max	224070.12	184008

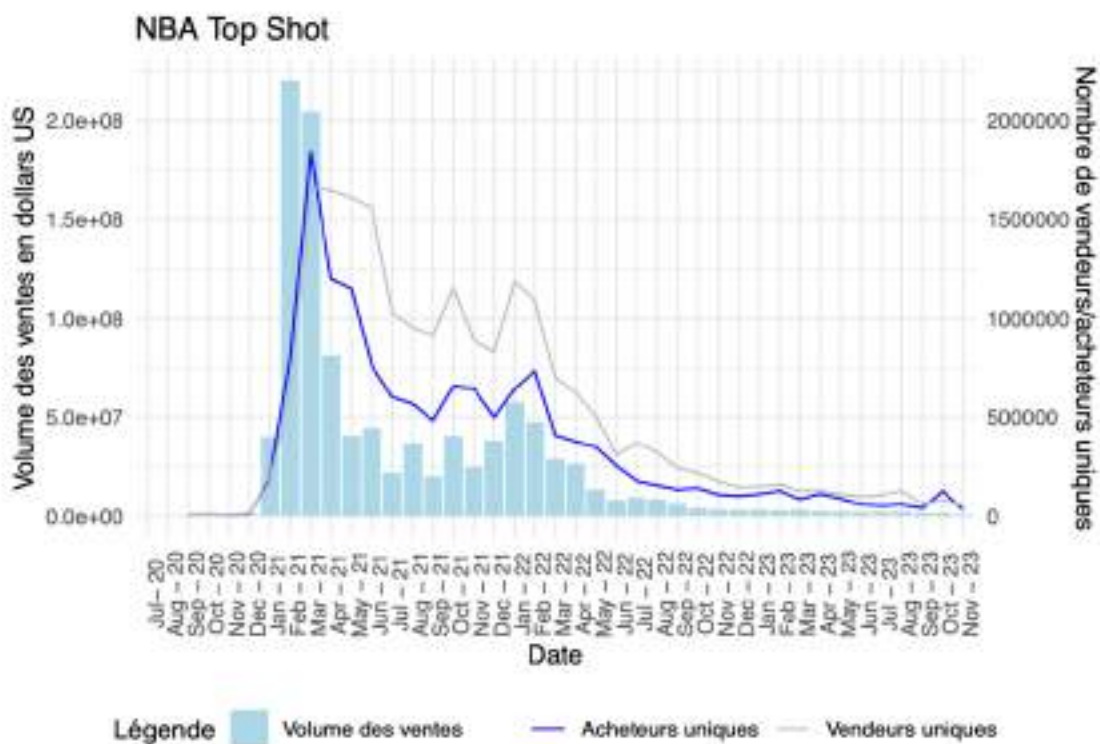
Ces données peuvent indiquer la popularité et l'engagement des consommateurs avec les JNF NBA Top Shot, et peuvent être utilisées pour évaluer le potentiel de marché pour des produits similaires. La différence entre la moyenne et la médiane suggère une distribution asymétrique des volumes de ventes, ce qui pourrait être attribué à des périodes de vente exceptionnellement élevées ou à des lancements de produits très attendus.

¹⁷ <https://www.statista.com/statistics/1266012/sports-nft-investment-sources-usa/>

¹⁸ <https://www.statista.com/statistics/1266001/nba-top-shot-nft-development/>

Le graphique 7 montre le volume des ventes en dollars US et le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques pour les ventes de NBA Top Shot sur une période donnée. On observe un pic considérable du volume des ventes au début de la période, qui diminue progressivement au fil du temps. Cela pourrait indiquer un intérêt initial très élevé pour les JNF NBA Top Shot, suivi d'une stabilisation ou d'un déclin de l'intérêt. Le nombre d'acheteurs uniques semble suivre une tendance similaire, bien que la baisse ne soit pas aussi marquée que celle du volume des ventes.

Graphique 7. Volume des ventes de JNF de cartes à collectionner NBA Top Shot en dollars et nombre de vendeurs/acheteurs uniques (Source : Cryptoslam, 2023)¹⁹



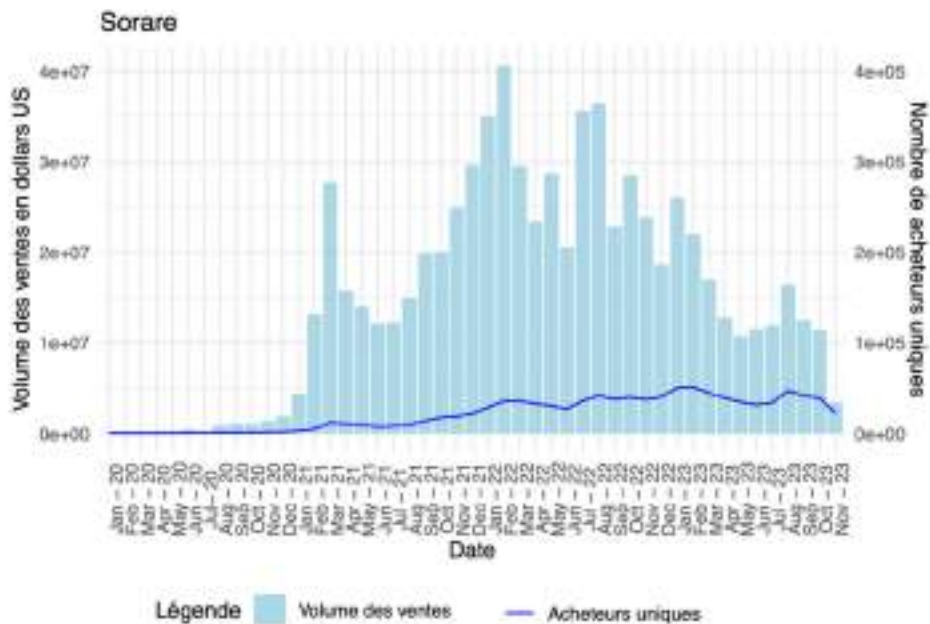
Ce graphique suggère des moments de forte activité qui peuvent coïncider avec des événements spéciaux, des lancements de produits, ou des tendances du marché. De plus, le déclin pourrait indiquer des périodes de saturation ou des changements dans les préférences des consommateurs. Pour les investisseurs, ces données peuvent aider à identifier les périodes optimales pour l'entrée ou la sortie du marché des JNF sportifs. Pour les régulateurs, les tendances observées peuvent signaler des moments où la surveillance accrue du marché est nécessaire, surtout si de grands volumes de transactions coïncident avec des périodes de volatilité du marché.

¹⁹ https://www.cryptoslam.io/nba-top-shot?tab=historical_sales_volume

Le graphique 8 représente le volume des ventes en dollars US de JNF pour Sorare²⁰, un jeu de cartes à collectionner, et le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques sur une période donnée, tel que rapporté pour 2023.

On observe que le volume des ventes fluctue au fil du temps, avec des périodes de pic qui peuvent être associées à des événements spéciaux, des promotions, ou des introductions de nouvelles cartes ou fonctionnalités dans le jeu.

Graphique 8. Volume des ventes de JNF de cartes à collectionner Sorare (Source : Cryptoslam, 2023)²¹



Le graphique 9 représente le volume des ventes en dollars américains et le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques pour "NFL All Day", qui est une plateforme de JNF liée à la National Football League (NFL)²². Nous pouvons observer plusieurs pics dans le volume des ventes, qui pourraient correspondre à des événements spéciaux, des matchs importants, ou des lancements de nouvelles séries de JNF liées à la NFL.

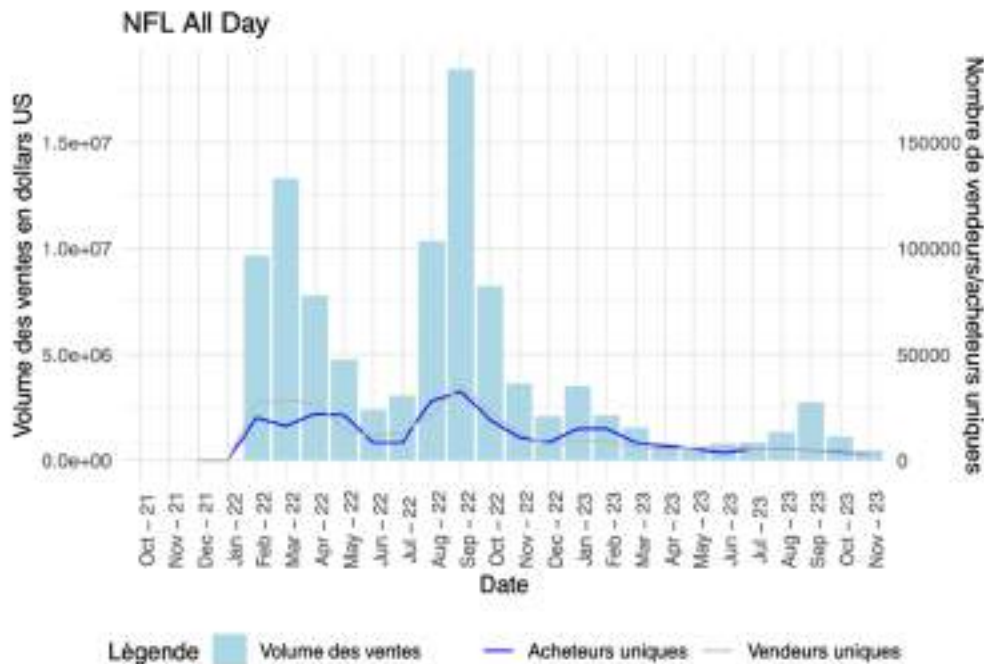
²⁰ Sorare est un jeu de fantasy football de haut niveau dans lequel les joueurs collectionnent des cartes de joueurs numériques personnalisables.

²¹ <https://www.cryptoslam.io/sorare/sales/summary>

²² La cryptostartup à l'origine du concept de NFT NBA Top Shot a créé NFL All day pour le football américain. A priori cela n'a pas eu le même succès. (voir : <https://cryptonaute.fr/pourquoi-collection-nfl-all-day-desastre/>)

Bien que les nombres d'acheteurs et de vendeurs uniques semblent moins volatils que le volume des ventes, il y a une certaine corrélation visible entre ces chiffres, indiquant que les événements qui stimulent les ventes attirent également un nombre accru d'acheteurs et de vendeurs.

Graphique 9. Volume des ventes de JNF de cartes à collectionner NFL All Day (Source : Cryptoslam, 2023)²³

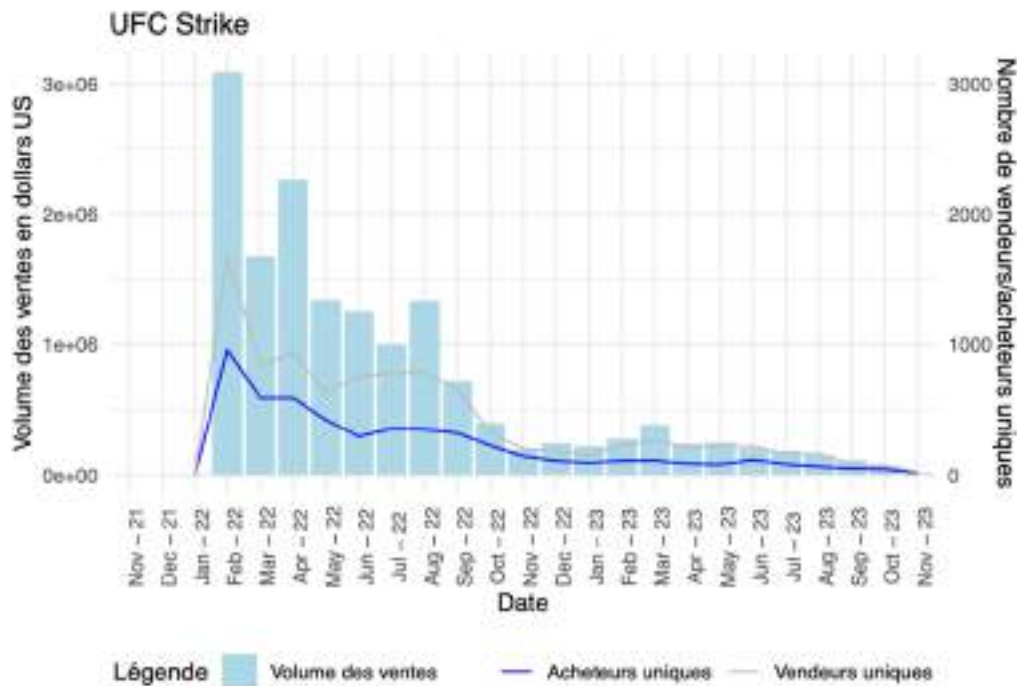


Le graphique 10 dépeint le volume de ventes en dollars américains et le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques pour les JNF liés à l'UFC Strike²⁴ sur une période donnée en 2023. Il est notable que le volume des ventes a connu un pic initial élevé, suivi d'une décroissance tendant vers une stabilisation. Cette tendance peut être attribuable à un intérêt initial fort, potentiellement stimulé par le lancement ou par des événements spécifiques liés à l'UFC, qui s'estompe progressivement au fur et à mesure que le marché se sature ou que la nouveauté s'estompe.

