

Prolifération des citations et persistance de la désinformation sur Bitcoin

Document de travail V2.0

Dr Simon Collins, Digital Assets Research Institute, Lightning Pay, Stackr,
Governors Bay, 8971 New Zealand

Dr. Rian D. Dewhurst, Institute for Sustainable Chemistry & Catalysis with
Boron, Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Am Hubland, 97074
Würzburg, Germany

20/09/2024

<https://www.da-ri.org>

Digital Assets
Research
Institute





Résumé

La désinformation concernant Bitcoin s'est solidement ancrée dans les débats autour de sa consommation énergétique. Elle découle généralement de critères de publication peu exigeants : il est démontré que les articles de recherche présentant une opinion négative sur Bitcoin souffrent d'une pauvreté méthodologique. Ce type de publication continue toutefois de recueillir un nombre important de citations, malgré des lacunes méthodologiques importantes. Cependant, un corpus croissant de travaux rigoureux sur le plan méthodologique commence à transformer le récit en produisant des résultats précis, bien que très spécifiques. Cet article contribue à l'avancement des connaissances en retraçant à la fois le parcours de la désinformation et celui des savoirs reproductibles et vérifiables dans la littérature, tout en mettant en évidence les failles des premiers travaux sur Bitcoin et l'énergie.



D'où vient la désinformation sur Bitcoin ?

La désinformation est devenue un élément récurrent dans les discussions sur la consommation énergétique de Bitcoin. Des études biaisées, manquant de rigueur méthodologique, ont servi de terreau à une désinformation qui circule sans cesse dans le discours, ce qui complique la tâche de ceux qui cherchent à offrir une vision d'ensemble plus équilibrée. Ces études ont fortement influencé le discours général sur Bitcoin, en créant un récit qui exagère et accentue de manière disproportionnée les aspects négatifs sans prendre en compte les avantages ni aborder les lacunes majeures des publications les plus citées. Malgré l'émergence récente de travaux rigoureux sur le plan méthodologique, le narratif dominant reste profondément ancré.

Les conséquences de ces récits trompeurs ne sont pas uniquement théoriques : elles ont conduit à des actions concrètes, telles que des mesures réglementaires (Riley, 2021), des restrictions sur le minage (Xie, 2019) et la stigmatisation généralisée de Bitcoin (Kinney, 2021a). Cette persistance limite le potentiel de Bitcoin à contribuer positivement à l'inclusion financière, à offrir une échappatoire à la répression financière (Gladstein, 2022), au déploiement des énergies renouvelables, à la gestion des réseaux électriques (Menati et al., 2023) et à la réduction des émissions de méthane (Rudd et al., 2024).

La propagation d'articles largement discrédités et leur influence sur le domaine peuvent être mesurées en examinant le nombre de fois qu'ils sont cités. Parmi les principaux contributeurs à ce problème figurent Alex de Vries (2020; 2018, 2019, 2020, 2021, 2023; 2022), dont les travaux ont cumulé plus de 1 130 citations, ainsi que ses collaborateurs Christian Stoll (2022, 2022; 2021; 2020, 2021; 2020; 2019, 2023) et Lena Klaaßen (2022; 2020, 2021; 2020; 2019, 2023), qui comptent respectivement près de 1 000 et 800 citations (Figure 1). L'article le plus influent de de Vries, *Bitcoin's Growing Energy Problem* (de Vries, 2018), continue d'être cité dans de nouvelles publications bien qu'il ait été complètement discrédité par des études revues par des pairs (Sai & Vranken, 2023). Cependant, cet article n'est pas un cas isolé. La figure 1 suit l'évolution au fil du temps des citations cumulées de dix articles influents mais inexacts – chacun de ces articles est, ou cite, le document de désinformation d'origine, de Vries (de Vries, 2018). Le tableau 1 résume les défauts des articles suivis dans la figure 1. Le graphique illustre comment ces travaux, utilisant eux-mêmes des méthodologies défectueuses et



émettant ainsi des affirmations non fondées, ont gagné en influence et continuent de marquer le domaine. Beaucoup de ces articles ne contiennent pas de recherche originale, mais compilent et propagent plutôt la désinformation existante, créant un cycle auto-entretenu d'inexactitude. Les nouveaux chercheurs entrant dans le domaine sont immédiatement exposés à ces études biaisées, rendant de plus en plus difficile l'installation d'informations fiables. Il est évident que la désinformation est extrêmement résiliente et, une fois établie dans le discours, il est difficile de l'enrayer complètement.

