

Université Libre de Bruxelles

Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire

Faculté des Sciences

Master en Sciences et Gestion de l'Environnement

**Les applications possibles de la technologie blockchain dans une économie en décroissance.
Étude du cas de la monnaie.**

Mémoire de Fin d'Études présenté par
GEEL Aidan
en vue de l'obtention du grade académique de
Master en Sciences et Gestion de l'Environnement
Finalité Gestion de l'Environnement M-ENVIG

Année Académique : 2021-2022

Directeur : Prof. Tom Bauler

Promoteur : Prof. Christophe Petit

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à remercier mon Directeur de mémoire, Monsieur Tom Bauler, ainsi que mon Promoteur, Monsieur Christophe Petit, pour m'avoir accompagné dans la réalisation de ce travail, me permettant de combiner mes deux principaux centres d'intérêt : la décroissance et la blockchain.

Qu'il me soit également permis de remercier Théophile Boucard pour nos échanges passionnants au sujet de cette technologie émergente, et Marie Tschan pour m'avoir encouragé avec bienveillance dans mon cheminement intellectuel et ma conscientisation des enjeux écologiques de notre époque.

Mes remerciements vont également à ma sœur, Tahnee Dierauer, pour ses précieux conseils en matière de rédaction, et à ma mère, Suzie Geel, pour son soutien inconditionnel tout du long de mon parcours académique.

Enfin, je souhaiterais remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué aux idées présentes dans ce mémoire, et qui militent sans relâche pour un monde meilleur.

- Bruxelles, août 2022

Table des matières

Remerciements	2
Table des matières	3
Table des figures	6
Abstract	7
1. Introduction	8
1.1 <i>Contexte : des opposés qui s'attirent</i>	8
1.2 <i>L'essence de ce travail</i>	9
1.3 <i>Structure du travail</i>	10
2. Méthodologie	11
3. La croissance : déconstruction d'un mythe	12
3.1 <i>Le système monétaire et son impératif de croissance</i>	12
3.1.1 Comprendre la monnaie	12
3.1.2 La création monétaire.....	13
3.1.3 De dette à impératif de croissance	13
3.2 <i>Déconstruire le paradigme de la croissance</i>	14
3.2.1 Origine et mesure de la croissance économique	14
3.2.2 Dépolitisation du débat de la croissance	15
3.2.3 Développement, inégalité et bonheur.....	15
3.2.5 Impact environnemental et limites planétaires.....	17
3.2.6 Le découplage relatif et absolu	17
3.3 <i>Les limites physiques de la croissance économique</i>	18
3.3.1 Croissance et thermodynamique : un paradoxe ?.....	18
3.3.2 La croissance face à un taux de retour énergétique décroissant.....	19
4. La décroissance et ses propositions de réformes monétaires	21
4.1 <i>La décroissance comme une alternative nécessaire</i>	21
4.1.1 Origine et définition de la décroissance	21
4.1.2 La propriété et le travail dans une économie en décroissance	21
4.2 <i>La monnaie dans une économie décroissante</i>	23
4.2.1 Une nouvelle approche monétaire.....	23
4.2.2 La pluralité monétaire	23
4.2.3 La dimension démocratique des monnaies associatives	24
4.2.4 Monnaies locales et consommation durable	25
4.2.5 Monnaies locales et impératif de croissance	25

4.2.6 Les systèmes d'échanges locaux (SEL).....	26
4.2.7 Les banques de temps.....	28
4.2.8 La monnaie fondante : les surestaries au service de la décroissance	29
4.3 La souveraineté monétaire.....	30
4.3.1 La fin de l'impératif de croissance.....	30
4.3.2 Une gestion publique de la monnaie et des investissements.....	30
4.3.2 Le rôle des taxes.....	31
4.3.3 Comptabilité avec les autres propositions.....	31
5. La technologie de la blockchain.....	32
5.1 <i>Les origines de la blockchain.....</i>	32
5.1.1 La blockchain en bref.....	32
5.1.2 Idéologie et positionnement politique	33
5.2 <i>Le fonctionnement de la blockchain.....</i>	33
5.2.1 Le réseau distribué	33
5.2.2 Transactions et cryptographie asymétrique.....	34
5.2.3 Le hashage : une fonction fondamentale de la blockchain	35
5.2.4 L'immutabilité de la blockchain	36
5.2.5 L'éligibilité d'un hash.....	37
5.2.6 Le consensus par la preuve de travail	37
5.2.7 Le consensus par la preuve d'enjeu	38
5.2.8 Blockchains publiques, privées et semi-privées.....	39
5.3 <i>Impact environnemental.....</i>	39
5.3.1 Consommation énergétique, émissions de CO2 et déchets électroniques	39
5.3.2 Preuve d'enjeu et réduction des impacts.....	40
5.4 <i>Blockchain et gouvernance</i>	40
5.4.1 Confiance et coopération.....	40
5.4.2 Gouvernance démocratique.....	41
6. La blockchain appliquée aux propositions monétaires décroissantes.....	42
6.1 <i>Points de convergences.....</i>	42
6.1.1 Digitalisation des monnaies locales	42
6.1.2 La question de la confiance.....	42
6.2 <i>Possibilités d'application pour des monnaies alternatives.....</i>	43
6.2.1 Avantages liés à l'utilisation de la blockchain	43
6.2.2 Monnaie locale et type de blockchain.....	43
6.2.3 Monnaies locales et choix du consensus.....	44
6.2.4 Réflexion au sujet des systèmes d'échanges locaux et des banques de temps.....	46

6.2.5 Intégration de surestaries.....	48
6.3 <i>L'exemple de la monnaie du Léman</i>	49
6.3.1 Fonctionnement de la Com'chain	49
6.3.3 Utilité du e-Léman	50
6.3.4 Utilité des Lemanex	50
6.3.5 Bilan provisoire	51
6.4 <i>Souveraineté monétaire et monnaie numérique de banque centrale</i>	52
6.4.1 Un nouveau type de monnaie.....	52
6.4.2 La question de l'anonymat	52
6.4.3 La blockchain appliquée aux monnaies numériques de banque centrale.....	54
7. Conclusion	56
7.1 <i>Vers une application décroissante de la blockchain</i>	56
7.2 <i>Limites des concepts utilisés</i>	56
7.3 <i>Limites engendrées par les oppositions politiques et éthiques</i>	57
7.4 <i>Choix bibliographiques et pistes de réflexions</i>	58
Bibliographie	59

Table des figures

FIGURE 1. IMPACT D'UN PRET SUR LE BILAN COMPTABLE DE L'EMPRUNTEUR (MCLEAY ET AL., 2014)	13
FIGURE 2. PROJECTION DE L'USAGE ENERGETIQUE TOTAL DE 1965 A 2100 (DOUTHWAITE, 2012).....	20
FIGURE 3. LES DIFFERENTES CATEGORIES ET SOUS-CATEGORIES MONETAIRES (BLANC, 2018).....	23
FIGURE 4. FONCTIONNEMENT SIMPLIFIE D'UNE BLOCKCHAIN (HOWSON, 2021).....	32
FIGURE 5. RESEAUX CENTRALISE (A), DECENTRALISE (B) ET DISTRIBUE (C) (BARAN, 1964).	33
FIGURE 6. PROTOCOLE D'ECHANGE DE MESSAGE EN CRYPTOGRAPHIE ASYMETRIQUE (MASSEPORT, 2021).....	34
FIGURE 7. STRUCTURE TYPE D'UNE BLOCKCHAIN (MASSEPORT, 2021)	36
FIGURE 8. CHEMIN LOGIQUE DE LA SELECTION D'UNE BLOCKCHAIN PAR UNE MONNAIE LOCALE (PINOS, 2019)....	44
FIGURE 9. FONCTIONNEMENT D'UNE BANQUE DE TEMPS BASEE SUR UNE BLOCKCHAIN (LIU ET AL., 2019)	46
FIGURE 10. ÉVOLUTION D'UNE OFFRE DE SERVICE A L'AIDE D'UN CONTRAT INTELLIGENT (BAI ET AL., 2018)	47
FIGURE 11. ARCHITECTURE A TROIS NIVEAUX D'UNE MNBC AVEC BLOCKCHAIN (HAN ET AL., 2019).....	54

Abstract

Ce travail s'intéresse aux points de convergences entre la décroissance et la technologie de la blockchain. Se présentant sous la forme d'un grand état de la littérature sur ces sujets, il vise à définir dans quelle mesure cette technologie émergente peut être appliquée aux réformes monétaires proposées par le mouvement décroissant, à savoir : les monnaies locales convertibles, les systèmes d'échanges locaux, les banques de temps, les surestaries et la souveraineté monétaire. À travers une approche transdisciplinaire, ce travail cherche à démontrer que : (a) la décroissance est inévitable et constitue une alternative réaliste au paradigme de croissance actuelle, (b) la technologie de la blockchain est une solution pertinente pour l'échange de la valeur, garantissant l'immutabilité des données à travers des mécanismes de consensus complexes et (c) l'ensemble des propositions monétaires décroissantes citées ci-dessus peuvent en théorie intégrer une blockchain en vue de fonctionner de manière décentralisée. À l'aide de plusieurs exemples, ce travail détermine par ailleurs qu'à l'heure actuelle, les blockchains semi-privées ou privées semblent être privilégiées aux blockchains publiques, et que le consensus par preuve d'enjeu apparaît plus adéquat que le consensus par preuve de travail, notamment à cause de l'impact environnemental considérable de ce dernier. La majorité des exemples étant d'ordre purement théorique, la monnaie du Léman, le seul projet au monde de monnaie complémentaire à fonctionner avec une blockchain opérationnelle, est également étudiée.

Dans l'ensemble, ce travail apporte des éléments de réponse en faveur de l'application de la technologie blockchain aux réformes monétaires décroissantes, mais rappelle aussi les complications qu'une telle application engendre, aussi bien à un niveau technique que philosophique. L'adoption imminente d'une solution blockchain par deux monnaies locales additionnelles, ainsi que le développement futur de la monnaie du Léman sont donc cités comme de futures pistes de recherche.

1. Introduction

1.1 Contexte : des opposés qui s'attirent

L'idée de ce travail part du constat suivant : le mouvement de la décroissance et la technologie de la blockchain semblent avoir de nombreux points en commun, malgré un positionnement politique radicalement opposé. Naturellement, cela pose la question des points de convergences et des applications potentielles de cette technologie dans le cadre d'une théorie économique aussi hétérodoxe. Intéressons-nous donc brièvement aux similitudes apparentes entre ces deux champs d'études.

À la fois mouvement activiste et théorie économique, la décroissance se définit comme une réduction planifiée de la croissance économique et de l'utilisation des ressources (Kallis et al., 2018). S'appuyant sur les fondements de l'économie écologique, elle vise à ancrer l'économie dans le monde réel, mettant une fin abrupte au déni de la thermodynamique, si caractéristique des économies néolibérales. En ce sens, la décroissance est une discipline particulièrement vaste, chargée de la lourde tâche de réinventer le système économique dans son ensemble. En effet, comme nous le verrons plus loin dans ce travail, les économies capitalistes ne sont pas pensées pour fonctionner en-dehors d'une croissance constante, ce qui les rend parfaitement incompatibles avec un scénario décroissant (Dittmer, 2013). Pour assurer une certaine forme de stabilité économique, il est donc nécessaire de repenser tous les rouages économiques, dont évidemment le travail, la propriété et la monnaie (Jackson, 2009). Dans ce travail, l'accent est mis sur les réformes monétaires, qui incluent notamment la pluralité monétaire à travers le développement de monnaies complémentaires, et la souveraineté monétaire, qui consiste en un passage d'un système de réserves partielles à un système de réserves intégrales, supprimant par la même occasion le concept de banque commerciale (Parrique, 2019). En tant que mouvement activiste, la décroissance est également empreinte d'une forte dimension politique. Ainsi, des auteurs comme Hickel (2021) y intègrent des dimensions décoloniales et éco-féministes alors que d'autres y voient une lutte contre la globalisation et les inégalités sociales, favorisant l'émergence d'un esprit communautaire à échelle locale (Parrique, 2019). La décroissance vise donc non seulement à repenser les rouages économiques, mais également à proposer un modèle sociétal solidaire et bienveillant, à l'opposé donc de l'individualisme capitaliste.

Largement déconnectée de ces notions de solidarité, la technologie de la blockchain, présentée comme un « capitalisme distribué » (Bauwens et al., 2019) et profondément ancrée dans une posture de méfiance mutuelle, présente toutefois d'étonnantes similitudes avec le mouvement de la décroissance. Cette technologie, conceptualisée en réponse à la crise financière de 2008, vise à supprimer le tiers de confiance, permettant dès lors à des individus d'échanger de la valeur sans avoir recours à un intermédiaire telle une banque commerciale (Nakamoto, 2008). Souvent exposée pour ses impacts

environnementaux colossaux (De Vries, 2019) et reconnue pour ses postures libertaires (Markey-Towler, 2018), la blockchain n'est pas nécessairement bien vue parmi les milieux écologistes.

En effet, les rares auteurs à s'être interrogés sur les points de convergences entre la décroissance et la blockchain ont abouti à des résultats très mitigés. Ainsi, dans son article explorant le potentiel des monnaies électroniques pour une économie décroissante, Vitari (2014) conclût qu'à l'heure actuelle, rien ne prouve qu'elles pourraient être d'une quelconque utilité. Plus nuancé, Howson (2021) estime que la blockchain pourrait potentiellement trouver une application dans le contexte décroissant, mais que cela exigerait de sa part de surmonter de nombreuses limites. Il émet ainsi des doutes quant à la capacité d'une technologie basée sur la méfiance à renforcer les liens sociaux et dénonce le caractère néolibéral de ses applications. D'autres sont toutefois plus optimistes. Ainsi, dans son travail à propos du projet Faircoin, Balaguer (2021) défend que la blockchain pourrait bien trouver une application concrète dans une économie décroissante, permettant aux communautés de développer leur propre système monétaire alternatif. Il reconnaît toutefois aussi que malgré son potentiel émancipatoire, la complexité de cette technologie semble poser des limites à son adoption. De plus, Howson (2021) relève que la nature internationale du projet Faircoin l'empêche d'être en accord avec les valeurs de la décroissance. Enfin, des auteurs comme Scott (2016) et Bauwens et al. (2019) relèvent que la blockchain pourrait servir à renforcer l'autodétermination des communautés locales, en proposant une infrastructure plus adaptée que les alternatives centralisées. Dans l'ensemble, il apparaît donc que la blockchain et la décroissance s'opposent en de nombreux points, mais qu'elles se rejoignent en ce sens qu'elles souhaitent toutes les deux réinventer le système monétaire, en supprimant les banques commerciales et en encourageant les communautés à prendre la responsabilité de la création monétaire. Ces points de convergences éveillant la curiosité au sujet d'une éventuelle complémentarité, ils sont à l'origine de la question de recherche de ce travail : quelles sont les applications possibles de la blockchain dans le cadre des réformes monétaires décroissantes ?

1.2 L'essence de ce travail

Ce travail s'inscrit dans la suite du débat mené entre ces différents auteurs, en proposant d'aborder la question sous un angle différent. Premièrement, ce travail vise à traiter les points de convergences entre ces deux disciplines en s'intéressant non pas aux applications actuelles de la technologie, à l'image de Vitari (2014), de Balaguer (2021) et de Howson (2021), mais en partant de la théorie décroissante elle-même, puis en s'interrogeant de quelle(s) manière(s) cette technologie pourrait s'avérer utile à la mise en place de ces réformes. Deuxièmement, ce travail cherchera à expliciter la dimension transdisciplinaire de la problématique, en s'attardant non seulement sur les raisons d'être de la décroissance, mais également sur le fonctionnement technique de la blockchain. Ce dernier point ayant souvent été passé en revue de manière particulièrement écourtée dans le restant de la littérature décroissante, son

développement plus détaillé ici ne peut que contribuer à alimenter le débat et à établir des ponts entre la blockchain et la décroissance. La charge de la preuve étant toujours du côté de la théorie hétérodoxe (Parrique, 2019), ce travail vise également à encremer son argumentation dans la déconstruction du paradigme de croissance.

L'objectif premier de ce travail, alimenté par une fascination personnelle pour ces champs d'étude, est donc d'établir un dialogue entre les deux, en proposant des applications concrètes de cette technologie aux réformes monétaires décroissantes. Dans une démarche semblable à celle d'Andresen (2013), qui souhaitait que le potentiel des monnaies électroniques ne soit pas mis de côté dans les débats de la théorie monétaire moderne, ce travail espère contribuer à ce que celui de la blockchain ne soit pas ignoré non plus par la littérature décroissante, faute d'une association excessive entre cette technologie et quelques crypto-monnaies néolibérales particulièrement connues du grand public.

1.3 Structure du travail

Ce travail se structure comme suit. D'abord, nous allons commencer par brièvement évoquer la méthodologie appliquée, avant de poursuivre par une critique du paradigme de croissance. La partie suivante visera à étudier la décroissance à proprement parler et ses différentes propositions monétaires, dont notamment les monnaies locales et la souveraineté monétaire. Puis, nous aborderons la technologie de la blockchain en nous intéressant à son fonctionnement et à ses différents types de consensus. Nous veillerons également à énumérer certaines difficultés engendrées par cette technologie, dont notamment ses impacts environnementaux considérables. Par la suite, nous discuterons comment la blockchain pourrait être appliquée aux différentes réformes étudiées, à l'aide de plusieurs exemples théoriques ainsi qu'un exemple concret : la monnaie du Léman. Enfin, nous conclurons ce travail en évoquant les limites qui s'imposent à la complémentarité entre blockchain et décroissance, et en émettant quelques pistes de réflexion pour de futurs projets de recherche.

2. Méthodologie

Conformément à la conception initiale de ce travail, la méthodologie s'appuie sur une triple revue de la littérature. Elle se compose ainsi d'une revue de la littérature décroissante, d'une revue de la littérature au sujet de la blockchain et de ses mécanismes de consensus, et enfin d'une revue de la littérature traitant des propositions d'applications de la blockchain aux monnaies complémentaires et aux monnaies numériques de banque centrale.

Chaque revue de la littérature a été effectuée avec un focus particulier. La première, à savoir celle au sujet de la décroissance, vise à intégrer des économistes et des penseurs issus de courants de pensées historiques. C'est à ce titre que l'on y retrouve notamment des auteurs comme Marx (1867), Gesell (1916), Keynes (1923) ou encore Soddy (1926). L'objectif de cette pluralité temporelle au sein de la bibliographie réside dans l'ancrage qu'elle offre à la décroissance. Elle permet de démontrer que les réflexions menées par des auteurs plus récents, comme Jackson (2009), Kallis et al. (2018) ou encore Parrique (2019) ne sont pas le résultat d'une inquiétude provoquée par les problématiques de notre époque, mais qu'ils puisent leurs racines dans des critiques datant de bien avant le début de la crise écologique en cours actuellement.

La seconde revue de la littérature, au sujet de la blockchain, a été réalisée en veillant à ne pas délaissier la qualité des sources en faveur d'une vulgarisation réussie. Elle visait à offrir des explications simples, accessibles à des personnes évoluant en dehors de la sphère informatique, tout en faisant appel à des sources revues par les pairs, à l'image de Masseport (2021) et Nguyen et al. (2019). De plus, une attention toute particulière a été mise dans la prise en compte des avis critiques, comme ceux de De Vries (2019) et Mora et al. (2018), en vue notamment d'éviter de voir le travail évoluer vers une forme de plaidoirie.

Enfin, il était nécessaire de réaliser une troisième revue de la littérature au sujet des applications de la blockchain dans la cadre des monnaies associatives et des monnaies numériques, afin de pouvoir établir des liens logiques avec les propositions décroissantes. C'est notamment à travers ce procédé que les propositions de souveraineté monétaire de Dittmer (2013) et de Parrique (2019) ont pu être reliées au concept de monnaie numérique de banque centrale de Han et al. (2019) et de Zhang et al. (2022).

3. La croissance : déconstruction d'un mythe

« [...] if your theory is found to be against the second law of thermodynamics I can give you no hope; there is nothing for it but to collapse in deepest humiliation. »

- Arthur Eddington Stanley (1928)

3.1 Le système monétaire et son impératif de croissance

3.1.1 Comprendre la monnaie

Avant de pouvoir répondre à notre question de recherche, il semble nécessaire d'explicitier notre compréhension de la monnaie. Emmanuel Kant définissait ainsi la monnaie comme « la chose dont l'usage est possible seulement à travers sa cession » (Kant, 1797). Une définition que Keynes semblait approuver, désignant à son tour la monnaie comme étant un intermédiaire, sans valeur intrinsèque et voué à disparaître une fois service rendu (Keynes, 1923 ; Amato, 2005). Aussi bien la définition de Kant que celle de Keynes conçoivent donc la monnaie comme un moyen d'échange, puisant son sens dans la fluidification du commerce. Cependant, la monnaie est devenue bien plus qu'un simple moyen d'échange. En effet, bien qu'elle représente une amélioration évidente en résolvant le problème de la double coïncidence qui se pose dans une économie basée sur le troc (Cartelier, 2001), la monnaie comporte d'autres avantages tout aussi remarquables. Ainsi, la monnaie permet d'établir un dénominateur commun parmi les différents biens et services d'une économie, devenant l'unité de mesure de la valeur. Enfin, à condition de ne pas être incarnée par un support périssable, la monnaie offre également la possibilité de stocker de la valeur dans le temps (Alphandéry, 2005). Comme le note Amato (2005), cette forme de thésaurisation est non seulement absente dans la définition de Keynes, mais également fortement critiquée par Marx (1867) qui y voyait un dysfonctionnement majeur et une contradiction profonde avec la facilitation de l'échange.

Dans la mesure où la monnaie n'a aucune valeur intrinsèque, c'est son acceptabilité généralisée et son ancrage social qui lui confèrent sa valeur (Orléan, 1991). En ce sens, Aglietta et al. (2016) définissent la monnaie comme étant avant tout une construction sociale, incarnée par un support (physique ou non) et permettant à une société de distribuer de la valeur parmi ses membres. Cela rejoint également le positionnement de Densan (2017) et de Svartzman et al. (2019) qui considèrent la monnaie comme une institution sociale. Autrement dit, la monnaie est un projet social qui résulte d'une acceptabilité généralisée au sein d'une société. C'est cette vision profondément sociale, et donc malléable, de la monnaie qui constitue le fondement de ce travail.

3.1.2 La création monétaire

Alors que c'est l'État qui, au travers de la dette publique, permet *in fine* de garantir l'acceptabilité de la monnaie (Aglietta et al., 2015), ce n'est pas lui qui la crée. Dans le système monétaire moderne, ce sont les banques commerciales qui, en émettant des prêts (McLeay et al., 2014), créent la monnaie. Cette forme de création monétaire étant l'une des principales critiques de la littérature décroissante, il convient de s'y attarder quelque peu. Ainsi, seule une petite partie de l'argent circule sous forme liquide, la majorité existant principalement sous la forme de dépôts bancaires. Lorsqu'un individu souhaite donc emprunter de l'argent, la banque va créditer sur son compte un dépôt, qui vient s'ajouter du côté de ses actifs. En parallèle, son emprunt va générer une dette du côté des passifs.