²³ https://www.cryptoslam.io/nfl-all-day?tab=historical_sales_volume

²⁴ Ultimate Fighting Championship (UFC) s'est associé à Dapper Labs pour lancer son ensemble d'objets de collection numériques baptisé UFC Strike (voir : <https://www.actumma.com/ufc-lance-monde-nft-et-metaverse/38634>)

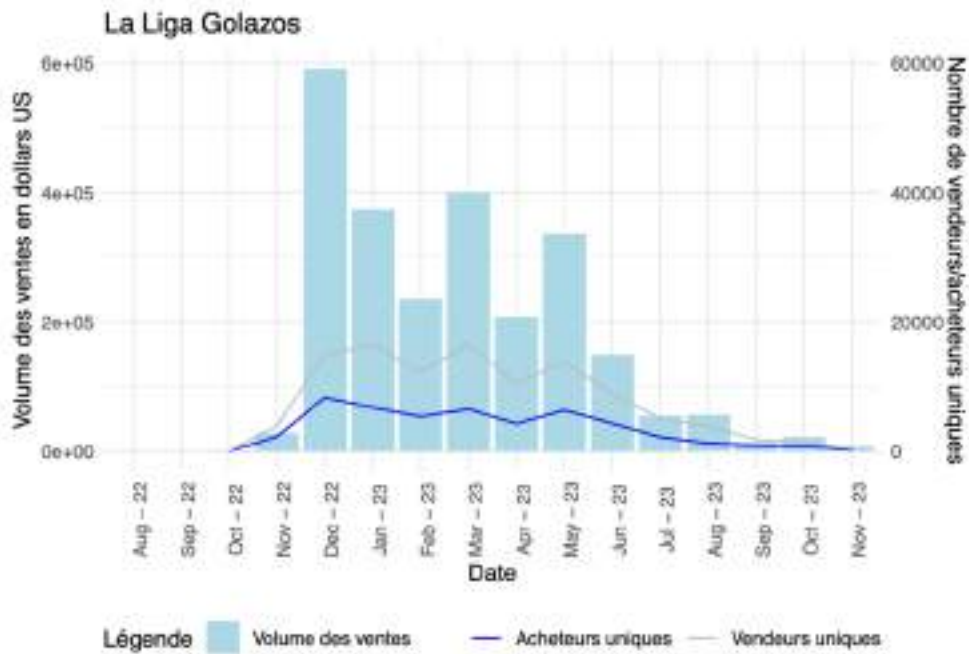
Graphique 10. Volume des ventes de JNF de cartes à collectionner UFC Strike (Source : Cryptoslam, 2023)²⁵



Le graphique suivant montre le volume des ventes en dollars US et le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques pour des souvenirs de "La Liga Golazos" (Première ligue espagnole de soccer) à des dates spécifiques en 2023. Il est évident qu'il y a eu plusieurs pics dans le volume des ventes, ce qui pourrait indiquer des lancements de nouveaux JNF ou des événements spéciaux dans le calendrier de La Liga qui ont stimulé l'intérêt et l'activité d'achat. Les pics dans le nombre d'acheteurs et de vendeurs uniques, s'ils correspondent aux pics de volume des ventes, suggèrent une corrélation entre les nouveaux participants sur le marché et les augmentations de volume des ventes.

²⁵ https://www.cryptoslam.io/ufcnft?tab=historical_sales_volume

Graphique 11. Volume des ventes de JNF de cartes à collectionner La Liga Golazos (Source : Cryptoslam, 2023)²⁶



Pour une étude sur les JNF dans le sport, ces données peuvent indiquer des périodes clés d'engagement des consommateurs et des opportunités de marché pour les produits liés à La Liga. Pour les investisseurs, cette information peut être utile pour identifier les tendances du marché et potentiellement prévoir les périodes de haute activité. Pour les régulateurs, une compréhension des périodes de pic de vente et d'engagement d'acheteurs peut être essentielle pour s'assurer que les marchés fonctionnent de manière équitable et transparente.

4.3 Opportunités et enjeux de l'utilisation de JNF pour les organisations sportives

Le graphique 12 illustre les attitudes des organisations sportives envers l'utilisation des JNF dans leurs stratégies commerciales depuis 2021. Les réponses varient depuis la non-considération de l'utilisation des JNF, soit par manque de vision à long terme, soit par manque de connaissances, jusqu'à l'adoption active avec le développement et le lancement de produits JNF concrets.

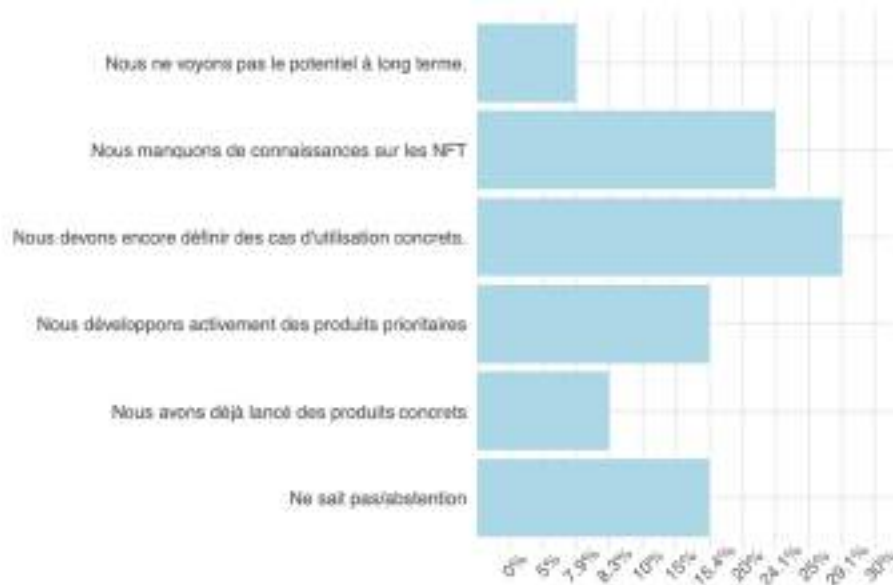
Près de 30 % des détenteurs de droits de l'industrie du sport perçoivent un potentiel des JNF pour la stratégie commerciale de leur organisation²⁷ selon un sondage fait en 2023, mais n'ont pas encore défini de cas d'utilisation concrets. Seuls 15,4 % des détenteurs de droits de l'industrie

²⁶ https://www.cryptoslam.io/golazos?tab=historical_sales_volume

²⁷ voir <https://www.statista.com/statistics/1310505/nft-sports-industry-importance/>

du sport ont déclaré qu'ils développaient activement des produits prioritaires dans le domaine des JNF et 8,3 % d'entre eux ont déjà lancé des produits concrets.

Graphique 12. Stratégies commerciales, opportunités et enjeux des détenteurs de droits dans l'industrie du sport **Source :** Gough, C. (2023)²⁸



Bien que certaines organisations aient déjà intégré les JNF dans leurs stratégies commerciales, 24% déclarent manquer de connaissances sur les JNF et ne savent pas définir des cas d'utilisation précis pour réaliser pleinement le potentiel des JNF. Pour les régulateurs, la reconnaissance du manque de connaissances sur les JNF indique une opportunité pour développer des lignes directrices et des ressources éducatives pour faciliter une adoption responsable des JNF dans le secteur sportif.

Le site de Statista précise qu'en novembre 2021, sept marques de cryptomonnaies et de NFT dans le monde avaient signé un partenariat avec la NBA. « Alors que la ligue elle-même a annoncé que Coinbase était le partenaire exclusif de la plateforme de cryptomonnaie pour la saison 2021-2022, six autres marques du marché des cryptomonnaies et des NFT se sont associées à une ou plusieurs équipes de la NBA.

Selon une analyse réalisée entre le 19 octobre et le 17 novembre 2021, les posts des médias sociaux de la NBA comprenant des tags vers la marque Crypto.com, qui représente les Philadelphia 76ers et les Los Angeles Lakers, ont généré une valeur d'environ 210 000 dollars américains. Au cours de la même période, les messages qui mentionnaient la marque NFT Socio - partenaire de 24 des 30 équipes de la NBA - ont rapporté une valeur de plus de 181 000 dollars américains ». Le tableau suivant résume la valeur de ces publications de la NBA taguant des noms de cryptomonnaies et de JNF sur les médias sociaux, en dollars américains et en Ether, du 19

²⁸ <https://www.statista.com/statistics/1310505/nft-sports-industry-importance/>

octobre au 17 novembre 2021. La valeur attribuée aux tags de ces marques peut refléter l'impact marketing et l'engagement des partisans dans l'espace numérique. Pour les investisseurs, ces chiffres peuvent signaler les marques qui ont une présence influente et potentiellement profitable dans le partenariat avec des organisations sportives.

Tableau 4. Valeur des publications de la NBA sur les médias sociaux dans le monde du 19 octobre au 17 novembre 2021 (en dollars US et Ethereum) **Source :** Statista²⁹

Caractéristique	Dollars US	Ethereum
Crypto.com	210385	49.58
Socios	181265	42.72
FTX	147652	34.80
StomX	59287	13.97
ANKR	20891	4.92
Top Shot	2387	0.56

5. Conversations sur les réseaux sociaux et valeurs des JNF sportifs : illustration avec l'étude des JNF de Sorare NBA

Nous avons collecté les gazouillis de différents comptes sur la plateforme X (ex-Twitter). Nous avons décidé d'utiliser ces données pour les raisons suivantes : 1) les gazouillis sont des données accessibles au public et 2) avec les caractéristiques de X (ex-Twitter), nous sommes en mesure de quantifier l'interaction entre les personnes. Nous avons sélectionné les comptes sur la base de leur mention active des jetons sportifs et des JNF. Avec ce critère, nous avons pu identifier 9 comptes qui mentionnent les JNF depuis la création du compte jusqu'en février 2023 : @nbatopshot, @NFLAllDay, @UFCStrikeNFT, @LaLigaGolazos, @Sorare, @SorareMLB, @SorareNBA, @TheBinanceNFT, @Coinbase_NFT.

Pour cette étude, nous nous concentrons sur les données de la plateforme Sorare NBA pour laquelle nous avons aussi les ventes et les prix. Sorare NBA est une plateforme de jeu de fantasy sport basée sur la technologie de la chaîne de blocs qui permet aux utilisateurs de collectionner, échanger et jouer avec des cartes numériques officiellement de joueurs de la National Basketball Association (NBA). Ces cartes numériques sont des jetons non fongibles ce qui signifie que chaque carte est unique, possède une preuve de propriété vérifiable et ne peut pas être échangée à l'identique avec une autre.

Les utilisateurs de Sorare NBA achètent, vendent et échangent ces cartes pour créer des équipes virtuelles qui peuvent être utilisées dans des compétitions de fantasy sport, où les performances des joueurs dans les matchs réels de la NBA affectent les scores des équipes virtuelles. Le succès de l'équipe virtuelle dépend ainsi de la capacité de l'utilisateur à choisir des cartes de joueurs qui,

²⁹ <https://www.statista.com/statistics/1087657/value-nba-social-media-posts-tagging-nft-brands-worldwide/>

selon lui, se comporteront bien dans les jeux réels. En tant que marché pour les JNF et en tant que jeu interactif, Sorare NBA combine l'engagement des fans de sport avec l'investissement et la spéculation caractéristiques des marchés des actifs numériques. La plateforme offre une nouvelle façon pour les fans de basket-ball d'interagir avec le sport, en établissant un lien entre le monde numérique et les performances athlétiques réelles.

5.1 Collecte des données de Sorare NBA et statistiques descriptives

Nous avons collecté les messages gazouillis du compte X (ex-Twitter) de Sorare NBA : @SorareNBA. Nous avons 471 gazouillis jusqu'au 7 février 2023. Les gazouillis collectés fournissent des informations telles que le texte du gazouillis, le nombre de réponses, de «j'aime» et de regazouillis, etc. Le tableau 5 présente les variables recueillies à partir des gazouillis des différents comptes (les métadonnées).

Tableau 5. Liste et description des métadonnées des gazouillis collectés

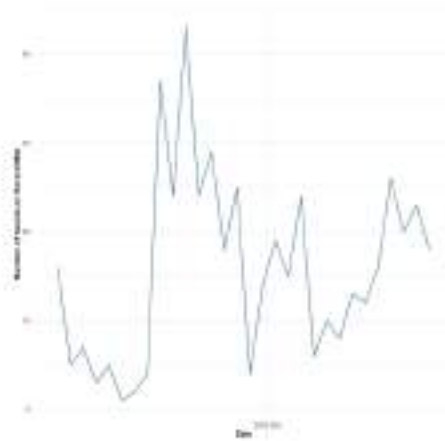
Id :	L'identifiant unique du tweet.
conversation_id :	L'identifiant unique de la conversation à laquelle le tweet appartient, utile pour regrouper les tweets d'un même fil de discussion.
created_at :	La date et l'heure de création du tweet.
date :	La date à laquelle le tweet a été posté.
time :	L'heure exacte à laquelle le tweet a été posté.
timezone :	Le fuseau horaire depuis lequel le tweet a été envoyé.
username :	Le nom d'utilisateur de la personne qui a posté le tweet.
name :	Le nom affiché de l'utilisateur qui a posté le tweet.
place :	La localisation géographique où le tweet a été posté, si elle a été partagée.
tweet :	Le contenu textuel du tweet.
language :	La langue dans laquelle le tweet a été rédigé.
mentions :	Les autres utilisateurs mentionnés dans le tweet.
urls :	Les URL contenues dans le tweet.
photos :	Les liens vers les photos incluses dans le tweet.
replies_count :	Le nombre de réponses au tweet.
likes_count :	Le nombre de "j'aime" que le tweet a reçus.
retweets_count :	Le nombre de fois que le tweet a été retweeté.
Hashtags :	Les hashtags utilisés dans le tweet.
cashtags :	Utilisé pour les symboles boursiers (comme \$AAPL pour Apple inc.) mentionnés dans le tweet.
link :	Le lien direct vers le tweet.
retweet :	Indique si le tweet est un retweet.
reply_to :	Les informations sur le tweet original auquel celui-ci répond, y compris l'utilisateur original et l'identifiant du tweet.

