

De la chimie avant la chimie. Au fil des textiles minéralisés, du 16^e au 20^e siècle

Résumé L'identification graduelle des textiles archéologiques par les « antiquaires » de l'époque moderne (XVI-XVIII^e siècle) conduit à s'interroger sur l'histoire de la perception de ces vestiges. Cette histoire rejoint celle de la proto-chimie alchimique, avec ses questionnements sur la frontière entre le naturel et le synthétique, ainsi que celles de la géologie et de la paléontologie à travers son lien avec la « pétrification » des bois. Elle montre surtout que nos terminologies actuelles sont empreintes de l'histoire des concepts et des descripteurs qui les ont précédées depuis au moins le XVI^e siècle.

Mots-clés Archéologie, textiles, pétrification, alchimie, géologie.

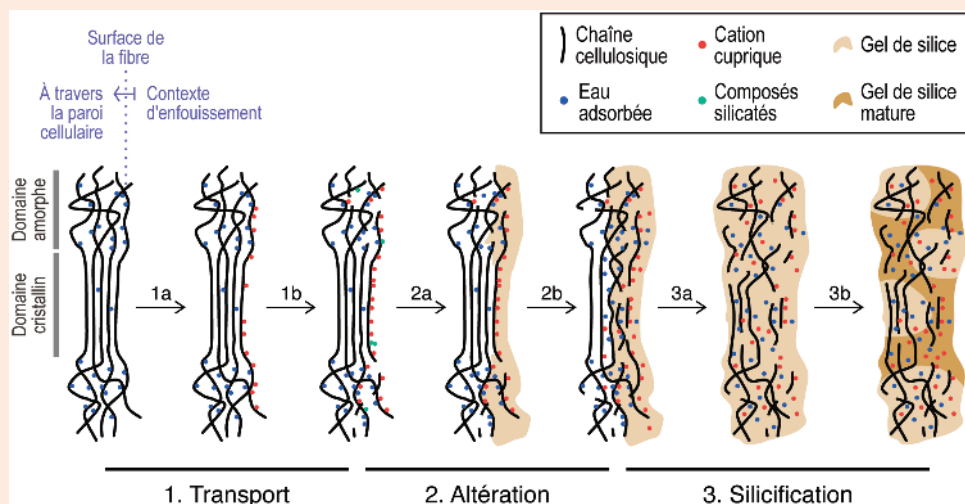
Abstract **Chemistry before chemistry. Mineralized textiles in the 16th-20th century**
The gradual identification of archaeological textiles by "antiquarians" from the modern period (16th-18th c.) raises questions about the history of the perception of these remains. This history ties in with that of alchemical proto-chemistry, with its questioning of the boundary between the natural and the synthetic, as well as that of geology and palaeontology through its link with the 'petrification' of wood. Above all, it shows that our current terminologies are imbued with the history of the concepts and descriptors that preceded them since at least the 16th century.

Keywords Archaeology, textiles, petrification, alchemy, geology.

En milieu tempéré, le microbiote des sols dégrade rapidement les tissus biologiques à travers l'action d'enzymes spécifiques produites par des bactéries et champignons intervenant dans la pédogénèse [1]. Il en est des tissus biologiques comme des productions humaines à partir de matériaux biologiques, par exemple les textiles. Les textiles anciens furent fabriqués à partir de plantes (lin, chanvre, ortie, coton, etc.), de poils (les laines) ou de soies. Les fibres végétales ou animales sont respectivement composées essentiellement de polysaccharides (cellulose, etc.) ou de protéines (kératine,

fibroïne, etc.). Des conditions tout à fait particulières sont requises pour que des restes suffisamment bien conservés puissent être étudiés et interprétés en archéologie. Parmi ces conditions, la plus commune en dehors des milieux anoxiques résulte de la diffusion de cations métalliques (cuivre, fer) inhibant la prolifération microbologique, puis contribuant à la nucléation et à la croissance de phases minérales authigènes substituant le tissu ou bien le protégeant par encaissement. C'est ce mécanisme (*encadré 1*), récemment élucidé pour les textiles cellulosiques [2], qui nous permet aujourd'hui

Encadré 1



La minéralisation des textiles cellulosiques résulte d'un mécanisme en plusieurs étapes qui a été observé à micro-échelle récemment par C. Reynaud *et al.* (PNAS, 2020) :

- 1.** Transport par l'eau des cations métalliques biocides et des solutés du sol : formation de complexes cuivre-cellulose à la surface des fibres (1a) et hydrolyse des composés amorphes et condensation des silicates à la surface des fibres et dans les zones amorphes (1b).
- 2.** Altération et perte de cristallinité des polysaccharides cellulosiques : dégradation des macromolécules superficielles des zones cristallines (2a) et gonflement local (2b).
- 3.** Silicification : diffusion des solutés plus profondément dans les parois cellulaires et condensation des composés siliceux (3a) et maturation en phases siliceuses plus denses (3b).