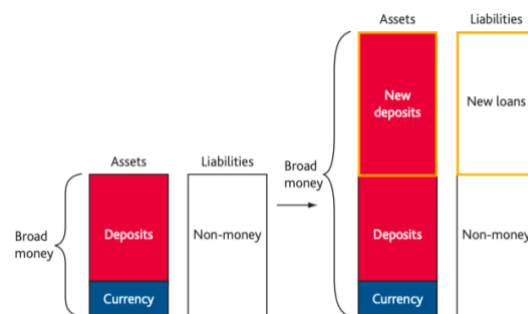


Figure 1. Impact d'un prêt sur le bilan comptable de l'emprunteur (McLeay et al., 2014)

La monnaie est donc créée *ex nihilo* et uniquement compensée par l'ajout d'une dette. Du côté de la banque, le procédé est inverse : le dépôt s'ajoute du côté des passifs et la dette s'ajoute du côté des actifs, en tant que crédit. Cette création monétaire à la base d'un simple jeu d'écriture comptable représente un important pouvoir sur le fonctionnement du système économique, et les banques commerciales ne peuvent pas créer de l'argent ainsi de manière illimitée. L'État souverain garde la main mise à travers le rôle de la banque centrale. En effet, une création monétaire excessive aboutissant théoriquement à un risque d'inflation (McLeay et al., 2014), les banques centrales prédéfinissent un taux de réserves, autrement dit un pourcentage du capital emprunté que les banques commerciales sont obligées d'avoir en stock. Si le taux de réserve est de 8% et que les réserves de la banque commerciale s'élèvent à 100 unités monétaire, alors elle ne pourra pas octroyer plus de 1250 unités monétaires sous la forme de dépôts bancaires (McLeay et al., 2014). Enfin, notons que les banques commerciales payent un taux d'intérêt sur les réserves qu'elles empruntent à la banque centrale et que la différence entre ce taux-ci et le taux d'intérêt auquel elles prêtent constitue leur profit (McLeay et al., 2014).

3.1.3 De dette à impératif de croissance

L'une des principales critiques à l'égard de cette forme de création monétaire est qu'elle engendre un impératif de croissance (Binswanger, 2013). Ainsi, un système monétaire basé sur la dette - où un taux d'intérêt est appliqué - nécessite une forme de croissance, dans la mesure où la somme restituée sera

supérieure à la somme empruntée. Ce raisonnement rejoint celui de Kennedy (1991), ainsi que celui de Michel et al. (2015), qui estiment que ce système constitue non seulement l'un des piliers majeurs du système économique capitaliste, mais qu'il engendre bel et bien une extension exponentielle du système monétaire et de la croissance économique. Pour Kennedy (1991), les taux d'intérêts mènent ainsi à un intérêt composé qui à son tour mène à une croissance exponentielle.

Pour Kallis et al. (2018), ce fonctionnement est non seulement une source majeure de croissance mais également d'instabilité économique : si des acteurs économiques – ici les banques commerciales - accumulent les crédits, d'autres acteurs accumulent nécessairement les dettes, ce qui peut mener à un accroissement de l'instabilité économique. Par ailleurs, bien qu'ils rejoignent la position des auteurs cités précédemment, ils avancent aussi que si les banques ne faisaient pas de profit – ou que celui-ci était redistribué au sein de la société – l'impératif de croissance s'en verrait amoindri. Quoiqu'il en soit, la littérature semble s'accorder à dire que l'impératif de croissance dérive en partie de la création monétaire sous forme de dettes telle que nous la connaissons aujourd'hui. Cependant, cet impératif s'inscrit dans un paradigme économique plus généralisé, que nous allons tenter de déconstruire.

3.2 Déconstruire le paradigme de la croissance

3.2.1 Origine et mesure de la croissance économique

Définie aujourd'hui comme une augmentation annuelle du produit intérieur brut (PIB), la croissance économique s'observe dès les années 1820, en parfaite synchronisation avec le début de l'ère industrielle (Borowy et al., 2017). Cependant, plus d'un siècle s'est écoulé entre ses débuts exponentiels et sa considération grandissante au sein du discours politique. En effet, c'est seulement en 1934 que l'économiste américain Simon Kuznets développe le concept de produit intérieur brut, dans l'idée de quantifier l'impact de la Grande Dépression sur l'économie américaine (Kuznets, 1934). À la suite de la Seconde Guerre mondiale, son modèle statistique s'exporte alors en Europe, puis s'impose dans le monde entier durant la période de l'après-guerre, soutenu par l'hégémonie américaine (Borowy et al., 2017). Le PIB quantifiant la croissance, celui-ci nous donne une meilleure compréhension de ce qui est implicitement supposé croître, lorsque nous faisons l'apologie de la croissance. Ainsi, cet indicateur mesure « la valeur monétaire de tous les produits et services finaux produit dans un pays, y compris les coûts générés par la prestation des services gouvernementaux » (Borowy et al., 2017). Autrement dit, lorsque nous parlons de croissance économique, nous nous intéressons essentiellement à l'augmentation de la valeur monétaire produite.

De nombreuses critiques peuvent évidemment être formulées à l'égard de cet indicateur. Comme le soulève Schmelzer (2016), le PIB est une évaluation statistique « aveugle », qui mesure uniquement la

production, sans tenir compte des pertes associées. En des termes économiques, l'on pourrait ainsi donc dire que le PIB ignore les externalités générées par la production nationale. Par ailleurs, la littérature féministe critique vivement que le PIB tienne uniquement compte des tâches donnant lieu à un échange de nature monétaire. Ainsi, le travail domestique – encore souvent attribué au genre féminin – n'est pas comptabilisé dans le PIB (Waring et al., 1988). Cela contribue à fausser la perception de la valeur produite, mais engendre aussi des inégalités de genre, formant une hiérarchie entre les activités donnant lieu à une transaction financière et celles s'effectuant sans échange monétaire. Ce type de réflexion peut également s'appliquer au bénévolat ou encore à la garde des enfants par les grands-parents, tous des services essentiels au bon fonctionnement de la société, mais exclus du produit intérieur brut car n'étant pas quantifiable en valeur monétaire.

3.2.2 Dépolitisation du débat de la croissance

Au-delà des critiques relatives au PIB, la croissance elle-même est sujette à de fortes remises en question, à la fois dans son utilité et sa supposée contribution au bien commun, mais également concernant ses limites physiques, encore peu considérées dans l'économie orthodoxe. Ainsi, « l'élixir de la croissance économique » (Snowdon, 2006) est considéré aujourd'hui comme la solution miracle à tous nos problèmes économiques, sociaux et environnementaux. Pour Parrique (2019), elle se positionne dans l'imaginaire collectif comme une amélioration globale, une sorte de garantie de la prospérité, permettant aux entreprises de générer plus de profits et au gouvernement de collecter plus de taxes, réduisant le chômage et améliorant l'accès aux technologies. Il rejoint aussi l'avis de Schmelzer (2016), qui considère qu'elle s'est établie comme quelque chose de « naturel et inévitable » (Schmelzer, 2016). Pour Parrique, on assiste donc à une forme de dépolitisation du débat autour de la croissance, où l'on se pose la question de comment faire croître l'économie, mais que l'on ne s'arrête jamais pour réfléchir si c'est une bonne chose qu'elle le fasse (Parrique, 2019). Pour Kallis et al. (2018), cette dépolitisation s'inscrit dans une tendance de dépolitisation plus généralisée de l'économie en tant que telle. Pour ces auteurs, que c'est l'émergence de l'économie politique en Grande-Bretagne et France durant le 18^{ème} et 19^{ème} siècle qui a mené à considérer l'économie comme une sphère autonome, séparée des lois naturelles et de la société. L'avènement de la comptabilité nationale à travers le PIB aurait, selon eux, ancré définitivement la perception de l'économie comme étant une structure indépendante, comprise comme l'entièreté des relations de production et de consommation de biens et de services (Kallis et al., 2018). Cette dépolitisation est évidemment problématique, dans le sens où elle empêche la naissance d'un vrai débat politique autour de sa désirabilité et de sa place en tant qu'objectif sociétal. Les sections qui suivent espèrent donc contribuer à remettre en question la croissance en tant que telle.

3.2.3 Développement, inégalité et bonheur

De nombreux auteurs relèvent que la croissance économique est souvent – à tort – considérée comme indispensable au développement. C'est notamment le cas de Cannon et al. (2010) qui argumentent que

depuis les années 1990, la croissance économique s'est imposée comme la solution optimale au développement. D'après eux, ce discours puise ses origines dans la théorie du ruissellement, qui stipule que les richesses accumulées par les catégories sociales dominantes, notamment grâce à la croissance économique, finissent par ruisseler le long de l'échelle sociale, parvenant au final entre les mains des catégories défavorisées. D'après ce discours, la génération d'activité économique, et donc de croissance, serait le meilleur moyen de lutter contre les inégalités. Pour Cannon et al. (2010), cette argumentation ne reflète absolument pas la réalité. Au contraire, ils argumentent qu'empiriquement parlant, la croissance accentue les inégalités économiques. Latouche (2004) partage également cet avis, affirmant que la croissance génère principalement des inégalités et de la corruption. Il relève notamment que tous contextes politiques confondus, la croissance économique n'aboutit que très rarement à une amélioration concrète du bien-être collectif et qu'elle se traduit le plus souvent par un « échec accablant » (Latouche, 2004). Pour Kallis et al. (2018), les critiques émanant du courant post-développement, dont Latouche constitue une véritable figure de proue, permettent non seulement de remettre en question la désirabilité sociétale de la croissance économique dans un contexte de développement, mais permettent également de contrer le discours néolibéral qui tend à présenter les processus socio-historiques comme « unidirectionnel [...] et irréversibles » (Kallis et al., 2018).

Au-delà de sa relation ambiguë avec le développement et les inégalités, la croissance est également critiquée pour sa faible contribution au bonheur (Dittmer, 2013). Aussi étonnant que cela puisse paraître, l'absence de corrélation présumée entre croissance et bonheur se vérifie empiriquement. Ainsi, le niveau de bonheur aux États-Unis n'a pas évolué depuis les années 1970, malgré un PIB qui est passé du simple au double (Hickel, 2019). En s'appuyant sur la théorie de l'utilité marginale décroissante, il est relativement aisé d'argumenter que ce constat n'a rien de surprenant (Clark et al., 2008). Cependant, si la relation entre croissance et bonheur ne s'estompait qu'à partir d'un certain degré de développement, ce constat ne constituerait pas un réel argument à l'encontre de la croissance de manière générale. Or, grâce aux recherches menées par Easterlin et al. (2010), nous savons que ce constat s'applique indépendamment du niveau de développement. L'unique corrélation positive peut être trouvée dans le temps court, lors d'une reprise économique ou d'une récession (Easterlin et al., 2010). Pour les auteurs, cette absence de corrélation entre croissance et bonheur réside principalement dans l'affluence matérielle et les ambitions hédonistes qui accompagnent la croissance et qui – à terme – nuisent aussi bien au bonheur individuel que collectif. Cela rejoint la position de Clark et al. (2008), pour qui le bonheur est également bien plus complexe qu'une simple élévation du pouvoir d'achat, citant notamment les liens familiaux et sociaux comme facteurs largement prédominants dans l'équation du bonheur. Ce postulat est très largement accepté dans la sphère de l'économie du bien-être, où les relations sociales sont globalement considérées comme plus importantes que le revenu (Lane, 2000).

3.2.5 Impact environnemental et limites planétaires

Au-delà de ces critiques d'ordre sociétal, la croissance économique n'est simplement pas compatible avec une gestion durable de l'environnement (Allier, 2009). En effet, lorsque l'activité économique s'agrandit, la pression anthropique exercée sur l'environnement en fait de même. Cela est principalement dû à la dépendance intrinsèque de l'économie au système environnemental. Ainsi, en économie écologique, l'environnement forme un système, dont l'économie est un sous-système dépendant, inévitablement limité par la taille du système principal (Parrique, 2019). Toujours d'après cette même posture, l'environnement est à la fois une source et un puits : c'est là que l'économie puise les matières premières et qu'elle dépose ses déchets (Daly, 1994). Couplé au concept des limites planétaires (Rockström et al., 2009), cette conception de l'environnement permet de se rendre à l'évidence que la durabilité d'une économie réside en sa taille : une économie qui dépasse la capacité régénérative du système environnemental, en y puisant trop de ressources ou en y déposant trop de déchets, va inévitablement lui nuire. Une croissance économique infinie semble donc nécessairement représenter une menace pour l'environnement, dépassant à mesure qu'elle croît les différentes limites planétaires. Loin d'être une simple présupposition, cette corrélation entre empreinte environnementale et croissance économique se vérifie de manière empirique. Kallis et al. (2018) relèvent qu'un accroissement du PIB mondiale de 1% entraîne ainsi une augmentation de 0.6 à 0.8% des émissions de CO₂ (Burke et al., 2015) et une croissance de 0.8% de la consommation de matières premières (Steinberger et al., 2013).

3.2.6 Le découplage relatif et absolu

La théorie du découplage, qui stipule qu'il serait possible de venir à bout de cette corrélation entre empreinte environnementale et croissance grâce au progrès technique, émerge systématiquement comme contre-argument à cette problématique (Parrique et al., 2019b). Or, comme nous allons le démontrer ci-après, ce raisonnement est profondément erroné. Pour s'en rendre compte, il convient de différencier découplage relatif et absolu. Deux variables peuvent ainsi être considérées comme couplées lorsque les deux entretiennent une relation linéaire (Parrique, 2019). Le découplage correspond à la situation où cette corrélation devient invérifiable. Dans le cas d'un découplage relatif, les deux variables continuent à évoluer dans le même sens, mais à des vitesses différentes, alors que dans un découplage absolu, la colinéarité s'inverse (Parrique, 2019). Dans l'exemple qui nous intéresse, un découplage relatif correspondrait donc à une réduction des impacts environnementaux par unité de PIB, alors qu'un découplage absolu refléterait la situation où l'économie pourrait croître et que les émissions de CO₂ seraient en baisse (Parrique, 2019).

Le découplage relatif est parfaitement crédible et constitue même une observation relativement commune (Kallis et al., 2018). En effet, pour obtenir un découplage relatif, il suffit théoriquement d'améliorer notre efficacité matérielle ou énergétique. La recherche d'efficacité étant l'un des points forts du système capitaliste, cette proposition semble cohérente. En accord avec les explications données

précédemment, un découplage relatif ne permet cependant pas de réduire la pression anthropique. Il ne fait que décélérer son accroissement. Un découplage absolu est donc nécessaire ; or, la littérature s'accorde à dire que qu'un tel découplage semble hautement improbable. Parrique et al. (2019b) relèvent ainsi qu'aucune preuve historique à ce jour permet de considérer un tel découplage comme étant réaliste. Ainsi, Kallis et al. (2018) relèvent que la baisse annuelle de l'intensité carbone depuis les années 1970 n'a pas dépassé les 1.5% alors qu'elle devrait être de l'ordre de 4.4% si nous souhaitons respecter les accords de Paris (Antal et al., 2016). D'après les mêmes auteurs, la réduction annuelle visée baisse à 2.9% en cas d'économie stagnante, ce qui reste largement au-delà de nos performances historiques. Au-delà de ces constats empiriques, la littérature formule plusieurs raisons de douter de la faisabilité d'un découplage absolu à long terme. Parmi les différents arguments, on retrouve la forte probabilité d'un effet rebond (Kallis et al., 2018) ou encore l'intensité matérielle et énergétique insoupçonnée des économies de services –souvent un exemple cité à tort comme solution efficiente et propice à un découplage absolu (Parrique 2019, Kallis et al., 2018).

3.3 Les limites physiques de la croissance économique

3.3.1 Croissance et thermodynamique : un paradoxe ?

Au-delà de la désirabilité, se pose également la question de la faisabilité d'une croissance économique *ad aeternam*. Il y a près d'un siècle, Soddy (1926) relevait déjà une contradiction profonde entre l'impératif de croissance émanant de la création monétaire et la seconde loi de la thermodynamique. Comme le note également Ament (2019), il s'inquiétait notamment du fait qu'une abstraction en parfaite contradiction avec l'entropie - ici la monnaie - puisse déterminer l'extraction et l'utilisation des ressources physiques. Alors que la création monétaire, à travers son taux d'intérêt positif, crée un impératif de croissance infini (Soddy, 1926 ; Binswanger, 2013 ; Kallis et al., 2018), la seconde loi de la thermodynamique nous informe qu'à l'intérieur d'un système fermé, le désordre - aussi appelé entropie - s'accroît inlassablement, imposant des limites évidentes à une croissance exponentielle sans fin (Georgescu-Roegen, 1971). D'après le même auteur, nous pouvons donc considérer qu'il existe deux formes d'énergie : l'énergie libre, ordonnée et facile à convertir, et l'énergie liée, désordonnée et difficile voire impossible à exploiter (Georgescu-Roegen, 1971). En se référant aux explications données ci-dessus, on comprend donc que dans un système fermé, l'énergie libre se transforme inévitablement en énergie liée. Autrement dit, l'énergie disponible aux activités humaine décroît. Pour illustrer cette situation, Georgescu-Roegen (1971) fait appel à l'image de glaçons placés dans un verre d'eau. La chaleur allant toujours d'un corps chaud vers un corps froid, l'énergie thermique libre va entraîner la fonte des glaçons et se transformer par la même occasion en énergie liée – atteignant un équilibre thermodynamique. Ce mouvement ne pouvant pas s'inverser sans apport extérieur d'énergie, et le système étant fermé, la quantité totale d'énergie libre diminue et le degré d'entropie augmente.

Énergétiquement parlant, le coût de toute activité biologique ou économique est donc supérieur à son produit. De par la seconde loi de la thermodynamique, nous sommes donc constamment en déficit énergétique (Georgescu-Roegen, 1971).

Des auteurs comme Ayres (1998) argumentent cependant que la Terre ne constitue pas un système fermé à proprement parler, puisque nous bénéficions d'un important apport énergétique de la part du soleil. De plus, même s'il serait correct de considérer la terre et le soleil comme formant à eux deux un système fermé, Ayres (1998) estime que cette nuance ne relève d'aucune importance, considérant les échelles de temps en jeu. Autrement dit, en apprenant à capter convenablement l'énergie solaire, Ayres (1998) estime que nous pouvons dépasser les limites imposées par la thermodynamique et continuer à croître. Ce discours relève cependant plusieurs faiblesses évidentes : premièrement, il s'agit d'une simple spéculation quant à nos compétences techniques futures, sans preuve possible, et deuxièmement, cela néglige la finitude de nos ressources physiques. En effet, comme l'évoque Georgescu-Roegen (1971), la détérioration progressive ne s'applique pas qu'à l'énergie, mais aussi aux matières premières dont nous avons besoin pour capter l'énergie solaire. Si l'énergie solaire en tant que telle n'est donc pas limitée à une échelle de temps significative, nos moyens pour la récupérer sont en revanche clairement soumis à la thermodynamique. De plus, tout nouveau substitut requière aussi de nouveaux matériaux, entraînant des impacts qui se répercutent « à travers l'espace et le temps » (Kallis et al., 2018).

3.3.2 La croissance face à un taux de retour énergétique décroissant

Dans la suite de ce raisonnement physique se pose également la question du taux de retour énergétique. En effet, ce taux caractérise l'énergie obtenue en rapport à l'énergie investie (Kallis et al., 2018). Autrement dit, dans le cas de l'énergie fossile, ce taux permet de calculer combien d'énergie a été dépensée pour extraire une certaine quantité d'énergie fossile. Un bon taux de retour va évidemment maximiser la quantité d'énergie qu'une société peut utiliser.

Avec un taux de retour énergétique de l'ordre de 50:1, les énergies fossiles dominent largement les énergies renouvelables, qui leurs emboîtent le pas avec un taux compris seulement entre 10:1 et 20:1 (Kallis et al., 2018). Toujours d'après ces auteurs, le déploiement d'énergies renouvelables nécessite également beaucoup d'espace, ce qui peut rapidement mener à une forme de compétition avec d'autres usages, comme la production agricole. De plus, les énergies renouvelables sont pour la grande majorité des énergies diffuses et intermittentes, comparables « à la pluie plutôt qu'un lac » (Georgescu-Roegen, 2011). Ainsi, bien qu'elles forment un élément absolument essentiel de toute transition écologique, il semble difficilement envisageable que les énergies renouvelables puissent un jour rivaliser et remplacer les énergies fossiles. En considérant la forte corrélation entre croissance économique et consommation énergétique (Hall et al., 2011), ainsi que l'absence de sources alternatives convaincantes, il semble donc justifier de s'interroger sur la faisabilité technique de la croissance économique *ad aeternam*.

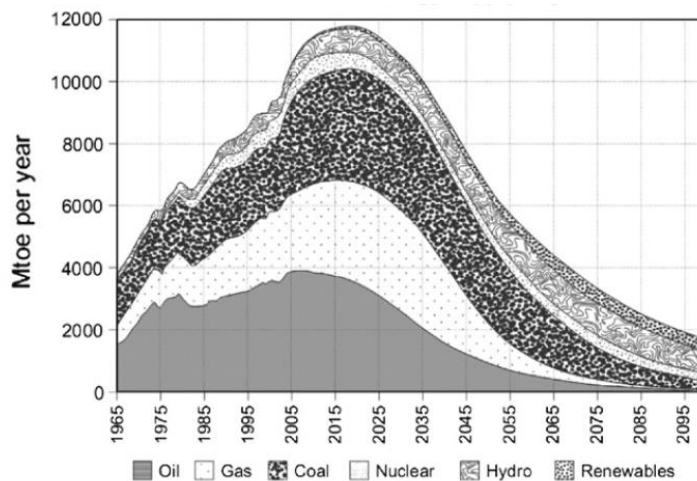


Figure 2. Projection de l'usage énergétique total de 1965 à 2100 (Douthwaite, 2012).

Aux yeux de Kallis et al. (2018), une économie alimentée par des énergies diffuses résulte nécessairement en une réduction de l'énergie nette disponible et donc de la production. Cela rejoint également la position de Douthwaite (2012), qui estime que l'épuisement des énergies fossiles va entraîner une baisse du taux de retour énergétique globale et donc une baisse des revenus. Comme illustré par le graphique ci-dessus, les énergies renouvelables devraient pouvoir compenser une partie de cette réduction énergétique, mais ne parviendront pas à absorber la majorité de la perte. Au fond, que les projections de ce graphique se révèlent exactes, trop pessimistes ou même trop optimistes, n'impacte guère la conclusion globale à tirer des arguments présentés jusque-là : à la base de notre croissance se trouve une source énergétique irremplaçable de par sa densité et sa facilité d'utilisation, sujette à la thermodynamique est donc vouée à l'épuisement. Pour Douthwaite (2012), il n'y a aucun doute : la décroissance s'imposera inévitablement, la croissance infinie étant strictement impossible compte tenu des lois naturelles qui régissent ce monde.

4. La décroissance et ses propositions de réformes monétaires

« *Prosperity consists in our ability to flourish as human beings - within the ecological limits of a finite planet. The challenge for our society is to create the conditions under which this is possible. It is the most urgent task of our times* ».

- Tim Jackson (2009)

4.1 La décroissance comme une alternative nécessaire

4.1.1 Origine et définition de la décroissance

Comme étudié précédemment, la croissance économique *ad aeternam* semble peu désirable, mais elle est également physiquement impossible, allant tout simplement à l'encontre des lois physiques les plus élémentaires. Seulement, le système capitaliste n'est pas conçu pour fonctionner sans croissance : son impératif de croissance intrinsèque le rend incompatible avec un scénario décroissant. Il est généralement admis que le système capitaliste croît – ou s'effondre, engendrant des conséquences socio-économiques potentiellement « catastrophiques » (Kallis et al., 2012). Cette dualité nous place à première vue devant un choix cornélien : choisir la croissance, s'engager dans une voie sans issue et engendrer « un effondrement écologique » (Dittmer, 2013), ou choisir de mettre fin à la croissance et affronter toutes les difficultés et pertes de bien-être généralement associées aux récessions économiques (Easterlin et al., 2010 ; Kallis et al., 2012). La décroissance se veut donc comme la troisième option, permettant de sortir du paradigme de croissance sans engendrer une récession.

À la fois mouvement activiste et théorie économique, la décroissance se définit comme une réduction planifiée de la croissance économique, sous la forme d'une « réorganisation économique radicale » (Kallis et al., 2018). Elle vise à réduire l'économie à une échelle compatible avec son environnement et les différentes limites planétaires (Parrique, 2019) et s'oppose donc à une simple récession par sa dimension planifiée. De par sa nature politique, la décroissance inclût également de nombreux idéaux sociaux, dont l'égalité, le sens de la communauté (Parrique, 2019) et la décolonisation (Hickel, 2018).

