Expérimentation et techniques en préhistoire
La démarche expérimentale

Sylvie Beyries
Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM

L'expérimentation des techniques a offert un accès exceptionnel aux sociétés préhistoriques en donnant à voir des comportements et des pratiques aujourd'hui disparus. Le développement des centres de médiations culturelles répond à cette attente du public et des enseignants et offre souvent des possibilités de développement de travaux qui s'articulent précisément avec des problématiques archéologiques. Toutefois, répondre à ces dernières, demande un cadrage rigoureux.

Dans les années 70, le processualisme est un courant de pensée qui s'est construit en opposition avec une conception totalement évolutionniste de l'histoire des sociétés. Selon cette nouvelle approche, l'archéologie ne se limite plus seulement à décrire des éléments ou assemblages matériels mais s'intéresse, au même titre que l'anthropologie, aux processus sociaux, religieux, culturels ou techniques qui caractérisent les sociétés du passé. L'analyse de ces processus doit aussi permettre aux archéologues d'identifier des lois universelles permettant d'appréhender les comportements. C'est l'essor d'une archéologie naturaliste tournée vers les sciences de l'environnement mais aussi, ce qui est nouveau, une démarche dédiée aux processus qui sous-tendent les systèmes socioculturels comme ceux liés à la fabrication des objets, aux choix économiques ou aux changements culturels et techniques. . . . L'approche des phénomènes du passé devient systémique, anthropologique.

Partant du fait social total* défini par Marcel Mauss, on voit se développer à la suite de Robert Creswell, un courant d'anthropologie sociale autour des techniques auquel vont rapidement adhérer les archéologues culturalistes. Il est alors admis que les procédés techniques sont, pour l'essentiel, le reflet des organisations sociales ; la technique va donc se retrouver au cœur de l'étude des cultures matérielles en préhistoire. En s'interrogeant sur les moyens d'accéder à la compréhension des procédés tech-

niques, l'expérimentation apparait comme un outil puissant permettant, quel que soit le domaine étudié, outillages osseux, lithique, céramique, technique de chasse, métal, feu... de retrouver des gestes techniques et d'en interpréter le sens.

Jusqu'au début des années 80, une grande partie des expérimentateurs était plutôt tournée vers une démarche réplicative ; on cherchait à reproduire des pièces morphologiquement identiques aux artefacts archéologiques. Cette approche, bien illustrée par François Bordes, fait écho à une conception de l'étude des outils principalement fondée sur la typologie.

1 Qu'est-ce qu'une expérimentation ?

De manière générale et depuis bien longtemps, l'observation et l'expérimentation sont deux outils essentiels à l'avancement des sciences dans de nombreuses disciplines. Trois étapes doivent être considérées.

L'observation scientifique permet d'acquérir une première connaissance des phénomènes, de poser des hypothèses. Elle est précédée par des questionnements qui guident l'observation [1].

L'expérience est un essai qui a pour objectif de tester les hypothèses émises à la suite de l'observation ; il s'agit de préciser, d'amender les hypothèses, de reformuler les questions....

L'expérimentation se fonde sur l'emploi systématique et raisonné de l'expérience en créant artificiellement des conditions d'observation pour isoler un phénomène ; elle permet d'établir des modèles.

Expérimenter c'est donc provoquer un phénomène dans des conditions bien définies, modifier des paramètres en les contrôlant puis en observer les conséquences. L'expérimentation est donc, avant toute chose, l'objet d'une planification très stricte qui conduit à la mise au point d'un protocole expérimental.

2 Le protocole expérimental

La construction d'un protocole expérimental constitue la pierre angulaire de la méthode. Il doit donc faire l'objet d'une réflexion rigoureuse et approfondie :

1. Définir le ou les buts de l'expérience ainsi que les conditions de sa réalisation ;
2. Définir le ou des paramètres dont on désire étudier l'influence ;
3. Définir les unités expérimentales que l'on se propose d'observer ;
4. Définir les modalités de collecte des observations ;
5. Définir le dispositif expérimental à mettre en œuvre ;
6. Définir les modalités relatives à l'analyse des résultats ;

1. « Déjà l'observation a besoin d'un corps de précautions qui conduisent à réfléchir avant de regarder, qui réforment du moins la première vision, de sorte que ce n'est jamais la première observation qui est la bonne. » G. Bachelard *Le nouvel esprit scientifique*

7. Un protocole expérimental doit toujours prendre la forme d'un document écrit, expliquant et argumentant toutes les étapes de la démarche ; Les réponses apportées à chacune de ces étapes doivent être justifiées.

Pour résumer le cheminement est le suivant : Questionnement – Hypothèses à tester – Expériences – Nouvelles hypothèses... La démarche passe par des étapes très concrètes qui sont : planification des expériences – réalisation – analyse des données collectées – interprétation des résultats avec régulièrement et en fonction des avancées intermédiaires des reformulations régulières des questionnements.