Total des citations de publications présentant des défauts méthodologiques, 2018 – 2024

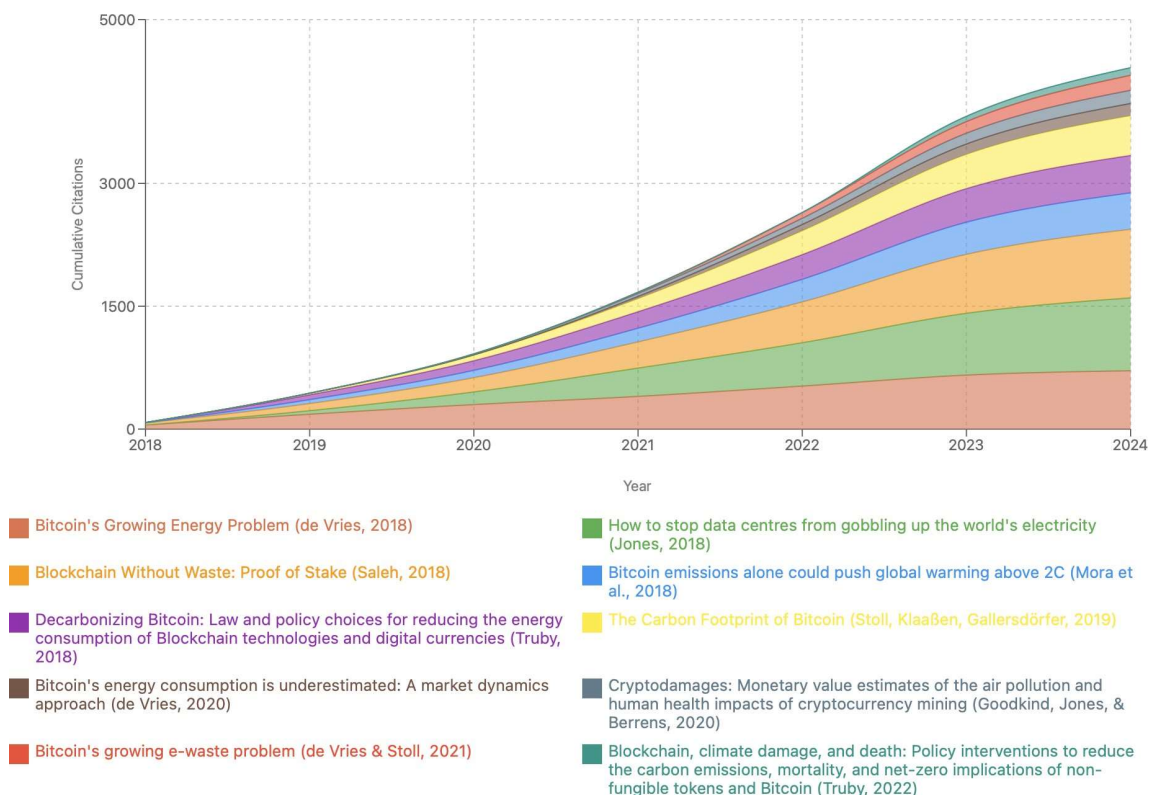


Figure 1. Total des citations de publications sur la consommation énergétique de Bitcoin présentant des défauts méthodologiques, 2018 – 2024.



Table 1. Répartition des principaux défauts méthodologiques des articles présentés dans la figure 1.

| Article | Issues |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">de Vries (2018) <i>Bitcoin's growing energy problem</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Ne s'appuie pas sur des théories existantes et présente ses méthodes sans les positionner dans aucun autre domaine. Ce procédé rend impossible la comparaison des résultats et l'évaluation de la solidité des méthodes pour en mesurer l'efficacité. • Mesure à tort la consommation énergétique en se basant sur le nombre de transactions¹ • Simplifie excessivement le minage et sous-estime la durée de vie du matériel de 400 % • Se base sur des anecdotes pour étayer ses affirmations. • Utilise une modélisation "top down" qui extrapole à partir de données publiques et nécessite de nombreuses hypothèses sur une multitude de facteurs. • Suppose une répartition égale des ventes de processeurs de minage de Bitcoin (application-specific integrated circuits, ASICs) dans le temps. • Suppose arbitrairement que l'électricité représente 60 % des coûts. • Les chiffres de consommation énergétique manquent de rigueur scientifique – utilise des extrapolations brutes à partir d'une seule donnée pour les appliquer à l'ensemble du réseau. • Formule des affirmations et des hypothèses non étayées tout au long du texte, notamment concernant la consommation énergétique du refroidissement, la structure des coûts marginaux des entreprises de minage et le rendement du silicium pour la fabrication des ASICs. • La section « Limites » n'identifie aucune limitation méthodologique ; elle est utilisée à la place pour suggérer des raisons pour lesquelles les mineurs pourraient opérer à perte. • Utilise des sources de faible qualité. Sur 15 références, seules deux proviennent d'articles de journaux revues par des pairs. La plupart des références sont des articles de presse, des billets de blog et même des publications sur Twitter. |
| <p style="text-align: center;">Jones (2018) <i>How to stop data centres gobbling up the world's electricity</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Base ses affirmations sur l'étude défectueuse de de Vries (2018). • N'est pas une véritable étude, mais plutôt une accumulation d'anecdotes apparemment sélectionnées de manière partielle. |