4.1.2 La propriété et le travail dans une économie en décroissance

Dans la mesure où l'impératif de croissance est profondément ancré dans l'ensemble du système économique, la décroissance représente une refonte intégrale de celui-ci. Il va sans dire qu'en dresser un portrait complet dépasserait donc très largement le cadre de ce travail. Le focus de ce dernier étant la monnaie, c'est elle qui occupera la plus grande partie de ce chapitre. Cependant, la monnaie n'ayant que de sens dans un monde où les gens travaillent (Amato, 2005) et étant depuis toujours considérée comme intimement liée à l'idée de propriété (Locke, 1690), nous allons brièvement discuter la perception décroissante de ces deux variables-ci. Le but étant d'offrir une meilleure compréhension de la théorie globale dans laquelle s'insèrent les propositions monétaires étudiées par la suite.

Ainsi, la propriété en décroissance se caractérise par une importance accrue du partage et de l'équité. Pour Parrique (2019), le partage des richesses est une condition *sine qua non* de la propriété en décroissance. Il rejoint ainsi la position de Van Griethuysen (2012) et de Kallis et al. (2012), en défendant la nécessité d'un seuil de revenu minimum et maximum. Se plaçant dans une logique de sobriété et de « suffisance » (Parrique, 2019), il s'agit de limiter les écarts de richesses et de tendre vers un modèle de redistribution plus équitable. Comme le note Van Griethuysen (2012), cela nécessite une « maturité culturelle », radicalement opposée aux valeurs individualistes et consuméristes dont sont empreintes les sociétés occidentales. Dans le même état d'esprit, la littérature préconise la « possession démocratique des entreprises » (Parrique, 2019), une idée qui stipule que les modèles d'affaires classiques sont inadaptés à un monde en décroissance, et qu'il est temps d'envisager des modèles plus démocratiques et moins axés sur le profit. L'exemple le plus récurrent d'une possession démocratique sont les coopératives et les entreprises à but non-lucratif (Van Griethuysen, 2012 ; Hinton, 2020). De manière plus globale, Van Griethuysen (2012) considère que la décroissance représente une inversion hiérarchique entre l'expansion capitaliste de la propriété privée et des normes socio-environnementales.

Quant au travail, il convient de distinguer le temps court du temps long. D'après Jackson (2009), si toute chose égale par ailleurs, la décroissance devrait logiquement aboutir à une baisse de l'emploi et donc une augmentation du taux de chômage sur le temps court. Pour pallier ce problème et pouvoir tout de même envisager une situation de plein-emploi, le partage du temps de travail semble être la piste privilégiée (Jackson, 2009 ; Kallis et al., 2012). Ce partage du temps de travail pourrait cependant rapidement devenir obsolète, dans la mesure où une baisse du taux de retour énergétique engendrerait fort probablement une baisse significative de la productivité de la main d'œuvre, augmentant ainsi la charge de travail individuelle dans un temps long (Kallis et al., 2012 ; Mair et al., 2020). Par ailleurs, le courant de pensée décroissant étant fortement préoccupé par les enjeux sociaux, se pose évidemment la question du bonheur dans un monde où l'on connaît une plus grande charge de travail. Pour Mair et al. (2020), bonheur et charge de travail ne sont pas nécessairement contradictoires, à condition que l'on en redéfinisse le caractère contraignant, en instituant notamment un revenu de base inconditionnel et en reconsidérant la définition même du travail, incluant également des activités qui aujourd'hui ne sont pas comptabilisées, telle que le bénévolat ou le travail communautaire (Kallis et al., 2012 ; Mair et al., 2020). La décroissance cherche donc à mieux répartir le temps de travail, tout en le rendant également « plus décent, écologiquement utile et durable » (Parrique, 2019), en prenant en compte les inégalités de genre, le bien-être des travailleurs et en distribuant de manière plus équitable les emplois indésirables.

4.2 La monnaie dans une économie décroissante

4.2.1 Une nouvelle approche monétaire

Venons-en au cœur de ce travail, à savoir la monnaie. Les propositions de réformes monétaires étudiées ci-dessous contiennent aussi bien des éléments radicaux, telle que l'abolition des banques commerciales, que des changements plus facilement compatibles avec le système actuel, tel que le développement intensifié des monnaies locales. Notons tout de même que ces propositions s'articulent évidemment autour d'un changement de paradigme global. L'objectif n'est donc pas d'y trouver une solution universelle aux maux de la croissance, mais plutôt de concevoir les changements à apporter pour s'assurer que le système monétaire cesse d'être un obstacle à la décroissance en lui-même.

4.2.2 La pluralité monétaire

Parmi toutes les propositions de réformes monétaires présentes dans la littérature décroissante, les monnaies complémentaires constituent certainement la plus récurrente de toutes. Blanc (2018) propose plusieurs distinctions, permettant de catégoriser et comprendre ces monnaies complémentaires. Il distingue notamment les monnaies à usage général de celles à usage particulier. Une monnaie à usage particulier est une monnaie remplissant un rôle spécifique, coexistant avec d'autres monnaies qui remplissent également un rôle qui leur est propre. L'usage particulier peut être l'une des fonctions monétaires, comme l'unité de mesure ou le stockage de valeur, ou être encore plus spécifique et restreint à un certain type de biens ou de services. En comparaison, les monnaies à usage général remplissent tous ces rôles à la fois, pour l'ensemble des biens et services disponibles sur le marché. De plus, Blanc (2018) différencie trois types de monnaies, à savoir les monnaies publiques, les monnaies d'entreprises et les monnaies associatives. Chaque type de monnaie compte plusieurs sous-catégories, toutes reprises dans le tableau ci-dessous.

Ideal types	Subtypes	Cases
Public money	Sub-State public money	Argentinian provincial currencies (1984-2003)
	State public money	National currencies
Business money	Convertible business money	Bank money
	Inconvertible business money	WIR, Sardex; tokens of colonial landowners; purchase points of loyalty schemes
Associative money	Market-value associative moneys	Bitcoin
	Fixed-value associative money	Local currencies (e.g. Chiemgauer), Anglo-Saxon LETS
	Non commensurable associative money	Time banks and some LETS-type systems

Figure 3. Les différentes catégories et sous-catégories monétaires (Blanc, 2018)

Ainsi, d'après Blanc (2018), les monnaies associatives, qui constituent la majorité des propositions étudiées ci-après, se caractérisent par le fait qu'elles relèvent d'une volonté collective, menant différents

acteurs à s'associer et à développer un schéma monétaire qui leur est propre, souvent dans le but d'atteindre un objectif commun. En ce sens, les monnaies associatives sont souvent des monnaies à usage particulier, pouvant être limitées aussi bien au niveau géographique qu'au niveau des utilisateurs et des biens et services concernés. La pluralité monétaire, qui consiste donc à encourager le développement de ces monnaies associatives, est une démarche particulièrement appréciée par la littérature décroissante. Pour Douthwaite (2012), les alternatives monétaires locales sont ainsi la meilleure manière de créer la flexibilité nécessaire pour encaisser une chute du taux de retour énergétique décroissant, sans quoi la transition énergétique pourrait potentiellement aboutir à un effondrement. D'après lui, « une reconstruction totale de nos systèmes d'émission monétaire et de financement est [...] une condition *sine qua non* pour échapper à un désastre humain, social et économique » (Douthwaite, 2012). Pour Lietaer (2009), la pluralité monétaire pourrait également venir renforcer la résilience du système monétaire, en prévision d'un éventuel choc. Ainsi, il compare la diversité monétaire à la diversité biologique qui, elle aussi, contribue à rendre les écosystèmes plus résilients. Notons toutefois que le terme « complémentaire » peut porter à confusion et que d'un point de vue économique, l'on pourrait très bien considérer que ces monnaies associatives ne sont pas complémentaires, mais qu'elles sont en compétition avec les monnaies nationales à usage général (Blanc, 2017).

4.2.3 La dimension démocratique des monnaies associatives

Au-delà d'un certain degré de résilience, la pluralité monétaire permet également de favoriser l'essor d'un système monétaire plus démocratique et durable, en cohérence avec les valeurs défendues par le mouvement décroissant. Ainsi, le principe même de la monnaie associative permet à des groupements citoyens de définir leur propre système monétaire. Pour Bosqué (2014), il s'agit de permettre aux individus de reprendre le contrôle de la vie économique, à travers une création monétaire démocratique. En ce sens, les monnaies complémentaires peuvent être vues comme une manière de politiser l'économie et d'intégrer les préoccupations sociales et environnementales au cœur même de la création monétaire (Parrique, 2019). Elles semblent donc particulièrement bien représenter l'idée selon laquelle une monnaie est une structure sociale qui constitue « une revendication de valeur commensurable et transférable » (Densan, 2017). En un sens, ces monnaies associatives peuvent être considérées comme une forme d'autodétermination, permettant à des communautés de créer une monnaie en accord avec leurs valeurs. Par ailleurs, elles offrent une flexibilité et une possibilité d'évolution assez remarquable, comme en atteste notamment le fonctionnement du Chiemgauer, une monnaie complémentaire bavaroise. Dans le cadre du Chiemgauer, toute modification du système passe par une votation générale. Si les membres de la communauté souhaitent apporter une nouveauté au fonctionnement du Chiemgauer, comme par exemple l'introduction d'une surestarie, ils peuvent en faire la proposition, puis celle-ci sera soumise à un vote (Gelleri, 2009).

4.2.4 Monnaies locales et consommation durable

La possibilité de créer une monnaie conforme à un ensemble de valeurs partagées par une communauté est précisément ce qui donne autant d'attrait aux monnaies complémentaires. Ainsi, l'une des critiques à l'encontre de la monnaie nationale à usage général est qu'elle favorise grandement le financement d'activités polluantes, telles que l'extraction minière ou pétrolière, jugées « indésirables » (Parrique, 2019) par le mouvement décroissant. Ces activités présentant un taux de rendement plus élevé que la moyenne, attirent les liquidités tel « un aimant magnétique » (Parrique, 2019). Les liquidités dépensées sous forme de monnaie nationale à usage général finissent donc inlassablement par financer et soutenir des activités diamétralement opposées aux idéaux de la décroissance, et ce même si les transactions initiales étaient réalisées entre des acteurs engagés et vertueux. D'autres auteurs rejoignent cette position, affirmant que ce système « se perpétue à chaque fois que nous faisons nos achats, que nous soyons un activiste climatique ou un climatosceptique » (Hornborg, 2019).

Les monnaies complémentaires pouvant être des monnaies à usage particulier, elles ont la possibilité de se défaire de ce mécanisme et d'encourager une réelle consommation durable. Les associations en charge de ces monnaies peuvent ainsi décider d'exclure certains acteurs de leurs systèmes, tels que les supermarchés ou les stations d'essences, afin de s'assurer que leurs monnaies ne servent pas à l'achat d'un bien allant à l'encontre des valeurs prédéterminées. En un sens, cela s'approche de la création d'un « pouvoir d'achat vert » (Parrique, 2019), permettant de limiter la fuite des liquidités vers des activités indésirables. Cependant, pour s'assurer que ce pouvoir d'achat demeure durable sur le long terme, le plus efficace semble être de rendre la monnaie en question non-convertible. En effet, lorsqu'une monnaie est convertible, comme c'est le cas du Chiemgauer (Gelleri, 2009) ou de la Monnaie du Léman (Le Léman, 2022), celle-ci peut être échangée à tout moment contre de la monnaie nationale à usage général. Habituellement à parité avec une monnaie nationale, les monnaies locales convertibles sont initialement obtenues en échange d'un dépôt bancaire en monnaie nationale. Ce dépôt, précieusement gardé comme garantie, permet ensuite de renverser le procédé d'acquisition. Autrement dit, cela laisse une échappatoire aux liquidités. En rendant la monnaie non-convertible, cette faille peut être comblée.

4.2.5 Monnaies locales et impératif de croissance

Même si la consommation durable et la dimension démocratique des monnaies associatives font partie intégrante de la philosophie décroissante, se pose tout de même la question en quoi ces monnaies permettent la déconstruction de l'impératif de croissance. D'après la littérature, elles y contribuent de deux manières : en politisant la création monétaire et en proposant des modes de création monétaire sans dette. En effet, dans le premier chapitre de ce travail, nous avons abordé la dépolitisation du paradigme de la croissance et démontré en quoi elle est hautement problématique. En politisant la création monétaire, les monnaies complémentaires permettent donc en partie de contrer cette tendance à la dépolitisation, facilitant par la même occasion la remise en question du système monétaire et ouvrant le

débat aux changements. Pour Parrique (2019), les monnaies complémentaires permettent ainsi de reléguer la croissance au second plan, priorisant les enjeux écologiques, démocratiques et sociaux dans la conception monétaire. Cependant, c'est bien dans la création monétaire sans dette que l'on peut apercevoir le potentiel des monnaies complémentaires à proposer une monnaie sans impératif de croissance. En effet, les monnaies complémentaires peuvent être conçues selon des critères très particuliers, pouvant adopter des fonctionnements inédits. Alors que certaines monnaies associatives, comme le Chiemgauer, reprennent un format commensurable proche des monnaies nationales auxquelles nous sommes habitués, d'autres prennent des approches radicalement différentes, permettant d'être créées sans dette aucune. C'est notamment le cas de certaines monnaies écologiques comme le Torekes à Gand (Parrique, 2019), qui est obtenu non pas en empruntant de l'argent, mais en échange d'une action écologique comme le ramassage de déchets. Ici, la création monétaire n'est donc pas reliée à une quelconque forme de dette, mais bien à une action physique, rattachée au monde réel. En ce sens, ce sont de véritables « monnaies vertes » (Cauvet et al., 2018) ne pouvant naturellement pas dépasser un taux de croissance déconnecté de la biosphère (Parrique, 2019).

4.2.6 Les systèmes d'échanges locaux (SEL)

Les monnaies discutées jusque-là, à l'image du Chiemgauer, sont des monnaies locales convertibles. Or, la pluralité monétaire inclût aussi les monnaies associatives et les monnaies d'entreprises non-commensurables, dont les banques de temps et les systèmes d'échanges locaux. Ces derniers, dénommés ci-après « SEL », se définissent comme des « clubs d'adhérents utilisant une monnaie virtuelle créée au moment de de la transaction, sous forme de crédit pour le vendeur d'un bien ou d'un service et de débit pour l'acheteur » (Dittmer, 2013). Dans un tel système, chaque participant commence avec une balance comptable à zéro, et peut contracter un achat avant même d'avoir obtenu un crédit (Dittmer, 2013). Il s'agit donc d'un système où la monnaie est créée au moment même de la transaction. Prenons l'exemple de la vente d'un canapé où les deux parties viennent de rejoindre le système d'échange. Admettons que l'acheteur souhaite se procurer un canapé d'une valeur de 10 unités monétaires. Au moment de conclure la transaction, l'acheteur sera donc débité de cette même somme, alors que le vendeur verra apparaître le montant du côté gauche de son bilan comptable, au niveau des crédits. Dans la mesure où l'acheteur venait de rejoindre le système et qu'il ne disposait donc pas de suffisamment de crédits, il compte désormais une dette de 10 unités monétaires, qu'il pourra compenser en vendant un bien ou un service d'une valeur équivalente ou supérieure. Évidemment, un système où l'on peut avoir un débit négatif (sans taux d'intérêt appliqué) invite potentiellement aux abus. Afin d'éviter ces problèmes et de ne pas engendrer des déséquilibres trop importants, de nombreux SEL fixent une limite de dette et misent sur la transparence en rendant les balances individuelles consultables et disponibles à la vue des autres participants (Dittmer, 2013). De nombreux SEL appliquent aujourd'hui ces fonctionnements-là, comptant parfois plusieurs milliers de participants (Marguerit et al., 2014). En Belgique, c'est

notamment l'association Réseau Collectif en Recherche de Résilience qui propose pas moins de 148 SEL à travers le pays, dont une grande partie en Région Bruxelles-Capitale (RCR, 2022).

La monnaie virtuelle des systèmes d'échanges permet principalement de tenir les comptes à jour, et d'éviter que certaines personnes malintentionnées ne profitent excessivement du système, s'appropriant les biens et les services des autres participants, sans nécessairement rendre la pareille. La monnaie devient donc une sorte de garantie de confiance, facilitant simplement l'échange. En ce sens, la monnaie virtuelle des SEL rejoint relativement bien la conception de la monnaie abordée dans la première partie de ce travail. Laacher (2002) va même plus loin dans ses affirmations, développant l'idée selon laquelle les SEL puisent leur origine dans une vision utopique et révolutionnaire, qui vise à dompter « le pouvoir insolent de l'argent » (Laacher, 2022). Pour lui, les SEL constituent donc une critique directe du système capitaliste, notamment en luttant contre la thésaurisation et en questionnant l'argent comme « une fin en soi » (Laacher, 2002). En y réfléchissant, il apparaît effectivement que les SEL empêchent toute logique de thésaurisation, non pas d'un point de vue technique, puisqu'il est tout à fait possible d'accumuler les crédits à échelle individuelle, mais en la rendant inutile. Si l'on peut dépenser sans avoir de crédits, et s'il n'y a pas de taux d'intérêt applicable aux dettes, à quoi bon amasser de la monnaie virtuelle ? De plus, comme le relève Parrique (2019), les SEL forment un jeu à somme nulle, où les crédits totaux équivalent toujours les débits totaux. Selon lui, il s'agit donc d'un système sans impératif de croissance, ancré dans le monde réel, où les quantités monétaires demeurent représentatives des transactions réelles qu'elles engendrent. Depuis cette perspective, les SEL représentent donc une innovation monétaire parfaitement accordée avec les principes décroissants, favorisant le sens communautaire et proposant une alternative dont le fonctionnement ne nécessite pas de croissance économique.

De nombreux auteurs demeurent cependant relativement sceptiques vis-à-vis des SEL. Ainsi, Dittmer (2013) relève notamment que beaucoup d'échanges rencontrent des difficultés avec des participants qui maximisent leur endettement puis quittent le système d'échange, ce qui contribue à éroder la confiance des autres participants et à dévaluer la valeur de la monnaie virtuelle. Il constate également que les SEL ont plus de difficultés à convaincre les entreprises locales de participer à l'échange, comparé aux monnaies locales convertibles, bien plus attrayantes et sécurisantes pour les entreprises. Ce manque de participation des entreprises réduit évidemment l'offre disponible au sein des SEL et limite fortement leur intérêt. Enfin, compte tenu de ces limites, Michel et al. (2015) notent que les SEL représentent une partie relativement insignifiante de la vie économique, mais que certaines études permettent tout de même de confirmer qu'ils favorisent le développement des économies locales et la promotion d'une consommation souvent plus écoresponsable.

4.2.7 Les banques de temps

Quoique relativement similaires aux SEL, les banques de temps se distinguent par une dimension temporelle et une meilleure performance en matière d'inclusion sociale. Ainsi, une banque de temps « formalise l'échange de services personnels par le biais d'une monnaie libellée en temps qui attribue une valeur uniforme au temps de travail de chacun, en s'appuyant sur un courtier pour coordonner les échanges et identifier les besoins et les capacités des membres » (Dittmer, 2013). Autrement dit, le temps de chaque participant est valorisé de manière identique, une heure de jardinage étant équivalente à une heure d'enseignement linguistique ou une heure de maintenance informatique. Si un participant travaille 60 minutes, il reçoit un jeton représentant une heure de travail, qu'il pourra ensuite dépenser pour obtenir un service de la part d'un autre participant de la banque de temps, d'une durée équivalente.

De nombreux avantages découlent de l'utilisation d'une banque de temps, surtout d'une perspective décroissante. Seyfang (2006) estime ainsi que l'approche égalitaire des banques de temps favorise l'inclusion sociale et permet d'encourager les travaux communautaires, habituellement exclus des dynamiques de marchés, formant une sorte de résistance face aux modèles productivistes. Parrique (2019) s'exprime également à propos des banques de temps, évoquant lui aussi leur potentiel à déconstruire l'impératif de croissance du système monétaire actuel. Ainsi, il estime que les défenseurs de la décroissance devraient s'intéresser davantage aux banques de temps et reconnaître leur potentiel pour le mouvement, insistant sur le fait qu'il s'agit d'une alternative monétaire particulièrement intéressante par le fait que le nombre de jetons est nécessairement limité par le nombre d'heures dans une journée. Là encore, il s'agit donc d'un système qui ne peut croître au-delà d'une certaine limite.

McGuirk (2017) relève cependant que malgré une philosophie proche de la décroissance, aucune banque de temps ne s'identifie directement à cette vision économique. Ainsi, elle met en évidence que la majorité des participants des banques de temps cherchent à créer de la cohésion communautaire et à s'émanciper des logiques de marchés, ce qui semble effectivement en parfait accord avec les valeurs promues par la décroissance, mais que les participants n'évoquent à aucun moment la décroissance en tant que telle lorsqu'ils sont interrogés à propos de leur motivations personnelles. De manière globale, c'est le renforcement communautaire des banques de temps qui semble être l'un des avantages majeurs de cette innovation monétaire. Michel et al. (2015) relèvent que les différentes études ayant été menées à ce sujet tendent à démontrer que les banques de temps sont associées à un développement du sens de la communauté et une nette amélioration du bien-être individuel.

Cependant, les banques de temps connaissent de nombreuses limites. Ainsi, Dittmer (2013) relève que la dimension égalitaire favorise l'inclusion sociale, mais qu'elle décourage également les individus très qualifiés à rejoindre le système, puisqu'ils obtiennent une rémunération bien plus avantageuse en-dehors de la banque de temps. De plus, il note que les banques de temps ne sont pas applicables aux échanges

de biens, ce qui limite fortement leur application. D'autre part, les banques de temps ne font sens qu'entre individus qui ne se connaissent pas, dans la mesure où des personnes partageant d'ores et déjà un lien amical n'ont pas besoin d'une telle structure pour s'entraider efficacement (McGuirk, 2017). Cette même réflexion peut aboutir à considérer les banques de temps comme quelque chose d'intrinsèquement provisoire, une structure monétaire permettant de mettre en place des services réciproques entre étrangers, vouée à devenir désuète une fois que la confiance s'est suffisamment établie et que le sens communautaire prend la relève (McGuirk, 2017).

4.2.8 La monnaie fondante : les surestaries au service de la décroissance

Conceptualisées pour la première fois par Gesell (1916), les surestaries – également connues sous le nom de monnaie fondante - se définissent comme « la réduction intégrée dans le temps de la valeur intrinsèque d'une devise » (Godschalk, 2011). L'idée centrale étant d'appliquer des taux d'intérêts négatifs à la monnaie, afin de décourager la thésaurisation et de permettre à la monnaie de remplir son rôle principal, c'est-à-dire la fluidification du marché. Pourtant ouvertement anticapitaliste (Godschalk, 2011), la théorie de Gesell était également approuvée par Keynes, qui jugeait que son idée « mérite attention » (Keynes, 1937 ; Amato, 2005). Alors que la théorie initiale concernait uniquement la monnaie nationale, ce sont les milieux alternatifs qui se sont inspirés des travaux de Gesell, et qui ont mis en place les premières monnaies fondantes (Godschalk, 2011). C'est notamment le cas du SOL-Violette toulousain, qui prévoit une fonte à hauteur de 2% par trimestre (Parrique, 2019), une surestarie identique à celle du Chiemgauer (Godschalk, 2011). Initialement, Gesell (1916) proposait de tamponner les billets de banque tous les mois, chaque nouveau tampon réduisant leur valeur de 0.5%, soit une dévaluation de 6% par an. Évidemment, cette proposition s'avérait peu pratique dans sa mise en place, mais semble aujourd'hui bien plus facile à organiser grâce notamment aux monnaies électroniques.

La lutte contre la thésaurisation, comme proposée par la monnaie fondante, comporte plusieurs avantages pour une économie en décroissance. Ainsi, dans une étude comparative, Woodburn (1982) démontrait que les sociétés les plus égalitaires étaient généralement celles qui privilégiaient la consommation immédiate à l'accumulation de richesses. D'un point de vue théorique, il serait donc possible d'affirmer que la monnaie fondante pourrait participer à la création d'une société plus égalitaire, en accord avec les principes moraux de la décroissance (Kallis et al., 2018). D'autre part, elle propose une manière radicalement différente d'aborder la question des taux d'intérêts, s'attaquant de manière frontale au concept de la thésaurisation. Or, comme le formule Svartzman : « si nous conceptualisons le capitalisme comme le rêve d'accumuler perpétuellement l'argent par l'utilisation de l'argent, le taux d'intérêt est précisément ce qui rend ce rêve possible » (Svartzman, 2020).