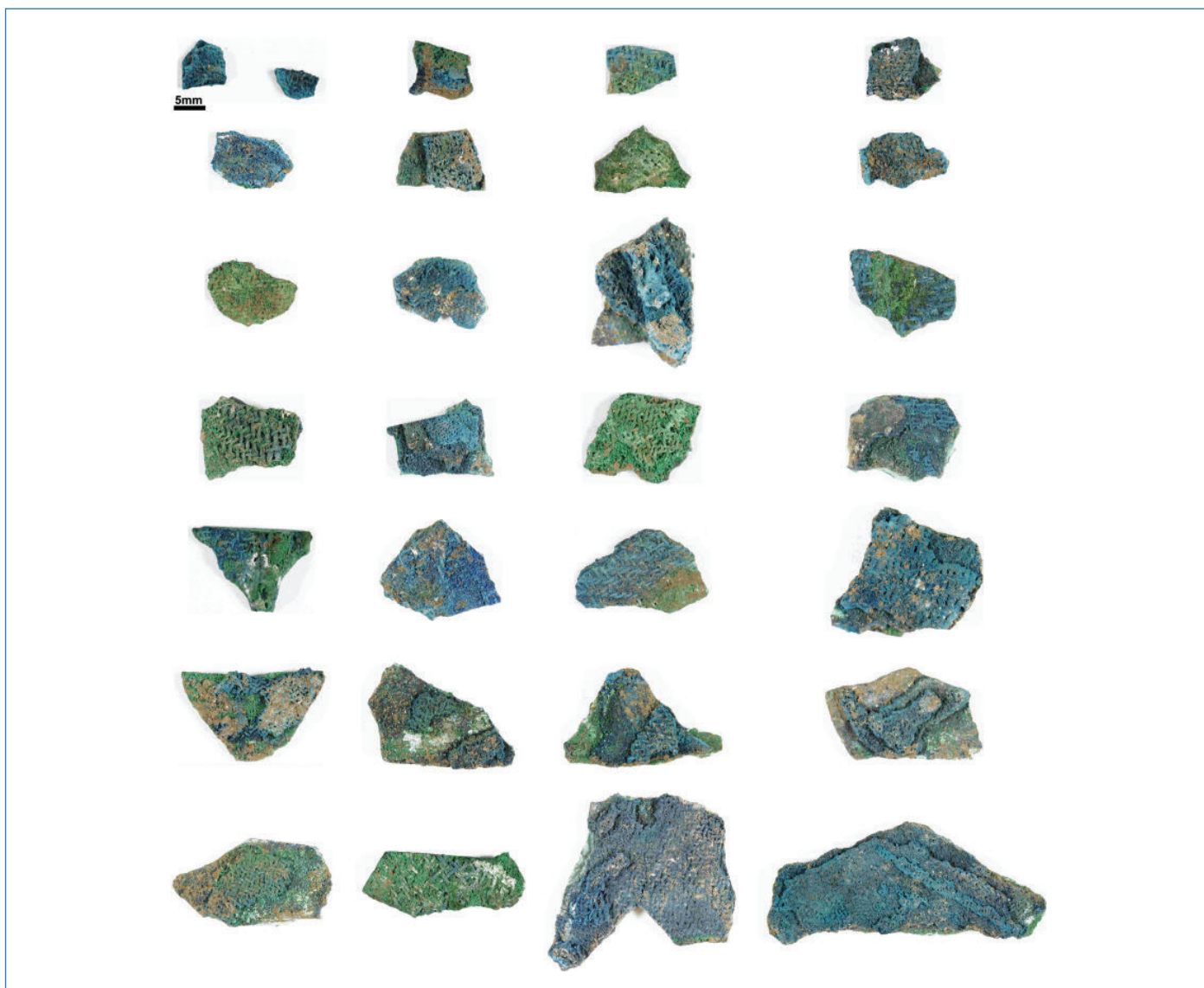


Figure 1 - Diversité des textiles observés dans la sépulture de la fosse centrale du tumulus de Creney-le-Paradis (Aube, premier Âge du Fer). © CNRS/Clémence Iacconi *et al.*

d'étudier les restes textiles de la Préhistoire et de la Protohistoire européennes comme ceux des mines de sel de Hallstatt [3]. Depuis le développement de la spectro-microscopie infrarouge et de méthodes d'imagerie 3D comme la tomographie à rayons X, l'analyse chimique de ce que l'on désigne comme des « textiles minéralisés », selon un vocabulaire récemment stabilisé, a pris une nouvelle dimension, rompant avec l'état de l'art des descriptions développées à partir des années 1960 avec les travaux par microscopie électronique de Leo Biek, à Londres [4]. Un exemple frappant est la description récente de la très grande diversité des textiles de laines issus d'une inhumation datant du ^v^e siècle avant notre ère à Creney-le-Paradis (Aube). La découverte de 16 pièces textiles différentes (*figure 1*), dont plusieurs ne nous sont connues que par imagerie 3D, parmi lesquelles de très rares « textiles aux tablettes », a conduit à revisiter le statut du site et à le placer parmi les sites européens les plus importants de l'Âge du Fer [5-7].

Deux historicités

On dispose donc désormais de nouvelles données sur ces objets archéologiques, parfois très anciens, qui résultent de mécanismes de minéralisation de fibres textiles au contact de métaux dans des contextes archéologiques d'enfouissement,

en particulier funéraires. Mais en produisant une rupture dans la connaissance de l'histoire chimique de ces artefacts, cette évolution de la recherche a également engendré une prise de conscience de l'évolution à travers le temps de l'intérêt scientifique même pour ces textiles minéralisés. En effet, ces derniers posent une double question à la chimie : celle de l'historicité des mécanismes d'altération, et celle de l'historicité de leur identification comme objet d'étude. La bibliographie scientifique situe en général les premières descriptions de textiles minéralisés entre les travaux d'Eugène Perron sur les fouilles de La Motte d'Apremont (Haute-Saône), en 1880 [8, 9] (*figure 2*), et ceux de Vivi Sylwan sur les fragments recueillis sur des chantiers localisés le long de la Route de la Soie, dans les années 1930 [10], soit durant la période d'institutionnalisation de la chimie et de l'archéologie en tant que disciplines universitaires. Toutefois, des témoignages plus anciens, remontant parfois au ^{xvi}^e siècle, peuvent être repérés et méritent l'attention [11]. Sans pouvoir explorer l'ensemble du problème de l'étude des textiles minéralisés au cours des derniers siècles, nous voudrions illustrer l'importance de ces témoignages non seulement pour l'histoire de la chimie, mais pour la recherche actuelle. Cette historicisation de la chimie ne relève, contrairement à ce qu'on pourrait parfois craindre, ni de la relativisation de sa portée scientifique, ni de la recherche



MATÉRIAUX
POUR
L'HISTOIRE PRIMITIVE ET NATURELLE
DE L'HOMME

XVI^e ANNÉE. — 2^e SÉRIE, TOME XI. — 1880. — AOÛT

Eugène PERRON : **La Motte d'Apremont (Haute-Saône).**

(Avec six planches en photogravure et lithographie.)

I

Lorsqu'on se rend de Gray à Apremont, par le chemin vicinal, sur la rive gauche de la Saône, après avoir dépassé le moulin Bouvet, on aperçoit à gauche et à 300 mètres environ de distance, sur le sommet de la colline, un monticule qui se détache très-nettement du sol environnant.