¹ Le réseau Bitcoin utilise de l'énergie pour hacher les blocs, quel que soit le nombre de transactions à inclure dans ce bloc (Carter, 2021). En réalité, diffuser une nouvelle transaction ne nécessite pratiquement aucune énergie (Khazzaka, 2022). Les transactions Bitcoin peuvent être envoyées depuis divers types d'appareils – y compris des téléphones mobiles, des ordinateurs portables, voire par radio. Aucun de ces appareils ne pourrait rivaliser avec un ASIC de minage en termes de consommation énergétique et parvenir à diffuser des transactions pour inclusion dans le bloc suivant. Les transactions individuelles n'utilisent pas d'énergie, et une augmentation du nombre de transactions sur le réseau n'entraînerait pas une consommation d'énergie supplémentaire. Il en va de même pour les autres affirmations concernant la consommation de ressources par transaction dans le réseau Bitcoin : un nombre accru de transactions n'utilise pas davantage d'eau, de cuivre, de silicium, de carbone ou de vies humaines.



| | |
|--|---|
| <p>Saleh (2018) <i>Blockchain Without Waste</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Fonde ses hypothèses de consommation énergétique sur de Vries (2018), ce qui entraîne l'inexactitude de l'ensemble de ses conclusions. |
| <p>Mora et al. (2018) <i>Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Suppose que les participants utilisent du matériel non rentable. • Utilise des hypothèses d'efficacité inchangées sur une période de projection de 100 ans sans fournir d'explication pour ce choix. • Attribue aléatoirement différents types de matériel de minage. • Suppose que l'emplacement de l'adresse IP du pool de minage correspond à l'emplacement du mineur. • Utilise des données obsolètes sur l'intensité carbone. |
| <p>Truby (2018) <i>Decarbonising Bitcoin</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Fonde ses hypothèses de consommation énergétique sur de Vries (2018). • Calcule la consommation d'énergie en se basant sur le nombre de transaction. |
| <p>Stoll, et al. (2019) <i>The Carbon Footprint of Bitcoin</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Fait un ensemble d'hypothèses pour produire ses résultats, y compris l'utilisation de documents d'introduction en bourse pour estimer la répartition du matériel de minage (les mineurs publics représentent une faible proportion de l'ensemble des entreprises de minage et ils sont tous unique dans leur approche). • Suppose que les volumes de vente de matériel restent constants. • Utilise l'emplacement d'une seul pool de minage pour représenter tous les pools de minage en Europe et en Chine. |
| <p>de Vries (2020) <i>Bitcoin's Energy Consumption – A Market Dynamics Approach</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Suppose à tort que les anciens matériels (ASIC S9) étaient encore prédominants en 2019. • Ne fournit pas de justification pour l'efficacité de l'utilisation de l'énergie. |
| <p>Goodkind, et al. (2020) <i>Cryptodamages</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Suppose que les émissions de l'ensemble de la production d'électricité connectée au réseau sont équivalentes au mix énergétique utilisé pour le minage de Bitcoin. • S'appuie sur des travaux défectueux publiés par de Vries (y compris ceux publiés sous le pseudonyme « Digiconomist ») pour estimer la consommation énergétique de Bitcoin. |
| <p>de Vries & Stoll (2021) <i>Bitcoin's Growing E-Waste Problem</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Estime la durée de vie du matériel de minage à 1,29 an en supposant que la demande atteint un pic quelques mois après le lancement, puis diminue rapidement. • Plus loin, un graphique estime les ventes de l'ASIC S9 sur quatre ans, en contradiction avec le point précédent. • Suppose de manière irréaliste un prix de l'électricité fixe de 0,05 USD. • Applique un raisonnement défectueux pour mesurer les déchets électroniques en fonction du nombre de transaction. • Suppose que le recyclage du matériel n'a pas de valeur. |
| <p>Truby (2022) <i>Blockchain, Climate Damage and Death</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> • Utilise de Vries (2018) comme base pour les taux de consommation énergétique et d'émissions. • Les estimations du nombre de décès annuels reposent sur des chiffres d'émissions défectueux, sans qu'aucune méthode de calcul ne soit fournie. |



On peut visualiser la propagation du récit défectueux de de Vries (2018) grâce au logiciel de cartographie des citations LitMaps (<https://www.litmaps.com>). La figure 2 illustre la diffusion des citations dans la littérature scientifique, décrivant la formation d'un réseau d'influence durable. La forte densité de citations durant les années 2020 révèle que, malgré la date de l'article et l'obsolescence de ses données, il continue d'être cité dans de nouvelles publications en 2024. C'est d'autant plus frappant que les données utilisées pour calculer la consommation énergétique, la durée de vie des ASIC, les ventes d'ASIC, les émissions de carbone, l'intensité des émissions, et d'autres indicateurs – tous défectueux dans leur implémentation initiale – sont également désormais obsolètes depuis plus d'une demi-décennie.