Nous avons un échantillon de 471 gazouillis pour Sorare NBA du 7 septembre 2022 au 6 février 2023. Dans notre analyse détaillée, nous nous penchons sur :

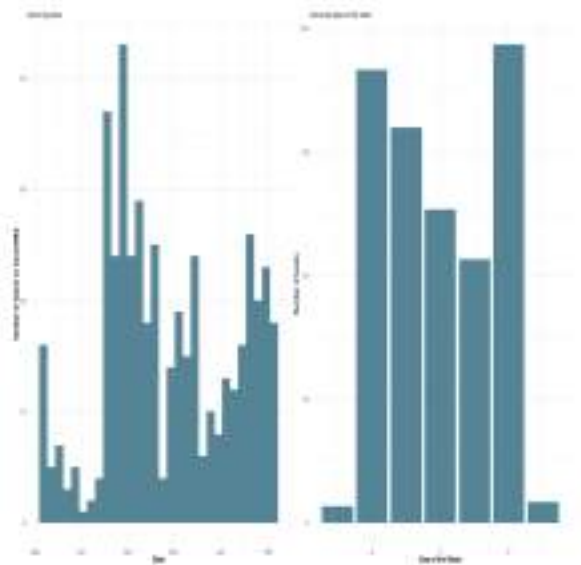
- Les tendances générales : Nous identifions les tendances ascendantes ou descendantes de l'activité des gazouillis pour déceler une corrélation avec des événements externes ou des modifications de la popularité de la plateforme.
- La saisonnalité : Nous observons les patterns récurrents qui pourraient être associés au calendrier de la saison sportive.
- Les valeurs aberrantes : Nous notons toute fluctuation inhabituelle pouvant être expliquée par des événements exceptionnels ou des campagnes de marketing.
- La corrélation : Nous évaluons si une relation existe entre le nombre de gazouillis et d'autres variables pertinentes à notre étude, comme le volume de transactions sur Sorare NBA ou l'augmentation du nombre d'utilisateurs.

Les graphiques 13 et 14 montrent l'intérêt et l'engagement du public vis-à-vis de Sorare NBA. Les pics observés correspondent à des événements clés comme d'importants matchs, des transferts de joueurs, des mises à jour significatives de la plateforme ou à des tendances plus larges dans l'espace des JNF. Les creux, quant à eux, reflètent des périodes de baisse d'activité, potentiellement dues à l'intersaison ou à un manque d'annonces liées à Sorare NBA. Il y a aussi des différences selon les jours.

Graphique 13. Nombre de gazouillis à propos de Sorare NBA sur la période 2021 – 2023 (source : collecte sur X – exTwitter)



Graphique 14. Nombre de gazouillis par mois en 2023 (source : collecte sur X – exTwitter)



Le tableau suivant fournit des statistiques sur les regazouillis, les réponses et les «j’aime» pour une période donnée, ainsi que des données annuelles sur le nombre de gazouillis, regazouillis, réponses et «j’aime».

Tableau 6. Nombre de gazouillis à propos de Sorare NBA dans notre échantillon.

NUMBER OF RETWEETS, REPLIES AND LIKES FOR THE OVERALL PERIOD

	Category	Count	Proportion
Retweets	At least one retweet	312	66.2%
	No retweets	159	33.8%
Replies	At least one reply	348	73.9%
	No replies	123	26.1%
Likes	At least one like	457	97.0%
	No likes	14	3.0%

NUMBER OF TWEETS, RETWEETS, REPLIES AND LIKES PER YEAR

Year	Tweets	Likes	Retweets	Replies
2022	343	17,600	5,645	4,208
2023	128	4,223	318	451

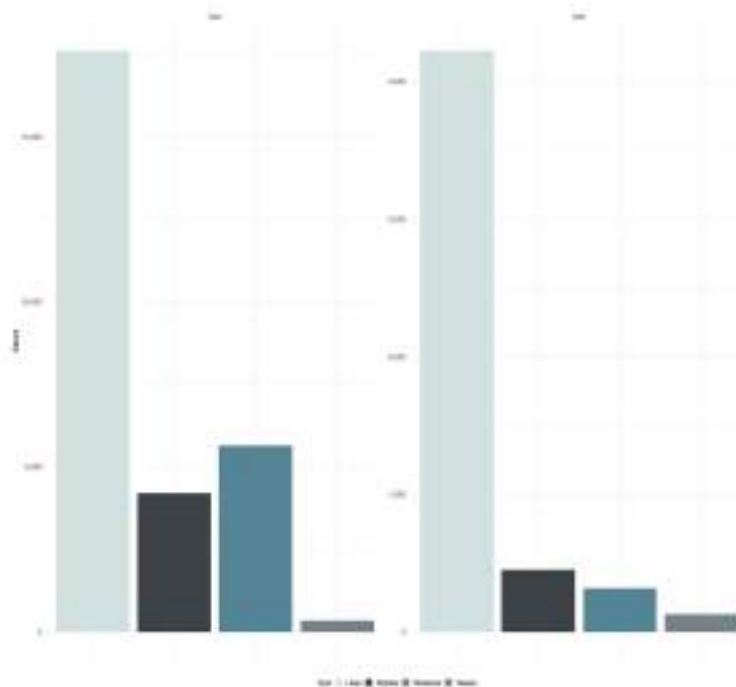
Il est intéressant de comprendre la signification de ces données.

- **Regazouillis** : 312 gazouillis ont été retweetés au moins une fois, ce qui représente 66,2% de tous les gazouillis. Cela indique un niveau d'engagement modéré.
- **Réponses** : 348 gazouillis ont reçu au moins une réponse, ce qui correspond à 73.9% de tous les gazouillis. Cela pourrait suggérer un dialogue ou une discussion engagée.
- **«j'aime»** : 457 gazouillis ont reçu au moins un like, indiquant un taux d'approbation élevé à 97.0%.
- Pour **2022**, il y a eu 343 gazouillis, avec 17,600 «j'aime», ce qui montre une interaction positive élevée. Les regazouillis s'élèvent à 5,645 et les réponses à 4,298, indiquant une bonne interaction et un bon engagement.
- Pour **2023**, il y a eu une diminution du nombre de gazouillis à 128. Cependant, il y a eu 4,223 «j'aime», 318 regazouillis et 451 réponses, ce qui peut indiquer un changement dans l'engagement ou la fréquence des gazouillis.

Le graphique suivant est aussi intéressant dans le contexte de notre étude sur les JNF de sport. Une colonne élevée pour les «j'aime» indique un intérêt et une approbation significatifs du contenu partagé sur les comptes surveillés. Une colonne élevée pour les regazouillis suggère que le contenu est non seulement apprécié, mais aussi partagé, ce qui peut amplifier le message et indiquer une portée plus étendue. Une colonne élevée pour les réponses montre l'engagement actif de l'audience, révélant un dialogue ou une conversation autour du contenu des gazouillis. La hauteur de la colonne pour les gazouillis par année donne une idée du volume de contenu publié et peut être corrélée avec des événements ou des campagnes marketing spécifiques.

L'analyse de ces données fournit un aperçu de l'évolution de l'engagement et aide à comprendre comment le public réagit aux JNF de sport au fil du temps. Ces résultats peuvent orienter les stratégies de marketing des médias sociaux pour maximiser l'engagement de l'audience et la visibilité du contenu lié aux JNF de sport.

Graphique 15. Histogrammes des gazouillis, « j'aime », réponses, regazouillis par année.



5.2 Analyse de traitement automatique du langage naturel

Dans cette recherche, nous procédons à une modélisation de sujets structurels sur les gazouillis de Sorare NBA. Nous nous concentrons spécifiquement sur les jours où les gazouillis du compte SorareNBA ont connu les plus grandes accélérations ou décélérations de regazouillis par rapport au jour précédent pour la période de 2019 à 2023. Cela est réalisé en sélectionnant les gazouillis qui avaient des accélérations ou des décélérations de retweet supérieures ou égales au 95e centile de l'échantillon.

Pour fournir un contexte qualitatif à ces jours, nous présentons un tableau de données avec un sous-échantillon de gazouillis qui faisaient partie des jours avec les plus fortes accélérations et décélérations. Nous montrons également le niveau de sentiment de ces gazouillis pour mieux documenter la relation entre le nombre de retweets et les sentiments des gazouillis. Ensuite, nous effectuons la modélisation de sujets structurels des gazouillis. Nous nous concentrons en particulier sur les jours où les gazouillis des comptes ont connu les plus grandes accélérations ou décélérations de regazouillis par rapport au jour précédent pour la période des gazouillis

collectés. Pour fournir un contexte qualitatif à ces jours, nous présentons un tableau de données avec un sous-échantillon de gazouillis qui faisaient partie des jours avec les plus fortes accélérations et décélérations. Nous montrons également le niveau de sentiment de ces gazouillis pour mieux documenter la relation entre le nombre de retweets et les sentiments des gazouillis.

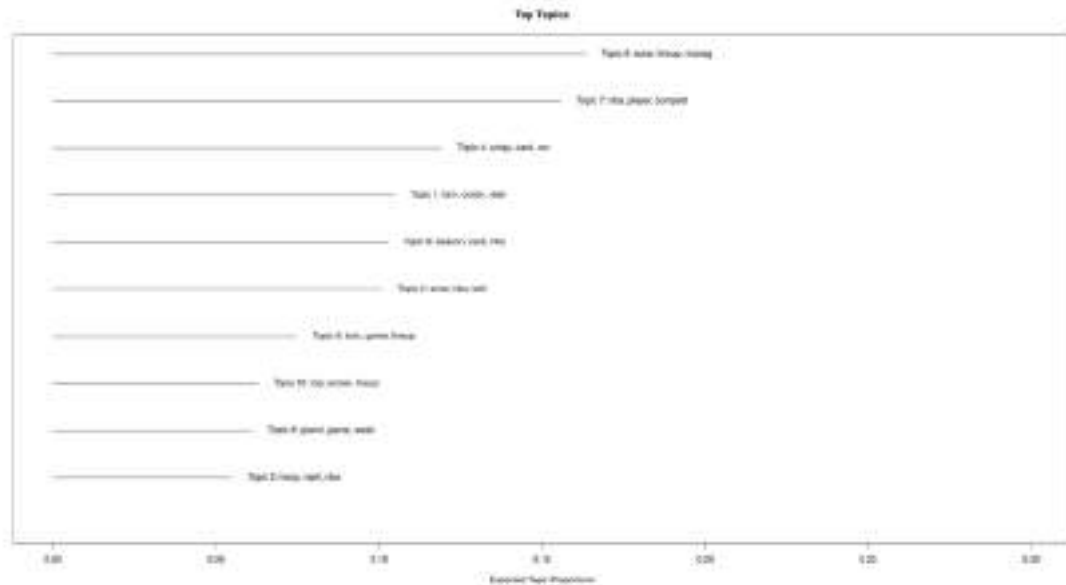
5.2.1 Principaux sujets de gazouillis

Nous avons d'abord identifié les 10 principaux sujets de gazouillis de chaque compte où les accélérations et décélérations de retweet sont les plus élevées. Les combinaisons de mots sont basées sur la fréquence à laquelle ils apparaissent dans les gazouillis ainsi que sur la covariance des groupes de mots.

Une fois les sujets identifiés, nous nous concentrons sur chaque sujet et utilisons des nuages de mots pour démontrer quels mots ont une importance plus grande au sein de chaque sujet (représenté par la taille des mots dans les nuages). Comme les sujets eux-mêmes ont des corrélations variables, nous avons décidé de représenter ces corrélations sous forme de réseau. Les nœuds sont les différents sujets et les arêtes sont la corrélation soit la relation entre les sujets.

Nous suivons ensuite l'évolution de la prévalence de chaque sujet. Par définition, la somme de la prévalence des sujets doit être de 100 % en tout temps. Compte tenu de la période plus courte, les 10 sujets doivent être présents pour un temps donné, donc les intervalles de confiance sont également présentés avec la fonction lissée. Enfin, nous effectuons une analyse des sentiments en utilisant le package « sentimentr » sur le même sous-échantillon de gazouillis. Ce package attribue des scores plus élevés et positifs aux textes avec des sentiments plus positifs et des scores plus bas, parfois même négatifs, aux textes avec des sentiments plus négatifs. Ainsi, nous sommes en mesure de montrer le compte de retweets ainsi que le score de sentiment pour les gazouillis.

Graphique 16. Analyse structurelle des sujets par ordre d'importance.



Le graphique suivant met en évidence les mots ou termes les plus fréquemment mentionnés dans un ensemble de données textuelles, comme les gazouillis liés à Sorare NBA dans ce cas. Chaque "nuage" représente un sujet différent et la taille des mots indique leur fréquence ou leur importance relative au sein de ce sujet. Les mots plus grands sont ceux qui sont les plus fréquents ou qui ont le plus de poids dans le discours lié à chaque sujet spécifique.

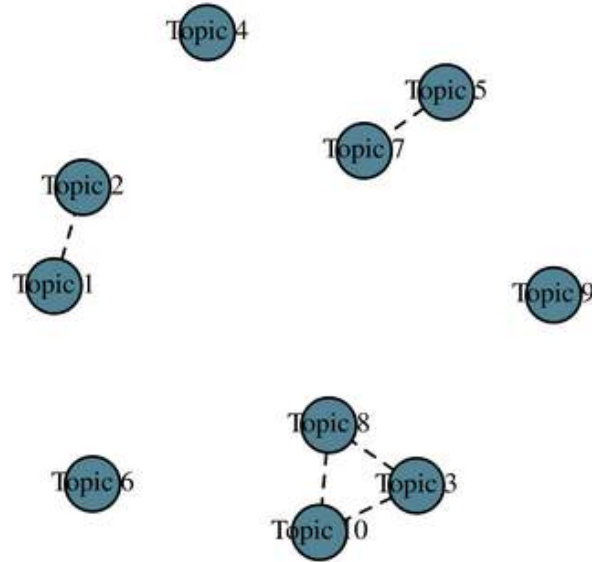
Graphique 17. Sujets regroupés en nuages de mots (de sujet 1 à 10 de gauche à droite et de haut en bas)



Les sujets eux-mêmes présentent des corrélations variables. Ci-dessous, le graphique 19 documente ces corrélations. Les relations reflètent largement la co-occurrence des sujets à l'intérieur et à travers l'échantillon des gazouillis de Sorare NBA. Dans le graphique suivant, les nœuds représentent des sujets individuels et les arêtes montrent les corrélations ou les liens thématiques entre eux. Ce graphique révèle comment certains sujets sont interconnectés, ce qui indique des discussions ou des thèmes communs dans le discours sur les médias sociaux concernant les JNF sportifs. Si un sujet est fortement corrélé avec un autre, cela signifie généralement que les discussions sur Twitter autour de ces sujets se présentent dans des contextes similaires ou sont souvent mentionnées ensemble par les utilisateurs.-Ces corrélations nous aident à identifier des groupes de sujets qui captivent particulièrement le public, peuvent guider l'élaboration de stratégies de contenu pour les campagnes sur les médias sociaux et éclairent les décisions d'investissement dans certaines catégories de JNF.