Ce monticule, du haut duquel l'œil embrasse toute la contrée à tous les points de l'horizon, est désigné au cadastre d'Apremont sous le nom de *la Motte*. Les gens du pays l'appellent aussi communément *la Motte des Fées*; car c'est à ces êtres surnaturels qu'une vieille légende locale en attribue l'édification. Plus d'un, aux siècles derniers, ne l'abordaient pas la nuit sans avoir préalablement fait le signe de la croix. C'est le tumulus d'Apremont.

Son diamètre actuel, à la base, est d'environ 70 mètres. Sa hauteur au-dessus du sol environnant ne dépasse pas 4 mètres. Il est éloigné d'un kilomètre environ de la Saône qu'il domine par 30 mètres d'altitude.

2^e s. — t. XI.

22

Figure 2 - Planche et première page du numéro de la revue *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'Homme* dans lequel Eugène Perron décrit le tumulus dit de la Motte d'Apremont (Haute-Saône) en 1880. Perron y consacre un chapitre entier (chapitre V) concernant « *un des principaux résultats de l'ouverture du tumulus d'Apremont (...)* [les] nombreux échantillons de tissus variés et des cuirs ouvrés qui s'y sont rencontrés, métallifiés à la surface de différentes pièces du chariot et à celle de la plupart des autres objets renfermés avec lui dans cette sépulture ».

de précurseurs dans une conception linéaire de la science, ni enfin de l'anecdote érudite enrichissant la discipline. Notre perspective est de considérer que comprendre l'histoire d'une question scientifique aide aussi à mieux comprendre sa structure actuelle. Le cas échéant, cela peut même aider à reformuler cette question ou à en inventer les prolongements, en rappelant que si les objets étudiés par la chimie des matériaux anciens sont plongés dans un processus historique, c'est aussi le cas des méthodes, des concepts et des discours des scientifiques qui les étudient [12]. En partant de questions vives de la recherche, il semble ainsi possible, par une démarche régressive, de mettre en évidence l'intérêt de sources et de configurations anciennes du savoir.

Identifier les restes textiles comme objet d'étude

En dehors des témoignages textuels ou iconographiques, les fragments minéralisés sont souvent le seul moyen d'accéder à des informations sur des textiles vieux de plusieurs siècles, et parfois bien davantage [3, 13, 14]. Ils préservent une grande quantité d'informations sur le tissage, les productions matérielles, les rituels, l'habillement et les usages d'époques anciennes, même si leur conservation n'a pas toujours été

considérée comme prioritaire au cours des fouilles archéologiques [15]. Ces vestiges peuvent facilement passer inaperçus ou ne pas être estimés significatifs au cours de l'analyse, puisqu'ils sont généralement associés à des artefacts métalliques qui concentrent l'attention de manière prioritaire. Pendant longtemps, la présence de ces textiles minéralisés a donc été négligée (figure 3). Il a fallu un processus socio-historique spécifique pour que ces textiles soient repérés, interprétés et préservés, aussi bien du point de vue de l'histoire, de l'archéologie et de la restauration, que de celui d'une chimie attentive aux processus historiques. L'histoire de ce processus est en un sens l'histoire d'une évolution de l'identification d'un objet de recherche.

Dès les années 1730, Cromwell Mortimer (1700 ?-1752) rendait compte, dans un manuscrit publié en 1793 par James Douglas au sein de sa *Nenia Britannica* [16], de fouilles de tumulus funéraires au cours desquelles il relevait des fragments de fer dont l'oxydation portait « *l'empreinte (impression) de fils de lin grossier* », sans plus de détails. Douglas ajoutait une douzaine d'autres références au même phénomène, qui acquérait dès lors le statut de signal et devenait un indice d'interprétation des pratiques funéraires anciennes. Il remarquait aussi les différences de conservation, qui permettaient plus ou moins

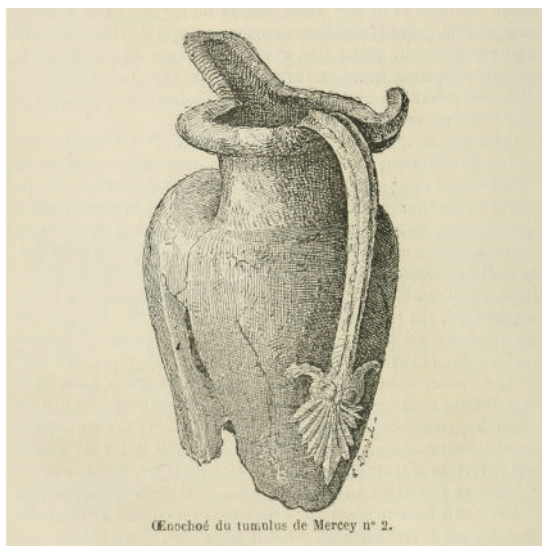
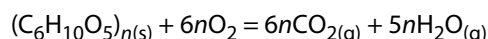
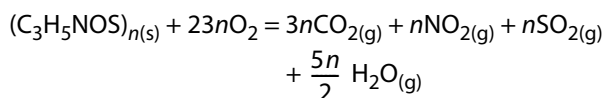


Figure 3 - (Gauche) Représentation de l'Enoché du tumulus de Mercey n° 2 (Mercey-sur-Saône, Haute-Saône) publiée par Étienne Perron dans la *Revue archéologique* en 1882. Perron relève qu'elle « avait été enveloppée dans un tissu de laine dont quelques lambeaux, encore souples, y adhéraient » (on notera l'usage de l'imparfait). Il en présente d'ailleurs une reproduction agrandie. (Droite) Détail du cratère en bronze (530 av. J.-C.) de la tombe princière de Vix (Côte-d'Or). La tombe à char fut découverte en janvier 1953 et contenait un très riche mobilier préservé dans des conditions exceptionnelles. Le mobilier métallique de la sépulture devait être recouvert de restes textiles, qui n'ont pas survécu au dégagement des objets, à leur restauration et préparation pour être exposés. Musée du Pays Châtillonnais - Trésor de Vix. Inv. 957.1.1. © GrandPalaisRMN/Mathieu Rabeau.