Propagation des citations issues de de Vries 2018

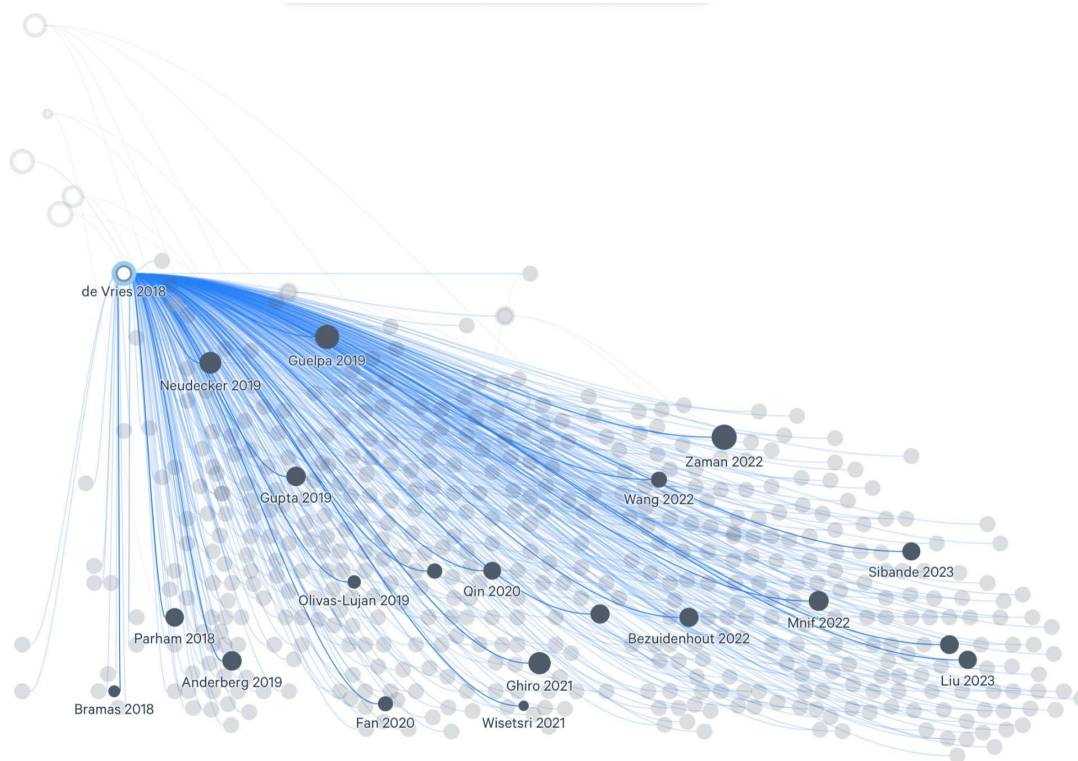


Figure 2. Carte spatiale des citations de de Vries (2018) via LitMaps.



Quelles sont les implications pour Bitcoin ?

Les figures 1 et 2 ainsi que le tableau 1 indiquent que près de 5 000 articles ont été écrits sur Bitcoin en se basant sur des connaissances erronées. Il est important de préciser qu'ici, on ne considère que l'impact sur la littérature académique, et ce, à partir d'une seule source initiale. Au-delà du monde académique, les médias grand public reprennent la littérature scientifique et la rapportent, souvent sous une forme très simplifiée. Selon la revue systématique de Sai et Vranken (2023), ce taux est d'environ 10 pour 1. Ainsi, près de 450 articles propagent un récit non fondé à un public grand public bien plus vaste. Cette portée multiplie considérablement l'influence de ces articles.

Que faire face à la désinformation ?

Pour éviter que des publications de faible qualité continuent d'influencer le socle de connaissances, il est essentiel de promouvoir une recherche respectant des normes rigoureuses, en s'assurant que les données soient vérifiables et que les résultats puissent être reproduits. Bien que ces études soient moins enclines à produire des titres sensationnalistes, leur importance réside dans leur précision et leur fiabilité. Avec le temps, à mesure que ces récits fondés sur la vérité gagnent en visibilité, ils peuvent commencer à diluer la désinformation qui domine actuellement la conversation. La vérité apparaît dans les articles qui suivent des méthodes reconnues, donnent accès à leurs sources de données et permettent la reproduction ou la vérification croisée de leurs résultats. Peu à peu, cette vérité se révèle. La figure 3 retrace le nombre de citations obtenues par les recherches qui examinent méthodiquement la consommation énergétique de Bitcoin. Ces études utilisent soit des données vérifiables et reproductibles, soit effectuent une revue systématique de la littérature, en s'appuyant sur des méthodes publiées et vérifiables.



