

> vertige... Ils montrent simplement qu'il n'est guère envisageable que les bitcoins en circulation ou plus généralement les monnaies cryptographiques fonctionnant sur son modèle se substituent un jour aux monnaies internationales d'échange que sont le dollar et l'euro.

Notons aussi que nous avons seulement envisagé une augmentation du cours du bitcoin pour que leur total égale en valeur les billets en dollars, ce que les économistes nomment la « base monétaire » et notent M_0 . Si nous avions pris en compte la valeur de la masse monétaire M_1 , qui inclut en plus l'argent présent sur les comptes à vue des particuliers et des entreprises (M_1 vaut environ le triple de M_0), nous serions arrivés à une dépense électrique trois fois plus importante. Les chiffres seraient alors compris entre 1 000 et 1 500 TWh par an pour les pessimistes, et entre 500 et 750 TWh pour les optimistes. Dans le meilleur des cas, on atteindrait des chiffres comparables au huitième de la consommation électrique des États-Unis (4128 TWh en 2015) et, dans le pire des cas, au tiers.

LE SYSTÈME D'INCITATION EST EN CAUSE

Peut-on changer le mode de fonctionnement des monnaies cryptographiques pour éviter cette folle dépense électrique ?

La consommation d'électricité liée au bitcoin n'est pas due aux coûts de la surveillance des transactions et à la gestion de son registre de comptes (la blockchain). Elle est due au mode de distribution des bitcoins émis toutes les 10 minutes, plus précisément au concours entre les nœuds du réseau qui désigne toutes les 10 minutes le gagnant des bitcoins émis et des commissions associées aux transactions. D'autres mécanismes fondés sur l'idée des blockchains n'utilisent pas ce système d'incitation et encore moins de concours entre les nœuds des réseaux associés, car ils n'en ont pas besoin.

Ainsi, les « blockchains privées », qui servent par exemple à gérer des échanges entre un consortium de banques en nombre fixé, ne sont pas du tout sujettes aux énormes dépenses électriques du bitcoin : elles n'ont pas besoin de systèmes d'incitation, puisque chaque acteur du réseau est intéressé par avance au bon fonctionnement du réseau. Seule la volonté de faire reposer le fonctionnement du bitcoin sur un réseau pair à pair, anonyme, décentralisé, ouvert et extensible oblige à mettre en place un système d'incitation assurant l'existence des volontaires s'occupant de gérer et surveiller le réseau, ainsi qu'un concours entre nœuds pour attribuer l'incitation. La véritable question est celle du

concours pour l'attribution de la prime d'incitation.

Peut-on concevoir un autre type de concours qui n'entraînerait pas l'aberration électrique du bitcoin ? La question n'est pas nouvelle et de nombreuses idées ont été proposées pour opérer autrement la distribution de l'incitation. Hélas, aucun système de remplacement n'a encore réussi à convaincre pleinement.

L'explication pourrait être liée à la notion de contenu en calcul, que nous avons traitée plusieurs fois dans cette rubrique (voir « *Qu'est-ce qu'un objet complexe ?* », Pour la Science, mai 2013). En effectuant leurs calculs pour remporter le concours toutes les 10 minutes, les nœuds du réseau consomment de l'électricité ; le calcul produit la solution à un problème (peu intéressant, mais difficile) qui est mis dans le registre des comptes du bitcoin. Ce dépôt a pour conséquence que le registre est difficile à falsifier. Pour le falsifier et créer un registre pouvant se substituer au registre courant (et permettant de détourner des bitcoins d'un compte vers un autre), il faudrait calculer autant que ce qui a été calculé par tout le réseau, et donc dépenser autant d'énergie électrique que ce qui a été consommé par le réseau en entier, au moins sur la période qu'on souhaite falsifier. C'est donc impossible ou extrêmement coûteux. La robustesse du bitcoin semble essentiellement liée à cette impossibilité presque absolue de fabriquer un faux registre, impossibilité qui disparaît probablement quand on change la méthode de distribution par concours de calcul.