l'identification de la nature de la fibre textile, soie, lin ou laine. Dans certains cas, il suivait même un véritable protocole scientifique d'enquête, par exemple en brûlant des fibres du tissu préservé pour permettre l'identification de son origine végétale ou animale, en fonction de l'apparence de la combustion, notamment son odeur, amorçant une forme d'analyse chimique destructive. La combustion complète des polysaccharides des fibres végétales conduit en effet à la formation d'eau et de dioxyde de carbone selon la réaction modèle de combustion de la cellulose :



Par ailleurs, du dioxyde d'azote et du dioxyde de soufre sont également formés lors de la combustion des fibres animales comme modélisé par la réaction de combustion d'un polypeptide formé de l'acide aminé cystéine :



Au fil du temps, la détection de ces différents produits de combustion s'est perfectionnée. Le nez a d'abord permis de distinguer les fibres végétales des fibres animales libérant des composés odorants soufrés caractéristiques (SO₂, thiols, etc.). Aujourd'hui, les détecteurs modernes chimiques (titrages, etc.) ou physiques (spectroscopie atomique, spectrométrie de masse, etc.) sont en mesure de quantifier les éléments présents dans un échantillon organique décomposé par combustion. L'odorat puis l'analyse élémentaire dite « CHNSO » ont permis et permettent encore de remonter à l'origine animale ou végétale des textiles archéologiques. Cet intérêt pour les textiles minéralisés, également illustré à la même époque par les recherches de Bryan Faussett, menées entre 1757 et 1773, mais dont la publication date seulement de 1856, ne se limitait pas au monde britannique [17]. En 1841, Arcisse de Caumont, auteur prolifique à l'origine de la Société Française d'Archéologie et souvent identifié comme l'un des

fondateurs de l'archéologie médiévale française, étudia lui aussi des textiles minéralisés, décrits à partir du lexique de l'impression et de l'empreinte, et de celui de l'adhésion et de l'adhérence [18].

Dès la fin du XVIII^e siècle, le lien entre préservation des restes textiles et présence de métal fut mis en avant. James Douglas remarqua que le « cuivre ou d'autres métaux, mais tout particulièrement ce premier » conservaient les « substances animales » [16]. En 1841, en Suisse, Frédéric Troyon fit lui aussi le rapprochement entre métal et restes textiles, et décrit des « fils protégés par les matières métalliques dont ils étaient entourés » [19]. Cette protection par des produits de corrosion s'explique chimiquement par le « stress oxydant » que les cations métalliques (Cu²⁺, Fe²⁺, etc.) causent indirectement aux micro-organismes responsables de la dégradation des polymères organiques des fibres *via* la génération d'espèces réactives de l'oxygène (réaction de Fenton).

En outre, à partir du XIX^e siècle, les textiles minéralisés ne firent plus seulement l'objet de mentions ponctuelles et isolées, mais s'insèrent dans un réseau de références partagées et de citations réciproques. Un des exemples les plus frappants de l'échange d'informations autour des textiles minéralisés est probablement la comparaison de l'abbé Cochet, entre les différents restes textiles retrouvés en Europe : « À Londinières, j'ai trouvé des tissus de laine sur la lame d'une lance et deux fibules de bronze encore enveloppées de toile de lin ou de chanvre. Ce que j'ai constaté à Londinières, à Envermeu, et dans toute la vallée de l'Eaulne, MM. Rolfe, Wylie, Neville, Akerman et Roach Smith l'ont observé également sur les Anglo-Saxons, M. Troyon sur les Helvètes, M. Baudot sur les Burgondes, et MM. Houben et Lindenschmit sur les Francs ripuaires » [20].

Ainsi, entre le XVIII^e et le XIX^e siècle, les notions rattachées aux textiles minéralisés, qui oscillaient entre sciences naturelles et sciences humaines, se répandirent à travers l'Europe et s'intégrèrent progressivement à l'archéologie en cours de disciplinarisation.

Encadré 2

There was found of late
Yeres fyns Spere Heddes,
Axis for Warre, and Swerdes
of Coper wrappid up in lynid

« Ont été trouvées ces dernières années des pointes de lance, des haches de guerre et des épées de cuivre enveloppées dans du lin peu endommagé, près du Mont, dans la paroisse de St Hilary, où l'on extrait l'étain. » (John Leland, 1540)

Des références dès le xvi^e siècle

Mais certains textes encore plus anciens éclairent ce corpus sous une autre lumière, même s'il s'agit de références plus ambiguës. La plus ancienne que nous ayons identifiée, qui date de 1540, se rencontre sous la plume de John Leland, humaniste et l'un des premiers *antiquaires* britanniques [21], avant de faire l'objet de nombreuses reprises, à propos d'objets en cuivre découverts emballés dans du lin (encadré 2) [22]. À près de cinq siècles de distance, on mesure cependant la difficulté évidente de saisir la signification du vocabulaire ancien d'un texte de quelques lignes, qui ne renvoie pas à une désignation physico-chimique, et participe également de