Les corrélations sont également précieuses pour les régulateurs, car elles fournissent un aperçu des thèmes récurrents dans les discussions sur les JNF, ce qui peut informer la régulation et les initiatives éducatives pour le consommateur. En examinant le réseau de sujets, nous comprenons mieux la structure et la dynamique du discours entourant les JNF dans l'industrie sportive.

Graphique 18. Co-occurrence des sujets. Analyse de réseaux.



L'analyse des résultats obtenus offre une perspective intéressante sur les conversations autour des jetons non fongibles (JNF) dans le contexte du basketball, en particulier de la NBA. L'identification de trois regroupements thématiques distincts suggère des axes d'intérêt et de discussion variés au sein de la communauté. Voici une analyse détaillée de chaque regroupement:

- **Regroupement des sujets 3, 8, et 10 (Mots-clés : sorar nba ball gianni game week top scorer lineup).** Ce regroupement semble se focaliser sur les aspects compétitifs et les performances au sein de la NBA, liés à Sorare NBA. Les termes tels que "top scorer" et "lineup" indiquent un intérêt pour les stratégies de jeu et les choix des joueurs clés. La mention de "gianni" pourrait faire référence à un joueur spécifique, éventuellement Giannis Antetokounmpo, suggérant une attention particulière portée à certaines stars du basketball. Ce regroupement illustre l'importance des performances individuelles et de la stratégie d'équipe dans les discussions sur les JNF.
- **Regroupement des sujets 5 et 7 (Mots-clés : nba, player, competit, et lock, game lineup).** Ici, l'accent est mis sur la compétitivité et la composition des équipes. Les mots "competit" et "lock" pourraient indiquer une analyse des matchs ou des prévisions sur les performances des joueurs et des équipes. Ce regroupement reflète probablement les discussions stratégiques et les prédictions sur les matchs à venir, ce qui est essentiel pour les partisans de basketball et pourrait influencer la valeur des JNF liés à des joueurs ou des équipes spécifiques.

- **Regroupement des sujets 2 et 1 (Mots-clés : hoop, repli, nba, fam, clutch, repli).** Ce groupe semble se concentrer sur des aspects plus communautaires et émotionnels liés à la NBA. Des termes comme "hoop", "fam" (famille), et "clutch" (moments décisifs) évoquent un sentiment d'appartenance et de passion pour le sport. Le mot "repli" pourrait indiquer des discussions sur des moments spécifiques des matchs ou des répliques emblématiques dans le contexte de la NBA. Ce regroupement suggère que les conversations ne se limitent pas seulement aux aspects techniques ou stratégiques, mais englobent également une dimension affective et communautaire.

Ces regroupements indiquent une diversité dans les conversations autour des JNF dans le basketball, allant des discussions stratégiques et centrées sur les performances à des échanges plus communautaires et émotionnels. Cette variété reflète la richesse de l'engagement des partisans et des participants dans l'écosystème des JNF de la NBA, et peut éclairer les tendances et les intérêts prévalents dans ce domaine.

5.2.2 Ratios ternaires

Après avoir examiné les structures thématiques émergentes à travers la modélisation de sujets structurels (STM), nous explorons les données en adoptant l'analyse des ratios ternaires pour les gazouillis. Cette méthodologie complémentaire permet de capter une autre dimension des interactions sociales : la dynamique tripartite entre les likes, les retweets et les réponses. En effet, l'analyse des ratios ternaires fournit un cadre robuste pour comprendre la nature et l'intensité de l'engagement des utilisateurs avec le contenu des gazouillis (Honey & Herring, 2009).

L'analyse des ratios ternaires, souvent utilisée dans les études de géologie pour l'analyse des compositions (Aitchison, 1986), a été adaptée dans le domaine des médias sociaux pour mesurer l'engagement et la portée des publications (Thelwall, 2018). Le principe consiste à représenter graphiquement les proportions de trois composantes interdépendantes dont la somme est constante, permettant une interprétation nuancée des tendances comportementales sur les plateformes numériques (Bruns & Stieglitz, 2013). En appliquant cette méthode à notre corpus de gazouillis, nous cherchons à identifier les modèles d'interaction spécifiques qui peuvent indiquer non seulement la popularité du contenu, mais aussi la nature de l'engagement qu'il suscite. Par exemple, une prédominance des retweets peut suggérer une diffusion virale du contenu, tandis qu'une abondance de réponses pourrait signaler un contenu polarisant ou invitant au dialogue (Zappavigna, 2011). L'importance des likes, quant à elle, peut être interprétée comme un indicateur de l'approbation ou de la satisfaction des utilisateurs (Highfield & Leaver, 2016).

L'intégration de l'analyse des ratios ternaires dans notre étude enrichit la compréhension des dynamiques sociales sous-jacentes à la communication numérique et offre une perspective complète sur la manière dont les contenus de Sorare NBA sont reçus et amplifiés par la communauté.

Pour examiner empiriquement l'échelle de temps caractéristique des activités de réponse, nous identifions les points où la dérivée seconde des comptes de retweets devient inférieure à 0,

$$\frac{d^2}{dt^2} N_{retweet}(t_{i-1}) > 0 \text{ and } \frac{d^2}{dt^2} N_{retweet}(t_i) < 0 \quad (1)$$

Ces points sont considérés comme indicateurs du début de l'essoufflement de l'activité de réponse ou de son 'fléchissement', alors que la cadence de génération de nouvelles activités diminue. À l'avenir, nous nous référerons à ces points comme des points d'inflexion. Nous montrons également la dérivée seconde cumulative pour mieux comprendre l'effet d'atténuation à long terme.

Les valeurs des ratios ternaires sont représentées sur un graphique ternaire (simplexe bidimensionnel) où les valeurs des activités à chaque pas de temps s'additionnent,

$$\sum_{\tau} R_{\tau}(t) = 1 \quad (2)$$

Mesure du Ratio :

Les valeurs d'activité ternaires sont calculées en divisant chaque décompte d'activité par la somme de toutes les activités à un pas de temps donné. La valeur du ratio ternaire pour le type d'activité τ au temps t est donnée par :

$$R_{\tau}(t) = \frac{N_{\tau}(t)}{N_{retweets}(t) + N_{likes}(t) + N_{replies}(t)} \quad (3)$$

où $N_{\tau}(t)$ est le décompte de l'activité au temps t . Avec ce qui précède, chaque observation est composée d'un vecteur tridimensionnel représentant les valeurs d'activité normalisées pour un tweet.

Nous faisons une analyse des "ratios ternaires", qui est généralement utilisée pour examiner la relation entre trois proportions qui s'additionnent à un total de 100 %. Dans le contexte de l'analyse des données de médias sociaux, ces ratios pourraient être utilisés pour explorer l'équilibre entre différents types d'engagement – par exemple, « j'aime », regazouillis et réponses – pour un ensemble de gazouillis.

L'analyse des ratios ternaires peut aider à identifier des modèles spécifiques d'engagement des utilisateurs. Par exemple, si la proportion de regazouillis est généralement plus élevée, cela peut indiquer que le contenu a une portée plus large, tandis qu'une proportion plus élevée de réponses pourrait suggérer un dialogue plus engageant avec les utilisateurs.

Dans nos résultats, si le graphique montre une fluctuation ou des pics à certaines dates, cela pourrait révéler des événements ou des changements dans le comportement des utilisateurs qui méritent une enquête plus approfondie. Par exemple, un pic dans les ratios peut coïncider avec

un événement sportif majeur, une annonce importante liée aux JNF, ou une discussion virale dans la communauté.

L'interprétation de ces résultats peut apporter un éclairage sur la façon dont le contenu lié aux JNF est reçu et partagé dans la sphère publique, et fournir des insights pour orienter les futures stratégies de communication et de marketing des entités liées aux JNF sportifs. Pour les chercheurs et les analystes, cela représente une méthode quantitative précieuse pour évaluer et comprendre l'impact des JNF dans le sport.

Échelle de temps caractéristique :

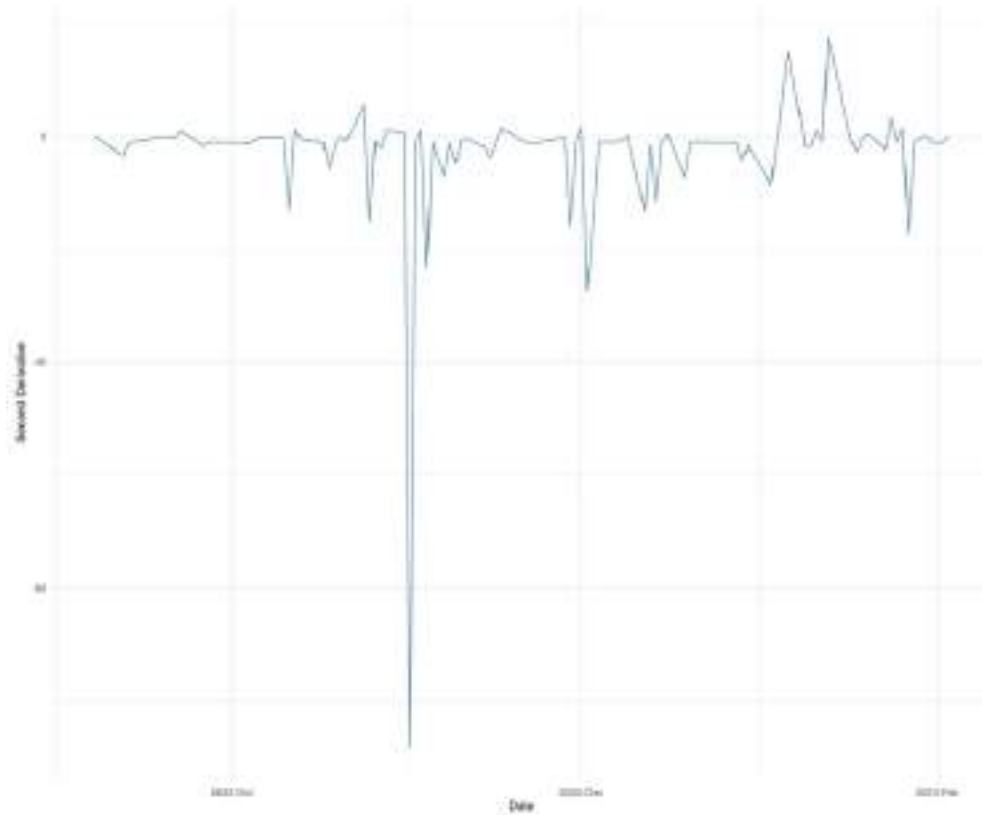
Une dérivée seconde des ratios ternaires indiquerait la vitesse de changement de la vitesse à laquelle les proportions entre trois catégories liées changent. Si nous appliquons cela aux interactions sur les médias sociaux, par exemple, cela pourrait signifier que nous examinons comment l'équilibre entre les « j'aime », les retweets et les réponses évolue dans le temps.

Une dérivée seconde positive indiquerait une accélération dans la modification des proportions, suggérant un changement rapide dans la manière dont les utilisateurs interagissent avec le contenu. Inversement, une dérivée seconde négative indiquerait une décélération de ces changements, ce qui pourrait signifier que les proportions des interactions tendent à devenir plus stables ou prévisibles.

Le graphique montre des fluctuations dans ces ratios ternaires sur la période indiquée. Si les valeurs traversent l'axe horizontal (zéro), cela indique des points d'inflexion où l'accélération change de direction – par exemple, passant d'une accélération à une décélération ou vice-versa.

Dans le contexte des JNF sportifs, l'analyse des dérivées secondes des ratios ternaires peut révéler des moments clés où la manière dont le contenu est reçu change significativement, ce qui peut coïncider avec des événements importants, des annonces ou des changements de perception du public. Identifier ces moments pourrait être crucial pour comprendre le comportement des consommateurs et pour planifier des stratégies de communication efficaces.

Graphique 19. Dérivée seconde des comptes de regazoillis.



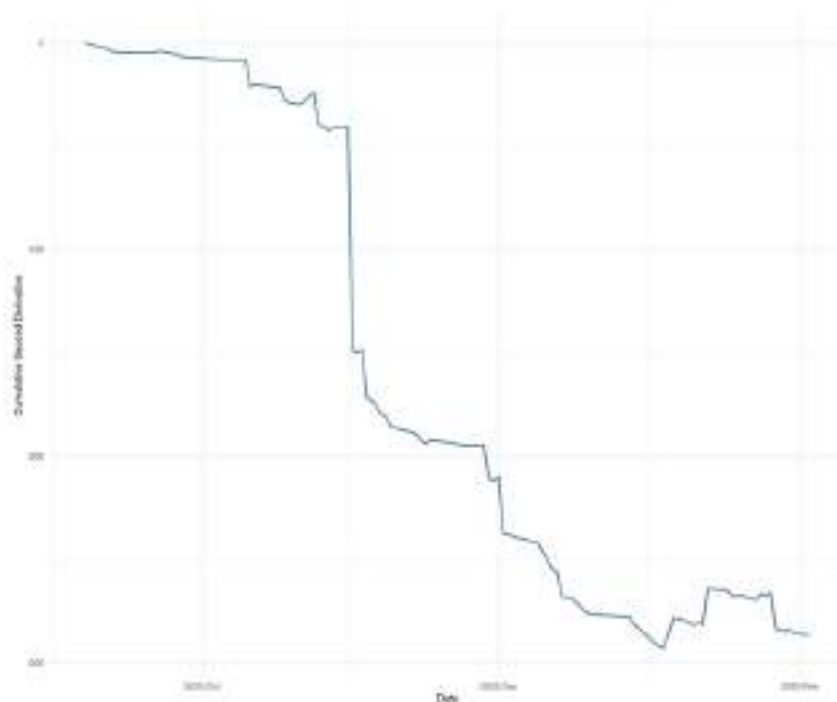
La fonction cumulative de la dérivée seconde des ratios ternaires représente l'intégration des changements de l'accélération de ces ratios dans le temps. Autrement dit, c'est la somme des changements d'accélération qui se sont produits jusqu'à chaque point dans le temps.