3 Définition des objectifs

Un effort essentiel doit donc être porté sur l'objectif d'une expérience puisque cette étape est l'élément central du protocole expérimental. Définir un objectif clair demande un minimum de connaissances sur le domaine exploré ; le niveau de connaissances nécessaire dépend du type d'expérimentation que l'on souhaite mettre en place.

Ces connaissances peuvent être acquises à travers un travail bibliographique analytique, ne conduisant pas à une énumération de références, mais à une synthèse de conclusions, amenant à formuler, préciser des hypothèses ou des questions auxquelles des réponses doivent être apportées. Ces connaissances peuvent aussi être le résultat d'expériences et/ou d'observations préliminaires ou antérieures.

Ce stade de la recherche est fondamental, car tout enrichissement préalable des connaissances permet de mieux organiser, préciser et optimiser l'expérience et/ou le programme expérimental. Ceci est particulièrement important pour les recherches coûteuses ou difficiles à mettre en place.

Encart 1.- Les cultures expérimentales des céréales et les origines de l'agriculture au Proche-Orient

George Willcox
CNRS-UMR 5133-ARCHEORIENT

Les cultures expérimentales à Jàlès (Ardèche) ont commencé en 1985 à l'impulsion de P. Anderson, J. Cauvin et G. Hillman. Une des problématiques abordées, était de tester l'hypothèse selon laquelle il aurait suffi de moins de 200 ans ou même de quelques années de culture des céréales sauvages pour arriver à une population ayant perdu la capacité de disperser les épillets, ce qui caractérise les populations des céréales morphologiquement domestiquées (Hillman et Davies 1990, Zohary 1969). En revanche, cette capacité est essentielle dans la nature.



Figure 1 : Automne 1985, le début des cultures expérimentales à Jalès. À droite, P. Anderson, à sa gauche D. Stordeur et M.-C. Nierlé. G. Willcox est en arrière-plan, en train de s'occuper des ensemencements.

Cette problématique est cruciale pour les origines de l'agriculture au Proche-Orient, puisque si ces hypothèses sont admises, les traits de la domestication auraient été apparus presqu'en même temps que le début de la mise en culture des populations sauvages.

Les semences d'engrain sauvage ont été recueillies en Anatolie de l'Est dans la région de Karaçadag, à une altitude de 600 mètres, par P. Anderson (1999) en 1988. Cette population était bien adaptée au climat de l'Ardèche méridionale, puisque les cultures se sont épanouies.

Au lieu d'attendre l'arrivée d'une population domestique, nous avons utilisé la méthode de Hillman et Davies pour calculer des coefficients de sélection en faveur des plantes mutantes ayant perdu leur capacité de dispersion, avec une fréquence arbitraire de 0.1 %, soit 20 plantes dans une population de 20 000. Selon les études génétiques une mutation devrait apparaître tous les 2-4 millions de plantes. Cependant, les chercheurs n'ont jamais observé cette mutation dans les populations sauvages puisqu'elle est imperceptible ; c'est une des raisons pour lesquelles la sélection aurait été inconsciente et non consciente pour les premiers cultivateurs.

Les épillets vêtus ont été semés à la volée sur huit parcelles où différentes techniques de récolte ont été réalisées : par secouement des plantes avec bâton et panier, par simple déracinement, avec faucille, et par cueillette des épillets à la main. Pour chaque parcelle une récolte précoce et une récolte à maturité a été pratiquée et l'humidité des grains mesurés. A partir des moissons, les ratios entre les épillets récoltés, les épillets perdus (disséminés spontanément) que nous avons ramassé au sol et les épillets conservés pour les semailles de la génération suivante ont été obtenus afin d'estimer les coefficients de sélection. Pour vérifier la viabilité des ensemencements futurs, les tests de germination ont été réalisés, ce qui a donné des résultats positifs même pour les moissons précoces au stade vert.

Observations à partir de cultures expérimentales, un apprentissage plutôt que des affirmations.

Les résultats ont été publiés (Willcox 1992, 1999, 2007). La récolte précoce réduit la perte puisque le mécanisme de dispersion n'est pas déclenché. La récolte tardive

provoque la déhiscence naturelle, mais cet ensemencement spontané résulte en des germinations, même si les champs sont travaillés, et donne une récolte signifiante avec des plantes de type 100 % sauvage. Ce processus n'a pas été pris en compte dans le model de Hillman et Davies (1990).

L'utilisation des faucilles en silex, répliques de celles trouvées dans les villages néolithiques, est la technique la plus efficace. Par contre, la technique qui consiste à secouer ou à agiter les plantes pour faire tomber les épillets dans un récipient cause des pertes trop importantes. Cette dernière méthode ne provoque aucune domestication car elle avantage plutôt la dispersion naturelle.



Figure 2 : La moisson d'engrain domestique, deux gerbes en arrière-plan, les épis sont intacts. Au premier plan, une sélection de répliques de faucilles néolithiques utilisées pour récolter les céréales.