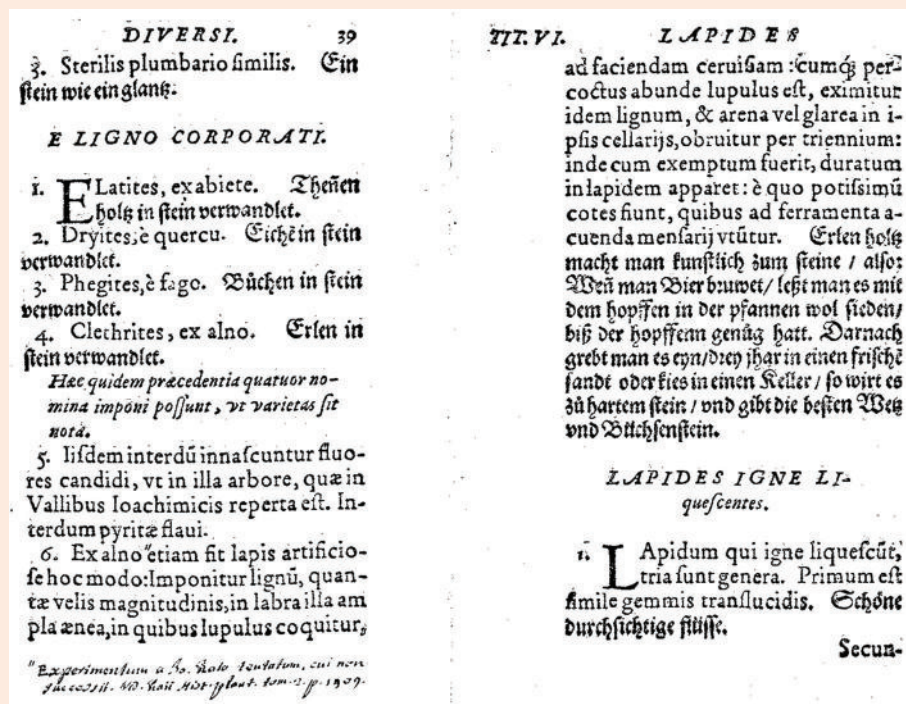
modifications de perception et d'erreurs d'identification. On mesure surtout la variabilité du statut même des savoirs scientifiques dans la longue durée. Ainsi, James Douglas, à la fin du xviii^e siècle, rapprochait les mécanismes de préservation des matériaux organiques, qu'il s'agisse de textile, de cuir, ou d'un corps humain... En réalisant lui-même des eaux-fortes extrêmement détaillées qui l'inscrivaient dans un nouveau régime épistémologique, et pour lesquelles il avait acquis une notoriété spécifique en tant qu'ingénieur militaire et topographe, Douglas empruntait le vocabulaire graphique utilisé pour représenter les matériaux géologiques en le croisant à celui de l'archéologie, offrant une nouvelle manière d'envisager la préservation d'un textile [16]. L'hyper-réalisme avec lequel il donne à voir les restes textiles recouvrant certaines pièces d'armement se démarque résolument des représentations contemporaines du matériel archéologique, et pose la question des origines physico-chimiques de la minéralisation, en faisant écho aux représentations des minéralogistes (figure 4). On peut inscrire ce rôle épistémologique de l'image dans un processus qui s'appuie sur le rapport médiéval entre image et vérité [23] et qui débute à la Renaissance, avec la cartographie ou le dessin anatomique [24]. La connaissance produite par l'image précède la théorisation explicite, ici comme dans d'autres cas comme celui du paysage et de la représentation naturaliste [25]. Dans les années 1960, Biek apportera une rupture similaire, qui pourrait prolonger la réflexion de longue durée sur imagerie et épistémologie, en exposant tout aussi crûment de nombreuses images de microscopie électronique de systèmes minéralisés collectés



Figure 4 - Dessins tirés de *Nenia Britannica* de James Douglas montrant des représentations très détaillées de textiles minéralisés à la surface d'objets archéologiques. (Gauche) Planche 3 ; (droite) vue rapprochée de l'artefact 1 de la planche 3, décrit comme une lance avec des « impressions d'un tissu de lin grossier ». Bibliothèque de l'Institut national d'histoire de l'art, collection Jacques Doucet, Fol Res 351. © INHA.

La recette de Johann Kentmann pour fabriquer de la pierre artificielle

« [Latin :] On fabrique aussi artificiellement de la pierre à partir de l'aulne de cette façon : un morceau de bois, aussi grand que souhaité, est placé dans ces amples cuves de cuivre dans lesquelles on cuit le houblon pour faire de la bière : quand le houblon a été bouilli en abondance, le même bois est retiré, et recouvert par du sable ou du gravier dans les caves-mêmes, pendant trois ans : alors, une fois retiré, il apparait durci en pierre : et de cela on fait les plus puissantes roches, que les maîtres d'hôtel utilisent pour aiguiser leurs outils en fer. [Haut allemand :] Le bois d'aulne est transformé artificiellement en pierre : quand on brasse de la bière, on le fait bouillir en abondance avec le houblon dans la marmite jusqu'à ce que le houblon soit prêt. Ensuite, on le place pendant un à trois ans dans du sable frais ou dans du gravier dans une cave, ce qui le transforme en pierre dure et donne les meilleures pierres à aiguiser et silex. »



lors de fouilles de nombreux sites anglais de l'Âge du Fer par le *Historical Monument Laboratory*. Il met ainsi en valeur la complexité des matériaux formés, signature de l'influence des micro-environnements des sites archéologiques sur la minéralisation prenant place à l'échelle locale.

Une histoire de pétrification

Ce faisant, Douglas s'inscrivait lui aussi dans un héritage plus ancien, puisque dès le xvi^e siècle, le problème des mécanismes physiques et chimiques de pétrification a été posé pour comprendre la genèse des fossiles, qui constitua l'un des points de repère pour penser la minéralisation des textiles aux époques anciennes. C'est ainsi qu'en 1565, l'allemand Johannes Kentmann s'interrogeait sur la pétrification du bois et décrivait une opération qui permettait de reproduire artificiellement un processus de minéralisation du bois (encadré 3) [26]. L'« expérience », à la fois succincte mais précisément décrite en plusieurs étapes, surprend par son caractère singulier au sein des écrits de l'auteur. Il est possible d'établir un lien entre cette expérience historique et le mécanisme moderne de minéralisation des fibres végétales (encadré 1). Les plantes, particulièrement le houblon, contiennent du silicium qu'il est possible d'extraire sous la forme de silicates $H_xSiO_4^{(4-x)}$ dissous en milieu aqueux basique et à chaud [27]. Kentmann a utilisé le houblon bouilli dans de l'eau comme source de silicates tandis que, dans l'environnement d'enfouissement des textiles archéologiques, ces silicates proviennent de