À EN VOULOIR TROP, ON RISQUE DE TOUT PERDRE

C'est la volonté d'avoir un système protégé par le placement d'une quantité colossale de calculs (et donc d'électricité) dans le registre des comptes pour le rendre infalsifiable qui est à l'origine du problème. Malheureusement, cette solidité presque parfaite a un prix : l'impossibilité que le cours du bitcoin augmente au point de devenir un jour un véritable concurrent du dollar ou de l'euro.

Entre les systèmes à blockchains privées, simples et électriquement viables, et les systèmes à blockchains publiques, totalement décentralisés, ouverts, anonymes et disposant d'une configuration extensible des nœuds – des systèmes qui, eux, semblent absurdes et finalement condamnés par avance –, il faut choisir ou inventer des systèmes intermédiaires. Pour donner naissance à une nouvelle monnaie internationale, il sera nécessaire de renoncer à certaines propriétés de la monnaie mise en route par le génial Satoshi Nakamoto. ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Favier et A. Takal Bataille, **Bitcoin, la monnaie acéphale**, CNRS Éditions, 2017.

M. Bevand, **Electricity consumption of bitcoin : A market-based and technical analysis**, <http://blog.zorinaq.com/bitcoin-electricity-consumption/>, 10 mars 2017.

Bitcoin energy consumption index, *Digiconomist*, consulté le 1/1/2018 (<https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>).

J.-P. Delahaye, **Mathématiques et mystères**, Belin/Pour la Science, 2016 (trois chapitres consacrés au bitcoin, aux preuves de travail et aux blockchains).

ABONNEZ-VOUS À **POUR LA SCIENCE**



FORMULE
INTÉGRALE
-41%



99€

FORMULE
PASSION
-27%



79€

FORMULE
DÉCOUVERTE
-25%



59€

BULLETIN D'ABONNEMENT

À renvoyer accompagné de votre règlement à : Pour la Science - Service abonnements - 19 rue de l'industrie - BP 90 053 - 67 402 Illkirch cedex

☐ OUI, JE M'ABONNE À **POUR LA SCIENCE** POUR 1 AN, JE CHOISIS MA FORMULE CI-DESSOUS :

☐ FORMULE **INTÉGRALE**
12 n° de *Pour la Science* + 4 Hors-Séries
+ Accès illimité aux archives en ligne depuis 1996

11A99E

99€
Au lieu de 168,45€*

☐ FORMULE **PASSION**
12 n° de *Pour la Science*
+ 4 Hors-Séries

PIA79E

79€
Au lieu de 108,45€*

☐ FORMULE **DÉCOUVERTE**
12 n° de *Pour la Science*

D1A59E

59€
Au lieu de 78,45€*

J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Téléphone : _____

• Mon e-mail : (à remplir en majuscule)

@

J'accepte de recevoir les informations de *Pour la Science* ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

• Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Par carte bancaire

N° : _____

Date d'expiration : _____ Clé (Les 3 chiffres au dos de votre CB) : _____

Signature obligatoire

* Par rapport au prix de vente en kiosque, l'accès numérique aux archives. Délai de livraison : dans le mois suivant l'enregistrement de votre règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés, valable jusqu'au 30/06/2018 en France métropolitaine uniquement. Pour un abonnement à l'étranger, merci de consulter notre site www.pourlascience.fr. Conformément à la loi "Informatique et libertés" du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant en adressant un courrier à *Pour la Science*. Photos non contractuelles.



Que faire des plantes enrichies en métaux lourds qui ont poussé sur des sites contaminés? Par exemple des émaux de vases ou de carrelage...

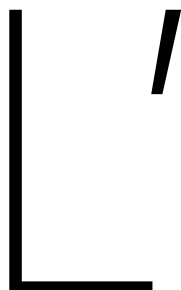
L'AUTEUR



LOÏC MANGIN
rédacteur en chef adjoint
à Pour la Science

DES VASES POUR FLEURS CALCINÉES

Un projet, lauréat du prix Coal Art et Environnement 2017, associe des plantes accumulatrices de métaux lourds, utilisées pour dépolluer des sols, à l'art de la poterie.