Il va de soi que la monnaie fondante connaît également plusieurs critiques, principalement dans son application par les monnaies locales. Ainsi, Godschalk (2011) s'appuie notamment sur la loi de Gresham, qui stipule que la mauvaise monnaie chasse la bonne, pour affirmer que les monnaies locales

n'ont pas besoin d'un taux d'intérêt négatif pour éviter la thésaurisation, possédant de toute manière une vélocité accrue par rapport aux monnaies nationales, et que l'intérêt d'une fonte programmée demeure donc négligeable, voir nul. De plus, il argumente que la fonte représente une complexification des monnaies locales, qui peut s'avérer pénible et rébarbative pour les utilisateurs, principalement lorsqu'elle est sous format papier.

4.3 La souveraineté monétaire

4.3.1 La fin de l'impératif de croissance

Au-delà des monnaies complémentaires et les surestaries, la littérature décroissante propose également une réforme du système monétaire national. En effet, la création monétaire est aujourd'hui entre les mains des banques commerciales. Pour de nombreux auteurs, ce fonctionnement est l'archétype de la marchandisation monétaire, reléguant la monnaie au stade de commodité (Parrique, 2019). De plus, cette création monétaire inclût un taux d'intérêt, lui-même porteur d'un impératif de croissance non-négligeable. La souveraineté monétaire vise à corriger ces défaillances, en faisant passer la monnaie du stade de commodité à celui de bien public (Dittmer, 2013). Concrètement, il s'agit de passer d'un système de réserves partielles à un système de réserves intégrales, diminuant le pouvoir des banques commerciales (Dittmer, 2013), et allant même jusqu'à les supprimer complètement et à les remplacer par une institution publique selon les auteurs (Parrique, 2019). Pour Dittmer (2013), un tel système permettrait au gouvernement de prendre le contrôle de la circulation monétaire, et donc de l'inflation, mais également d'abaisser les taux d'intérêts, rendant un taux de 0% soudainement envisageable et réduisant à néant l'impératif de croissance associé aux taux d'intérêts pratiqués par les banques commerciales (Dittmer 2013 ; Parrique, 2019).

4.3.2 Une gestion publique de la monnaie et des investissements

De plus, comme l'expliquent Hutchinson et al. (2002), de nos jours, ce sont les banques commerciales qui décident qui obtient des crédits et donc – par extension – quelles industries peuvent prospérer et se développer. Autrement dit, ce sont des entités privées à but lucratif qui déterminent quels acteurs de la société disposent d'un accès aux ressources financières. Suivant le principe élaboré par Manno (2000), selon lequel le système redirige les fonds monétaires vers les commodités, les banques vont privilégier les industries présentant peu de risques et un taux de retour sur investissement particulièrement élevé, comme c'est le cas des énergies fossiles, délaissant de ce fait les secteurs culturels, sociaux ou à but non-lucratif (Parrique, 2019). Pour Dittmer (2013), la souveraineté monétaire et l'abolition des banques commerciales permettraient de remédier à cela, en encourageant des investissements non pas motivés par le profit privé, mais gouvernés et mis en œuvre par une entité publique.

4.3.2 Le rôle des taxes

Dans le système monétaire actuel, la monnaie créée lors d'un emprunt bancaire est détruite au fur et à mesure que cet emprunt est remboursé (McLeay et al., 2014). Dans un système de réserves intégrales, ce sont les taxes qui permettraient de réduire la masse monétaire en circulation, en absorbant une partie des liquidités (Dittmer, 2013). Ainsi, le gouvernement pourrait non seulement influencer directement la quantité de liquidités injectées dans l'économie, mais également la quantité à en retirer, si le besoin d'une réduction de la monnaie en circulation se fait ressentir (Parrique, 2019). Par ailleurs, ce sont les taxes qui permettraient d'assurer un taux d'intérêt de 0%, en finançant les coûts liés à l'emprunt. En effet, les taux d'intérêts proposés par les banques commerciales couvrent la prime de risque, les coûts administratifs liés à la gestion de l'emprunt et le profit dégagé par la banque en question (McLeay et al., 2014). En supprimant les banques commerciales, la nécessité de générer du profit disparaît, mais le risque de défaut de paiement et les coûts administratifs demeurent. Les taxes permettraient d'assumer collectivement ces coûts incompressibles, rendant possible le taux à 0% (Parrique, 2019).

4.3.3 Comptabilité avec les autres propositions

Une interrogation constante au sein de la littérature semble être le degré de compatibilité entre la souveraineté monétaire et les autres réformes étudiées jusqu'à présent. Ainsi, Kallis (2011) considère qu'une partie des défenseurs de la décroissance privilégient les monnaies locales aux réformes centrées sur le gouvernement, puisque ce dernier n'a pas été en mesure de mettre en œuvre la transition écologique jusque-là. Les monnaies locales témoigneraient donc d'une préférence pour l'approche communautaire, en opposition à l'approche plus gouvernementale de la souveraineté monétaire. Pour Svartzman et al. (2019), cette opposition n'est cependant pas une fatalité. Ils proposent ainsi de réfléchir à un système hybride, où les monnaies locales encouragent la consommation responsable et que la monnaie à taux 0% favorise la déconstruction de l'impératif de croissance. Ils rappellent aussi que ces propositions s'observent déjà chez Lietaer (2012), qui argumente que chaque forme de monnaie peut apporter des améliorations considérables, les monnaies locales étant plus dynamiques et flexibles, alors que la monnaie souveraine peut apporter plus de « stabilité » (Svartzman et al., 2019). Par ailleurs, certaines monnaies associatives ne sont pas nécessairement des structures permanentes et peuvent, une fois leur mission de consolidation communautaire réussie, disparaître en laissant des systèmes d'échanges démonétisés derrière eux, uniquement basés sur la confiance mutuelle, sans monnaie intermédiaire (McGuirk, 2017). Sous cet angle-là, un système hybride paraît d'autant plus pertinent, les SEL et les banques de temps disparaissant, laissant la place à une cohabitation entre monnaies locales convertibles et monnaie souveraine nationale.

5. La technologie de la blockchain

« *Blockchain is a social technology which allows a collective to write a book and update it – a bookkeeping technology. It is anything but prosaic. The keeping of records which can be publicly verified is the very foundation of our advanced political-socioeconomic systems.* »

- Brendan Markey-Towler, 2018

5.1 Les origines de la blockchain

5.1.1 La blockchain en bref

En vue de répondre à notre question de recherche, ce chapitre vise à permettre une compréhension approfondie du fonctionnement de la blockchain. Ainsi, la blockchain est une technologie de registre distribué qui permet de vérifier et de stocker des données de manière immuable, et d'échanger des données sans avoir besoin de faire recours à un tiers de confiance (Liu et al., 2021). Développée par un individu (ou un groupe) anonyme répondant au pseudonyme de Satoshi Nakamoto, la blockchain visait initialement à créer un système monétaire pair-à-pair, n'ayant pas besoin de banques pour fonctionner (Nakamoto, 2008).

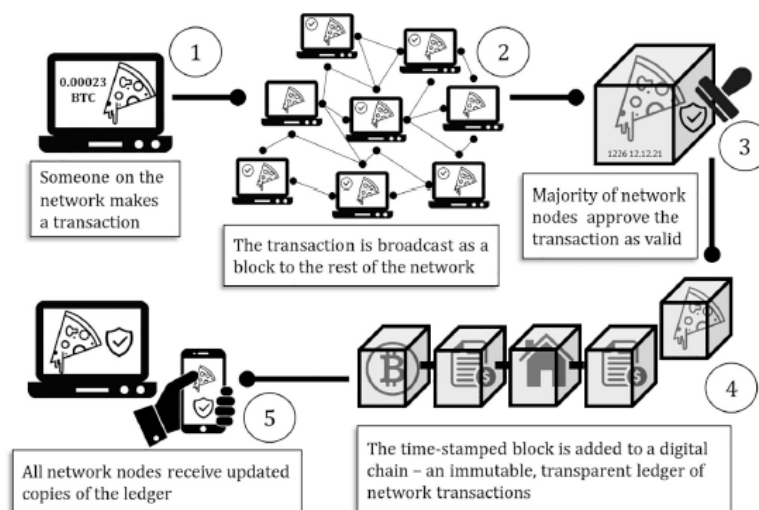


Figure 4. Fonctionnement simplifié d'une blockchain (Howson, 2021)

Comme le démontre le graphique ci-dessus, une transaction effectuée sur une blockchain suit un principe simple : une demande de transaction est envoyée au réseau, puis distribuée parmi les différents nœuds de celui-ci. Les nœuds vérifient la validité de la transaction puis l'ajoutent dans un bloc, où sont déjà stockées d'autres transactions récentes. Une fois la capacité de stockage du bloc atteinte, celui-ci est ensuite enchaîné de manière définitive aux blocs plus anciens, formant une chaîne. Dès lors, la transaction est complétée et le registre est mis à jour pour l'ensemble des utilisateurs, affichant les nouveaux soldes (Crosby et al., 2016 ; Howson, 2021).

5.1.2 Idéologie et positionnement politique

Tout comme la dépolitisation de la croissance, la dépolitisation de la technologie (Comby, 2019) est une tendance dont ce travail souhaite se distancer. En ce sens, il convient d'évoquer la tendance politique de la blockchain, dont une majorité de la littérature semble s'accorder à dire qu'elle est issue d'une pensée libertaire (Karlstrom, 2014 ; Huckle et al., 2016) voir anarchiste (Markey-Towler, 2018). Le libéralisme, décrit par Woodcock (2004) comme la suprématie des intérêts individuels par rapport au jugement collectif, résulte selon Huckle et al. (2016) en une profonde méfiance envers le gouvernement, et la croyance que le système monétaire devrait être libéré de tout contrôle et interférence étatique. Cette même méfiance s'exprime dans une monnaie comme le Bitcoin : aussi bien la création et l'offre monétaire que la validation des transactions y sont effectuées en pair-à-pair, sans contrôle externe de la part d'un gouvernement (Huckel et al., 2016). Pour Markey-Towler (2018), ces mêmes caractéristiques font de la blockchain la technologie idéale pour atteindre le rêve de « l'utopie anarchique » (Markey-Towler, 2018). L'auteur considère la blockchain comme la première technologie à pouvoir concurrencer le monopole étatique sur les registres publics, permettant aux communautés de créer et de mettre à jour leur propre registre. Enfin, certains auteurs décrivent la blockchain comme une forme de « capitalisme distribué » (Bauwens et al., 2019), qui vise principalement à permettre l'accumulation de richesse individuelle, dénuée de tout contrôle gouvernemental.

5.2 Le fonctionnement de la blockchain

5.2.1 Le réseau distribué

La blockchain étant résumée comme un registre distribué, il convient de s'intéresser à la notion de distribution et de comprendre quels sont les avantages d'un réseau distribué. Ainsi, théorisés pour la première fois par Baran (1964), les systèmes distribués s'opposent aux systèmes centralisés par la suppression de l'autorité centrale.

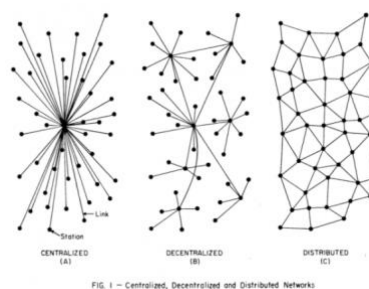


Figure 5. Réseaux centralisé (a), décentralisé (b) et distribué (c) (Baran, 1964).

En informatique, les réseaux client-serveur sont des exemples typiques de systèmes centralisés (a), où les informations sont stockées en un point central, qui est en charge de l'ensemble des décisions prises au sein du réseau. Contrairement à ces systèmes centralisés, les réseaux pair-à-pair sont des réseaux

distribués (c) où chaque nœud fait office à la fois de client et de serveur. Leur particularité est donc que les nœuds peuvent communiquer entre eux sans devoir passer par une autorité centrale. En termes de sécurité, les réseaux distribués sont également avantageés, car si un nœud subit une défaillance, le réseau continue à fonctionner normalement, ce qui n'est pas le cas d'un réseau centralisé, où le serveur central constitue le point unique de défaillance. Comme le relève Masseport (2021), la difficulté principale amenée par la distribution est l'absence de modération, qui pose notamment problème dans la prévention de la double dépense. En effet, dans le cas d'une transaction de nature monétaire, un utilisateur n'est pas supposé dépenser deux fois la même somme, autrement cela démultiplierait la monnaie, créant un risque inflationniste et amenuisant la confiance des utilisateurs (Masseport, 2021). Alors qu'un administrateur central peut contrer la double dépense en s'assurant que les transactions correspondent aux soldes des différents utilisateurs, un système distribué nécessite de mettre d'accord les différents nœuds. Pour éviter la double dépense dans un système distribué, les nœuds doivent donc conserver l'historique des transactions et valider les nouvelles transactions à ajouter à l'historique sur la base d'un commun accord (Masseport, 2021). Avant de nous intéresser à cette mise en accord, nous allons commencer par aborder le fonctionnement des transactions.

5.2.2 Transactions et cryptographie asymétrique

Dans une blockchain, les transactions sont envoyées, reçues, cryptées et signées grâce à la cryptographie asymétrique. Cette forme de cryptographie s'oppose à la cryptographie symétrique, qui suppose que deux parties souhaitant s'échanger un message crypté disposent toutes deux d'une même clé secrète, pour ensuite pouvoir déchiffrer le message reçu (Masseport, 2021). Autrement dit, en cryptographie symétrique, les parties doivent se mettre d'accord sur la manière de chiffrer et déchiffrer un message. Dans la mesure où la détention partagée d'une clé secrète nécessite donc une communication préalable, elle ne convient absolument pas à un réseau public. En effet, sur un réseau public, les communications étant accessibles à tous les utilisateurs, deux parties ne peuvent s'échanger une clé secrète sans s'exposer à d'éventuels regards malveillants. Comme représentée sur le graphique ci-dessous, la cryptographie asymétrique résout cette problématique en fonctionnant non pas avec une, mais deux clés.

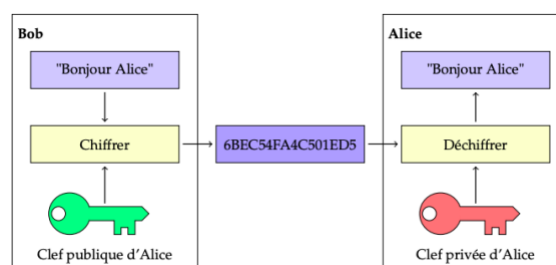


Figure 6. Protocole d'échange de message en cryptographie asymétrique (Masseport, 2021)

Dans ce système, chaque utilisateur possède donc une clé publique qu'il peut librement partager avec l'ensemble du réseau, et une clé privée qu'il garde secrète (Masseport, 2021). La clé publique, dérivée à partir de la clé privée grâce à une fonction mathématique complexe, permet de chiffrer un message de sorte à ce qu'il puisse être uniquement déchiffré par la clé secrète du récepteur. Dans notre exemple, Bob se sert de la clé publique d'Alice pour chiffrer un message, qu'Alice sera la seule à pouvoir déchiffrer à l'aide de sa clé privée. L'avantage majeur de la cryptographie asymétrique réside donc dans le fait qu'elle ne nécessite pas de communication préalable en vue d'échanger une quelconque clé secrète, ce qui la rend particulièrement adaptée à un réseau public. Par ailleurs, la cryptographie asymétrique permet aussi de signer des transactions (Masseport, 2021) et de vérifier l'identité de l'émetteur en deux étapes : l'émetteur chiffre la signature de son message à l'aide de sa clé privée, puis le récepteur la déchiffre avec la clé publique de l'émetteur. Dans la mesure où seule la clé publique de l'émetteur permet de déchiffrer la signature, il est aisé de voir si le message est bien déchiffrable par la clé de l'émetteur présumé. Cette fonctionnalité de signature permet également de relier une transaction à un utilisateur, et donc aux nœuds de vérifier si l'émetteur d'une transaction dispose bien du solde requis (Masseport, 2021).

5.2.3 Le hashage : une fonction fondamentale de la blockchain

Aux côtés de la cryptographie asymétrique, la fonction de hashage constitue la seconde invention cryptographique fondamentale à la bonne compréhension de la technologie de la blockchain. Concrètement, une fonction de hashage est une fonction permettant de « faire correspondre des données de taille arbitraire à des valeurs de taille fixe » (Masseport, 2021). Il s'agit donc d'une fonction permettant de transformer n'importe quel type de données initiales en une suite de caractères d'une longueur prédéfinie. Les données résultantes du hashage, appelées un hash, constituent une sorte « d'empreinte numérique » (Masseport, 2021) des données initiales. Prenons l'exemple d'une fonction de hashage transformant n'importe quelle suite de données en une chaîne de 64 caractères (Bonneaud, 2019). Dans son exemple, l'auteur choisit comme donnée d'entrée le mot « cloche », dont le hash correspond à la séquence suivante : 761A7DD9CAFE347CDE6 [...]. En principe, une fonction de hash donne toujours une sortie différente pour une entrée différente (Bonneaud, 2019), sauf en cas de collision (Masseport, 2021). Une collision correspond donc à la situation où deux entrées différentes résultent en une même sortie. Moins la probabilité de collision est élevée, plus la fonction de hashage est considérée comme étant solide (Masseport, 2021). Autrement dit, si l'on modifie que très légèrement la donnée d'entrée, le hash sera radicalement différent. Ainsi, dans son exemple, Bonneaud (2019) propose d'ajouter un point à la séquence initiale. Le hashage de « cloche. » aboutit alors au nouveau hash ci-contre : B9B324E2F987CDE8819 [...]. Comme nous pouvons le voir, le nouveau hash est radicalement différent, rendant toute déduction de l'ancienne entrée impossible. Une fonction de hash donnant toujours le même résultat pour une même entrée, en enlevant le point et en réintroduisant le mot

« cloche » dans la fonction de hashage, on obtiendra à nouveau le même hash qu’au début, soit : 761A7DD9CAFE347CDE6 [...] (Bonneaud, 2019).

Enfin, compte tenu de son importance dans certains mécanismes de consensus que nous étudierons plus tard, il est également important de mentionner le nonce. Celui-ci correspond à une chaîne de caractères pseudo-aléatoires, concaténée aux données initiales, et permettant d’éviter que deux informations identiques n’aboutissent au même hash (Masseport, 2021). L’auteur donne ici l’exemple de deux utilisateurs ayant le même mot de passe : en ajoutant un nonce, on peut éviter que les deux mots de passe résultent en un même hash.

5.2.4 L’immuabilité de la blockchain

Tout d’abord, notons qu’une blockchain est une base de données particulière, dans le sens où elle autorise uniquement l’ajout de nouvelles données, mais par leur modification ou leur suppression, comme cela est le cas pour les bases de données classiques (Masseport, 2021). Dans une blockchain, les données sont structurées sous formes de blocs, chaque bloc contenant une certaine quantité de données. Notons que dans les cas de figures qui nous intéresseront tout du long de ce travail, ces données correspondent à des transactions monétaires.

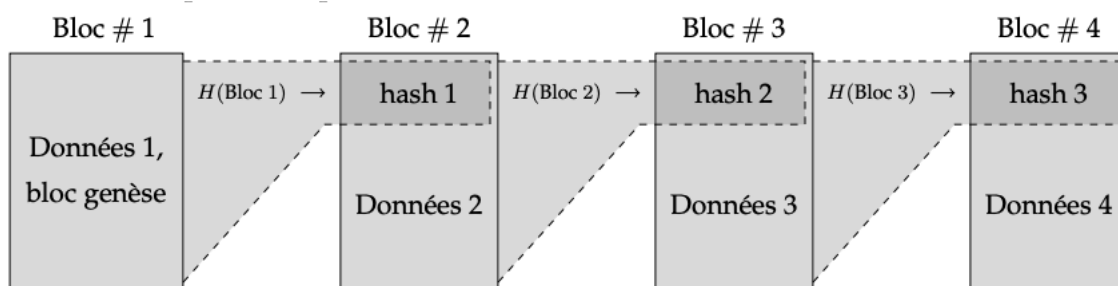


Figure 7. Structure type d’une blockchain (Masseport, 2021)

Comme indiqué sur le graphique ci-dessus, ces blocs de données sont structurés de sorte à créer une chaîne : chaque bloc possédant un seul successeur (Masseport, 2021). En plus des transactions, chaque bloc contient le hash du bloc précédent, ce qui permet de chaîner les blocs les uns aux autres, et de rendre la blockchain immuable. En effet, une modification malveillante des données contenues dans l’un des blocs viendrait automatiquement modifier son hash. Or, le hash étant repris dans le bloc suivant, le bloc perdrait son chaînage (Bonneaud, 2019). Comme l’explique Masseport (2021), pour qu’une modification d’un ancien bloc puisse passer inaperçue, il faudrait recalculer le hash du bloc suivant, afin que les deux correspondent à nouveau. Seulement, cela invaliderait à nouveau le bloc d’après, et par cascade l’entièreté de la blockchain (Bonneaud, 2019). Autrement dit, pour réussir à modifier une donnée, il faudrait recalculer le hash de tous les blocs ayant été créés à partir du bloc où la modification a eu lieu. « Par conséquent, plus un bloc est ancien, plus il est pérenne » (Masseport, 2021). Cependant,

pour que ce raisonnement fonctionne, il faut s'assurer que trouver un hash soit relativement difficile. La blockchain résout ce problème en imposant des conditions : seul un hash correspondant aux exigences du protocole est accepté (Bonneaud, 2019).

5.2.5 L'éligibilité d'un hash

Reprenons l'exemple donné par Bonneaud (2019) et admettons que la condition pour qu'un hash soit recevable prévoit simplement que ses dix premiers chiffres soient des zéros. Rappelons également que, comme nous l'avons vu précédemment, une fonction de hashage donne toujours le même résultat pour une même suite de données. À priori, les chances pour que le hash d'un bloc commence spontanément par dix zéro est quasi nulle. Or, les données de transactions et les métadonnées contenues à l'intérieur du bloc ne pouvant pas être modifiées, le seul moyen d'aboutir à un hash commençant par dix zéro est de faire varier le nonce – cette suite de données aléatoire ajoutée au bloc en vue justement de pouvoir trouver un hash éligible (Bonneaud, 2019). L'activité qui consiste à faire varier ce nonce pour trouver un hash éligible est appelée minage, les utilisateurs impliqués étant eux appelés des mineurs (Bonneaud, 2019). Le travail du mineur consiste simplement à faire varier le nonce et à insérer chaque nouvelle combinaison à l'intérieur de la fonction de hashage, en attendant de trouver un hash qui correspond à la condition donnée. Comme le relève Masseport (2021), l'unique solution est de tester les différents nonces, jusqu'à en trouver un qui est éligible. Utilisant la force brute, la probabilité de trouver un hash éligible est directement proportionnelle à la puissance de calcul déployée par le mineur. À titre d'exemple, dans le cas de Bitcoin, des centaines de milliards de tentatives sont nécessaires pour trouver la bonne combinaison (De Vaudplane, 2017). Cette difficulté imposée par la condition et la proportionnalité à la puissance de calcul sécurise le réseau, en s'assurant qu'un mineur malveillant ne pourra pas recalculer le hash de tous les blocs, en vue de faire accepter au réseau une modification malveillante. En effet, non seulement cela serait particulièrement chronophage, mais surtout, pendant que le mineur essaie de recalculer le hash des différents blocs, les autres mineurs continuent à ajouter des blocs. S'il ne dispose donc pas d'au moins 51% de la puissance de calcul de l'ensemble du réseau, il ne pourra jamais rattraper les autres mineurs et modifier le hash de l'ensemble des blocs à une vitesse suffisante (Underwood, 2016). Sa version de la chaîne sera donc toujours plus courte que celle des autres mineurs. Or, la version la plus longue de la chaîne étant considérée comme étant la bonne, il effectuera ses calculs dans le vide. À priori, l'immuabilité de la blockchain est donc garantie, tant que la puissance de calcul collective des mineurs est suffisamment grande pour rendre une attaque 51% impossible.