Dans le cadre de l'analyse des données de médias sociaux, cette fonction cumulative pourrait indiquer l'ampleur globale des changements dans la dynamique des interactions (comme les « j'aime », regazoillis, et réponses) sur une période donnée. Une valeur cumulative décroissante suggère que les changements d'accélération ont été globalement négatifs sur la période, ce qui indiquerait que les augmentations dans l'équilibre des interactions ralentissent ou que les interactions diminuent plus rapidement que ce qu'elles augmentent.

Pour les JNF sportifs et leur présence sur les médias sociaux, cela pourrait signifier que, bien que l'intérêt ou l'engagement puisse avoir été initialement élevé, la capacité à maintenir cet engagement ou à l'augmenter a diminué avec le temps. Cela pourrait refléter un essoufflement de la nouveauté des JNFs, une saturation du marché, ou une variation saisonnière de l'intérêt.

Dans le contexte de votre recherche, cette information est particulièrement utile pour comprendre non seulement les périodes d'engagement élevé, mais également pour identifier les moments où l'engagement commence à décliner.

Graphique 20. Fonction cumulative de la dérivée seconde.



5.2.3 Résultats

Le graphique suivant illustre l'évolution des « j'aime », des réponses (replies), et des regazouillis au fil du temps. Ces métriques sont souvent utilisées pour mesurer l'engagement des utilisateurs et peuvent fournir des informations précieuses lors de l'analyse des ratios ternaires dans les conversations en ligne, notamment dans le contexte des jetons non fongibles (JNF) et des marchés sportifs. Voici quelques observations basées sur la description générale de tels graphiques :

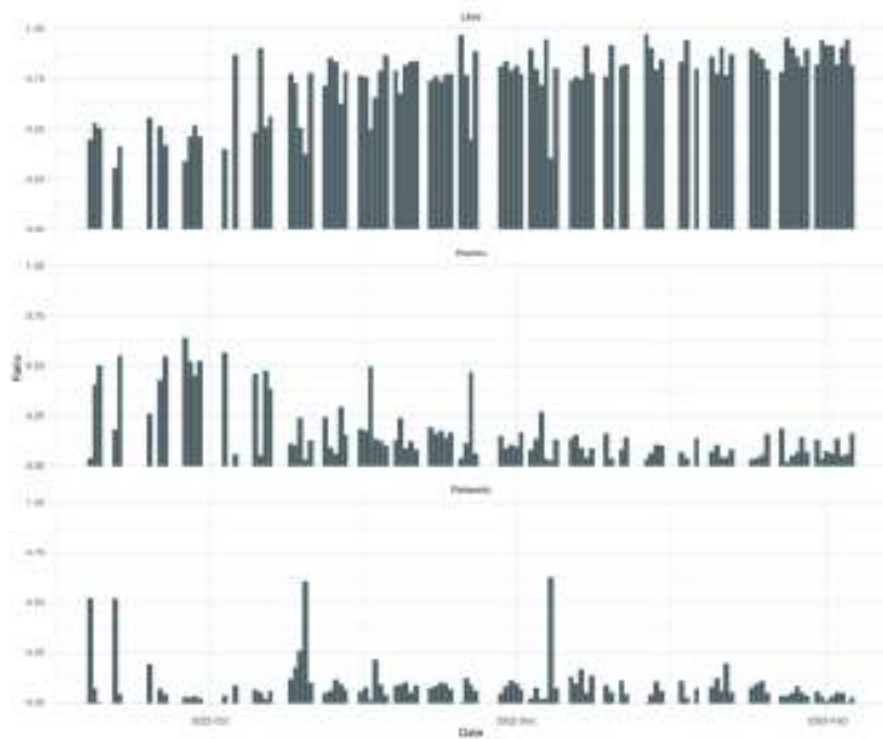
- **« j'aime »** : les « j'aime » sont généralement un indicateur de l'appréciation ou de l'intérêt positif des utilisateurs pour un contenu. Si les « j'aime » montrent une tendance ascendante ou des pics à certaines dates, cela peut signifier que les sujets ou événements spécifiques ont retenu l'attention positive des utilisateurs. Cela pourrait être dû à des annonces importantes, des matchs ou des événements liés à la NBA qui sont bien reçus par la communauté.
- **Réponses** : les réponses sont un signe d'engagement actif et de discussion autour d'un contenu. Un nombre accru de réponses peut indiquer que le sujet est controversé, ouvre à débat, ou est suffisamment engageant pour inciter une conversation. Des pics dans les

réponses pourraient coïncider avec des discussions animées sur des thèmes précis ou des événements dans le monde de la NBA qui invitent à la réflexion ou à la controverse.

- **Regazouillis** : les regazouillis indiquent la volonté des utilisateurs de partager un contenu avec leurs propres abonnés, ce qui suggère une plus grande portée et un potentiel viral du contenu. Des augmentations notables dans les regazouillis peuvent signaler que le contenu est particulièrement pertinent, utile ou populaire, et que les utilisateurs souhaitent le diffuser davantage.

Pour une analyse plus approfondie, on examinerait les dates et les périodes correspondant aux pics et aux creux dans ces métriques pour les corrélérer avec des événements externes, tels que des matchs de la NBA, des annonces de Sorare NBA ou d'autres actualités pertinentes. En outre, l'analyse des ratios ternaires, qui compare ces trois métriques, peut révéler la nature du contenu (positif, neutre, controversé) et la dynamique de l'engagement des utilisateurs au fil du temps.

Graphique 21. Ratios ternaires



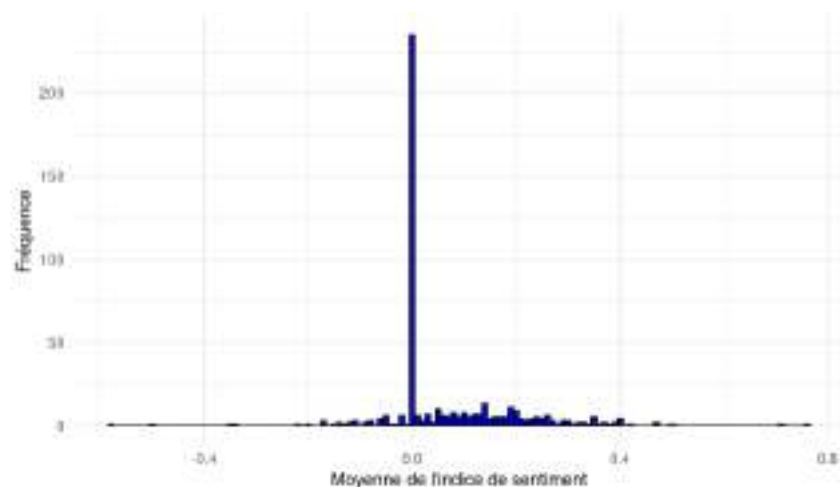
5.3 Analyse de sentiment et impacts sur les prix

Dans le domaine de l'analyse textuelle, l'analyse de sentiment constitue une approche fondamentale pour l'extraction d'informations subjectives à partir de données textuelles (Liu, 2012). Cette analyse repose souvent sur des méthodes variées, allant de l'approche lexicale, qui se base sur des dictionnaires de mots affectifs, à des techniques sophistiquées d'apprentissage automatique, qui nécessitent des ensembles de données annotées pour l'entraînement des modèles prédictifs (Pang & Lee, 2008).

Nous identifions l'avantage principal du package sentimentR dans sa capacité à évaluer les sentiments exprimés dans des phrases complexes, en tenant compte des modificateurs de sentiment tels que les amplificateurs et les négations (Rinker, 2019). Cette spécificité permet d'offrir une analyse plus nuancée par rapport aux méthodes lexicales traditionnelles. Cependant, nous observons également que sentimentR peut rencontrer des difficultés dans l'interprétation de nuances subtiles telles que l'ironie ou le sarcasme, une limite partagée par de nombreuses approches analytiques de sentiment (Tsytarau & Palpanas, 2012).

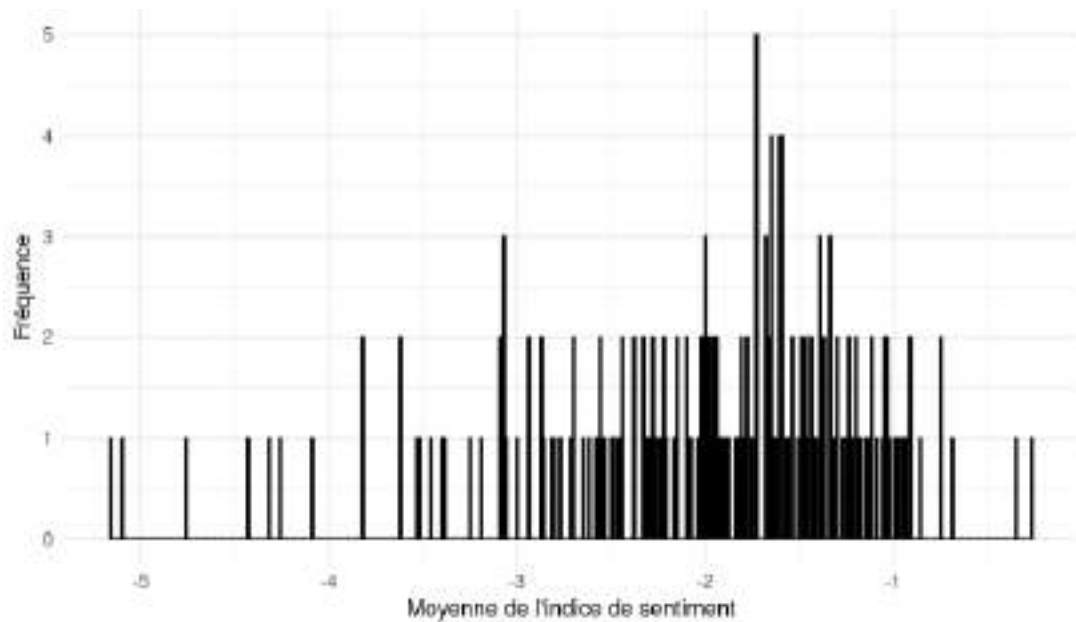
Nous constatons que les scores issus de gazouillis collectés sur une plateforme sociale et générés par sentimentR révèlent des tendances dans les perceptions et les réactions émotionnelles des utilisateurs. Les scores moyens et les écarts-types du sentiment, calculés pour chaque tweet, permettent une évaluation quantitative des réponses émotionnelles engendrées par les contenus publiés sur les réseaux sociaux (Thelwall et al., 2011). Ces mesures, lorsqu'elles sont corrélées avec des indicateurs d'engagement tels que le nombre de « j'aime », de retweets et de réponses offrent un aperçu de la résonance émotionnelle des contenus auprès des audiences (Diakopoulos & Shamma, 2010).

Graphique 22. Distribution des indices de sentiment



Cette distribution nous incite à considérer la transformation logarithmique suivante :

Graphique 23. Distribution en logarithme népérien.



5.3.1 Analyse des prix

Nous avons collecté les ventes de JNF Sorare NBA du 7 octobre 2022 au 7 février 2023, disponibles sur le site de Cryptoslam. Nous avons collecté ces données en utilisant l'API du site web. Cette API fournit toutes les transactions JNF de Sorare avec des informations concernant le jeton/JNF, l'acheteur, le vendeur et le prix. Ces informations fournissent la valeur réelle d'un jeton à un moment donné et au fil du temps. Chaque carte NFT de Sorare est unique, avec sa propre rareté et ses caractéristiques spécifiques, ce qui permet aux utilisateurs de les utiliser dans des compétitions de fantasy football sur la plateforme. Les cartes peuvent gagner en valeur en fonction des performances réelles des joueurs sur le terrain et de leur rareté dans le jeu. Le tableau suivant présente les variables de notre ensemble de données avec leur description.

Tableau 7. Description des variables de transaction des JNF de Sorare NBA.

Variable	Description
collectionID	
transactionHash	
collectionName	
SaleAt	
tokenId	The unique ID of the token
tokenTitle	The name of the player associated with this token/NFT
tokenDescription	The description of the token
tokenImageURL	The URL of the token
paymentToken	
buyerAddress	Address of the buyer of the token
buyerUsername	Username of the buyer of the token
sellerAddress	Address of the seller of the token
sellerUsername	Username of the seller of the token
	Price of the token in USD
	Price of the token in

Une fois les gazouillis et les informations de vente collectés, nous avons traité l'ensemble de données pour supprimer les données manquantes. En outre, nous avons également supprimé les transactions JNF sans Jeton Title des ventes JNF de Sorare NBA, ne conservant que celles qui sont associées à un joueur NBA spécifique. Il est ainsi plus facile d'associer un tweet à un jeton.

Avec les statistiques résumées fournies, plusieurs analyses peuvent être conduites pour comprendre la distribution et la dynamique des prix des jetons non fongibles sur la plateforme Sorare NBA.

Analyse descriptive :

Plusieurs statistiques descriptives sont à considérer :

- La moyenne (Mean) : la moyenne pour le prix moyen (avg_price_eth_sorare) est de 0.033, indiquant que, en moyenne, les jetons sont échangés à cette valeur.
- L'écart-type (St. Dev.) : Un écart-type de 0.013 pour le prix moyen en ETH suggère que les prix varient relativement peu autour de la moyenne, indiquant une certaine stabilité des prix des jetons sur la période analysée.
- Le minimum (Min) et le maximum (Max) : Pour le prix moyen en ETH, le minimum est très bas (0.014), ce qui pourrait indiquer que certains jetons ont été vendus à un prix très faible ou que des transactions peu coûteuses ont eu lieu. Le maximum est de 0.135, ce qui suggère qu'à l'autre extrémité, certains jetons ont atteint des prix nettement plus élevés.
- Les prix minimum (min_price_eth_sorare) et maximum (max_price_eth_sorare) en ETH affichent des écarts importants entre les valeurs minimales et maximales (0.0001 et 0.007

pour le minimum, 0.398 et 113.888 pour le maximum), ce qui reflète une volatilité élevée et une large variation des prix au sein du marché.