l'hydrolyse de la silice SiO_2 présente dans les sols. L'eau étant un bon solvant de la cellulose, les solutions de silicates peuvent pénétrer le bois d'aulne utilisé par Kentmann ou les fibres textiles. Ces silicates emprisonnés dans les végétaux peuvent finalement se condenser pour former un gel pouvant évoluer vers un solide plus dense, comparable à une pierre, avec le temps (trois ans pour l'expérience de Kentmann contre des milliers d'années pour certains textiles archéologiques, et bien plus pour certains bois fossiles). Dans les bois fossiles, à l'échelle macroscopique, cette condensation graduelle se traduit par la formation de silice amorphe (opales) ou de quartz microcristallin (calcédoines). Ce qui semble compter pour Kentmann est la production de l'objet plutôt que la reproduction contrôlée d'un processus, selon une culture artisanale classique, renouvelée aujourd'hui par des travaux récents de chimie « paléo-inspirée » [28]. Cependant, en remplaçant l'arbre par une branche d'aulne, le sol ou l'eau siliceuse par du sable, etc., Kentmann proposait une séquence qui frappe par sa précocité à abstraire d'une situation complexe une démarche proposant un mécanisme modèle en plusieurs étapes. Cette « expérience » a été reprise et popularisée par de nombreux textes à la suite de Kentmann, en particulier par Baier au début du $xviii^e$ siècle, qui décrivit lui aussi les processus de pétrification d'une manière approfondie. Baier donna la première interprétation physico-chimique du processus, qu'il appelle « *transmutation* » [29]. Ce terme signe à quel point l'approche scientifique propre à la géologie des Lumières plongeait ses racines dans un système conceptuel

qui empruntait à l'alchimie, fournissant un cadre approprié à penser des transformations comme celle transgressant la frontière entre végétal et minéral, avec une fascination pour ce que nous appellerions aujourd'hui la « morphogénèse » très présente dans les cabinets de curiosité [30]. De même que l'alchimie ne voisinait pas seulement avec la chimie au Moyen Âge et la Renaissance [31], mais continua à fournir des concepts à l'époque du tournant scientifique du XVII^e-XVIII^e siècle, l'expérience scientifique, telle qu'elle se structurait à cette même époque, se nourrissait de multiples formes de pratiques. Parmi elles, celle des « recettes », au sens médiéval, qui traversait tout le monde artisanal ou médical, joua un rôle essentiel : il s'agissait de descriptions pratiques visant à la production d'un résultat qui relevait d'un processus chimique (la production d'un pigment, d'un onguent, etc.) dont la stabilité et la réitérabilité étaient des critères essentiels. Si les travaux anciens semblent relever d'une conception de la pratique plus que d'une conception de la théorie de la matière, on retrouve là encore les échos avec la chimie contemporaine. Les synthèses récentes utilisant (de nouveau) des matériaux biosourcés montrent la difficulté d'obtenir des résultats reproductibles, tant les matériaux d'origine peuvent présenter des différences de composition, de microstructure, etc. et donc de réactivité. Il s'agissait donc, ce faisant, de classer sables, argiles, minéraux, mais aussi eaux, plantes, en fonction de leur capacité à produire des résultats reproductibles, aboutissant à une segmentation du monde chimique parfois éloignée de nos divisions contemporaines, les réactifs emportant avec eux l'impact de leur origine spécifique, géologique ou biologique. La question de la pétrification, en lien

étroit avec les textiles minéralisés, dévoile ainsi au passage une autre généalogie de l'expérimentation qui contribue à notre réflexion d'ensemble sur la manière dont la chimie de la minéralisation des textiles gagne à être inscrite dans la longue durée.

Aux frontières de la minéralogie

En effet, cet entrelacement des processus chimiques et des processus archéologiques dans un emboîtement de durées qui vont des temps géologiques jusqu'aux temps historiques constitue une originalité puissante de cette pensée du XVIII^e siècle, largement effacé par la disciplinarisation du XIX^e siècle [32], mais qui reste active à l'arrière-plan de la problématique des textiles minéralisés. On comprend mieux comment ce qui relevait d'un parasitage a pu devenir un signal, dans une perspective archéologique mais aussi chimique, et engendrer, au cours du XX^e siècle, un certain nombre d'analyses de mécanismes chimiques, mais aussi un certain nombre de notions, comme le pseudomorphisme cher à René Just Haüy [33], élève de Louis Daubenton au Jardin des Plantes, ce dernier lui-même auteur d'un ouvrage pionnier sur les pétrifications (*figure 5*) [34].

La proximité ancienne entre minéralisation et pétrification est aussi riche d'enseignement sur un contexte où la frontière entre chimie organique et chimie minérale, voire biologie, n'était pas institutionnalisée : de ce point de vue également, une plongée dans les origines de cette problématisation éclaire la chimie contemporaine. L'émergence et la stabilisation de la notion de « textiles minéralisés » dans la littérature