5.2.6 Le consensus par la preuve de travail

Au-delà de sa fonction sécurisante, le minage constitue également l'élément central du consensus par preuve de travail. En effet, dans un réseau décentralisé, il est fondamental que les différents utilisateurs puissent se mettre d'accord sur l'état actuel du réseau. Cet accord, dans le cas d'une blockchain, consiste donc à sélectionner algorithmiquement un utilisateur pour qu'il crée le prochain bloc, puis à laisser les

autres utilisateurs vérifier la validité de celui-ci. Une fois que la majorité des utilisateurs a approuvé le nouveau bloc, celui-ci est ajouté à la chaîne (Masseport, 2021). Dans le cas de la preuve de travail, le consensus est obtenu grâce au processus de minage. Les mineurs sont « mis en compétition » (Masseport, 2021), pour trouver un hash éligible. Le premier y parvenant est autorisé à choisir quel bloc ajouter à la chaîne et obtient une récompense. Lorsqu'un mineur trouve un hash éligible, il crée donc un bloc et l'envoie à un nœud pour le faire valider. Le nœud va ensuite vérifier si le bloc est valable puis va l'ajouter à sa version de la chaîne et le transmettre aux nœuds voisins, pour que l'ensemble du réseau puisse se mettre à jour (Masseport, 2021).

5.2.7 Le consensus par la preuve d'enjeu

Malgré son efficacité avérée pour assurer l'immutabilité d'une base de données, la preuve de travail est vivement critiquée, notamment pour sa lenteur (Vashchuk et al., 2018) et pour des raisons écologiques, que nous aborderons ultérieurement. Parmi les différentes alternatives proposées, c'est donc le consensus par preuve d'enjeu qui s'est imposé comme une solution viable - au point où Ethereum, la seconde plus grande blockchain au monde au moment de la rédaction est en vue de faire sa transition, allant d'un consensus par preuve de travail vers un consensus par preuve d'enjeu (Siim, 2017). Alors que dans le consensus par preuve de travail, la probabilité de pouvoir créer le prochain bloc est proportionnelle à la puissance de calcul, la preuve d'enjeu propose une probabilité proportionnelle aux unités monétaires cryptographiques (ci-après « jetons ») détenues par le nœud (Siim, 2017). Le processus de sélection de l'utilisateur pouvant ajouter un bloc se fait donc de manière aléatoire, mais il est pondéré en fonction de la quantité de jetons stockée par celui-ci. Un nœud possédant 5% de l'ensemble des jetons d'une blockchain aura donc cinq fois plus de chances d'être sélectionné qu'un nœud possédant uniquement 1% des jetons. Ici, la théorie des jeux est au cœur de la sécurisation du réseau : un nœud possédant beaucoup de jetons d'une blockchain a tout intérêt à ce que la confiance envers le réseau demeure intacte, faute de quoi les jetons qu'il détient perdraient en valeur (Nguyen et al., 2019).

Concrètement, dans une blockchain fonctionnant avec un tel consensus, tous les jetons sont indexés. Une fonction de hashage, appelée fonction FTS, va permettre de transformer les données du bloc précédent en un nombre correspondant à l'index d'un des jetons du réseau. Ensuite, la personne étant en possession du jeton correspondant à cet index va être autorisée à ajouter un nouveau bloc à la chaîne (Nguyen et al., 2019) Plus un nœud possède donc de jetons, plus il a de chance d'être sélectionné. Par ailleurs, pour s'assurer que les nœuds agissent honnêtement, divers mécanismes de prévention sont mis en place. La majorité des consensus par preuve d'enjeu prévoient ainsi la perte partielle ou totale des jetons en cas de comportement malveillant de la part d'un utilisateur (Nguyen et al., 2019).

5.2.8 Blockchains publiques, privées et semi-privées

Dans les exemples d'application du chapitre suivant, toutes les blockchains ne seront pas des blockchains publiques, comme c'est le cas de Bitcoin ou d'Ethereum. Il convient donc de rapidement évoquer les différentes formes possibles, dont la blockchain privée et la blockchain semi-privée. Une blockchain publique se distingue ainsi par le fait que son accès est public et que tous les utilisateurs ont le même pouvoir. Ces blockchains sont souvent sécurisées par un mécanisme qui rémunère les utilisateurs qui vérifient les transactions, à travers l'émission de jetons additionnels (Masseport, 2021). En opposition, une blockchain privée limite l'accès à certains utilisateurs, et un seul utilisateur est en charge de décider qui peut accéder ou non au réseau. Dans certaines blockchains privée, les données peuvent tout de même être consultées publiquement. Enfin, les blockchains semi-privées (également appelées à consortium) combinent les deux modèles, et sont sous le contrôle d'un nombre restreint d'utilisateurs. L'accès peut être privé ou public, tout comme la consultation du registre (Masseport, 2021). Les difficultés posées par le niveau de décentralisation des blockchains à consortium et des blockchains privées (Zhang et al., 2022) sera discuté ultérieurement dans ce travail, notamment au moment des limites.

5.3 Impact environnemental

5.3.1 Consommation énergétique, émissions de CO₂ et déchets électroniques

Comme évoqué précédemment, l'une des principales critiques envers la blockchain, et plus particulièrement envers la preuve de travail, est la consommation énergétique associée. En effet, la preuve de travail exigeant une importante puissance de calcul, les mineurs dépensent énormément d'énergie pour parvenir à trouver un hash éligible (Badea et al., 2019). Bien qu'il ne soit pas possible de déterminer de manière exacte la consommation énergétique d'une blockchain, ne connaissant pas le matériel exact utilisé par chacun des mineurs, il est possible de réaliser une estimation basée sur la puissance de calcul totale mise à disposition du réseau (De Vries, 2019). Ainsi, en 2018, la consommation énergétique du Bitcoin était estimée à 62.3 TWh, soit l'équivalent de la consommation annuelle Suisse (De Vries, 2019). En 2019, cette même consommation s'élevait à 87.1 TWh, soit l'équivalent de la consommation électrique annuelle de la Belgique (De Vries, 2020). Non seulement la consommation est donc excessive, mais elle est également très inefficente en comparaison au système bancaire classique, qui consomme jusqu'à 1'900 fois moins d'électricité par transaction (De Vries, 2019). Par ailleurs, la consommation énergétique étant évidemment liée à l'émission de gaz à effets de serre, de nombreux auteurs s'inquiètent de l'impact du consensus par preuve de travail sur les objectifs climatiques. C'est notamment le cas de Mora et al. (2018) qui estiment que le Bitcoin à lui seul pourrait mettre à mal les objectifs énoncés par l'Accord de Paris. D'un point de vue quantitatif, les estimations divergent quelque peu, allant de 22 Mt (Stoll et al. 2019) à 44 Mt de CO₂eq pour l'année 2018

(Kononova et al., 2020). Au-delà de la consommation électrique liée aux calculs, à la connexion au réseau et au refroidissement des fermes de minage, il faut également prendre en compte la génération de déchets électroniques. En effet, le matériel informatique des mineurs devenant en moyenne obsolète après un an et demi (Badea et al., 2019), le minage du Bitcoin engendre annuellement près 12'000 tonnes de déchets électroniques, soit l'équivalent d'un pays de la taille du Luxembourg (De Vries, 2019).

5.3.2 Preuve d'enjeu et réduction des impacts

Divers auteurs, comme notamment Sedlmeir et al. (2021), déplorent que la consommation énergétique du réseau Bitcoin domine aussi largement la discussion de l'impact environnementale de la blockchain dans son ensemble. Ainsi, alors qu'ils reconnaissent évidemment la problématique énergétique du Bitcoin, et par extension du consensus par preuve de travail, ils estiment qu'il est également nécessaire de reconnaître la réduction d'impact engendrée par une potentielle transition vers la preuve d'enjeu. Pour Beck et al. (2018), la prédominance du Bitcoin dans le débat environnemental de la blockchain pourrait nuire à l'exploration d'alternatives moins énergivores. Bien que ces débats rejoignent l'idée d'un découplage relatif, ce qui est à priori insuffisant d'une perspective décroissante, il convient de noter qu'une blockchain basée sur un consensus par preuve d'enjeu consomme effectivement nettement moins qu'une blockchain ayant recours au consensus par preuve de travail. Ainsi, Kohli et al. (2022) estiment que la transition d'Ethereum vers la preuve d'enjeu devrait diminuer sa consommation énergétique effective de près de 99%. À l'instar de Schinckus (2021), la littérature suggère donc un abandon progressif de la preuve de travail, en faveur des mécanismes de consensus plus durables.

5.4 Blockchain et gouvernance

5.4.1 Confiance et coopération

Lorsqu'il est question de la gouvernance, deux questions se posent : comment la blockchain est-elle gouvernée, et quelles sont les potentielles implications de cette nouvelle technologie pour les modes de gouvernance actuels ? Alors que la première question trouve sa réponse dans les différents types de consensus (Allen et al., 2020), la seconde nécessite de s'attarder davantage sur la définition de la gouvernance. Ainsi, la littérature considère la gouvernance comme « le dispositif institutionnel par lequel un accord est appliqué » (Lumineau et al., 2021). D'après ces auteurs, deux parties étant impliquées dans une transaction sont nécessairement amenées à faire des choix de gouvernance, dans le but d'atteindre une certaine forme de coopération et de coordination. S'appuyant sur la définition de la coopération de Gulati et al. (2012), à savoir « la poursuite conjointe d'un ou de plusieurs objectifs convenu », Lumineau et al. (2021) argumentent que les mécanismes de gouvernance visent à s'assurer que cette coopération se réalise, et que les acteurs ne se détournent pas de l'accord initial à des fins égoïstes. Autrement dit, c'est le manque de confiance entre les parties qui nécessite un mécanisme de

gouvernance. Dans la majorité des cas, ces mécanismes incluent un tiers de confiance impartial (Gulati et al., 2012), qui permet de rassurer les deux parties et de réduire les inquiétudes de fraudes ou de comportements malveillants. L'intérêt de la blockchain réside dans le remplacement de ce tiers par un code informatique. Pour Lumineau et al. (2021), cela contribue à considérablement améliorer l'intégrité de l'accord et du processus de gouvernance. D'un point de vue technique, c'est l'immutabilité de la blockchain qui permet d'assurer cette intégrité. En effet, c'est grâce à elle que les contrats intelligents se sont autant développés, permettant aujourd'hui d'automatiser des transactions, sans tiers de confiance. Les contrats intelligents, définis par Beck et al. (2018) comme « un logiciel qui fonctionne exactement comme il a été programmé, sans risque d'interruption, de censure ou de fraude », ont été très largement adoptés depuis l'apparition de la blockchain, celle-ci permettant de rendre le code sous-jacent immuable dans le temps (Werbach, 2018). Un accord passé sous la forme d'un contrat intelligent ne peut donc pas être révoqué s'il a été réalisé sur une blockchain, celui-ci étant gravé dans l'un des blocs de la chaîne. Là aussi, les risques de comportement frauduleux d'une coopération normale, comme énumérés par Lumineau et al. (2018) tombent à plat grâce à la confiance que les parties peuvent avoir dans l'immutabilité de la blockchain, et dans l'accord passé entre eux. La blockchain permet donc de réduire les incertitudes, en créant de la transparence et « une vérité unique » (Beck et al., 2018) pour tous les utilisateurs.

5.4.2 Gouvernance démocratique

Comme mentionné précédemment, la question de la gouvernance se pose également au niveau de la blockchain en tant que telle (Liu et al., 2021). Évidemment, la gouvernance varie d'un type de blockchain à un autre, et une blockchain publique nécessite une meilleure gouvernance qu'une blockchain privée. Les réflexions ci-dessous s'adressent donc principalement aux blockchains publiques, caractérisées par leur forte dimension démocratique (Liu et al., 2021). En effet, aussi bien les mécanismes de consensus d'une blockchain, que les propositions de modifications du protocole sont en principe réalisés de manière démocratique. Ainsi, Masseport (2021) nous rappelle qu'en cas de séparation de la chaîne créée par une activité malveillante, c'est toujours la version la plus longue de la chaîne qui fait office de référence. Autrement dit, c'est toujours la version de la chaîne reconnue par la majorité des nœuds qui est prise en compte. Directement en lien avec les attaques 51%, ce mécanisme démocratique s'applique aussi bien au consensus par preuve de travail que par preuve d'enjeu. Sans majorité, personne ne peut inverser ou modifier la blockchain. Il en va de même pour les propositions de mises à jour. Ainsi, Liu et al. (2021) relèvent que la « nature décentralisée » (Liu et al., 2021) de la blockchain nécessite qu'une majorité des participants soit en accord avec une mise à jour du protocole pour que celle-ci puisse avoir lieu. En ce sens, Liu et al. (2021) semblent avoir raison en disant que l'aspect démocratique est inhérent au concept de la blockchain.

6. La blockchain appliquée aux propositions monétaires décroissantes

« Blockchain is interesting because it has features that potentially allow for non-hierarchical self-organization and peer-to-peer collaboration within a communitarian network structure. »

- Brett Scott, 2016

6.1 Points de convergences

Après avoir discuté de la décroissance, de ses propositions monétaires et de la technologie de la blockchain, il convient désormais d'établir les liens entre les deux. En effet, l'objectif principal de ce travail étant d'encourager le dialogue entre ces deux mondes, cette section-ci vise à expliciter les majeurs points de convergences, à savoir la digitalisation des monnaies locales et la question de la confiance.

6.1.1 Digitalisation des monnaies locales

La tendance actuelle à la dématérialisation des monnaies locales semble être le premier point de convergence entre lesdites monnaies et la technologie de la blockchain. En effet, comme le relèvent Tichit et al. (2022), de nombreuses monnaies locales opèrent désormais de manière numérique ou sont en phase de transition. C'est le cas de certaines monnaies évoquées tout du long de ce travail, tel que le Chiemgauer bavarois ou le SOL-Violette toulousain (Seang et al., 2021).

Dans le contexte monétaire, la digitalisation est souvent considérée comme particulièrement pertinente pour réduire les risques de fraude, faciliter la gestion de la circulation monétaire, améliorer l'acceptabilité de la monnaie auprès des commerçants et réduire les coûts liés à l'impression des billets (Diniz et al., 2016 ; Tichit et al., 2022). Empiriquement parlant, ces bénéfices supposés de la digitalisation semblent se vérifier. Ainsi, la digitalisation partielle de l'Eusko, une monnaie locale issue du Pays Basque, a engendré une augmentation de 40% de sa circulation monétaire (Tichit et al., 2022). Même constant pour la monnaie du Doume, une monnaie locale du Puy-de-Dôme, qui comptabilise aujourd'hui plus de 60% de ses transactions sous format numérique (Tichit et al., 2022). À l'exception de la monnaie du Léman, que nous aborderons ultérieurement, l'ensemble de ces monnaies ont opté pour un système de gestion centralisé (Tichit et al., 2022). À la vue de la dématérialisation progressive des monnaies locales et des bénéfices rapportés par l'Eusko et la Doume, une discussion autour des alternatives décentralisées s'impose (Seang et al., 2021).

6.1.2 La question de la confiance

L'une des caractéristiques principales de la blockchain est la suppression du tiers de confiance. Or, le recours à des systèmes centralisés mentionnés ci-dessus nécessite justement un degré élevé de confiance envers les administrateurs du réseau informatique. En effet, dans un système centralisé, « l'informaticien chargé du réseau est techniquement tout-puissant » (Tichit et al., 2022), pouvant modifier à lui seul les

soldes, ou valider des doubles dépenses. Cette même réflexion s'applique aussi aux monnaies locales qui délèguent la maintenance du réseau informatique à des prestataires externes, comme c'est le cas de La Zinne bruxelloise (Cyclos, 2022). Cette confiance, comme le notent Tichit et al. (2022), ne semble pas poser de problème lorsqu'une monnaie locale évolue au sein d'une communauté relativement restreinte. En effet, si les utilisateurs connaissent l'informaticien en charge de maintenir le réseau, la méfiance ne devrait pas les empêcher d'adopter la monnaie. Cependant, comme l'évoquent ces auteurs, lorsqu'une monnaie locale gagne en terrain, les liens affectifs disparaissent, et il devient nécessaire de mettre en place une infrastructure qui favorise la confiance générale. En ce sens, une blockchain peut donc faciliter l'expansion d'une monnaie locale en assurant aux utilisateurs un système transparent et immuable. Lin et al. (2019) mènent une réflexion identique dans le cas des systèmes d'échanges locaux et des banques de temps.

6.2 Possibilités d'application pour des monnaies alternatives

6.2.1 Avantage liés à l'utilisation de la blockchain

Pour Tichit et al. (2022), l'avantage tiré de l'adoption de la blockchain par une monnaie locale est double : supprimer le tiers de confiance, à savoir les informaticiens de l'association en charge du maintien du réseau, et assurer une meilleure sécurité, en proposant un modèle sans point unique de défaillance. Pour Seang et al. (2021), les avantages s'étendent bien au-delà, permettant notamment de réduire les coûts liés au réseau informatique et de gagner en crédibilité auprès des autorités publiques et autres tiers potentiellement impliqués dans le projet. Ainsi, Seang et al. (2021) relèvent qu'à l'heure actuelle, un système centralisé délégué à un tiers engendre un coût annuel d'environ 8'000€, ce qui peut être une somme conséquente pour une association de petite taille, construite essentiellement à base de volontariat. Alors qu'une version décentralisée multiplierait ce coût par deux ou trois (Seang et al., 2022), les auteurs estiment qu'au fil du temps, la blockchain pourrait devenir plus efficace et finir par réduire les coûts d'exploitation. De plus, la transparence et l'immuabilité garantie par la blockchain permettraient de gagner en crédibilité et de mieux quantifier l'impact économique des monnaies locales, tout en donnant aux personnes externes la garantie que ces chiffres n'ont pas été modifiés ou artificiellement augmentés en faveur de l'association (Seang et al., 2021).

6.2.2 Monnaie locale et type de blockchain

Pour Pinos (2019), l'usage d'une blockchain dans le contexte des monnaies locales est également particulièrement pertinent, permettant d'éviter le recours à un tiers de confiance et apportant plus de transparence au réseau. Plus particulièrement, elle propose d'appliquer une blockchain semi-privée en vue d'optimiser la gestion du réseau.

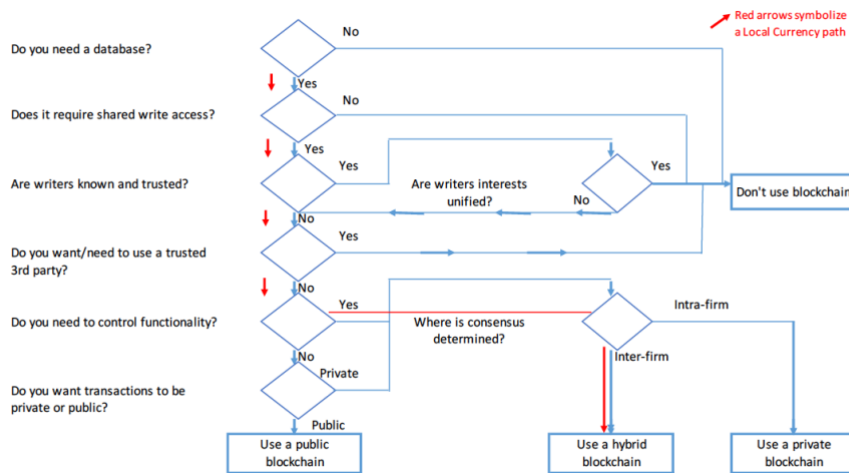


Figure 8. Chemin logique de la sélection d'une blockchain par une monnaie locale (Pinos, 2019)

Dans le schéma ci-dessus, l'auteure visualise ainsi en rouge le chemin logique qu'une monnaie locale emprunterait lors de sa décision d'adoption d'une blockchain : la gestion des transactions nécessite une base de données commune, dont les participants ne se connaissent cependant pas forcément. Se pose alors la question du tiers de confiance : si l'association se déclare à l'aise avec ce concept, la blockchain n'est pas nécessaire. Dans le cadre de ce travail, tout comme dans le schéma de Pinos (2019), nous partons du principe qu'un tiers de confiance est un point faible du système et qu'il vaut mieux l'éviter. Ainsi, la blockchain est donc requise. L'association en charge de la monnaie locale doit décider si elle souhaite contrôler certaines fonctionnalités, telles que des surestaries. D'après Pinos (2019), l'association a tout intérêt à opter pour cette possibilité, et à adopter une blockchain semi-privée, et non pas une blockchain publique. Ainsi, elle peut mettre en place un consortium qui définit les règles de base, comme dans une blockchain privée, tout en permettant aux utilisateurs d'accéder publiquement aux données et de participer à la sécurisation du réseau en validant les transactions.

6.2.3 Monnaies locales et choix du consensus

Le consensus est un élément clé de toute blockchain, permettant de coordonner les différents nœuds du réseau et de s'assurer que tous les participants disposent de la même version du registre. Chaque type de consensus apportant son lot d'avantages et d'inconvénients, il semble pertinent de demander lequel se prête le mieux au contexte d'une monnaie complémentaire. C'est très exactement ce que font Seang et al. (2021), en comparant le consensus par preuve de travail à celui par preuve d'enjeu dans le cadre théorique d'une monnaie locale utilisant une blockchain publique. Ainsi, les auteurs relèvent tout d'abord que le consensus par preuve de travail présente une nécessité de rémunération immédiate, afin de couvrir les frais engendrés par le minage et d'assurer la sécurité du réseau. En effet, selon Seang et al. (2021), les récompenses distribuées permettent de s'assurer qu'un nombre suffisant de mineurs consacrent de la puissance de calcul au maintien du réseau. Du moment où cette récompense est trop

faible, les mineurs risquent de privilégier la validation d'une autre blockchain, ce qui augmente naturellement le risque d'une attaque 51%. En effet, si le nombre de mineurs diminue, la puissance de calcul totale du réseau diminue elle aussi, ce qui facilite grandement la possession d'une majorité de celle-ci par un mineur malveillant. De même, les auteurs s'inquiètent des inégalités pouvant être engendrées par une différence du matériel à disposition des mineurs : si certains mineurs disposent d'un matériel nettement supérieur à celui des autres, ils risquent de rapidement prendre le contrôle du réseau, poussant naturellement les mineurs les moins efficaces à quitter celui-ci, faute de rentabilité. Là aussi, la diminution engendrée du nombre de mineurs augmenterait le risque d'une attaque 51%. Alors que ces « hétérogénéités » (Seang et al., 2021) ne posent pas de problème à une blockchain importante de type Bitcoin, ils deviennent rapidement problématiques dans le cas d'une blockchain plus modeste, dépendante d'un nombre restreint de mineurs. Les auteurs estiment que si les monnaies locales ne se constituent pas en réseau, en utilisant toutes une même blockchain de base, mais que chacune s'appuie sur une blockchain isolée, alors la preuve de travail pourrait ne pas être suffisante pour garantir la sécurité du réseau.

Dans le cas du consensus par preuve d'enjeu, les auteurs notent que les hétérogénéités ne sont pas constituées par la puissance de calcul, mais par la capacité des nœuds à accumuler du capital – sous la forme de jetons natifs de la blockchain (Seang et al., 2021). Ce n'est donc pas la capacité d'innovation qui risque de créer des disparités entre les nœuds et d'affaiblir la sécurité du réseau, mais la possibilité pour un nœud malveillant d'accéder à une quantité trop importante de jetons. Par ailleurs, Seang et al. (2021) relèvent que, contrairement à la preuve de travail, le risque d'attaque ne diminue pas nécessairement par une augmentation de la récompense dans le cadre de la preuve d'enjeu. Dans la mesure où un validateur dans une blockchain basée sur la preuve d'enjeu peut « parier » (Seang et al., 2021) sur différentes versions de la chaîne sans encaisser un coût quelconque lié à la consommation énergétique, aussi appelé une attaque de nothing-at-stake (Seang et al., 2021 ; Depierre et al., 2022), seule une gestion efficace des comportements malveillants et la mise en place de mécanismes punitifs peuvent réduire le risque d'une attaque malveillante. La majorité des consensus par preuve d'enjeu prévoient donc une perte partielle ou totale des jetons en cas de vote pour une version malveillante de la chaîne, dans le but justement d'éviter ces comportements (Nguyen et al., 2019). Pour cette raison, Seang et al. (2021) estiment qu'une blockchain de petite taille devrait donc privilégier le consensus par preuve d'enjeu, alors qu'une blockchain plus importante serait probablement gagnante en termes de sécurité en employant un consensus par preuve de travail. Notons également que dans une blockchain traditionnelle, les mineurs sont récompensés lors de la création d'un bloc, mais obtiennent également une commission sur chaque transaction, payée par l'émetteur sous la forme de frais transactionnels. Une blockchain avec un nombre important de transactions pourrait donc être suffisamment intéressante pour attirer un grand nombre de mineurs, sans devoir augmenter les récompenses de minage (Seang et al., 2021). Là encore, c'est donc la taille du réseau qui pourrait permettre à un consensus par preuve de

travail d'être efficace. Pour Seang et al. (2022), si le nombre de transaction reste relativement bas, alors les inquiétudes au niveau de la sécurité restent valables, et le consensus par preuve d'enjeu doit être privilégié.