Tableau 8. Statistiques descriptives

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
avg_price_eth_sorare	48,290	0.033	0.013	0.014	0.135
avg_price_usd_sorare	48,290	44.811	19.433	22.862	179.615
min_price_usd_sorare	48,290	0.479	0.792	0.110	9.082
max_price_usd_sorare	48,290	10,221.450	18,423.890	666.852	187,424.800
min_price_eth_sorare	48,290	0.0004	0.001	0.0001	0.007
max_price_eth_sorare	48,290	7.360	11.965	0.398	113.888
avg_price_eth	48,290	0.032	0.196	0.0001	22.907
avg_price_usd	48,290	42.506	278.030	0.155	37,695.910
min_price_usd	48,290	19.462	95.145	0.110	12,025.960
max_price_usd	48,290	116.502	1,110.672	0.155	187,424.800
min_price_eth	48,290	0.015	0.075	0.0001	9.269
max_price_eth	48,290	0.086	0.737	0.0001	113.888

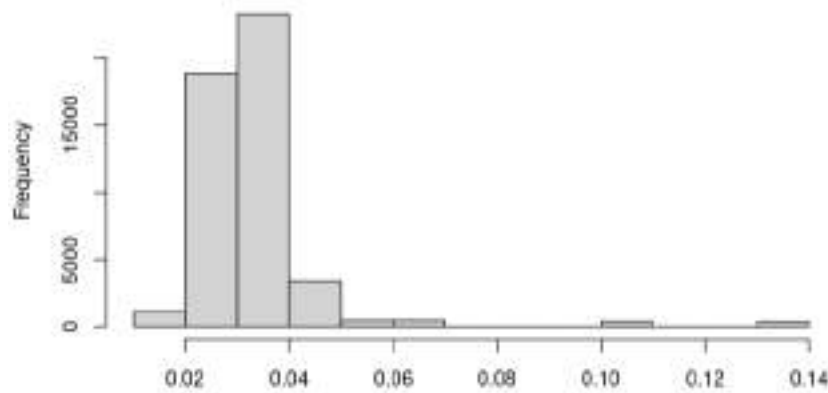
L'analyse de ces données donne un aperçu significatif de la volatilité et de la liquidité du marché des JNF et peut également fournir des indices sur le comportement des investisseurs. Des moyennes faibles avec de hautes valeurs maximales pourraient indiquer la présence de jetons à haute valeur ou des pics de spéculation. En revanche, des valeurs minimales très basses pourraient révéler des jetons moins désirables ou moins reconnus sur le marché.

Distribution des prix :

L'histogramme présente une visualisation de la distribution des prix moyens en ETH pour des jetons non fongibles. La distribution montre une prédominance des transactions à des prix inférieurs, avec un pic notable pour des valeurs légèrement supérieures à 0.04 ETH. Cela suggère que la plupart des JNF sont échangés à des prix relativement modérés. Par ailleurs, la présence de transactions à des prix plus élevés, bien que moins fréquentes, suggère que certains JNF ont des caractéristiques ou une valeur perçue qui justifient des prix supérieurs.

La distribution des prix est asymétrique avec une queue étendue vers la droite, révélant la nature hétérogène du marché des JNF et indiquant une volatilité certaine. Les prix très élevés, bien que rares, peuvent refléter des cas où des JNF particulièrement prisés ou rares sont vendus. Cette variabilité des prix peut être attribuée à divers facteurs, tels que la rareté du jeton, son origine, sa popularité dans la communauté, ou encore son potentiel de spéculation.

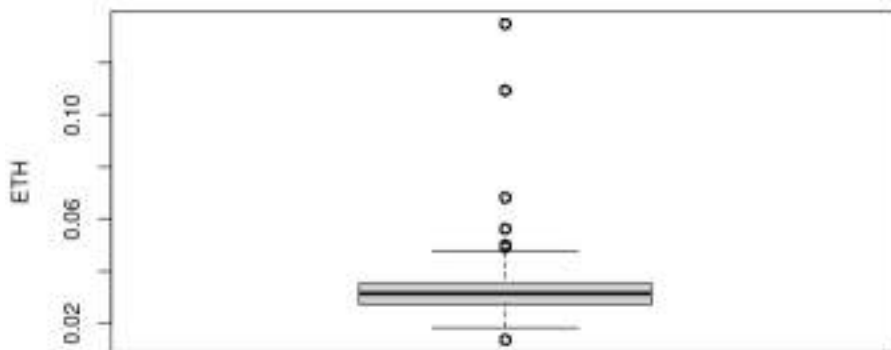
Graphique 24. Distribution des prix en ETH.



La distribution des prix en ETH pour les JNF reflète ainsi la complexité du marché, où chaque jeton a sa propre valeur qui peut être influencée par les tendances du marché, les perceptions des collectionneurs et les dynamiques spécifiques à la collection à laquelle appartient le jeton.

Le diagramme suivant illustre la répartition des prix moyens en Ethereum (ETH) pour les jetons non fongibles. Il indique la médiane des prix, représentée par la ligne dans la boîte, qui semble se situer juste au-dessus de 0.02 ETH. Les valeurs aberrantes supérieures soulignent l'existence de JNF qui se vendent à des prix nettement plus élevés que la normale, ce qui pourrait refléter des attributs uniques, une demande accrue ou une valeur perçue spécifique pour certains JNF.

Graphique 25. Diagramme en boîtes et moustaches du prix moyen en ETH.



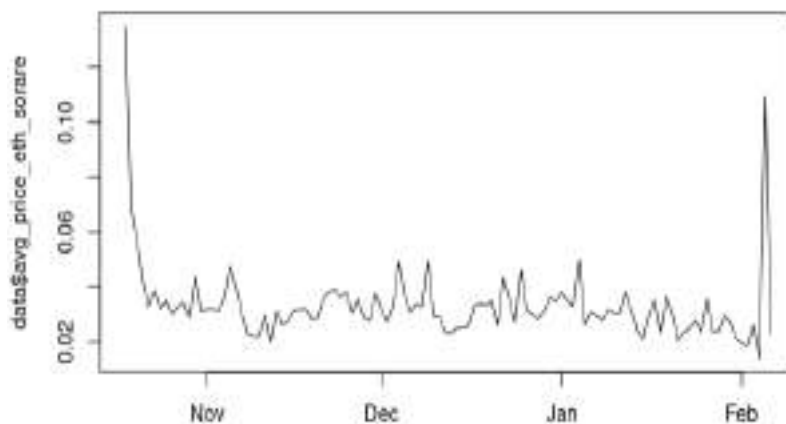
Tendances temporelles :

Le graphique présenté montre la tendance des prix moyens en Ethereum (ETH) des jetons non fongibles (JNF) sur une période s'étendant de novembre à février. On observe une certaine fluctuation des prix avec une tendance générale à la baisse à partir de novembre qui se stabilise

en décembre et janvier. Cette stabilité semble être interrompue par une augmentation significative vers la fin de la période en février, indiquant peut-être un événement de marché qui a entraîné une hausse des prix.

La tendance indique également que, malgré les fluctuations quotidiennes, il existe une certaine cohérence dans les prix qui pourrait refléter un niveau de demande soutenu ou une certaine stabilité dans la perception de la valeur des JNF au cours de cette période. Cependant, la volatilité observée, en particulier l'augmentation soudaine en février, souligne la nature imprévisible du marché des JNF.

Graphique 26. Tendance du prix moyen en ETH.



Ces informations peuvent être utiles pour les investisseurs et les collectionneurs afin d'évaluer la performance du marché sur une période donnée et de prendre des décisions éclairées en matière de transactions de JNF. L'analyse des tendances de prix sur une période prolongée peut également aider à anticiper les mouvements futurs du marché en fonction des événements saisonniers, des annonces ou des changements dans les tendances de consommation.

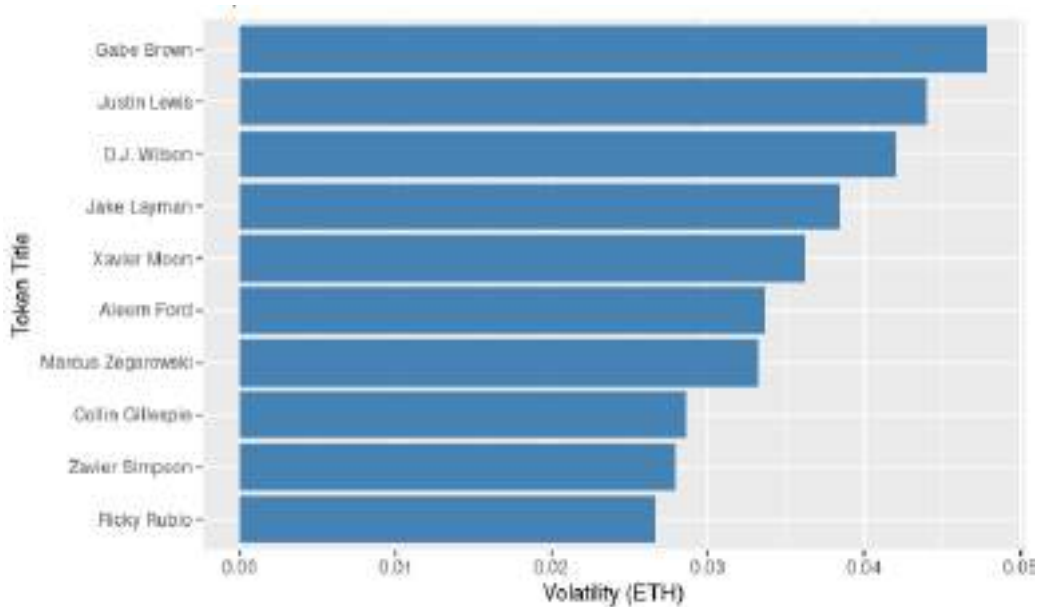
Évaluation du risque :

Dans le contexte des JNF, on estime une volatilité de 0.013 qui peut être considérée comme modérée en fonction du marché des cryptomonnaies qui est généralement très volatil. Cependant, pour les actifs traditionnels, cela pourrait être considéré comme plus risqué. Les investisseurs utiliseront cette mesure pour évaluer leur tolérance au risque par rapport au potentiel de rendement des JNF qu'ils envisagent d'acheter ou de vendre. C'est un élément crucial pour la prise de décision en matière de gestion de portefeuille et de stratégies d'investissement.

Le graphique suivant montre le classement des JNF avec la plus grande volatilité de leurs prix en Ethereum (ETH). Les barres plus longues correspondent à une plus grande volatilité, indiquant

que ces jetons spécifiques ont subi des changements de prix plus importants sur la période analysée, ce qui pourrait signaler un risque plus élevé pour les investisseurs.

Graphique 27. Jetons les plus volatiles en ETH sur Sorare NBA.



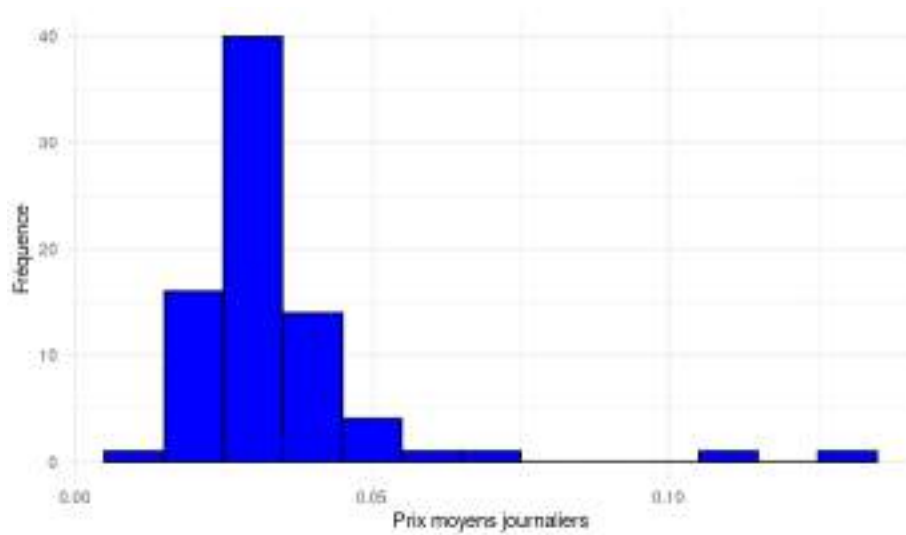
Il est important de noter que l'interprétation des analyses dépend fortement du contexte du marché des JNF et des connaissances spécifiques du domaine Sorare. De plus, il serait utile d'avoir des données supplémentaires telles que le volume des transactions, les dates des transactions, et des informations sur les événements spécifiques de la NBA qui pourraient avoir un impact sur la demande et les prix des jetons.