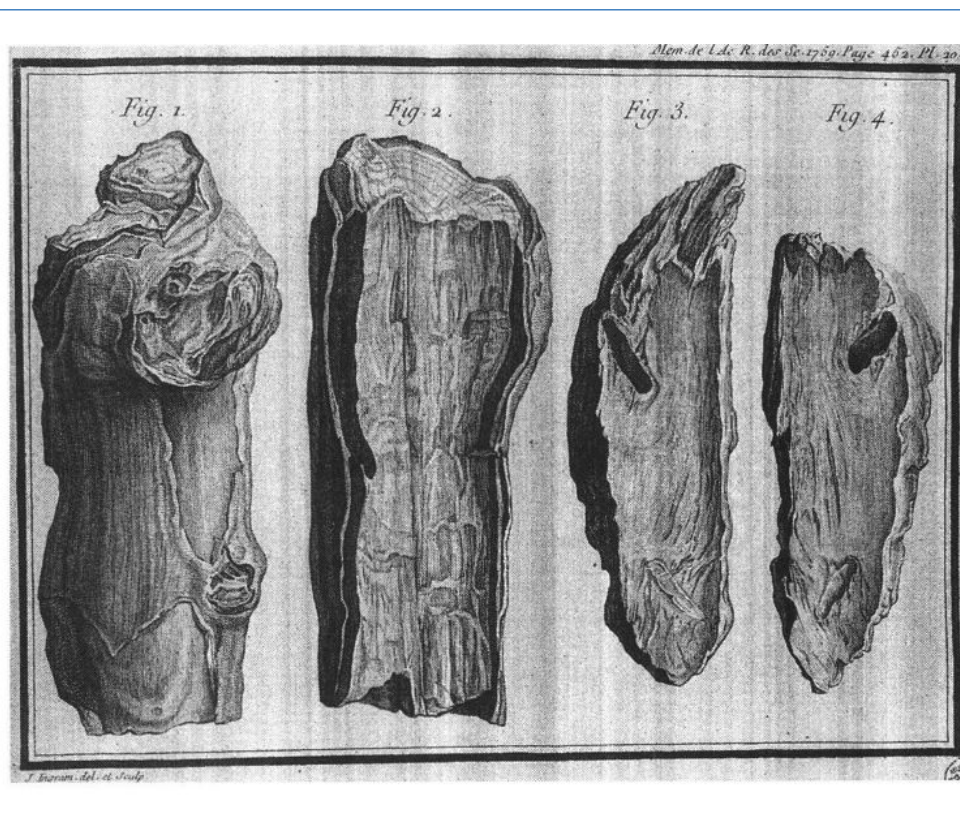


Figure 5 - Louis Daubenton est l'auteur de la 10^e leçon d'histoire naturelle donnée le 2 germinal an III à l'École normale sur les pétrifications. Son texte commence par la note suivante par laquelle il tient à prendre ses distances avec les modes de description précédents : « La pétrification n'est pas un changement de nature, comme la transmutation des métaux que les alchimistes recherchent en vain depuis longtemps. Une substance végétale, ou la chair d'un animal changée réellement en pierre, serait une plus grande merveille que du plomb changé en or, parce qu'il y a bien moins d'analogie entre une plante et une pierre, qu'entre des métaux de différents genres. La pétrification est moins mystérieuse, je crois pouvoir l'expliquer fort simplement, en la réduisant à ses justes limites. ». La figure montre l'illustration choisie par Daubenton, extraite du *Mémoire sur les bois pétrifiés* de Auguste-Denis Fougeroux de Bondaroy (*Histoire de l'Académie des sciences*, 1759, p. 430-452). © Bibliothèque centrale du MNHN.

récente est en ce sens hautement significative : elle articule explicitement non seulement l'organique et le minéral, mais aussi les sciences humaines et les sciences naturelles, d'une manière qui renoue avec la construction ancienne du problème scientifique posé par ces artefacts. La notion s'élabore ainsi à partir de schèmes caractéristiques de la pensée de la fin du Moyen Âge et de la Renaissance, aux confins de la chimie, de l'alchimie et du cadre de la théologie chrétienne, reformulés au cours du processus d'élaboration de la chimie comme discipline scientifique moderne. On retrouve ainsi le lointain héritage du lexique de l'empreinte et de l'impression, du signe, du symbole et du modèle, qui renvoient à une conception de la ressemblance, de la similitude et de l'image qui sont nourries par l'anthropologie chrétienne de la création et de l'engendrement [35]. On constate, par-delà les effets de discontinuité liés aux ruptures épistémologiques, des formes de transmission et de traduction des concepts dans la longue durée, qu'on pourrait rapprocher des mécanismes de *path dependence* étudiés par les sociologues et les économistes : une configuration intellectuelle et matérielle donnée au départ tend à jouer un rôle déterminant dans l'histoire d'un problème ou d'un dispositif (en l'occurrence, la problématique contemporaine des textiles minéralisés qui est en partie déterminée par la compréhension ancienne du phénomène, pourtant invisibilisée au XIX^e siècle). Plus encore, les terrains de recherche confrontant explicitement la chimie, comme la biologie ou la physique, à l'histoire révèlent plus largement leur fécondité en rappelant l'importance de la temporalité dans les sciences de la nature, souvent mise de côté au profit de conditions idéales, voire idéalisées de composition, d'expérience ou de réaction qui font abstraction non seulement du passé des matériaux étudiés, mais du caractère déterminant du flux temporel dans des processus d'altération qui ne peuvent être qu'historiques, à tous les sens du terme.

Les auteurs remercient vivement Clémence Iacconi (Laboratoire PPSM, Université Paris-Saclay) et Elsa Desplanques (Centre André Chastel, Sorbonne Université) pour leurs conseils.

- [1] Pour une introduction, voir par exemple M.-A. Selosse, *L'origine du monde. Une histoire naturelle du sol à l'intention de ceux qui le piétinent*, Actes Sud, 2021.
- [2] C. Reynaud *et al.*, In-place molecular preservation of cellulose in 5000-year-old archaeological textiles, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 2020, 117(33), p. 19670-76.
- [3] K. Grömer, *The Art of Prehistoric Textile Making: The Development of Craft Traditions and Clothing in Central Europe*, Naturhistorisches Museum Wien, 2016.
- [4] L. Biek, *Archaeology and the microscope. The scientific examination of archaeological evidence*, Hassel, 1963.
- [5] C. Iacconi *et al.*, Virtual technical analysis of archaeological textiles by synchrotron microtomography, *J. Archaeol. Sci.*, 2023, 149, p. 105686.
- [6] C. Iacconi *et al.*, Archaeological mineralised textiles from the Iron Age tumulus of Creney-le-Paradis support its elite status, *Antiquity* (sous presse).
- [7] E. Desplanques, Protohistoric metal-urn cremation burials (1400-100 BC): a pan-European phenomenon, *Antiquity*, 2022, 96(389), p. 1162-78.
- [8] E. Perron, La motte d'Apremont (Haute-Saône), in : E. Cartailhac (éd.), *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme*, 15^e volume, 2^e série, tome XI, Ch. Reinwald, libraire, 1880, p. 337-359.
- [9] H. Masurel, Étude comparative des vestiges textiles de la Motte d'Apremont (Haute-Saône) et de ceux provenant du site éponyme de Hallstatt, in : L. Bonnamour, A. D. et J.-P. Guillaumet (éd.), *Les Âges du Fer dans la vallée de la Saône (VI^e au I^{er} siècle avant notre ère). Paléoméallurgie du bronze à l'Âge du Fer, Suppléments à la Revue archéologique de l'Est*, ARTEHIS Éditions, 1985, p. 35-43.
- [10] V. Sylwan, Silk from the Yin dynasty, *Mus. Far East. Antiquities (Östasiatiska Samlingarna) Bull.*, 1937, 9, p. 119-126.
- [11] A. Chave, C. Reynaud, É. Anheim, C. Iacconi, L. Bertrand, Studying archaeological mineralised textiles. A perspective from sixteenth to nineteenth century scholars, *J. Cult. Heritage*, 2024, 66, p. 304-315.