Total des citations des études aux méthodologies reproductibles, 2018-2024

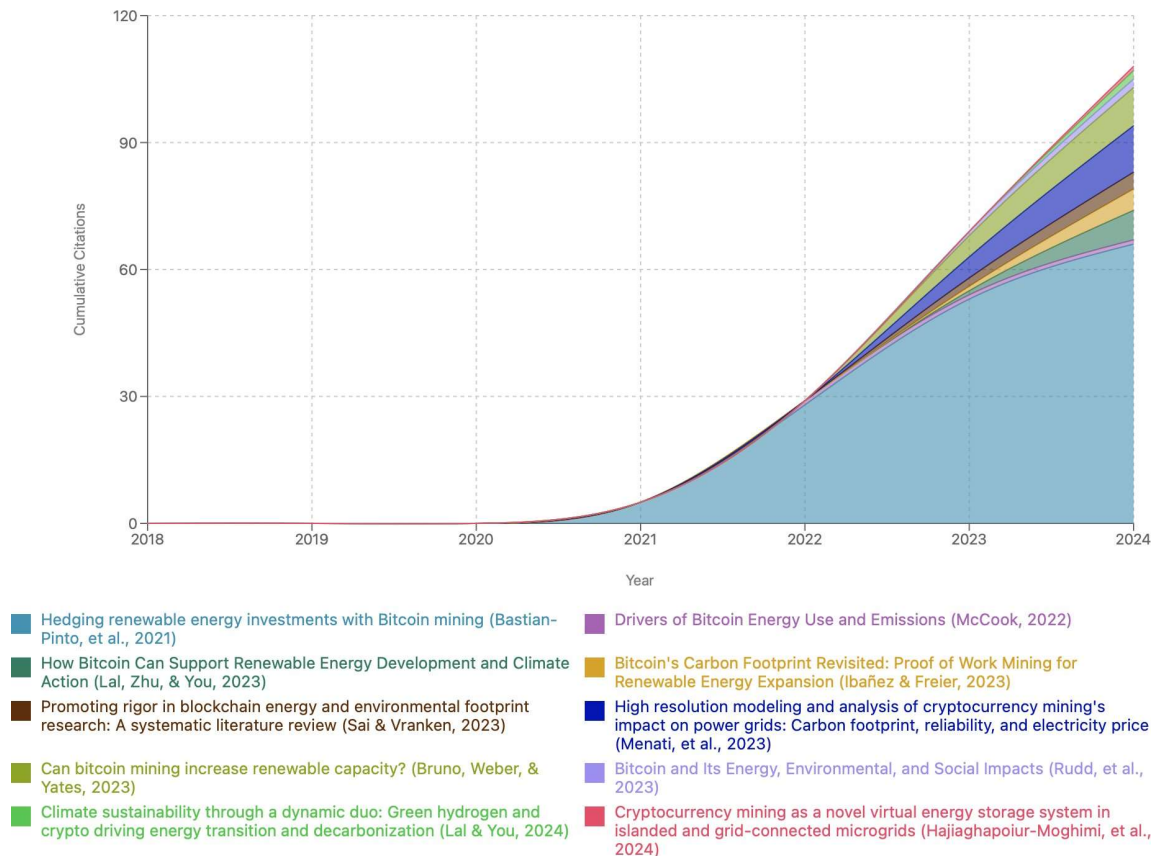


Figure 3. Total des citations des études aux méthodologies reproductibles portant sur la consommation énergétique de Bitcoin, 2018 – 2024

Comme le montre la figure 3, le nombre cumulé de citations des études méthodologiquement solides sur la consommation énergétique de Bitcoin ne représente que deux pour cent de celui des études présentant des lacunes majeures. Cela pourrait-il s'expliquer en partie par le fait que ce corpus d'études biaisées a eu trois ans d'avance pour contrôler le narratif ? Les études montrant que des résultats novateurs ont plus de difficultés à être acceptés dans la littérature que ceux qui se conforment aux normes établies et attendues (Wolinsky, 2008). En imposant le ton du discours, les auteurs critiques ont créé un obstacle aux résultats qui ne s'alignent pas sur le savoir accepté – celui que Bitcoin serait un foyer criminel qui fait bouillir les océans. Ce récit est désormais solidement ancré, et changer les mentalités, malgré de nouvelles preuves convaincantes, demeure un défi majeur.



À cela s'ajoute le fait que, lorsqu'une étude de recherche examine un phénomène particulier dans un contexte spécifique, elle ne peut pas formuler les mêmes affirmations générales et exagérées que d'autres pourraient avancer. Celles-ci incluent des affirmations telles que : (a) les émissions de Bitcoin pourraient être responsables d'une augmentation de la température terrestre de 2 °C (Mora et al., 2018), (b) Bitcoin serait directement responsable de la consommation de gigalitres d'eau en raison de l'évaporation dans les tours de refroidissement des centrales à charbon (de Vries, 2024), (c) le matériel de minage ne serait utilisable que pendant 1,29 an avant d'être jeté (de Vries & Stoll, 2021), et (d) le minage de Bitcoin aurait causé plus de 350 décès aux États-Unis et en Chine en 2018 (Truby et al., 2022). Toutes ces affirmations reposent sur des méthodes défectueuses ou sont de simples assertions sans fondement, et elles sont manifestement erronées. Les critères pour formuler des affirmations sont bien plus stricts dans une étude empirique publiée et évaluée par des pairs – contrairement aux publications d'opinion ou de commentaire ; en conséquence, ces affirmations s'avèrent moins excessives et plus nuancées selon le contexte étudié. Par exemple, considérons les conclusions principales de deux études :