6.2.4 Réflexion au sujet des systèmes d'échanges locaux et des banques de temps

Les idées proposées jusqu'ici étaient majoritairement en lien avec des monnaies locales convertibles, et donc à priori applicables à des monnaies comme le Chiemgauer ou la Zinne. Cette sous-section vise à démontrer que ces réflexions sont également valables pour les autres formes de monnaies complémentaires étudiées dans ce travail, à savoir les systèmes d'échanges locaux et les banques de temps. Ainsi, Lin et al. (2019) proposent notamment une banque de temps basée sur la technologie de la blockchain, en vue de supprimer le tiers de confiance, schématisée ci-dessous.

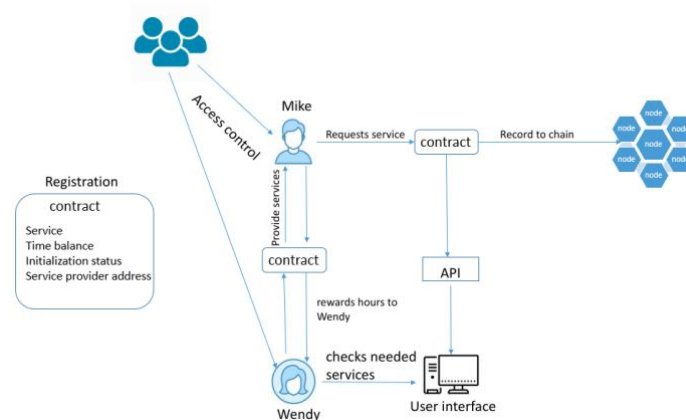


Figure 9. Fonctionnement d'une banque de temps basée sur une blockchain (Liu et al., 2019)

Dans la proposition de Lin et al. (2019), la blockchain sert essentiellement à la vérification et au stockage des transactions. De plus, des contrats intelligents sont utilisés au moment de la transaction et de l'identification. Lorsqu'un nouveau membre souhaite rejoindre la banque de temps, les administrateurs vérifient d'abord son identité et ses compétences. Une fois approuvé, l'utilisateur est enregistré et ses données sont associées à une clé publique à l'aide d'un contrat intelligent. Cette clé publique permettra ensuite aux mineurs de vérifier qu'une demande de transaction a été effectuée par un membre vérifié au préalable par les administrateurs du réseau et que le solde associé est suffisant pour la transaction demandée. Lin et al. (2019) insistent que les contrats intelligents jouent un rôle prédominant dans leur système. En effet, un second contrat intelligent est également établi entre les deux utilisateurs souhaitant réaliser une transaction, garantissant le transfert des jetons lorsque le service a été rendu. Le projet étant uniquement au stade de prototype, les auteurs ne se prononcent cependant pas sur la nature publique ou privée de la blockchain, ni sur le consensus appliqué. Ce qui est réellement intéressant dans cette proposition, c'est qu'elle met en évidence la nécessité d'un contrôle humain initial, au moment de l'enregistrement, malgré l'adoption de la blockchain. En effet, cette dernière remplace simplement la

base de données centralisée présente dans les modèles de Cahn (2000) et permet de créer des contrats intelligents immuables, mais ne permet pas de se priver d'un administrateur humain.

Une seconde proposition d'application dans le cadre d'une banque de temps, conçue pour l'aide aux personnes âgées, peut être trouvée du côté de Bai et al. (2018). L'ayant construite à partir d'une copie d'Ethereum afin de pouvoir facilement initier des contrats intelligents, les auteurs font cependant le choix de rendre la blockchain privée. Dans la mesure où les nœuds sont donc limités et connus, ils privilégient un consensus par preuve d'enjeu, considérant que la preuve de travail n'a que peu de sens dans une blockchain privée (Bai et al., 2018). Dans la proposition de Bai et al. (2018), les données personnelles sont également vérifiées en amont, puis associées à une clé publique, permettant aux nœuds de s'assurer de l'authenticité des transactions. La proposition de Bai et al. (2018) s'appuie également en grande partie sur le déploiement de contrats intelligents. Ainsi, la figure ci-dessous schématise leur proposition de base, ainsi que l'évolution du contrat intelligent tout du long du processus, de la création de l'offre à la remise de la récompense.

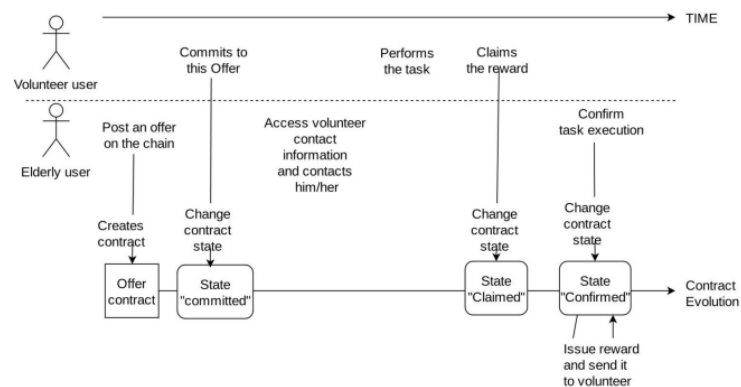


Figure 10. Évolution d'une offre de service à l'aide d'un contrat intelligent (Bai et al., 2018)

Comme le démontre le schéma, le processus commence lorsqu'une personne âgée publie, grâce à une application dédiée, une offre enregistrée sous la forme d'un contrat intelligent. Un utilisateur vérifié au préalable par les administrateurs accepte ladite offre, ce qui modifie le statut du contrat intelligent. La personne âgée dispose désormais des coordonnées de l'utilisateur, ce qui lui permet de prendre contact avec lui et lui transmettre d'éventuelles instructions. Une fois que l'utilisateur a achevé sa tâche, il peut réclamer la récompense, ce qui modifie à nouveau le statut du contrat. Enfin, la personne âgée confirme la bonne exécution du contrat, ce qui déclenche le paiement automatique et permet à l'utilisateur de voir son solde de jetons augmenter en conséquence. Bien entendu, ce fonctionnement serait parfaitement faisable avec une base de données classique. Le contrat intelligent, comme mentionnée dans le chapitre précédent, profite simplement de l'immutabilité de la blockchain pour assurer que les termes de l'accord n'ont pas été modifiés entre le moment de l'acceptation de l'offre - ce qui équivaut à la signature du contrat - et le moment de la remise de la récompense (Bai et al., 2018).

Enfin, la troisième et à notre connaissance dernière autre proposition de banque de temps intégrant une blockchain est celle de Chen et al. (2022). Contrairement à Bai et al. (2018) qui s'appuient sur une copie d'Ethereum, Chen et al. (2022) se servent de la MultiChain, une copie du protocole Bitcoin. Celle-ci est utilisée comme une blockchain privée, et les nœuds sont hébergés par AWS (Chen et al., 2022). En ce sens, la blockchain n'est donc pas véritablement décentralisée, les serveurs AWS étant théoriquement en contrôle de la blockchain. Cette version se distingue des deux propositions précédentes par le renoncement volontaire d'un déploiement de contrats intelligents, jugés problématiques et difficiles à administrer car irréversibles. Ainsi, le processus est très similaire à celui présenté à la figure 12, à l'exception près que la blockchain n'intervient qu'à la toute fin de celui-ci, au moment de la transaction. La partie que Bai et al. (2018) résolvent avec des contrats intelligents reliés à la blockchain est ici gérée de manière plus classique, en ayant recours à une base de données normale. En synthèse, les différentes propositions se rejoignent au niveau de la structure de la banque de temps, mais également au niveau du type de blockchain utilisée. Ainsi, alors que Lin et al. (2019) ne précisent pas de quel type de blockchain il s'agit, aussi bien Bai et al. (2018) que Chen et al. (2022) proposent l'utilisation d'une blockchain privée. Enfin, de nombreuses contradictions sont toutefois présentes, notamment au niveau de l'utilisation des contrats intelligents, et il semble être trop tôt pour pouvoir déterminer quelle option serait la plus adaptée dans le cas d'une banque de temps à échelle nature.

6.2.5 Intégration de surestaries

Pour Delille (2019), la blockchain se prête particulièrement bien à l'intégration d'une fonte périodique, celle-ci pouvant en effet être facilement automatisée à l'aide d'un contrat intelligent, dont l'intégrité est assurée par l'immutabilité de la blockchain. Alors que la littérature scientifique s'intéresse principalement aux liens entre la monnaie fondante et la blockchain dans le cadre des marchés d'électricité décentralisés (Devine et al., 2019 ; Yahaya et al., 2020), une proposition s'adresse également aux monnaies locales. Ainsi, Tichit et al. (2017) suggèrent la mise en place d'une fonte géolocalisée pour mieux répondre à la dimension locale des monnaies complémentaires.

Le principe de la proposition de Tichit et al. (2017) repose ainsi sur un constat relativement simple : les monnaies locales définissent habituellement une zone dans laquelle elles peuvent être échangées, mais qui ne font pas nécessairement sens à échelle individuelle. Selon la topographie de la région, il peut être plus sensé pour quelqu'un d'aller échanger la monnaie avec une personne d'un autre département, habitant à quelques minutes de là, plutôt que de devoir quitter son village et se rendre de l'autre côté d'une montagne, pour être dans une zone où la monnaie peut être échangée. Tichit et al. (2017) proposent ainsi d'indexer chaque unité monétaire avec les coordonnées géographiques de l'utilisateur au moment de la réception des jetons, et d'appliquer une fonte proportionnelle à la distance entre ces coordonnées et le nouveau lieu d'échange. Dans l'exemple proposé par les auteurs, une monnaie aurait ainsi 100% de sa valeur en étant échangée dans un rayon de 100km du dernier lieu d'échange, mais perdrait ensuite en valeur au fur et à mesure que cette distance augmente. Dans la même logique, Tichit et al. (2017)

suggère de se servir de l'horodatage intégré de la blockchain pour appliquer une fonte plus classique, à l'image de celle proposée par Gesell (1916). Les auteurs proposent de redistribuer la monnaie obtenue par la fonte en vue de rémunérer les nœuds du réseau, bouclant ainsi la boucle entre blockchain et surestaries. Comme le relèvent ces auteurs, la fonte est d'ores et déjà appliquée par bon nombre de monnaies locales, mais beaucoup d'autres hésitent encore, car ce mécanisme se relève particulièrement fastidieux à mettre en place lorsque la monnaie ne circule pas sous format numérique. La fonte étant donc en priorité associée aux monnaies digitalisées, la blockchain pourrait effectivement se révéler utile, apportant immuabilité et transparence au processus de fonte programmée.

6.3 L'exemple de la monnaie du Léman

La monnaie du Léman, une monnaie locale franco-suisse échangée dans le bassin lémanique, constitue aujourd'hui le seul exemple au monde d'une monnaie locale fonctionnant avec une blockchain opérationnelle (Tichit et al., 2022). Par ailleurs, proposant aussi bien une monnaie convertible (le e-Léman), qu'un système d'échange local à base de crédits (les Lemanex), le projet se prête particulièrement bien comme cas d'étude.

6.3.1 Fonctionnement de la Com'chain

Initialement lancée en 2015 sous format papier, la monnaie du Léman s'est digitalisée à partir de 2018, adoptant une blockchain sous l'impulsion de deux informaticiens passionnés par cette technologie émergente (Raemy, 2022). La blockchain baptisée Com'chain est une copie de la blockchain Ethereum, permettant d'assurer aux utilisateurs un code robuste et offrant aux développeurs de la Com'chain la possibilité de faire évoluer la chaîne parallèlement au réseau original, y intégrant les mises à jour d'Ethereum au fur et à mesure (Tichit et al., 2022). Par ailleurs, le fait d'avoir copié le fonctionnement d'Ethereum permet aux développeurs d'accueillir plusieurs monnaies sur une même blockchain, à l'image des jetons ERC-20. Grâce à cela, la monnaie du Léman peut administrer le e-Léman et les Lemanex à partir de la même blockchain, et potentiellement proposer d'héberger également d'autres monnaies locales (Tichit et al., 2020). En attendant le passage d'Ethereum au consensus par preuve d'enjeu, prévu pour fin 2022 (Ethereum, 2022), la Com'Chain utilise à l'heure actuelle un consensus par preuve de travail. Bien qu'elle soit une copie du réseau Ethereum, la Com'chain prévoit tout de même quelques particularités. Ainsi, contrairement au réseau original qui est une blockchain publique, la Com'chain est une blockchain à consortium, qui plafonne le nombre de nœuds pouvant valider les transactions. Ces nœuds, qui ne sont pas rémunérés pour leur travail de minage, sont détenus par l'association et sont hébergés par des fournisseurs externes (Tichit et al., 2022).

Similairement aux propositions précédemment citées (Bai et al., 2018 ; Lin et al., 2019 ; Chen et al., 2022), l'accès à la Com'Chain nécessite une vérification préalable de l'identité des utilisateurs privés et

des prestataires commerciaux, réalisée par l'association elle-même (Tichit et al., 2022). Une fois la vérification effectuée, l'association va transmettre à l'utilisateur un code d'activation qui va lui permettre de créer un portefeuille électronique (appelé Biletujo), en vue d'accéder à la blockchain. Ce portefeuille électronique prend en charge les deux monnaies proposées par l'association.

6.3.3 Utilité du e-Léman

Le e-Léman est une monnaie convertible adossée au Franc Suisse (1 LEM = 1 CHF), que les utilisateurs peuvent obtenir en réalisant un virement bancaire du montant désiré (Raemy, 2022). Comme toutes les monnaies convertibles, la monnaie du Léman est donc une monnaie dite « garantie » (Tichit et al., 2022), dont l'équivalent en monnaie nationale demeure stocké dans une banque. En l'occurrence, l'association a fait le choix de la Banque Alternative Suisse (Raemy, 2022) une banque éthique dont le siège se situe dans la zone d'activité de la monnaie du Léman. Une fois le virement bancaire effectué, l'association crédite le solde du portefeuille électronique de l'utilisateur, auquel celui-ci pourra accéder grâce à sa clé privée. À partir de là, l'entièreté des transactions est réalisée sur la blockchain (Com'chain, 2022). Le e-Léman souhaitant encourager une consommation durable (cf. section 4.2.4), les prestataires sont dans l'obligation d'accepter et de se conformer à la charte de l'association. À l'heure actuelle, ce sont quelques 450 prestataires qui ont été acceptés au sein du réseau et auprès desquels les utilisateurs peuvent dépenser leur monnaie (Raemy, 2022).

6.3.4 Utilité des Lemanex

En parallèle à la monnaie convertible, la monnaie du Léman propose également un système d'échange local pour les entreprises, à l'image du Sardex sarde ou du WIR suisse (Pinos, 2019). Concrètement, le système d'échange local mis en place fonctionne exactement de la même manière que ceux étudiés précédemment (cf. section 4.2.6). Ainsi, au moment de la création d'un portefeuille électronique, les prestataires peuvent directement commencer à dépenser des Lemanex, affichant donc un solde négatif. Celui-ci est toutefois limité, avec un plafonnement allant de 1'000 à 20'000 LEM, selon le type de prestataire (Tichit et al., 2022). De plus, les auteurs relèvent que l'association a décidé que les utilisateurs privés pouvaient également recevoir des Lemanex, mais qu'ils ne pouvaient pas avoir de solde négatif. Cette règle se limite donc aux entreprises partenaires. De plus, comme dans tous les échanges locaux, la somme des crédits en circulation est toujours de zéro, puisque le crédit d'un utilisateur correspond nécessairement au débit d'un autre (Dittmer, 2013 ; Tichit et al., 2022). Par ailleurs, Tichit et al. (2022) relèvent qu'il existe un ordre de priorité entre les deux monnaies, qui s'opère au moment de la transaction. Ainsi, les deux étant à parité (1 e-Léman = 1 Lemanex), les Lemanex sont toujours dépensés en premier. Si le solde de Lemanex n'est pas suffisant, alors le montant restant est payé en e-Lémans. Enfin, si les deux soldes combinés ne suffisent pas à couvrir le montant de la transaction, le solde des Lemanex passe au négatif. Tichit et al. (2022) notent également que les entreprises ne peuvent pas accumuler indéfiniment les Lemanex : le plafond maximum équivaut au triple

du plancher toléré pour le solde négatif. Ces mécanismes peuvent être interprétés de deux manières. Premièrement, ils semblent clairement favoriser l'utilisation des Lemanax, ce qui contribue à penser que la monnaie du Léman est dans une démarche profondément communautaire, favorisant les échanges démonétisés quand c'est possible. On y retrouve donc les dimensions sociales typiques d'un système d'échange local (Dittmer, 2013 ; Parrique, 2019). Deuxièmement, ces mécanismes visent ouvertement à influencer la vélocité monétaire, rejoignant donc la logique de la monnaie fondante. Tichit et al. (2022), précisent à ce sujet que l'association n'a justement pas souhaité pénaliser la thésaurisation à travers une fonte et qu'elle a préféré ce système de plafonnement pour s'assurer que la monnaie circule.

6.3.5 Bilan provisoire

Pour l'instant, le bilan du projet et de son usage de la blockchain semble plutôt positif. En effet, le projet paraît prendre de l'ampleur, prévoyant notamment l'introduction d'une banque de temps et le développement d'une plateforme d'investissement participative (Pinos, 2019). Par ailleurs, la Com'chain en tant que telle semble également en bonne voie, la monnaie du Léman y ayant été récemment rejointe par la Racine, une monnaie locale d'Île de France (Com'chain, 2022). La Pive, une monnaie locale de la région de Franche-Comté, s'apprête également à se déployer sur cette blockchain d'ici peu (Tichit et al., 2022). Cependant, et malgré les progrès significatifs du projet, les développeurs sont conscients que les fonctionnalités déployées jusque-là ne nécessitent pas le recours à une blockchain (Tichit et al., 2022). En effet, une base de données centralisée aurait permis d'aboutir aux mêmes résultats, du moins pour ce qui est de l'expérience des utilisateurs et des prestataires commerciaux. Tichit et al. (2022) argumentent cependant que l'utilisation d'une blockchain octroie plus de transparence et de sécurité au réseau. Dans la mesure où la Com'chain est une blockchain à consortium dont les nœuds appartiennent tous à la même association, les bénéfices en matière de transparence et de sécurité semblent limités. En effet, comme le rappelle Guegan (2017), les blockchains privées et semi-privées suivent par essence une logique similaire à une base de données centralisée, où une entité centrale est en charge du réseau. Dans le cas de la Com'chain, l'association pourrait théoriquement modifier les blocs à sa guise, le consensus étant fait à partir de la preuve de travail et l'association disposant de la totalité de la puissance de calcul du réseau. Dans les faits, cette dernière n'a évidemment aucun intérêt à modifier les soldes et la blockchain permet tout de même de supprimer le risque d'un point unique de défaillance, les nœuds étant délégués chez différents prestataires. Néanmoins, le recours à une blockchain à consortium nécessite un certain degré de confiance de la part des utilisateurs, le degré de décentralisation y étant moindre (Zhang et al., 2022). Notons que Tichit et al. (2022) estiment que même une blockchain à consortium permet de garantir l'immutabilité d'une blockchain, preuve que le débat soulevé par Guegan (2017) entre blockchain privée et publique n'est – à ce jour – toujours pas clôturé.

Enfin, il est également possible de considérer l'adoption de la blockchain par la monnaie du Léman comme une façon de gagner en intérêt auprès d'un public plus technophile, en opposition au public habituel des monnaies locales (Tichit et al., 2022). En tout cas, il sera certainement intéressant d'observer l'évolution future de la monnaie du Léman, ainsi que celle de la Pive et de la Racine lorsque celles-ci seront opérationnelles, et voir dans quelle mesure la Com'chain aura contribué à leur développement respectif.

6.4 Souveraineté monétaire et monnaie numérique de banque centrale

6.4.1 Un nouveau type de monnaie

La souveraineté monétaire proposant l'abolition des banques commerciales, le concept de monnaie numérique de banque centrale (ci-après MNBC) semble être le concept technique qui s'en rapproche le plus. Parmi les propositions ci-dessous, certaines se relèvent plutôt radicales, en accord avec les propositions de la décroissance, mais n'incluent pas la blockchain dans leur réflexion (Andresen, 2013), alors que d'autres continuent à intégrer les banques commerciales dans leur schéma, mais en s'appuyant sur des registres distribués (Han et al., 2019 ; Zhang et al., 2022). Afin de mieux comprendre en quoi la blockchain pourrait être utile à la souveraineté monétaire, nous allons étudier les deux types de propositions. Tout d'abord, il convient de mentionner les avantages d'une MNBC dans le cadre d'une monnaie souveraine. Andresen (2013), adoptant une perspective empruntée à la théorie monétaire moderne, estime ainsi que la MNBC pourrait être la clé dans le processus de suppression des banques commerciales. En effet, à l'heure actuelle, la seule monnaie issue par la banque centrale et à laquelle les particuliers ont accès est la monnaie physique. Andresen (2013) propose ainsi que chaque particulier puisse avoir un compte bancaire directement auprès de la banque centrale, court-circuitant les banques commerciales. Non seulement l'auteur estime que la disparition des monnaies physiques est socialement inévitable, mais qu'une MNBC permettrait de s'assurer un meilleur contrôle macroéconomique (en rendant des surestaries facilement programmables), de réduire drastiquement les coûts liées à l'impression des billets, d'empêcher le développement des marchés noirs et de réduire le risque de fraude fiscale. De plus, Andresen (2013) estime qu'il serait facilement envisageable d'introduire des micro-taxes sur les transactions effectuées, ce qui est plus difficile à mettre en place avec des monnaies physiques.

6.4.2 La question de l'anonymat

Une monnaie directement émise par la banque centrale est aujourd'hui, dans la majorité du temps, envisagée sous un format numérique, peu importe qu'il s'agisse d'une vision de théorie monétaire moderne (Andresen, 2013) ou d'une posture d'économie orthodoxe (Chaum et al., 2021). En effet, bien que les avantages cités par Andresen (2013) méritent certainement d'être nuancés, les avantages du

format numérique par rapport au format papier semblent effectivement couler de source, que ce soit en termes de coûts ou de flexibilité du système. Seulement, la monnaie physique, outre le fait qu'il s'agisse de la seule monnaie de banque centrale utilisée par les particuliers, présente un avantage majeur par rapport à une monnaie digitale : l'anonymat. C'est pour cette raison que Bech et al. (2017) encouragent l'application d'une blockchain dans le cadre des monnaies numérique de banque centrale : le système pair-à-pair pourrait permettre de maintenir une forme d'anonymat semblable à celle de l'argent liquide. D'après Bech et al. (2017), si l'anonymat n'est pas considéré comme étant important, alors l'intérêt d'un réseau décentralisé se volatilise, et une monnaie électronique avec un registre plus classique serait amplement suffisante.