Après la fusion des deux bases de données, nous avons un petit échantillon de 79 observations et la distribution des prix moyens journaliers :

Tableau 9. Statistiques descriptives

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
avg_sentiment	79	0.073	0.083	-0.148	0.383
avg_price	79	0.034	0.017	0.014	0.135

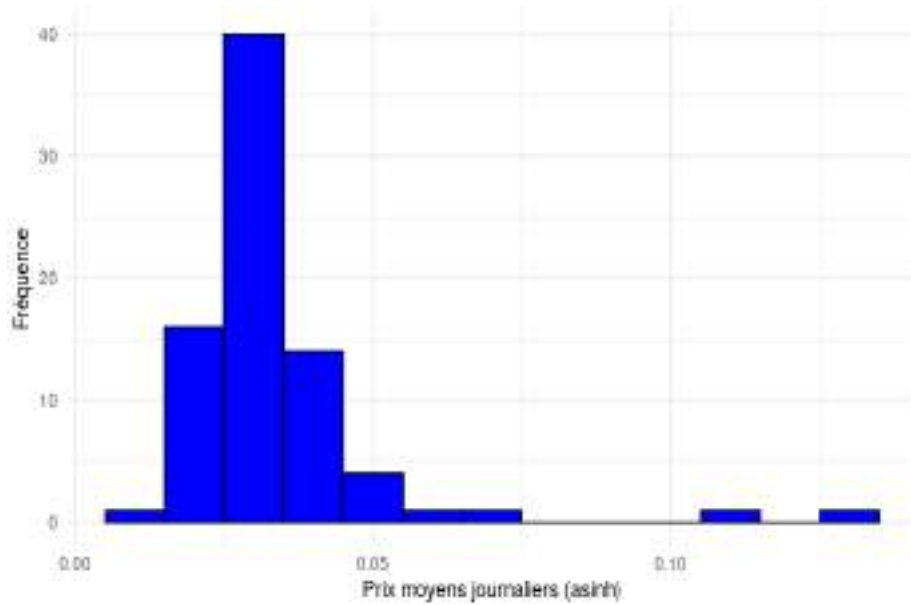
Graphique 28. Distribution des prix moyens journaliers



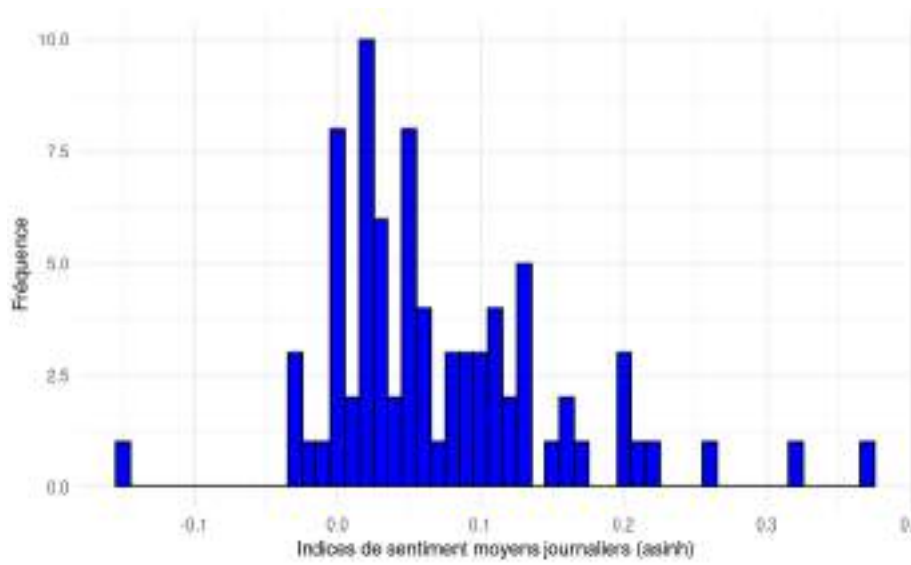
Analyses inférentielles :

Pour comparer les distributions de sentiment et de prix, nous allons, nous allons utiliser l'inverse de la fonction hyperbolique. L'inverse de la fonction hyperbolique sinus (asinh) est une transformation qui peut être appliquée aux données, y compris celles qui contiennent des zéros. Elle est souvent utilisée comme alternative à la transformation logarithmique, car elle est définie pour zéro et pour les valeurs négatives.

Graphique 29. Distribution des prix moyens journaliers avec l'inverse de la fonction hyperbolique sinus



Graphique 30. Distribution des indices de sentiment avec l'inverse de la fonction hyperbolique sinus.



Pour comparer les moyennes des prix et des indices de sentiment transformés par asinh afin de déterminer s'il existe une différence statistiquement significative entre les deux séries de données, nous utilisons un test de t de Welch. Si la valeur p obtenue est inférieure au seuil de

significativité (généralement fixé à 0,05), nous pourrions rejeter l'hypothèse nulle qui stipule qu'il n'y a pas de différence significative entre les moyennes des deux groupes. Une valeur p supérieure au seuil indiquerait qu'il n'y a pas suffisamment de preuves pour rejeter l'hypothèse nulle et que les moyennes pourraient être considérées comme statistiquement équivalentes.

Tableau 10. Données pour le test t de Welch pour deux échantillons

t-value	-4.0503
Degrees of Freedom (df)	84.418
p-value	0.0001131
95% CI Lower	-0.05694169
95% CI Upper	-0.01944153
Mean of x	0.03406733
Mean of y	0.07225893

L'interprétation des résultats obtenus à partir du test t de Welch pour deux échantillons indique que les moyennes des prix et des indices de sentiment transformés par asinh sont statistiquement différentes. La valeur de t observée est de -4.0503 avec 84.418 degrés de liberté. La valeur p associée au test est extrêmement faible ($p = 0.0001131$), ce qui suggère que la différence entre les moyennes des deux groupes n'est pas due au hasard.

La valeur p est bien en dessous du seuil classique de 0.05, nous menant à rejeter l'hypothèse nulle. Ainsi, les moyennes de l'indice de sentiment et des prix des jetons ne sont pas équivalentes.

En résumé, les résultats suggèrent que les sentiments exprimés dans les gazouillis ont une intensité supérieure à celle reflétée par les prix des jetons sur la période étudiée. Nous avons procédé à une analyse de variance (ANOVA) afin d'examiner l'existence de différences significatives entre les variables `asinh.avg_price` et `asinh.avg_sentiment` dans notre ensemble de données fusionnées. L'ANOVA, réalisée sur le modèle linéaire où `asinh.avg_price` est la variable dépendante et `asinh.avg_sentiment` la variable indépendante, a produit une statistique F de 0.093 avec un degré de liberté de 2 pour le modèle.

Tableau 11. Analyse de variance

Statistic	N	Mean	St. Dev.	Min	Max
Df	2	39.000	53.740	1	77
Sum Sq	2	0.011	0.015	0.00003	0.022
Mean Sq	2	0.0002	0.0002	0.00003	0.0003
F value	1	0.093		0.093	0.093
Pr(> F)	1	0.761		0.761	0.761

La valeur p associée à cette statistique F est de 0.761, indiquant que les différences entre les moyennes des prix transformés et des indices de sentiment transformés ne sont pas statistiquement significatives. En effet, les variations observées entre les moyennes des groupes pourraient être attribuées à des fluctuations aléatoires plutôt qu'à un effet systématique ou à une association réelle entre les variables. La variation totale attribuable aux différences entre les moyennes ajustées pour chaque niveau du facteur dans le modèle ne révèle pas de variabilité importante attribuable à la variable indépendante.

En somme, notre analyse indique que, selon le modèle linéaire appliqué, il n'y a pas de preuve que l'indice de sentiment moyen journalier asinh transformé a un effet significatif sur le prix moyen journalier asinh transformé des jetons. Cette absence de signification statistique suggère qu'aucune conclusion définitive ne peut être tirée concernant l'impact des sentiments exprimés dans les gazouillis sur les prix des jetons pour la période étudiée.

Nous avons procédé également à une analyse de régression linéaire multiple où la transformation asinh (sinus hyperbolique inverse) est appliquée à certaines variables. La transformation asinh est souvent utilisée pour améliorer la normalité des résidus et stabiliser la variance lorsque les données présentent des asymétries ou des valeurs extrêmes.

Voici les trois modèles de régression basés sur les informations fournies :

Modèle 1 (Sentiment) :

$$\text{Prix moyens journaliers des jetons} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{asinh}(\text{avg_sentiment}) + \epsilon \quad (4)$$

Où $\text{asinh}(\text{avg}_s\text{entiment})$ est la transformation asinh du score de sentiment moyen journalier des jetons.

Modèle 2 (Sentiment avec retard) :

$$\text{Prix moyens journaliers des jetons} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{lag}(\text{asinh}(\text{avg_sentiment}), 1) + \epsilon \quad (5)$$

Ici, $\text{lag}(\text{asinh}(\text{avg}_s\text{entiment}), 1)$ représente la transformation asinh du score de sentiment moyen journalier des jetons décalé d'un pas de temps (typiquement un jour).

Modèle 3 (Combinaison) :

$$\text{Prix moyens journaliers des jetons} = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{asinh}(\text{avg_sentiment}) + \beta_2 \cdot \text{lag}(\text{asinh}(\text{avg_sentiment}), 1) + \epsilon \quad (6)$$

Ce modèle combine le score de sentiment moyen et son retard pour évaluer leur impact combiné sur le prix moyen journalier des jetons.

Pour chaque modèle :

- β_0 est la constante, représentant l'ordonnée à l'origine de la régression.

- β_1 et β_2 sont les coefficients des variables indépendantes, mesurant l'impact de chaque unité de changement dans la variable de sentiment sur le prix moyen journalier des jetons.
- ϵ est le terme d'erreur, capturant la variation non expliquée par le modèle.

L'objectif de ces modèles est de quantifier la relation entre le sentiment exprimé dans les gazouillis (et son retard) avec le prix des jetons, en utilisant une approche de régression linéaire multiple qui permet d'estimer l'effet de plusieurs variables explicatives simultanément. Les résultats pourraient fournir des informations sur la façon dont les sentiments exprimés influencent les valeurs de marché des jetons non fongibles dans le temps.

Tableau 12. Résultats des modèles de régression

Sentiments et prix			
<i>Dependent variable:</i>			
Prix moyens journaliers des jetons			
	Sentiment (1)	Sentiment avec retard (2)	Combinaison (3)
asinh.avg_sentiment	-0.007 (-0.052, 0.038)		-0.020 (-0.054, 0.013)
lag(asinh.avg_sentiment, 1)		0.019 (-0.014, 0.052)	0.020 (-0.013, 0.054)
Constant	0.035*** (0.030, 0.040)	0.031*** (0.028, 0.035)	0.033*** (0.029, 0.037)
Time Fixed Effects	No	No	No
Observations	79	78	78
R ²	0.001	0.017	0.036
Adjusted R ²	-0.012	0.004	0.010
Residual Std. Error	0.017 (df = 77)	0.012 (df = 76)	0.012 (df = 75)
F Statistic	0.093 (df = 1; 77)	1.289 (df = 1; 76)	1.389 (df = 2; 75)

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Le premier modèle évalue l'impact direct de l'indice de sentiment moyen journalier sur les prix moyens journaliers des jetons. Les résultats indiquent qu'il n'y a pas de corrélation significative entre ces deux variables. La date apparaît comme un prédicteur significatif, indiquant une légère tendance négative des prix au fil du temps, ce qui pourrait refléter des facteurs de marché externes ou des tendances intrinsèques aux données qui ne sont pas capturées par les sentiments seuls.

Le deuxième modèle intègre un effet retardé en considérant le sentiment du jour précédent (lag). Cette approche suppose que l'impact des sentiments sur les prix pourrait ne pas être immédiat. Toutefois, les résultats ne montrent pas de relation significative entre le sentiment retardé et les prix des jetons, bien que le coefficient positif suggère une possible augmentation des prix en réponse à une augmentation du sentiment la veille.

Le troisième modèle combine les sentiments actuels et retardés dans une seule régression, cherchant à saisir à la fois l'influence immédiate et retardée des sentiments sur les prix. Cependant, aucun des prédicteurs de sentiment ne montre une influence significative sur les prix des jetons dans ce modèle combiné.

L'interprétation des coefficients constants significatifs dans les modèles 2 et 3 suggère qu'il existe un niveau de base des prix des jetons qui est maintenu indépendamment des variations journalières des sentiments exprimés. La significativité de la constante implique que d'autres facteurs, non inclus dans le modèle, pourraient jouer un rôle dans la détermination des prix des jetons.

Quant à la performance des modèles, les valeurs ajustées de R2 restent faibles, ce qui indique que la capacité des sentiments, immédiats ou retardés, à expliquer les variations des prix des jetons est limitée. Cela pourrait suggérer que les prix des jetons sont influencés par une multitude de facteurs complexes, dont les sentiments ne sont qu'une composante.

Ces modèles indiquent que les sentiments exprimés sur les réseaux sociaux, qu'ils soient mesurés immédiatement ou avec retard, ne sont pas des prédicteurs significatifs des prix des jetons dans l'échantillon de données analysé. Il serait donc pertinent d'examiner d'autres variables qui pourraient influencer les prix des jetons, tels que les événements du marché, les annonces d'entreprise ou les changements réglementaires. Il est également possible que la nature dynamique et rapide des réseaux sociaux fasse que les indices de sentiment ne captent qu'une petite partie des facteurs influençant les décisions des investisseurs sur les marchés des jetons.

5.3.2 Discussion

La méthodologie employée dans cette étude a consisté en une analyse quantitative approfondie, articulée autour de l'exploitation de deux ensembles de données distincts : les gazouillis issus d'une plateforme sociale et les cours des jetons. L'objectif principal était de déterminer l'existence et la nature des relations potentielles entre les sentiments exprimés sur les réseaux sociaux et les fluctuations des prix des jetons.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord procédé à une transformation asinh des données pour gérer efficacement la présence de valeurs nulles et permettre une analyse statistique plus robuste. Cette transformation a été appliquée à la fois aux indices de sentiment extraits des gazouillis et aux prix des jetons. Ensuite, une moyenne journalière a été calculée pour chaque variable afin de synthétiser les données en un format propice à une analyse temporelle.

Trois modèles de régression linéaire ont été construits pour analyser les relations entre les sentiments et les prix. Le premier modèle a évalué l'impact direct des sentiments moyens journaliers sur les prix moyens journaliers des jetons. Le second modèle a introduit une dimension temporelle en incorporant un effet retardé des sentiments. Enfin, le troisième modèle a combiné les deux approches précédentes, tentant de capturer à la fois les effets immédiats et retardés des sentiments sur les prix.

Les résultats obtenus ont indiqué que, malgré une méthodologie rigoureuse et l'application de techniques statistiques avancées, il n'a pas été possible de mettre en évidence une corrélation statistiquement significative entre les sentiments exprimés sur les réseaux sociaux et les prix des jetons. Les faibles valeurs de R² ajusté observées dans les modèles suggèrent que d'autres facteurs, non pris en compte dans l'analyse, pourraient jouer un rôle prépondérant dans la dynamique des prix.