"[Utiliser le minage de Bitcoin] pour stocker l'excédent d'énergie renouvelable sous forme de cryptomonnaie accumulée pour une consommation ultérieure souligne son potentiel en tant que solution efficace et économique pour la gestion de l'énergie au sein du [micro-réseau]"
(Hajiaghapour-Moghimi et al., 2024)

Ou:

"Ainsi, la modélisation de la demande flexible du [minage de Bitcoin] montre qu'elle n'est pas préjudiciable à la fiabilité du réseau électrique, même en cas de volumes importants à certains sites." (Menati et al., 2023)

Les obstacles à la propagation de telles affirmations sont doubles. Premièrement, les résultats d'études de haute qualité ne se prêtent guère à des titres accrocheurs et sensationnels. Deuxièmement, l'émergence d'études rigoureuses n'a réellement commencé que ces dernières années.



En comparant les deux ensembles de publications (défectueuses et rigoureuses) dans la figure 4, la différence apparaît encore plus clairement et illustre l'impact d'une avance de trois ans dans le contrôle du narratif, indépendamment de la validité des méthodes employées.

Comparaison du nombre total de citations

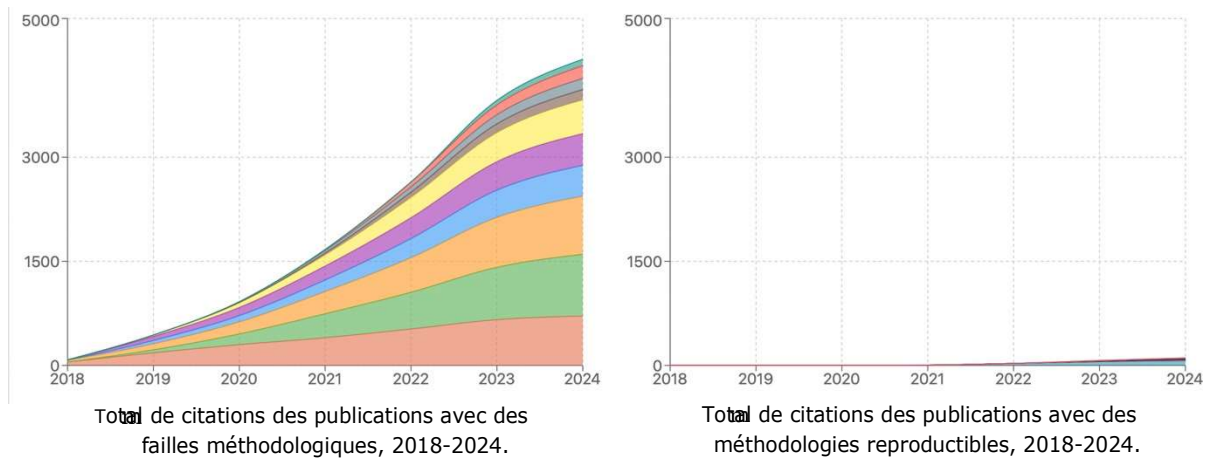


Figure 4. Comparaison du total de citations pour des publications avec des failles méthodologiques (à gauche) et de celles avec des méthodologies solides (à droite).

Malgré l'absence d'une avance initiale et l'exigence de circonspection et de précision, nous pouvons déjà observer l'impact des travaux empiriques sur le récit autour de Bitcoin et de l'énergie. Depuis 2022, lorsque les études précises ont commencé à émerger, la publication d'articles dans les médias grand public sur Bitcoin et l'énergie a chuté de manière significative (Figure 4). Cette tendance illustre de manière exemplaire comment les résultats, même relativement spécifiques, d'une science de haute qualité peuvent efficacement lutter contre une désinformation profondément ancrée.



Articles grand public sur Bitcoin et l'énergie (Source: Bitcoin Perception <https://bitcoinperception.com>)

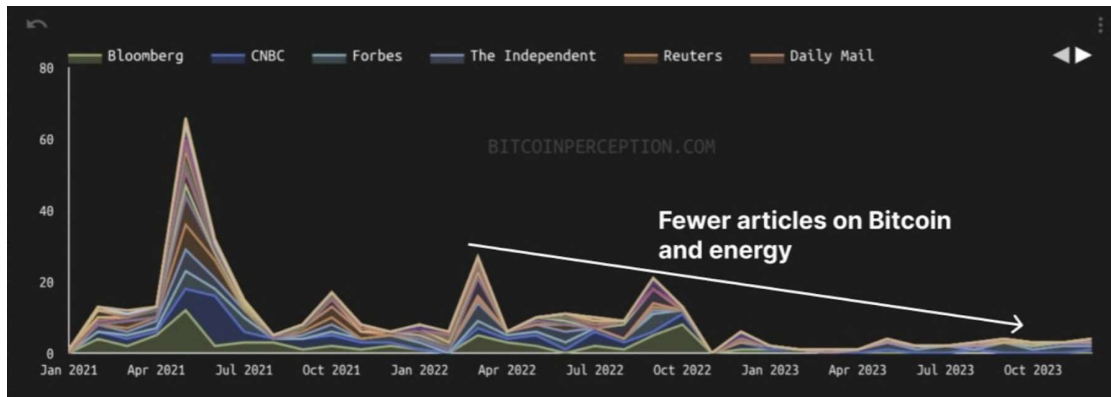


Figure 5. Articles grand public sur Bitcoin et l'énergie (source: Bitcoin Perceptions).