Pour savoir si la blockchain peut donc apporter une plus-value aux propositions de souverainetés monétaires de Parrique (2019), il convient de savoir quelle importance accorder à l'anonymat. Ainsi, Bech et al. (2017) rappellent tout d'abord que la blockchain assure l'anonymat en enregistrant les transactions à l'aide des clés publiques de l'émetteur et du récepteur, ce qui ne révèle en rien l'identité de l'un ou de l'autre. Ce fonctionnement permet de garantir l'anonymat entre les parties, mais également face à la partie tierce (Bech et al., 2017) qui, dans le cas d'un réseau transparent, constitue l'ensemble des personnes ayant accès à l'historique des transactions. Toujours d'après les mêmes auteurs, l'anonymat peut être légitime dans plusieurs cas de figure, notamment lorsque les parties souhaitent éviter un vol d'identité ou qu'elles souhaitent se prémunir face à des ciblage publicitaires. L'importance de la préservation de l'anonymat est également présente chez Chaum et al. (2021), pour qui elle permet d'empêcher une forme de surveillance de masse de la part des gouvernements. Par ailleurs, ils estiment qu'elle offre la possibilité de se prémunir d'une exploitation malveillante des données par un éventuel intermédiaire et rejoignent l'idée de Bech et al. (2017) en affirmant qu'elle protège les parties d'un éventuel « comportement opportuniste ex-post » (Chaum et al., 2021) de la part de l'autre partie prenante de la transaction. Bien entendu, l'anonymat est un sujet controversé et les avis divergent quant à sa nécessité et son bien-fondé. Ainsi, Bech et al. (2017) relèvent notamment que l'anonymat face à la tierce partie est particulièrement sujette à débat, bien plus que l'anonymat entre les parties prenantes de la transaction. Ils s'appuient notamment sur les arguments avancés par Rogoff (2017) en faveur de la suppression du billet de 100 dollars, pour démontrer que l'anonymat face à la partie tierce est souvent considéré comme particulièrement problématique en regard aux activités illégales, tel que le financement du terrorisme ou la fraude fiscale (Rogoff, 2017 ; Bech et al., 2017). Quoiqu'il en soit, de nombreux auteurs proposent d'appliquer la blockchain dans le cadre d'une MNBC, en vue justement de proposer un système efficace et anonyme. C'est notamment le cas des propositions de Han et al. (2019) et de Zhang et al. (2022), que nous allons étudier ci-après.

6.4.3 La blockchain appliquée aux monnaies numériques de banque centrale

Contrairement aux propositions d'Andresen (2013), Han et al. (2019) ne considèrent pas la MNBC comme un moyen de supprimer les banques commerciales, mais plutôt comme une façon de remplacer l'argent liquide. En ce sens, l'architecture proposée contient trois niveaux hiérarchiques distincts : la couche régulatrice, la couche réseau (les banques commerciales ou un autre opérateur tiers) et la couche utilisateur (Han et al., 2019).

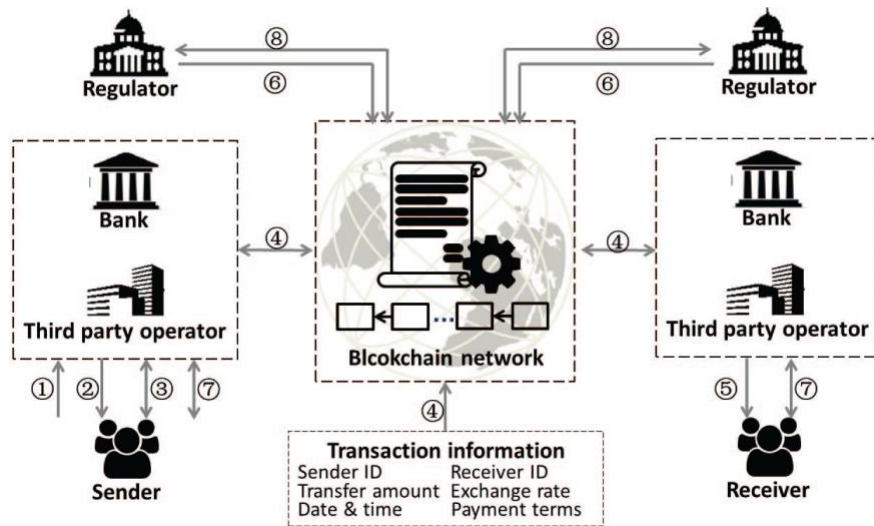


Figure 11. Architecture à trois niveaux d'une MNBC avec blockchain (Han et al., 2019)

L'exemple schématisé ci-dessus représente un paiement transfrontalier, incluant de ce fait deux régulateurs. Han et al. (2019), expliquent le fonctionnement comme suit : une personne souhaitant envoyer de la MNBC effectue une demande de transaction envers l'opérateur (1). Celui-ci effectue une opération de contrôle anti-blanchiment (2) puis verrouille la monnaie au sein d'une transaction (3), qu'il va ensuite transmettre au réseau blockchain (4). Cette transaction va déclencher un contrat intelligent, permettant de réaliser le paiement. L'opérateur du receveur va ensuite vérifier à son tour qu'il ne s'agisse pas d'une tentative de blanchiment (5) et contrôler que le paiement est en accord avec les instructions données par le régulateur (6). Si tout est en ordre, alors la monnaie est transférée sur le compte du receveur (7). Enfin, le régulateur peut intervenir également après que le paiement ait été effectué, en vue de vérifier la légitimité de celui-ci (8).

Dans la proposition de Han et al. (2019), la blockchain sert donc d'intermédiaire au moment de la transaction, mais ne vise pas à déjouer les banques commerciales. Une différence majeure avec un virement de banque classique (qui ne constitue pas de la monnaie de banque centrale) réside dans le fait que ce sont les individus qui possèdent leur propre monnaie, à l'aide d'un portefeuille électronique, semblable à celui discuté dans le contexte de la monnaie du Léman, uniquement accessible via une clé privée. Notons cependant qu'en matière d'anonymat, un contrôle d'identité est toutefois réalisé par les

opérateurs au moment de la création du portefeuille (Han et al., 2019). Là aussi, nous retrouvons donc des éléments comparables aux propositions étudiées précédemment, comme celle de Bai et al. (2018). Bien que le modèle de Han et al. (2019) prévoit une banque commerciale au niveau de la couche réseau, il serait parfaitement envisageable d'appliquer ce modèle dans une économie décroissante, en désignant comme opérateur tiers une institution étatique ou un organisme indépendant sans objectif de profit.

Adoptant une architecture très similaire à celle proposée ci-dessus, Zhang et al. (2022) considèrent cependant que l'avantage principal de la blockchain réside non pas dans l'anonymat qu'elle confère, mais dans la sécurité du réseau et de l'immutabilité des données qu'elle propose, la rendant « idéale pour répondre aux besoins d'une MNBC » (Zhang et al., 2022). Cet avis semble également partagé par Klein et al. (2020), qui estiment que la sécurité proposée par une blockchain constitue l'un des principaux arguments en faveur de son adoption. En se basant sur les idées présentées par une dizaine de gouvernements, Zhang et al. (2022) déterminent qu'une blockchain de consortium semble être le format le mieux adapté à la réalisation d'une monnaie de banque centrale.

Faisant écho à la proposition de paiement transfrontalier de Han et al. (2019), Zhang et al. (2022) rappellent aussi que la blockchain risque aussi d'apporter son lot de complications, telle la question de l'interopérabilité. En effet, deux banques centrales n'utilisant pas nécessairement la même blockchain de base, il faudra prévoir des mécanismes permettant aux deux blockchains de communiquer entre elles. Par ailleurs, Zhang et al. (2022) estiment également qu'une monnaie de banque centrale devrait pouvoir être échangée sans avoir recours à une connexion internet, en vue de la rendre aussi inclusive que l'argent liquide. Pour l'instant, les portefeuilles électroniques physiques constituent la piste privilégiée pour résoudre cet obstacle, ce qui fait de la sécurité de ces portefeuilles une problématique additionnelle (Zhang et al., 2022). Enfin, il est également à noter que Chaum et al. (2021) défendent l'idée selon laquelle il serait possible de construire une MNBC garantissant l'anonymat des utilisateurs sans avoir recours à une blockchain, en utilisant notamment la signature aveugle développée par Chaum (1983).

7. Conclusion

« The transparent and distributed nature of the blockchain theoretically could help small and large communities to reach consensus and implement novel forms of self-governance. »

- Bauwens et al. (2019)

7.1 Vers une application décroissante de la blockchain

Dans la première partie de ce travail, nous avons discuté de l’omniprésence du paradigme de croissance, et de l’acceptation généralisée de son bien-fondé. Puis, à l’aide de la littérature décroissante, nous avons démontré que la croissance n’était (a) pas nécessairement désirable d’un point de sociétal, (b) directement corrélée avec la pression anthropique et donc parfaitement incompatible avec une durabilité forte et (c) strictement impossible à long terme, compte tenu de la thermodynamique et de sa dépendance énergétique. La monnaie contribuant fortement à cet impératif de croissance tout sauf durable, nous avons exploré plusieurs propositions de réformes en vue de la rendre compatible avec un monde en décroissance. À ce titre, nous avons démontré l’intérêt de la pluralité monétaire, tout comme celui des surestaries et de la souveraineté monétaire. Puis, après nous être intéressés au fonctionnement de la technologie de la blockchain, nous avons cherché à comprendre s’il existait des points de convergences entre les réformes monétaires étudiées et cette technologie libertaire. Grâce à de nombreux exemples, nous avons mis en évidence le fait que la dématérialisation progressive des monnaies locales expose celles-ci à de nouvelles difficultés, résolubles par le recours à une blockchain. De même, nous avons démontré que la transparence, la sécurité et l’immuabilité de la blockchain pourraient – en théorie – être bénéfiques aux banques de temps, à l’implémentation d’une fonte périodique et à la création d’une monnaie souveraine. Enfin, nous avons mis en évidence le fait que les blockchains privées et semi-privées, basées sur un consensus par preuve d’enjeu, semblent être particulièrement adaptées à ce type d’applications.

7.2 Limites des concepts utilisés

En tant que théorie économique hétérodoxe, la décroissance souffre de plusieurs limites évidentes. Ainsi, comme l’évoquent Mair et al. (2020), une discussion au sujet de la décroissance nécessite un certain degré d’utopisme. Bien que l’approche de « et si ? » (Parrique, 2019) puisse être un exercice stimulant, il n’en reste pas moins qu’il s’agit d’une limite, dans le sens où cela résulte rarement en l’évocation de la question de la transition. Des tentatives d’agendas politiques ont récemment émergées dans l’objectif de pallier ce problème (Fitzpatrick et al., 2022), mais le chemin vers une théorie décroissante concrète et applicable semble encore cahoteux. De plus, la décroissance volontaire nécessitant une réflexion à long terme, savoir si nos démocraties représentatives sont capables de mettre en place ces agendas demeure un débat ouvert (Van Reybrouck, 2018).

Bien que révolutionnaire, la technologie de la blockchain souffre elle aussi de plusieurs limites. Ainsi, comparée aux bases de données centralisées, elle peine notamment à gérer un grand nombre de transactions et rencontre encore de sérieuses difficultés au niveau de l'interopérabilité (Zhang et al., 2022). Par ailleurs, la problématique environnementale constitue également une limite importante de la blockchain, la consommation énergétique du protocole Bitcoin étant comparable à celle d'un pays comme la Suisse ou la Belgique (De Vries, 2020). De plus, étant issue d'une pensée anarchique, il semble difficile à imaginer que cette technologie – du moins dans sa forme publique – puisse un jour obtenir le support d'une majorité politique. D'autant plus que le manque de contrôle pouvant être exercé, faute d'une autorité centrale, est souvent considéré comme hautement problématique. Enfin, la blockchain semble, dans bon nombre de cas, parfaitement substituable par une base de données centralisée. À l'image de Chaum et al. (2021) qui estiment que « recourir à un registre distribué ne fait qu'augmenter les coûts de transaction [et que] cela n'apporte aucun avantage » (Chaum et al. (2021), nombre d'experts sont partagés face aux réels bénéfices tirés de l'utilisation d'une blockchain.

7.3 Limites engendrées par les oppositions politiques et éthiques

Inspiré de la vision anti-technologique particulièrement marquée d'Ellul (1964), le mouvement décroissant fait preuve d'une grande retenue face aux solutions techniques (Kallis et al., 2018). Ainsi, à l'image d'Heikkurinen (2018), beaucoup considèrent que la technologie vise par essence à transformer le monde naturel, et qu'un projet écoresponsable devrait donc chercher à l'éviter autant que possible (Kallis et al., 2018). En ce sens, le déploiement d'une blockchain dans un cadre décroissant pourrait être interprété comme une contradiction fondamentale. Dans une optique plus tolérante envers les solutions technologiques, Vetter (2017) propose une matrice permettant d'évaluer la compatibilité entre une technologie et les besoins d'une économie en décroissance. Ainsi, il juge de « la convivialité » (Vetter, 2017) d'une technologie en se basant sur plusieurs critères comme l'adaptabilité, l'interaction avec le vivant ou encore la pertinence de son usage. Bien que la blockchain réponde à quelques-unes des exigences formulées par cette matrice, comme la transparence et l'accès public, il apparaît aussi qu'elle contraste fortement avec la majorité des valeurs prônées par la décroissance, notamment à cause de sa grande complexité technique et de son empreinte environnementale. Cette contradiction profonde semble naturellement imposer une limite aux propositions étudiées dans ce travail. En effet, comment une blockchain pourrait-elle faciliter la mise en place d'une structure communautaire comme une banque de temps ou une monnaie locale, si une partie de cette communauté estime que cette technologie en tant que telle est problématique et en désaccord avec ses valeurs ?

Dans le même état d'esprit se pose la question de la confiance. En effet, comme nous l'avons étudié, la blockchain permet de supprimer le tiers de confiance, en proposant aux participants de se fier à un code informatique, plutôt qu'à des individus (Manas et al., 2017). Or, à travers des initiatives comme les

monnaies locales ou les systèmes d'échanges locaux, la décroissance vise justement à tisser des liens et à renforcer l'esprit communautaire (Parrique, 2019). Pour ces mêmes raisons, la capacité d'une technologie à encourager la confiance entre les membres d'une communauté figure parmi les premiers critères de la matrice de Vetter (2017). D'une certaine manière, il semble donc discutable qu'une technologie visant à supprimer le besoin de confiance puisse parvenir à fédérer des communautés et les encourager à tisser des liens (Howson, 2021).

7.4 Choix bibliographiques et pistes de réflexions

La bibliographie sur laquelle s'appuie ce travail est le résultat d'un choix informé et soigneux, mais reste évidemment, au vu de la complexité des thématiques abordées, non exhaustive. Ainsi, au niveau de la théorie monétaire, le débat autour de la monnaie endogène (Amato, 2005) a été mis de côté, de même que celui au sujet du « mythe du troc » (Ament, 2019), tous deux dépassant largement le cadre de cette recherche. Au niveau des alternatives monétaires, le travail s'appuyant exclusivement sur des propositions directement issues de la littérature décroissante, les crypto-monnaies à vocation écoresponsable, mais ne correspondant pas à des monnaies locales à proprement parler (Balaguer, 2022) ont été mises de côté. En cryptographie, l'alternative de la signature aveugle (Chaum et al., 2021) n'a pas été approfondie, et le risque systémique posé par les ordinateurs quantiques (Fedorov et al., 2018) n'a pas été discuté, ces deux concepts allant également bien au-delà du cadre de ce travail.

Nous avons commencé ce travail en nous posant la question suivante : quelles sont les applications possibles de la blockchain dans le cadre des réformes monétaires décroissantes ? Il semble que la réponse soit encourageante mais qu'elle exige beaucoup de nuances. Alors que nous avons démontré que, théoriquement, la blockchain peut être appliquée à l'ensemble des propositions étudiées, il demeure incertain que cela soit (a) nécessaire et (b) compatible à un niveau éthique. À priori, l'évolution future de la monnaie du Léman va donc nous permettre de mieux comprendre les avantages et les inconvénients résultant de l'interaction entre cette technologie émergente et les innovations monétaires décroissantes. Par ailleurs, le passage prochain de la Com'Chain à la preuve d'enjeu sera une bonne occasion pour observer la cohérence de ce type de consensus dans le contexte d'une monnaie locale convertible. À l'avenir, l'adoption de la blockchain par la Pive et la Racine offriront également d'intéressantes pistes de recherche.

Bibliographie

- AGLIETTA, Michel, 2015. Monnaie et souveraineté: comment compléter l'euro?. *L'Economie politique*, no 2, p. 28-41. DOI : 10.3917/leco.066.0028.
- AGLIETTA, Michel, AHMED, Pepita Ould, et PONSOT, Jean-François, 2016. *La monnaie entre dettes et souveraineté*. Paris : Odile Jacob. ISBN : 9782738133830.
- ALIER, Joan Martinez, 2009. Socially sustainable economic de-growth. *Development and change*, vol. 40, no 6, p. 1099-1119. DOI : 10.1111/j.1467-7660.2009.01618.x
- ALLEN, Darcy WE et BERG, Chris, 2020. Blockchain governance: what we can learn from the economics of corporate governance. *Journal of the British Blockchain Association (à paraître)* [en ligne]. [Consulté le 3 août 2022]. Disponible à l'adresse : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3519564
- ALPHANDÉRY, Claude, 2005. Fonctions, résonance et évolution du rôle de la monnaie. *Che vuoi*, no 2, p. 29-36. DOI : 10.3917/chev.024.0029.
- AMATO, Massimo, 2005. Qu'est-ce que la monnaie ? Réflexions sur l'enjeu de l'institution monétaire. *Exclusion et Liens Financiers Monnaies Sociales*, vol. 2006, p. 43-57.
- ANDRESEN, Trond, 2013. Improved macroeconomic control with electronic money and modern monetary theory. *Real-world economics review*, no. 63, pp. 135-141.
- ANTAL, Miklós et VAN DEN BERGH, Jeroen CJM, 2016. Green growth and climate change: conceptual and empirical considerations. *Climate Policy*, vol. 16, no 2, p. 165-177. DOI : 10.1080/14693062.2014.992003
- AMENT, Joe, 2019. Toward an ecological monetary theory. *Sustainability*, vol. 11, no 3, p. 923. DOI : 10.3390/su11030923
- AYRES, Robert U, 1998. Eco-thermodynamics: economics and the second law. *Ecological economics*, vol. 26, no 2, p. 189-209. DOI : 10.1016/S0921-8009(97)00101-8

- BADEA, Liana et MUNGIU-PUPĂZAN, Mariana Claudia, 2021. The economic and environmental impact of bitcoin. *IEEE Access*, vol. 9, p. 48091-48104. DOI : 10.1109/ACCESS.2021.3068636
- BAI, Emilien et SYNNESE, Kåre, 2018. Supporting collaborative care of elderly through a reward system based on distributed ledger technologies. *International Journal On Advances in Life Sciences*, vol. 10, no 1-2, p. 90-102.
- BALAGUER RASILLO, Xavier, 2021. Alternative economies, digital innovation and commoning in grassroots organisations: Analysing degrowth currencies in the Spanish region of Catalonia. *Environmental Policy and Governance*, vol. 31, no 3, p. 175-185. DOI : doi.org/10.1002/eet.1910
- BARAN, Paul, 1964. On distributed communications networks. *IEEE transactions on Communications Systems*, vol. 12, no 1, p. 1-9. DOI : 10.1109/TCOM.1964.1088883
- BAUWENS, Michel, KOSTAKIS, Vasilis, et PAZAITIS, Alex, 2019. *Peer to peer*. Londres : University of Westminster Press. DOI : 10.16997/book33
- BECH, Morten et GARRATT, Rodney, 2017. Des crypto-monnaies émises par les banques centrales. *Rapport trimestriel de la Banque des règlements internationaux* [en ligne]. [Consulté le 6 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.bis.org/publ/qtrpdf/r_qt1709f_fr.pdf
- BECK, Roman, MÜLLER-BLOCH, Christoph, et KING, John Leslie, 2018. Governance in the blockchain economy: A framework and research agenda. *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 19, no 10, p. 1. ISSN : 1536-9323
- BINSWANGER, Hans Christoph, 2013. The Development of the Theories of Production: Valid Insights and Shortcomings. *The Growth Spiral*. Springer, p. 49-74. DOI : 10.1007/978-3-642-31881-8_5
- BLANC, Jérôme, 2017. Unpacking monetary complementarity and competition: a conceptual framework. *Cambridge Journal of Economics*, vol. 41, no 1, p. 239-257. DOI : 10.1093/cje/bew024
- BLANC, Jérôme, 2018. Making sense of the plurality of money: A Polanyian attempt. Dans : *Monetary plurality in local, regional and global economies*. Routledge, p. 48-66. ISBN: 9781315272238

- BONNEAUD, Alain, 2019. Blockchain - Tout le fonctionnement en 7 étapes. *Blog de la Transformation Digitale* [en ligne]. [Consulté le 17 juillet 2022]. Disponible sur : <http://www.ab-consulting.fr/blog/blockchain/blockchain-fonctionnement-en-7-etapes>
- BOROWY, Iris et SCHMELZER, Matthias, 2017. *History of the Future of Economic Growth*. New York City : Routledge. ISBN: 978-1-315-54300-0
- BOSQUÉ, Frédéric, 2014. *Les monnaies citoyennes : faites de votre monnaie un bulletin de vote*. Éditions Yves Michel. ISBN : 9782364290570
- BURKE, Paul J., SHAHIDUZZAMAN, Md, et STERN, David I, 2015. Carbon dioxide emissions in the short run: The rate and sources of economic growth matter. *Global Environmental Change*, vol. 33, p. 109-121. DOI : 10.1016/j.gloenvcha.2015.04.012
- CAHN, Edgar S., 2000. *No more throw-away people: The co-production imperative*. Washington : Essential books. ISBN : 1-893520-02-1.
- CANNON, Terry et MÜLLER-MAHN, Detlef., 2010. Vulnerability, resilience and development discourses in context of climate change. *Natural hazards*, vol. 55, no 3, p. 621-635. DOI : 10.1007/s11069-010-9499-4
- CARTELIER, Jean, 2001. Monnaie, mémoire et spécialisation : une interprétation alternative. *Revue d'économie politique*, vol. 111, no 3, p. 423-437. DOI : 10.3917/redp.113.0423
- CAUVET, Marion et PERRISSIN FABERT, Baptiste, 2018. *Les monnaies locales : vers un développement responsable. La transition écologique et solidaire des territoires*. Paris : Rue d'Ulm. ISBN : 978-2-7288-0583-9.
- CHAUM, David, 1983. Blind signatures for untraceable payments. *Advances in cryptology*. Springer, Boston, MA. p. 199-203. DOI : 10.1007/978-1-4757-0602-4_18
- CHAUM, David, GROTHOFF, Christian, MOSER, Thomas, *et al.*, 2021. *Comment émettre une monnaie numérique de banque centrale (SNB Working Papers)*. Zürich : Banque Nationale Suisse. DOI : 10.24451/arbor.15027

- CHEN, Hungyi, CHU, Yuan-Chia, et LAI, Feipei, 2022. Mobile time banking on blockchain system development for community elderly care. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, p. 1-13. DOI : 10.1007/s12652-022-03780-6
- CLARK, Andrew E., FRIJTERS, Paul, et SHIELDS, Michael A., 2008. Relative income, happiness, and utility: An explanation for the Easterlin paradox and other puzzles. *Journal of Economic literature*, vol. 46, no 1, p. 95-144. DOI : 10.1257/jel.46.1.95
- COMBY, Jean-Baptiste, 2019. Retour sur la dépolitisation des enjeux écologiques. *Manuel indocile de sciences sociales*. La Découverte, p. 470-480. DOI : 10.3917/dec.coper.2019.01.0470
- COM'CHAIN, 2022. Présentation Com'Chain. *Com'Chain* [en ligne]. [Consulté le 18 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://com-chain.org/#pres>.
- CROSBY, Michael, PATTANAYAK, Pradan, VERMA, Sanjeev, *et al.*, 2016. Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, vol. 2, no 6-10, p. 71.
- CYCLOS, 2022. Local Currency software for Regions & Governments. *Cyclos* [en ligne]. [Consulté le 24 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.cyclos.org/governments/>
- DALY, Herman E. et GRIESINGER, Peter Root, 1994. Operationalizing sustainable development by investing in natural capital. In : *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*, p. 22-37. Washington : Island Press.
- DELILLE, Pascale, 2019. Les monnaies locales complémentaires (MLC), pour un développement inclusif et socio-éco-conditionné, *conférence internationale de l'UNTFSSSE, Genève, 25 juin 2019* [en ligne]. [Consulté le 27 juin 2022]. Disponible à l'adresse : https://knowledgehub.unsse.org/wp-content/uploads/2019/05/178_Delille_Les-monnaies-locales-compl%C3%A9mentaires_Fr.pdf
- DEPIERRE, O., LAPINTE, C., MORIN, J.-H., & REYMOND, M, 2022. *Attaque du nothing at stake*. Centre de droit bancaire et financier [en ligne]. Disponible à l'adresse : <https://cdbf.ch/lexique/attaque-du-nothing-at-stake/> [Consulté le 11 juillet 2022]
- DESAN, Christine, 2017. The constitutional approach to money. In : *Money Talks - Explaining how money really works*. Princeton : Princeton University Press. ISBN : 9780691168685