En conclusion, cette étude ouvre la voie à des recherches futures qui pourraient explorer d'autres variables ou adopter des méthodologies différentes pour mieux comprendre les dynamiques sous-jacentes dans ce domaine en évolution rapide.

6. Conclusion générale

Ce rapport montre l'émergence des JNF comme piliers de cette nouvelle ère numérique, explorant leur rôle et leurs implications. La section sur l'économie des JNF met en lumière les bénéfices, coûts et risques associés, soulignant les défis réglementaires et les impacts sur le secteur. Plusieurs études ont permis de décrire l'adoption des JNF dans le sport dévoilant le marché, les profils des investisseurs et leur importance stratégique pour les organisations sportives. Cette recherche illustre la complexité des marchés financiers numériques et la nécessité d'une approche méthodologique diversifiée pour comprendre les dynamiques de prix des actifs numériques, en mettant en évidence les interactions entre les sentiments en ligne et les mouvements de prix.

Dans cette étude, nous avons entrepris une analyse exhaustive de l'interaction entre les sentiments exprimés sur les réseaux sociaux et les fluctuations des prix des jetons non fongibles (JNF). Notre objectif était de déceler des corrélations potentielles entre les émotions capturées à travers des gazouillis et les dynamiques de marché des JNF. Cette recherche s'inscrit dans un contexte où la digitalisation des actifs financiers et l'essor des plateformes sociales redéfinissent les modèles économiques et les comportements d'investissement.

Pour analyser les sentiments exprimés dans les gazouillis, nous avons employé le Structural Topic Model (STM) et les ratios ternaires. Le STM a permis de dégager des thèmes prédominants et la dynamique des conversations autour des JNF, offrant ainsi une compréhension nuancée des sujets qui captivent l'intérêt des utilisateurs et de la manière dont ces sujets évoluent avec le temps. Les ratios ternaires, quant à eux, ont fourni des insights sur la balance entre les gazouillis positifs, négatifs et neutres, ce qui a permis de saisir l'ambiance générale de la communauté en ligne vis-à-vis des JNF.

Parallèlement, une analyse des statistiques descriptives a été réalisée sur les cours des JNF. Cette analyse a permis de dégager des tendances générales, telles que la moyenne, l'écart-type, les valeurs minimales et maximales des prix, offrant un aperçu détaillé de la volatilité et de la distribution des prix des JNF. L'importance de ces mesures réside dans leur capacité à fournir un contexte quantitatif essentiel pour comprendre la dynamique du marché des JNF, un marché encore émergent et sujet à d'intenses fluctuations.

En combinant ces approches, notre étude a révélé que, bien que les sentiments exprimés sur les réseaux sociaux soient une composante visible du discours autour des JNF, ils ne semblent pas influencer directement les prix des jetons de manière statistiquement significative. Cette conclusion est particulièrement importante, car elle souligne que, malgré la visibilité et l'activité apparente sur les plateformes sociales, les facteurs déterminant les prix des JNF pourraient être ailleurs, peut-être dans des domaines tels que les nouvelles économiques, les annonces d'entreprises, les changements réglementaires, ou d'autres aspects du marché plus larges et moins immédiatement visibles sur les réseaux sociaux.

Cette recherche contribue ainsi à une compréhension plus nuancée des interactions entre les sentiments en ligne et les marchés financiers numériques. Elle met en évidence la complexité de ces marchés et la nécessité de prendre en compte une multitude de facteurs pour comprendre les mouvements de prix dans l'espace des JNF. En outre, elle ouvre la voie à des recherches futures qui pourraient explorer d'autres variables influençant les prix des JNF, tout en soulignant l'importance d'une méthodologie rigoureuse et diversifiée pour analyser les données issues des technologies numériques et des marchés financiers.

7. Bibliographie

- Aitchison, J. (1986). *The Statistical Analysis of Compositional Data*. London: Chapman & Hall.
- Akerlof, G. A. (1970). The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quarterly Journal of Economics*. Retrieved from <https://personal.utdallas.edu/~nina.baranchuk/Fin7310/papers/Akerlof1970.pdf>
- Ante, L. (2022). The Non-Fungible Token (NFT) Market and Its Relationship with Bitcoin and Ethereum. *FinTech*, 1(3), 216-224. <https://doi.org/10.3390/fintech1030017>
- Antonopoulos, A. M., & Wood, G. (2018). *Mastering Ethereum: Building Smart Contracts and Apps*. O'Reilly.
- Aste, T., Tasca, P., & Di Matteo, T. (2017). Blockchain Technologies: The Foreseeable Impact on Society and Industry. *Computer*, 50(9), 18-28. <https://doi.org/10.1109/MC.2017.3571064>
- Baker, B., Pizzo, A., & Su, Y. (2022). Non-Fungible Tokens: A Research Primer and Implications for Sport Management. *Sports Innovation Journal*, 3(March), 1-15. <https://doi.org/10.18060/25636>
- Berners-Lee, T. (1999). *Weaving the Web*. Harper San Francisco.
- Bhujel, S., & Rahulamathavan, Y. (2022). A Survey: Security, Transparency, and Scalability Issues of NFT's and Its Marketplaces. *Sensors*, 22(22), 8833. <https://doi.org/10.3390/s22228833>
- Bruns B, Stieglitz, S. (2013) Towards more systematic Twitteranalysis: metrics for tweeting activities, *International Journal of Social Research Methodology*, 16:2, 91-108, DOI: 10.1080/13645579.2012.756095
- Chainalysis. (2022). *Chainalysis - The 2022 Crypto Crime Report - 2022 Feb.pdf*. Retrieved from <https://www.theblockchaintest.com/uploads/resources/Chainalysis%20-%20The%202022%20Crypto%20Crime%20Report%20-%202022%20Feb.pdf>
- Chen, C., Zhang, L., Li, Y., Liao, T., Zhao, S., Zheng, Z., Huang, H., & Wu, J. (2022). When Digital Economy Meets Web3.0: Applications and Challenges. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 3, 233-245. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2022.3217565>
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386-405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- Das, D., Bose, P., Ruaro, N., Kruegel, C., & Vigna, G. (2022). Understanding Security Issues in the NFT Ecosystem. *arXiv*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2111.08893>
- Devlin, J. T. (2021). "Insane" money in trading collectible cards. Retrieved from <https://www.bbc.co.uk/news/business-56413186> (BBC).
- Diakopoulos, N. A., & Shamma, D. A (2010). Characterizing debate performance via aggregated Twitter sentiment. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1195-1198). 15. Dowling, M. (2022). Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies? *Finance Res. Letter*, 44, 102097. ISSN 1544-6123. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102097>
- Dutta, P., Choi, T.-M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142(October), 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- Forbes Advisor. (2023). What Is NBA Top Shot? Retrieved from <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/nba-top-shot/> (21 November 2023).
- Gans, J. S. (2019). The Fine Print in Smart Contracts. NBER, WP 25443. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w25443/w25443.pdf

- Gong, H., Watanabe, N., Soebbing, B., Brown, M., & Nagel, M. (2021). Do Consumer Perceptions of Tanking Impact Attendance at National Basketball Association Games? A Sentiment Analysis Approach. *Journal of Sport Management*, 35(3).
- Hendel, C. (n.d.). NFTs in the Music Industry – Trends, Functions, and Typical Copyright Issues. Retrieved from <https://www.twobirds.com/en/insights/2023/germany/nfts-in-der-musikbranche> (21 November 2023).
- Honey, C., S. C. Herring, (2009). Beyond Microblogging: Conversation and Collaboration via Twitter," 2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences, Waikoloa, HI, USA, 2009, pp. 1-10, doi: 10.1109/HICSS.2009.89.
- Jafar, U., Ab Aziz, M. J., & Shukur, Z. (2021). Blockchain for Electronic Voting System—Review and Open Research Challenges. *Sensors*, 21(17), 5874. <https://doi.org/10.3390/s21175874>
- Jung, S. W. (2022). Universal Redactable Blockchain. *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, 13(4), 81-93. <https://doi.org/10.58346/JOWUA.2022.14.005>
- Keneo (2021). Les NFT, nouvelle lubie du monde du sport? Keneo. Retrieved from <https://www.keneo.com/les-nft-nouvelle-lubie-du-monde-du-sport/> (26 July 2021).
- Liu, B. (2012). *Sentiment Analysis and Opinion Mining*. Morgan & Claypool Publishers.
- Madine, M., Salah, K., Jayaraman, R., & Zemerly, J. (2023). NFTs for Open-Source and Commercial Software Licensing and Royalties. *IEEE Access*, 11, 8734-8746. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3239403>
- Mahyuni, L. P., Adrian, R., Darma, G. S., Krisnawijaya, N. N. K., Dewi, I. G. A. A. P., & Permana, G. P. L. (2020). Mapping the potentials of blockchain in improving supply chain performance. *Cogent Business & Management*, 7(1), 1788329. <https://doi.org/10.1080/23311975.2020.1788329>
- Mougayar, W. (2016). *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*. Wiley.
- Nadini, M., Alessandretti, L., Di Giacinto, F., Martino, M., Aiello, L. M., & Baroncelli, A. (2011). Mapping the NFT Revolution: Market Trends, Trade Networks, and Visual Features. *Nature Portfolio, Scientific Report*, 11-20902. 29. Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.
- Palau-Saumell, R., Matute, J., & Forgas-Coll, S. (2021). The roles of team identification and psychological ownership in fans' intentions to purchase team-licensed and a sponsor's products: the case of FC Barcelona members. *Sport Management Review*. DOI: 10.1080/14413523.2021.1991676
- Panarello, A., Tapas, N., Merlino, G., Longo, F., & Puliafito, A. (2018). Blockchain and IoT Integration: A Systematic Survey. *Sensors*, 18(8), 2575. <https://doi.org/10.3390/s18082575>
- Pang, B., & Lee, L. (2008). Opinion Mining and Sentiment Analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 2(1-2), 1-135.
- Parham, A., & Breitinger, C. (2022). Non-fungible Tokens: Promise or Peril? arXiv. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2202.06354>
- Politou, E., Casino, F., Alepis, E., & Patsakis, C. (2021). Blockchain Mutability: Challenges and Proposed Solutions. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 9(4), 1972-1986. <https://doi.org/10.1109/TETC.2019.2949510>
- PwC. (2021). *nfts-legal-tax-accounting-considerations-dec2021.pdf*. Retrieved from <https://www.pwchk.com/en/research-and-insights/fintech/nfts-legal-tax-accounting-considerations-dec2021.pdf>
- Rinker, T. W. (2019). *sentimentR: Calculate Text Polarity Sentiment*. University at Buffalo/SUNY, Buffalo, New York.

- Roberts, M. E., Stewart, B. M., & Airoidi, E. M. (2014). A Model of Text for Experimentation in the Social Sciences. *Journal of the American Statistical Association*, 109
- Rogers, I., Carter, D., Morgan, B., & Edgington, A. (2022). Diminishing Dreams: The Scoping Down of the Music NFT. *M/C Journal*, 25(2). <https://doi.org/10.5204/mcj.2884>
- Salimitari, Mehrdad, Mainak Chatterjee, et Yaser Fallah. 2020. « A Survey on Consensus Methods in Blockchain for Resource-Constrained IoT Networks ». *TechRxiv*. <https://doi.org/10.36227/techrxiv.12152142.v1>.
- Scharnowski, Matthias, Stefan Scharnowski, et Lukas Zimmermann. 2021. « Fan Tokens: Sports and Speculation on the Blockchain », décembre. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3992430>.
- Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media.
- Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin is Changing Money, Business, and the World*. Portfolio.
- Thelwall, M., Buckley, K., & Paltoglou, G. (2011). Sentiment in Twitter events. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(2), 406–418.
- Thelwall, M. (2018) Social media analytics for YouTube comments: potential and limitations, *International Journal of Social Research Methodology*, 21:3, 303-316, DOI: 10.1080/13645579.2017.1381821
- Tsytarau, M., & Palpanas, T. (2012). Survey on mining subjective data on the web. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 24(3), 478–514.
- Tufekci, Z. (2014). *Engineering the Public: Big Data, Surveillance and Computational Politics*. First Monday, 19(7).
- Vasan, Kishore, Milán Janosov, et Albert-László Barabási. 2022. « Quantifying NFT-Driven Networks in Crypto Art ». *Scientific Reports* 12 (1): 2769. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-05146-6>.
- Vatiero, Massimiliano. 2022. « Smart Contracts vs Incomplete Contracts: A Transaction Cost Economics Viewpoint ». *Computer Law & Security Review* 46 (septembre): 105710. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2022.105710>.
- Wang, Qin, Rujia Li, Qi Wang, et Shiping Chen. 2021. « Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and Challenges ». *arXiv*. <http://arxiv.org/abs/2105.07447>.
- Wang, Shuyu. 2022. « Crypto Art: NFT Art Trading and the Art Market ». *Asian Journal of Social Science Studies* 7 (10): 14. <https://doi.org/10.20849/ajsss.v7i10.1311>.
- Wang, Wenbo, Dinh Thai Hoang, Peizhao Hu, Zehui Xiong, Dusit Niyato, Ping Wang, Yonggang Wen, et Dong In Kim. 2019. « A Survey on Consensus Mechanisms and Mining Strategy Management in Blockchain Networks ». *IEEE Access* 7: 22328-70. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2896108>.
- Zade, Michel, Jonas Myklebost, Peter Tzscheutschler, et Ulrich Wagner. 2019. « Is Bitcoin the Only Problem? A Scenario Model for the Power Demand of Blockchains ». *Frontiers in Energy Research* 7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2019.00021>.
- Zappavigna, M. (2011). Ambient affiliation: A linguistic perspective on Twitter. *New Media & Society*, 13(5), 788-806. <https://doi.org/10.1177/1461444810385097>
- Zavolokina, Liudmila, Manuel Schlegel, et Gerhard Schwabe. 2021. « How Can We Reduce Information Asymmetries and Enhance Trust in 'The Market for Lemons'? » *Information Systems and E-Business Management* 19 (3): 883-908. <https://doi.org/10.1007/s10257-020-00466-4>