Qu'est-ce qui distingue de manière significative ces deux ensembles de publications ? Si les deux corpus de littérature étaient en accord, ce serait une chose, mais ils ne le sont certainement pas. Les articles issus des travaux de Vries véhiculent un sentiment très négatif. À l'inverse, les publications fondées sur des études du monde réel montrent des résultats indiquant que les effets de Bitcoin et du minage sont presque exclusivement positifs. Nous laissons au lecteur le soin de décider quelles en sont les implications.

Conclusion

Il est crucial d'introduire des vérités solides dans le discours. Ce processus implique de construire une base de connaissances impartiale grâce à des recherches rigoureuses et indépendantes. En assimilant soigneusement ces travaux, en publiant des résultats clairs et accessibles, et en encourageant des discussions ouvertes, la composition du débat peut, lentement mais sûrement, être transformée. Ce processus demande du temps, des efforts, de la patience, de la persévérance et un engagement résolu envers l'intégrité académique. Mais à chaque étude factuelle publiée, à chaque idée reçue corrigée et à chaque échange nuancé, de nouvelles connaissances pérennes peuvent s'ajouter au corpus discursif autour de Bitcoin.



Notre objectif est d'éviter toute « sur-correction » qui résulterait en un flot de sentiments purement pro-Bitcoin. Au contraire, nous devons rétablir un équilibre : créer un écosystème sain, où les faits prospèrent, où l'on remet en question les mythes et où l'on étudie les préoccupations légitimes de manière réfléchie. Dans un tel environnement équilibré, Bitcoin pourra ainsi être évalué précisément, tant dans ses avantages que dans ses limites. Par ce travail, nous cultivons un écosystème de connaissances dynamique, diversifié et capable de s'adapter, d'évoluer et de s'épanouir. Pour citer le célèbre physicien Max Planck :

“[une] nouvelle vérité scientifique ne triomphe pas en convainquant ses opposants et en leur faisant voir la lumière, mais plutôt parce que ses opposants finissent par mourir, et qu'une nouvelle génération grandit en y étant familière.” (Planck, 1950)

Nous sommes d'ailleurs conscients de l'ironie qu'il y a à ajouter une nouvelle citation issue des articles que nous réfutons dans cette analyse. Néanmoins, afin de souligner l'importance de dénoncer les failles de ces travaux, nous avons estimé que l'inclusion d'une référence supplémentaire pour chacun d'eux était un moindre mal. Dans le même temps, nous ajoutons de nouvelles références et citons la nouvelle génération de travaux empiriques. Nous espérons qu'à l'avenir, les auteurs prendront en compte l'impact qu'a la citation de ces articles — ou d'autres — susceptibles de véhiculer des informations trompeuses.



References

- Bastian-Pinto, C. L., Araujo, F. V. de S., Brandão, L. E., & Gomes, L. L. (2021). Hedging renewable energy investments with Bitcoin mining. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *138*, 110520.
- Bruno, A., Weber, P., & Yates, A. J. (2023). Can Bitcoin mining increase renewable electricity capacity? *Resource and Energy Economics*, *74*, 101376.
- Carter, N. (2021). How Much Energy Does Bitcoin Actually Consume? *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2021/05/how-much-energy-does-bitcoin-actually-consume>
- Cazachevici, A., Havranek, T., & Horvath, R. (2020). Remittances and economic growth: A meta-analysis. *World Development*, *134*, 105021. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105021>
- de Vries, A. (2018). Bitcoin's growing energy problem. *Joule*, *2*(5), 801–805.
- de Vries, A. (2019). Renewable energy will not solve bitcoin's sustainability problem. *Joule*, *3*(4), 893–898.
- de Vries, A. (2020). Bitcoin's energy consumption is underestimated: A market dynamics approach. *Energy Research & Social Science*, *70*, 101721.
- de Vries, A. (2021). Bitcoin boom: What rising prices mean for the network's energy consumption. *Joule*, *5*(3), 509–513.