- DE VAUPLANE Hubert, 2017. Blockchain: la question de la preuve par consensus au coeur de la gouvernance. *Revue Banque*, no 796, p. 16-17.
- DEVINE, Mel T. et CUFFE, Paul, 2019. Blockchain electricity trading under demurrage. *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 10, no 2, p. 2323-2325. DOI : 10.1109/TSG.2019.2892554.
- DE VRIES, Alex, 2019. Renewable energy will not solve bitcoin's sustainability problem. *Joule*, vol. 3, no 4, p. 893-898. DOI : 10.1016/j.joule.2019.02.007
- DE VRIES, Alex, 2020. Bitcoin's energy consumption is underestimated: A market dynamics approach. *Energy Research & Social Science*, vol. 70, p. 101721. DOI : 10.1016/j.erss.2020.101721
- DINIZ, Eduardo Henrique, SIQUEIRA, Erica S., et VAN HECK, Eric, 2016. Taxonomy for understanding digital community currencies: Digital payment platforms and virtual community feelings, *SIG GlobDev Ninth Annual Workshop, Dublin, December 11, 2016*. [en ligne]. [Consulté le 17 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=globdev2016>
- DITTMER, Kristofer, 2013. Local currencies for purposive degrowth? A quality check of some proposals for changing money-as-usual. *Journal of Cleaner Production*, vol. 54, p. 3-13. DOI : doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.044
- DOUTHWAITE, Richard, 2012. Degrowth and the supply of money in an energy-scarce world. *Ecological Economics*, vol. 84, p. 187-193. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2011.03.020
- EASTERLIN, Richard A., MCVEY, Laura Angelescu, SWITEK, Malgorzata, *et al.*, 2010. The happiness–income paradox revisited. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 107, no 52, p. 22463-22468. DOI : 10.1073/pnas.1015962107
- ELLUL, Jacques, 1964. *The Technological Society*. New York City : Vintage Book, 1967. ISBN : 978-0394703909
- ETHEREUM, 2022. La fusion. *Ethereum* [en ligne]. [Consulté le 23 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://ethereum.org/fr/upgrades/merge/>

- FEDOROV, Aleksey K., KIKTENKO, Evgeniy O., et LVOVSKY, Alexander I, 2018. Quantum computers put blockchain security at risk. *Nature*, no 563, p. 465-467. DOI : 10.1038/d41586-018-07449-z
- FITZPATRICK, Nick, PARRIQUE, Tim, et COSME, Inês, 2022. Exploring degrowth policy proposals: A systematic mapping with thematic synthesis. *Journal of Cleaner Production*, p. 132764. DOI : doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132764
- GELLERI, Christian. Chiemgauer : Regiomoney-Theory and Practice of a Regional Currency, 2009. *International Journal of Community Currency Research*, vol. 13, p. 61-75. ISSN : 1 3 2 5 9 5 4 7
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicholas, 1971. *The Entropy Law and the economic problem*. Cambridge, MA : Harvard University Press. ISBN 9780674281653
- GEORGESCU-ROEGEN, Nicolas, 2011. *From bioeconomics to degrowth*. Londres : Routledge. DOI : 10.4324/9780203830413
- GESELL, Silvio, 1916. *Die natürliche Wirtschaftsordnung durch Freiland und Freigeld [en ligne]*. Hochheim : Stirn-Verlag Hans Timm, 1931. [Consulté le 3 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.projekt-gutenberg.org/gesell/freiland/titlepage.html>
- GODSCHALK, Hugo, 2011. Why Demurrage, *International Conference on Community and Complementary Currencies, Lyon, France, 16 février 2011*. p. 16-17 [en ligne]. [Consulté le 26 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://sdocument.ish-lyon.cnrs.fr/cc-conf/conferences.ish-lyon.cnrs.fr/index.php/cc-conf/2011/paper/viewFile/48/52.pdf>
- GUEGAN, Dominique, 2017. *Public blockchain versus private blockchain (CES Working Paper)*. Paris : Maison des Sciences Économique. ISSN : 1955-611X
- GULATI, Ranjay, WOHLGEZOGEN, Franz, et ZHELYAZKOV, Pavel, 2012. The two facets of collaboration: Cooperation and coordination in strategic alliances. *Academy of Management Annals*, vol. 6, no 1, p. 531-583. DOI : 10.5465/19416520.2012.691646
- HALL, Charles AS et KLITGAARD, Kent A., 2011. *Energy and the Wealth of Nations*. New York City : Springer. ISBN: 978-3-319-66219-0

- HAN, Xuan, YUAN, Yong, et WANG, Fei-Yue, 2019. A blockchain-based framework for central bank digital currency. In: *2019 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics (SOLI)*. IEEE, p. 263-268. DOI : 10.1109/SOLI48380.2019.8955032.
- HEIKKURINEN, Pasi, 2018. Degrowth by means of technology? A treatise for an ethos of releasement. *Journal of Cleaner Production*, vol. 197, p. 1654-1665. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.070
- HICKEL, Jason, 2019. The contradiction of the sustainable development goals: Growth versus ecology on a finite planet. *Sustainable Development*, vol. 27, no 5, p. 873-884. DOI : 10.1002/sd.1947
- HICKEL, Jason, 2021. The anti-colonial politics of degrowth. *Political Geography*, vol. 88. DOI : 10.1016/j.polgeo.2021.102404
- HINTON, Jennifer B., 2020. Fit for purpose? Clarifying the critical role of profit for sustainability. *Journal of political ecology*, vol. 27, no 1, p. 236-262.
- HORNBORG, Alf, 2019. *Nature, Society, and Justice in the Anthropocene: Unraveling the Money-Energy-Technology Complex*. Cambridge : Cambridge University Press. DOI : 10.1017/9781108554985
- HOWSON, Peter, 2021. Distributed degrowth technology: challenges for blockchain beyond the green economy. *Ecological Economics*, vol. 184, p. 107020. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2021.107020
- HUCKLE, Steve et WHITE, Martin, 2016. Socialism and the Blockchain. *Future Internet*, vol. 8, no 4, p. 49. DOI : 10.3390/fi8040049
- HUTCHINSON, Frances, MELLOR, Mary, et OLSEN, Wendy Kay, 2002. *The politics of money: towards sustainability and economic democracy*. London : Pluto. DOI : 10.2307/j.ctt18dztxc
- JACKSON, Tim, 2009. *Prosperity without growth: Economics for a finite planet*. London : Routledge. DOI : 10.4324/9781849774338
- KALLIS, Giorgos, 2011. In defence of degrowth. *Ecological economics*, vol. 70, no 5, p. 873-880. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2010.12.007

- KALLIS, Giorgos, KERSCHNER, Christian, et MARTINEZ-ALIER, Joan, 2012. The economics of degrowth. *Ecological economics*, vol. 84, p. 172-180. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2012.08.017
- KALLIS, Giorgos, KOSTAKIS, Vasilis, LANGE, Steffen, *et al.*, 2018. Research on degrowth. *Annual Review of Environment and Resources*, vol. 43, p. 291-316. DOI : 10.1146/annurev-environ-102017-025941
- KANT, Immanuel, 1797. *Die Metaphysik der Sitten: in zwey Theilen. Metaphysische Anfangsgründe der Rechtslehre*. Grafrath : Boer Verlag, 2020. ISBN : 978-3-96662-098-7
- KARLSTROM, H., 2014. Do libertarians dream of electric coins? The material embeddedness of Bitcoin. *Distinktion: Scandinavian Journal of Social Theory*, 15 (1), 23-36. DOI : 10.1080/1600910X.2013.870083
- KENNEDY, M., 1991. *A Changing Money System: The Economy of Ecology* [en ligne]. Steyerberg : Permaculture Publications. [Consulté le 13 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://artsonline.uwaterloo.ca/rneedham/sites/ca.rneedham/files/needhdata/M%20KennedyCh.MoneySystemMK.pdf>
- KEYNES, John Maynard, 1923. *A tract on monetary reform*. Cosimo Classics. ISBN : 978-1-64679-336-5
- KEYNES, John Maynard, 1937. The general theory of employment. *The quarterly journal of economics*, vol. 51, no 2, p. 209-223. DOI : doi.org/10.2307/1882087
- KLEIN, Manuel, GROSS, Jonas, et SANDNER, Philipp, 2020. The digital euro and the role of DLT for central bank digital currencies (FSBC Working Paper). *Frankfurt School of Finance & Management GmbH* [en ligne]. [Consulté le 8 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.researchgate.net/profile/JonasGross-2-/publication/341354711_The_Digital_Euro_and_the_Role_of_DLT_for_Central_Bank_Digital_Currencies/links/5ebc116a92851c11a867533a/The-Digital-Euro-and-the-Role-of-DLT-for-Central-Bank-Digital-Currencies.pdf
- KOHLI, Varun, CHAKRAVARTY, Sombuddha, CHAMOLA, Vinay, *et al.*, 2022. An Analysis of Energy Consumption and Carbon Footprints of Cryptocurrencies and Possible Solutions. *Cornell University preprint arXiv*. DOI : 10.48550/arXiv.2203.03717

- KONONOVA, Kateryna et DEK, Anton, 2020. Bitcoin Carbon Footprint: Mining Pools Based Estimate Methodology, *HAICTA*, Thessaloniki, Grèce, 24-27 septembre 2020, p. 265-273 [en ligne]. [Consulté le 8 mai 2022]. Disponible à l'adresse : http://ceur-ws.org/Vol-2761/HAICTA_2020_paper39.pdf
- KUZNETS, Simon, 1934. *National Income, 1929-1932 [en ligne]*. Cambridge, MA : National Bureau of Economic Research. [Consulté le 12 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.nber.org/system/files/chapters/c2258/c2258.pdf>
- LAACHER, Smaïn, 2002. Les systèmes d'échange local (SEL): entre utopie politique et réalisme économique. *Mouvements*, no 1, p. 81-87. DOI : 10.3917/mouv.019.0081.
- LANE, Robert E, 2000. Diminishing returns to income, companionship—and happiness. *Journal of happiness studies*, vol. 1, no 1, p. 103-119. DOI : 10.1023/A:1010080228107
- LE LÉMAN, 2022. Le Léman, votre monnaie. *Monnaie-Léman* [en ligne]. [Consulté le 29 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://monnaie-leman.org/>
- LIETAER, Bernard, 2009. Créer des monnaies régionales pour traiter la crise globale. *Le journal de l'école de Paris du management*, no 6, p. 8-15. DOI : 10.3917/jepam.080.0008
- LIETAER, Bernard, 2012. *Money and sustainability : the missing link*. Axminster : Triarchy Press. ISBN : 978-1-908009-75-3
- LIN, Xuheng, XU, Ronghua, CHEN, Yu, *et al.*, 2019. A blockchain-enabled decentralized time banking for a new social value system. In : *2019 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS)*. IEEE, p. 1-5. DOI : 10.1109/CNS.2019.8802734.
- LIU, Yue, LU, Qinghua, ZHU, Liming, *et al.*, 2021. A systematic literature review on blockchain governance. *Cornell University preprint*. DOI : 10.48550/arXiv.2105.05460
- LOCKE, John, 1689. *Two Treatises of government* [en ligne]. Oxford : Oxford University Press. [Consulté le 24 juin 2022]. Disponible à l'adresse : https://www.rwi.uzh.ch/elt-lst-kley/verfg/grossbritannien/de/pdf/Two_treatises_of_government_orig.pdf

- LUMINEAU, Fabrice, WANG, Wenqian, et SCHILKE, Oliver, 2021. Blockchain governance—A new way of organizing collaborations?. *Organization Science*, vol. 32, no 2, p. 500-521. DOI : 10.1287/orsc.2020.1379
- MAIR, Simon, DRUCKMAN, Angela, et JACKSON, Tim., 2020. A tale of two utopias: Work in a post-growth world. *Ecological Economics*, vol. 173, p. 106653. DOI : doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106653
- MANAS, Arnaud et YORAM, BOSCH-HADDAD, 2017. La (ou les) blockchain (s), une réponse technologique à la crise de confiance [en ligne]. *Réalités industrielles*, vol. p. 102-105. [Consulté le 5 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.annales.org/site/ri/2017/ri-aout-2017/RI-AOUT-2017-Article-MANAS-BOSC-HADDAD.pdf>
- MANNO, J. P, 2000. Commodity potential: An approach to understanding the ecological consequences of markets. In : *Ecological integrity: Integrating environment, conservation and health*, p. 351-368. Washington : Island Press. ISBN : 1-55963-807-9
- MARGUERIT, David et PRIVAT, Hélène, 2014. *Les Systèmes d'Echanges Locaux (SEL) en 2014 en France: résultats et analyses de deux enquêtes nationales* [en ligne]. Brest : Université de Bretagne occidentale. Rapport de recherche. [Consulté le 19 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03284250/>
- MARKEY-TOWLER, Brendan, 2018. Anarchy, Blockchain and Utopia: A theory of political-socioeconomic systems organised using Blockchain. *The Journal of the British Blockchain Association*, Vol. 1 No. 1, pp.1–14. DOI : 10.2139/ssrn.3095343
- MARX, Karl Heinrich, 1867. *Le Capital*. Paris : Les Éditions sociales, 2016. EAN : 9782353670123
- MASSEPORT, Samuel, 2021. *Consensus blockchain : incitation des utilisateurs d'un réseau à la participation et à la loyauté* [en ligne]. Montpellier : Université Montpellier. Thèse de doctorat. [Consulté le 25 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03583909/>
- MCGUIRK, Emma, 2017. Timebanking in New Zealand as a prefigurative strategy within a wider degrowth movement. *Journal of Political Ecology*, 2017, vol. 24, no 1, p. 595-609. DOI : 10.2458/v24i1.20897

- MACLEAY, Michael, RADIA, Amar, et THOMAS, Ryland, 2014. Money creation in the modern economy. *Bank of England Quarterly Bulletin*, Q1 [en ligne]. [Consulté le 23 mai 2022]. Disponible à l'adresse : https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2416234
- MICHEL, Arnaud et HUDON, Marek, 2015. Community currencies and sustainable development: A systematic review. *Ecological economics*, vol. 116, p. 160-171. DOI : doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.023
- MORA, Camilo, ROLLINS, Randi L., TALADAY, Katie, *et al.*, 2018. Bitcoin emissions alone could push global warming above 2 C. *Nature Climate Change*, vol. 8, no 11, p. 931-933. DOI : [10.1038/s41558-018-0321-8](https://doi.org/10.1038/s41558-018-0321-8)
- NAKAMOTO, Satoshi, 2008. *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. [en ligne]. [Consulté le 27 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- NGUYEN, Cong T., HOANG, Dinh Thai, NGUYEN, Diep N., *et al.*, 2019. Proof-of-stake consensus mechanisms for future blockchain networks: fundamentals, applications and opportunities. *IEEE Access*, vol. 7, p. 85727-85745. DOI : [10.1109/ACCESS.2019.2925010](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2925010)
- ORLÉAN, André, 1991. L'origine de la monnaie [en ligne]. *Revue du MAUSS*, vol. 14, no 4, p. 126-52. [Consulté le 7 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <http://www.parisschoolofeconomics.com/orlean-andre/depot/publi/origin1.pdf>
- PARRIQUE, Timothée, 2019. *The political economy of degrowth* [en ligne]. Clermont-Ferrand : Université Clermont Auvergne. Thèse de doctorat. [Consulté le 19 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.theses.fr/2019CLFAD003>
- PARRIQUE, T., BARTH, J., BRIENS, F., KERSCHNER, C., KRAUS-POLK, A., KUOKKANEN, A., & SPANGENBERG, J. H., 2019b. *Decoupling debunked. Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability* [en ligne]. Bruxelles : European Environmental Bureau, Juillet 2019. Disponible à l'adresse : https://gaiageld.com/wp-content/uploads/2021/02/decoupling_debunked_evidence_and_argumen.pdf
- PINOS, Fabienne, 2019. How could blockchain be a key resource in the value creation process of a local currency? A case study centered on Eusko, *5th Biennial RAMICS International Congress, Hida-Takayama, Japan, 11-15 septembre 2019* [en ligne]. [Consulté le 31 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02404358>

- RAEMY, M., 2022. Le salut des monnaies locales passera-t-il par la blockchain ?. *Moneta, Le Magazine pour un usage différent de l'argent* [en ligne]. [Consulté le 31 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.moneta.ch/le-salut-des-monnaies-locales-passera-t-il-par-la>
- RESEAU COLLECTIF EN RECHERCHE DE RESILIENCE (RCR), 2022. Système d'échanges locaux. *ASBL RCR*. [En ligne]. [Consulté le 15 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.asblrcr.be/sel>
- ROCKSTRÖM, Johan, STEFFEN, Will, NOONE, Kevin, *et al.*, 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, vol. 14, no 2.
- ROGOFF, Kenneth S., 2017. *The Curse of Cash*. Princeton : Princeton University Press. DOI : 10.1515/9781400888726
- SCHINCKUS, Christophe, 2021. Proof-of-work based blockchain technology and Anthropocene: An undermined situation?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 152, p. 111682. DOI : 10.1016/j.rser.2021.111682
- SCHMELZER, Matthias, 2016. *The hegemony of growth: the OECD and the making of the economic growth paradigm*. Cambridge : Cambridge University Press. DOI : 10.1017/S1053837217000384
- SCOTT, Brett, 2016. *How can cryptocurrency and blockchain technology play a role in building social and solidarity finance? (UNRISD Working Paper)*. Genève : UNRISD [en ligne]. [Consulté le 6 août 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.econstor.eu/handle/10419/148750>
- SEANG, Sothearath et TORRE, Dominique, 2021. Which kind of blockchain application for local complementary currencies?. *Revue économique*, no 4, p. 667-685. DOI : 10.3917/reco.724.0667
- SEDLMEIR, Johannes, BUHL, Hans Ulrich, FRIDGEN, Gilbert, *et al.*, 2021. Recent developments in blockchain technology and their impact on energy consumption. *Cornell University preprint arXiv*. DOI : 10.48550/arXiv.2102.07886
- SEYFANG, Gill, 2006. Harnessing the potential of the social economy? Time banks and UK public policy. *International journal of sociology and social policy*, vol. 26, no. 9/10, pp. 430-443. DOI : 10.1108/01443330610690569

- SIIM, Janno, 2017. Proof-of-stake, *Research seminar in cryptography*, Tartu, Estonie, 25 mai 2017 [en ligne]. [Consulté le 11 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : https://courses.cs.ut.ee/MTAT.07.022/2017_fall/uploads/Main/janno-report-f17.pdf
- SNOWDON, Brian, 2006. The enduring elixir of economic growth [en ligne]. *World Economics*, vol. 7, no 1, p. 73-130. [Consulté le 13 juin 2022]. Disponible à l'adresse : <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.509.2829&rep=rep1&type=pdf>
- SODDY, Frederick, 1926. *Wealth, virtual wealth and debt: the solution of the economic paradox*. London : G. Allen & Unwin.
- STANLEY, Eddington Arthur, 1928. *The Nature of the Physical World*. Whitefish : Kessinger Publishing, 2010. ISBN : 978-1162789231
- STEINBERGER, Julia K., KRAUSMANN, Fridolin, GETZNER, Michael, *et al.*, 2013. Development and dematerialization: an international study. *PloS one*, vol. 8, no 10, p. e70385. DOI : doi.org/10.1371/journal.pone.0070385
- STOLL, Christian, KLAABEN, Lena, et GALLERSDÖRFER, Ulrich, 2019. The carbon footprint of bitcoin. *Joule*, vol. 3, no 7, p. 1647-1661. DOI : doi.org/10.1016/j.joule.2019.05.012
- SVARTZMAN, Romain, DRON, Dominique, et ESPAGNE, Etienne, 2019. From ecological macroeconomics to a theory of endogenous money for a finite planet. *Ecological economics*, vol. 162, p. 108-120. DOI : [10.1016/j.ecolecon.2019.04.018](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.04.018)
- SVARTZMAN, Romain, 2020. *Monetary Institutions for a Finite Planet: Essays Toward an Ecologically-Embedded Political Economy of Money*. Montréal : McGill University. Thèse de doctorat. [Consulté le 12 mai 2022]. Disponible à l'adresse : <https://www.proquest.com/docview/2515785154?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- TICHIT, Ariane, LAFOURCADE, Pascal, et MAZENOD, Vincent, 2017. *Les monnaies virtuelles décentralisées sont-elles des outils d'avenir? (CERDI Working Paper)* [en ligne]. Clermont-Ferrand : CERDI Études et Documents. [Consulté le 5 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01467329/document>

- TICHIT, Ariane, ELISSÉE, Corentin, HAYEK, Frédéric, *et al.*, 2022. *La Blockchain, avenir des monnaies locales? (CEDRI Working Paper)* [en ligne]. Clermont-Ferrand : CERDI Études et Documents [Consulté le 12 juillet 2022]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03659241/document>
- UNDERWOOD, Sarah, 2016. Blockchain beyond bitcoin. *Communications of the ACM*, vol. 59, no 11, p. 15-17. DOI : 10.1145/2994581
- VAN GRIETHUYSEN, Pascal, 2012. Bona diagnosis, bona curatio: How property economics clarifies the degrowth debate. *Ecological Economics*, vol. 84, p. 262-269. DOI : 10.1016/j.ecolecon.2012.02.018
- VAN REYBROUCK, David, 2018. *Against elections*. New York City : Seven Stories Press. ISBN: 9781609808105
- VASHCHUK, Oleksandr et SHUWAR, Roman, 2018. Pros and cons of consensus algorithm proof of stake. Difference in the network safety in proof of work and proof of stake. *Electronics and Information Technologies*, vol. 9, no 9, p. 106-112. ISSN 2224-087X
- VETTER, Andrea, 2018. The matrix of convivial technology—assessing technologies for degrowth. *Journal of cleaner production*, vol. 197, p. 1778-1786. DOI : 10.1016/j.jclepro.2017.02.195
- VITARI, Claudio, 2014. Electronic currencies for purposive degrowth?. *Grenoble : Grenoble École de Management* [en ligne]. [Consulté le 15 avril 2022]. Disponible à l'adresse : <http://hal.grenoble-em.com/hal-00975432/document>
- WARING, Marilyn et STEINEM, Gloria, 1988. *If women counted: A new feminist economics*. San Francisco : Harper & Row. ISBN : 0333492625
- WERBACH, Kevin, 2018. *The blockchain and the new architecture of trust*. Cambridge, MA : MIT Press. ISBN : 9780262038935
- WOODBURN, James, 1982. Egalitarian societies. *Man*, p. 431-451. DOI : doi.org/10.2307/2801707
- WOODCOCK, George, 2004. *Anarchism: a history of libertarian ideas and movements*. Toronto : Penguin Books Canada. ISBN : 978-0140168211

YAHAYA, Adamu Sani, JAVAID, Nadeem, ALZHRANI, Fahad A., *et al.*, 2020. Blockchain based sustainable local energy trading considering home energy management and demurrage mechanism. *Sustainability*, vol. 12, no 8, p. 3385. DOI : doi.org/10.3390/su12083385

ZHANG, Tao et HUANG, Zhigang, 2022. Blockchain and central bank digital currency. *ICT Express*, vol. 8, no 2, p. 264-270. DOI : [10.1016/j.icte.2021.09.014](https://doi.org/10.1016/j.icte.2021.09.014)