L'hiver bat son plein. Dans les jardins, beaucoup de plantes sont enveloppées d'un voile blanc antigel. D'autres sont mieux loties et ont été mises à l'abri des assauts du froid dans des orangeries. C'est possible parce qu'elles sont en pots. Ces contenants sont souvent d'un type particulier très reconnaissable: circulaires, au pied mouluré et ornés de guirlandes décoratives pendant à partir de médaillons, ces vases parfois très grands sont également vernissés, c'est-à-dire recouverts d'un émail coloré à l'aspect vitreux.

L'histoire raconte qu'ils auraient été inventés au début du XVII^e siècle, au temps d'Henri IV, par un potier de la ville d'Anduze, dans le Gard. L'artisan se serait inspiré de vases italiens de type Médicis, à décor de fruits et de guirlandes. Difficile de démêler le vrai du faux, mais toujours est-il que l'on parle de vases d'Anduze et qu'ils ont connu un franc succès aux XVIII^e et XIX^e siècles. On les retrouve dans la plupart des grands jardins parisiens sous l'Empire.

Ces vases sont aussi au cœur du travail d'Anne Fischer, récompensée en 2017 du prix Coal Art et environnement, qui

promeut les réponses des artistes aux problématiques écologiques.

L'histoire de son projet *Rising from its ashes* («renaître de ses cendres») commence dans les Cévennes, sur le site de la mine des Avinières, à Saint-Laurent-le-Minier. Là, un million de tonnes de métaux, essentiellement du zinc, ont été extraites jusqu'en 1995, quand l'exploitation a cessé. Il en reste des terrains de plus de 7000 mètres carrés, pollués par des métaux lourds: du zinc, mais aussi du cadmium, du plomb... Les teneurs atteignent jusqu'à 800 fois les seuils admis par l'Europe. Ces conditions semblent peu compatibles avec la vie. Et pourtant...

DEUX SURVIVANTES

Un œil attentif repère vite sur le sol contaminé des petites fleurs qui semblent se satisfaire des importantes concentrations en polluants. Ce sont des *Anthyllis vulneraria* et *Noccaea caerulea*. Ces deux espèces nettoient le sol en accumulant les métaux lourds dans leurs cellules: elles sont dites hyperaccumulatrices. D'ailleurs, le CNRS a mis en place un programme de phytoremédiation, fondé sur ces deux plantes, afin de dépolluer le site. On estime qu'un demi-siècle sera nécessaire pour faire le ménage correctement.

Mais le problème ne sera pas résolu pour autant. Certes, les deux espèces favorisent la croissance ultérieure d'autres végétaux moins tolérants en leur offrant un meilleur terrain. Mais que faire de la biomasse de ces plantes enrichies en

métaux lourds, que l'on considère également comme des déchets contaminés?

En collaboration avec Claude Grison, du laboratoire ChimEco du CNRS de Montpellier, Anne Fischer propose de valoriser ces végétaux grâce... aux vases d'Anduze, qui font la fierté de la région depuis longtemps.

En effet, *Anthyllis vulneraria* et *Noccaea caerulea*, lorsqu'elles sont calcinées à basse température, permettent de produire des émaux aux nuances particulières. De la sorte, les métaux lourds se retrouvent piégés dans une mince couche vitrifiée à la surface de poteries, ou bien de carrelages. Ainsi, l'histoire industrielle et celle de l'artisanat se retrouvent liées dans une démarche écologique, économique et sociale propre à revitaliser une région et son patrimoine.

Rising from its ashes s'inscrit dans une démarche plus ambitieuse menée par Anne Fischer à l'échelle nationale: le projet *Blooming ground* («Terre florissante»). Il s'agit d'une structure interactive, en cours de développement, qui recense les sites pollués en France et compile les valorisations possibles (outre l'émail, citons le verre, le papier, les fibres textiles, les pigments naturels...) des plantes pouvant aider à les décontaminer. ■

Le site d'Anne Fischer:
<http://www.annefischer.fr/>



Retrouvez la rubrique
Art & science sur
www.pourlascience.fr