- de Vries, A. (2023). Cryptocurrencies on the road to sustainability: Ethereum paving the way for Bitcoin. *Patterns*, 4(1).
- de Vries, A. (2024). Bitcoin's growing water footprint. *Cell Reports Sustainability*, 1(1), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.crsus.2023.100004>
- de Vries, A., Gallersdörfer, U., Klaaßen, L., & Stoll, C. (2022). Revisiting Bitcoin's carbon footprint. *Joule*, 6(3), 498–502.
- de Vries, A., & Stoll, C. (2021). Bitcoin's growing e-waste problem. *Resources, Conservation and Recycling*, 175, 105901.
- Gallersdörfer, U., Klaaßen, L., & Stoll, C. (2020). Energy consumption of cryptocurrencies beyond bitcoin. *Joule*, 4(9), 1843–1846.
- Gallersdörfer, U., Klaaßen, L., & Stoll, C. (2021). Accounting for carbon emissions caused by cryptocurrency and token systems. *arXiv Preprint arXiv:2111.06477*.
- Gladstein, A. (2022). *Check Your Financial Privilege*. BTC Media LLC.
- Goodkind, A. L., Jones, B. A., & Berrens, R. P. (2020). Cryptodamages: Monetary value estimates of the air pollution and human health impacts of cryptocurrency mining. *Energy Research & Social Science*, 59, 101281.
- Hajiaghapour-Moghimi, M., Hajipour, E., Hosseini, K. A., Vakilian, M., & Lehtonen, M. (2024). Cryptocurrency mining as a novel virtual energy storage system in islanded and grid-connected microgrids. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 158, 109915.



- Ibañez, J. I., & Freier, A. (2023). Bitcoin's carbon footprint revisited: Proof of Work mining for renewable energy expansion. *Challenges*, 14(3), 35.
- Jones, N. (2018). How to stop data centres from gobbling up the world's electricity. *Nature*, 561(7722), 163–166.
- Khazzaka, M. (2022). Bitcoin: Cryptopayments Energy Efficiency. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4125499>
- Lal, A., & You, F. (2024). Climate sustainability through a dynamic duo: Green hydrogen and crypto driving energy transition and decarbonization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(14), e2313911121.
- Lal, A., Zhu, J., & You, F. (2023). From mining to mitigation: How Bitcoin can support renewable energy development and climate action. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(45), 16330–16340.
- McCook, H. (2022). *Drivers of Bitcoin Energy Use and Emissions*. 15–33.
- Menati, A., Zheng, X., Lee, K., Shi, R., Du, P., Singh, C., & Xie, L. (2023). High resolution modeling and analysis of cryptocurrency mining's impact on power grids: Carbon footprint, reliability, and electricity price. *Advances in Applied Energy*, 10, 100136.
- Mora, C., Rollins, R. L., Taladay, K., Kantar, M. B., Chock, M. K., Shimada, M., & Franklin, E. C. (2018). Bitcoin emissions alone could push global warming above 2 C. *Nature Climate Change*, 8(11), 931–933.



- Planck, M. K. (1950). *Scientific Autobiography and Other Papers*. Philosophical library.
- Qin, S., Klaaßen, L., Gallersdörfer, U., Stoll, C., & Zhang, D. (2020). Bitcoin's future carbon footprint. *arXiv Preprint arXiv:2011.02612*, 1–16.
- Rudd, M. A., Bratcher, L., Collins, S., Branscum, D., Carson, M., Connell, S., David, E., Gronowska, M., Hess, S., & Mitchell, A. (2023). Bitcoin and Its Energy, Environmental, and Social Impacts: An Assessment of Key Research Needs in the Mining Sector. *Challenges*, 14(4), 47.
- Rudd, M. A., Jones, M., Sechrest, D., Batten, D., & Porter, D. (2024). *An integrated landfill-gas-to-energy and Bitcoin mining model* (SSRN Scholarly Paper 4810964). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143516>
- Sai, A. R., & Vranken, H. (2023). Promoting rigor in blockchain energy and environmental footprint research: A systematic literature review. *Blockchain: Research and Applications*, 100169.
- Saleh, F. (2018). *Blockchain without waste: Proof-of-stake*.
- Stoll, C., Klaaßen, L., & Gallersdörfer, U. (2019). The carbon footprint of bitcoin. *Joule*, 3(7), 1647–1661.
- Stoll, C., Klaaßen, L., Gallersdörfer, U., & Neumüller, A. (2023). *Climate impacts of Bitcoin mining in the US*. JSTOR.
- Truby, J. (2018). Decarbonizing Bitcoin: Law and policy choices for reducing the energy consumption of Blockchain technologies and digital currencies. *Energy*



Research & Social Science, 44, 399–410.

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.009>

Truby, J., Brown, R. D., Dahdal, A., & Ibrahim, I. (2022). Blockchain, climate damage, and death: Policy interventions to reduce the carbon emissions, mortality, and net-zero implications of non-fungible tokens and Bitcoin. *Energy Research & Social Science*, 88, 102499.

<https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102499>

Wolinsky, H. (2008). Paths to acceptance. The advancement of scientific knowledge is an uphill struggle against 'accepted wisdom'. *EMBO Reports*, 9(5), 416–418. <https://doi.org/10.1038/embor.2008.65>