- [12] É. Anheim, L. Saussus, C. Rideau-Kikuchi, Des choses et des mots : écarts sémantiques, problèmes méthodologiques, in *id.* : Les choses et les mots : dire, penser, analyser la matérialité, *Technè*, 2024, 57, p. 5-9.
- [13] C. Moulherat, M. Tengberg, J.-F. Haquet, B. Mille, First evidence of cotton at Neolithic Mehrgarh, Pakistan: analysis of mineralized fibres from a copper bead, *J. Archaeol. Sci.*, 2002, 29(12), p. 1393-1401.
- [14] A. Thomas, C. Moulherat, Les fondations mésopotamiennes, conservatoire pour l'étude des textiles, *Technè*, 2015, 41, p. 9-18.
- [15] E. Andersson Strand *et al.*, Old textiles – new possibilities, *Eur. J. Archaeol.*, 2010, 13(2), p. 149-173.
- [16] J. Douglas, *Nenia Britannica: Or a sepulchral history of Great Britain: from the earliest period to its general conversion to christianity*, John Nichols, 1793.
- [17] B. Faussett, *Inventorium sepulchrale: an account of some antiquities dug up at Gilton, Kingston, Sibertswold, Barfriston, Beakesbourne, Chartham, and Crundale, in the county of Kent, from A.D. 1757 to A.D. 1773*, 1856.
- [18] A. de Caumont, *Cours d'Antiquités monumentales, professé à Caen en 1830. Histoire de l'art dans l'ouest de la France*, vol. 6, Derache, 1841.
- [19] F. Troyon, *Description des tombeaux de Bel-Air près Cheseaux sur Lausanne*, Imprimerie librairie de Marc Ducloux, 1841.
- [20] J.B.D. Cochet, *La Normandie souterraine ; ou, Notices sur des cimetières romains et des cimetières francs explorés en Normandie*, Lebrument libraire-éditeur, 1854.
- [21] A. Schnapp, *La conquête du passé : aux origines de l'archéologie*, Éditions Carré, 1993.
- [22] J. Leland, *The itinerary of John Leland the Antiquary*, vol. 3, Bodleian Library, Thomas Hearne, 1711.
- [23] E. Anheim, La vérité de la représentation. L'art italien et ses récits à la fin du Moyen Âge, in : J.-P. Genet (éd.), *La vérité. Vérité et crédibilité : construire la vérité dans le système de communication de l'Occident (XVII^e-XVIII^e s.)*, Éditions de la Sorbonne, 2015, p. 223-236.
- [24] R. Mandressi, Du corps et du monde : anatomie et cartographie au XVI^e siècle, *La Géographie*, 2017, 1, p. 38-41.
- [25] P. Descola, *Les Formes du visible : Une anthropologie de la figuration*, Éditions du Seuil, 2021.
- [26] J. Kentmann, Nomenclaturae Rerum fossilium, que in Misnia praecipue, & in alijs quoque regionibus inveniuntur, in : *De omni rerum fossilium genere, gemmis, lapidibus metallis, et huiusmodi libri aliquot, plerique nunc primum editi*, in : *Complutense University of Madrid*, vol. 6(1), 1565.
- [27] N. Setyawan, S. Yuliani, Synthesis of silica from rice husk by sol-gel method, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2021, 733, p. 012149.
- [28] L. Bertrand, C. Gervais, A. Masic, L. Robbiola, Paleo-inspired systems: durability, sustainability and remarkable properties, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2018, 57(25), p. 7288-95.
- [29] J.J. Baier, J.W. Baier, J.G. Puschner, W. Michahelles, in : *Joh. Jacobi Bajeri, philos. et med. d. hujusque in Acad. Altdorf. Prof. Publ. illustr. reip. norimb. physici [Oryktographia] Norica, sive, Rerum fossilium et ad minerale regnum pertinentium: In territorio Norimbergensi ejusque vicinia observatarum succincta description: cum iconibus lapidum figuratarum fere ducentis, Impensis Wolfgangi Michahellis, bibliopolae*, 1708.
- [30] J. Delbourgo, Divers things: collecting the world under water, *Hist. Sci.*, 2011, 49(2), p. 149-185.
- [31] R. Halleux, La littérature géologique française de 1500 à 1650 dans son contexte européen, *Rev. Hist. Sci. Paris*, 1982, 35(2), p. 111-130.
- [32] S. Van Damme, Un ancien régime des sciences et des savoirs, *Histoire des sciences et des savoirs*, vol. 1, Le Seuil, 2015, p. 19-40.
- [33] R.J. Haiüy, *Traité de minéralogie*, vol. 1, Chez Louis, libraire, 1801.
- [34] L.J.-M. Daubenton, Dixième leçon - Sur les pétrifications, in : *Leçons de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle*; Haiüy - Berthollet - Daubenton, in : *L'École normale de l'an III*, Éditions Rue d'Ulm, 2006, p. 393.
- [35] G. Didi-Huberman, *La ressemblance par contact. Archéologie, anachronisme et modernité de l'empreinte*, Éditions de Minuit, 2008.

Loïc BERTRAND^{1*}, directeur de recherche, Agathe CHAVE², doctorante, Corentin REYNAUD¹, agrégé préparateur, et Étienne ANHEIM³, directeur d'études.

¹Laboratoire Photophysique et photochimie supramoléculaires et macromoléculaires (PPSM), CNRS-ENS, Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette.

²Laboratoire IBENS, ENS-Université PSL, Paris.

³École des hautes études en sciences sociales, EHESS, Paris.

*loic.bertrand@ens-paris-saclay.fr