Une autre remarque concerne la germination des grains autour de notre aire de battage : ce phénomène a été sans aucun doute observé par les chasseurs-cueilleurs du Pléistocène avant qu'ils aient commencé à cultiver.

Nous avons tenté de calculer la superficie nécessaire pour une population donnée ; on obtient entre 0,5 et 1,5 tonne par hectare de grain, balle non incluse, sachant que la balle pèse autant que le grain. Par exemple, basé sur 200 grammes de grain par jour, autrement dit 72 kilos par an, un hectare de culture de blés sauvages serait suffisant pour 7 à 21 personnes.

Les années d'ensemencement et de récolte montrent que l'engrain sauvage est facile à cultiver et les traits essentiels dans la nature, comme la dispersion spontanée, la dormance et la maturité non-uniforme, perdues au cours de la domestication, n'ont pas empêché la culture de ces plantes sauvages. L'idée que ces traits sont désavantageux pour la culture et qu'ils provoquent une forte pression de sélection est mise en question. Il semble que la pression sélective au début du Néolithique a été considérablement surévaluée par Zohary, Hillman et Davies.

Outre que les observations ci-dessus, qui me concerne particulièrement, les cultures de céréales à Jalès entre 1985 et la dernière récolte en 2008 ont permis à des générations d'étudiants et des stagiaires de manipuler les spécimens et de faire des observations sous la loupe et dans les champs. Les cultures ont permis également de fournir de nombreux spécimens pour les collections de référence dans les laboratoires et les

musées. Enfin, pendant plus de vingt ans de nombreux chercheurs et étudiants ont profité des récoltes d'engrain, d'amidonnier, d'épeautre, de seigle et d'orge suffisamment copieuses pour toutes sortes d'expérimentations archéologiques avec divers outils agricoles, par exemple pour les études de traceologie sur des outils en silex, obsidienne et basalte. D'autres ont expérimenté sur la carbonisation, la morphométrie, le vannage, le décorticage, le broyage et la mouture des céréales.

Bibliographie

Hillman G., Davies S. (1990) –Measured Domestication Rates in Wild Wheats and Barley Under Primitive Cultivation, and Their Archaeological Implications, *Journal of World Prehistory,* 4, 2, p. 157-219.

Anderson, P. (1999) – Experimental cultivation, harvest and threshing of wild cereals. Their relevance for interpreting the use of Epipalaeolithic and Neolithic artifacts. In Anderson, Patricia (dir.), *Prehistory of Agriculture. New Experimental and ethnographic approaches.* Chapter 12. Monograph 40. Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles. p. 118-139.

Willcox, G. (2007) – Agrarian change and the beginnings of cultivation in the Near East, *in* Tim DENHAM and Peter WHITE (eds), *The emergence of agriculture. A global view*, Routledge, New York, 2007, p. 217-241.

Willcox, G. (1999) – Agrarian change and the beginnings of cultivation in the Near East : Evidence from wild progenitors, experimental cultivation and archaeobotanical data. In *Prehistory of Food* eds ; C. Gosden & J. Hather. Routledge, London 479-500.

Willcox, G. (1992) – Archaebotanical significance of growing Near Eastern progenitors of domestic plants at Jalès (France), *in* P. ANDERSON (éd.) *Préhistoire de l'agriculture. Nouvelles approches expérimentales et ethnographiques*, éditions du CNRS, Paris, Monographie du CRA n° 6, p. 159-178.

Zohary, D. (1969) – The progenitors of wheat and barley in relation to domestication and agricultural dispersal in the Old World. In : P.J. Ucko and G.W. Dimbleby (éds.) *The domestication and exploitation of plants and animals.* p. 49-66. Duckworth, London.

Une expérimentation, peut avoir plusieurs objectifs. Dans ce cas, il faut bien les identifier et spécifier leur ordre de priorité. C'est en fonction de ces choix que vont être définis les différents aspects du protocole expérimental : le nombre d'essais à réaliser, nombre d'outils à préparer, le temps nécessaire à chaque étape. . . .

Encart 2.- Les différents objectifs de l'expérimentation en archéologie préhistorique. L'exemple de l'expérimentation cynégétique et balistique

Lorène Chesnaux
Université de Toulouse Jean Jaurès, CNRS, TRACES

Dans le cadre de l'expérimentation cynégétique et balistique, trois objectifs principaux peuvent être envisagés. Le premier est de créer un référentiel de traces d'impact destiné à être comparé avec les traces observées sur les armatures archéologiques afin d'interpréter leur fonction. Le deuxième est l'observation du comportement de l'armature à l'impact afin de préciser son fonctionnement et d'expliquer la raison fonctionnelle de sa présence au sein du gisement. Le troisième est de tester l'efficacité

des armatures de projectile et des projectiles entre eux afin d'expliquer les raisons de leur changement au cours du temps.

Créer un référentiel de traces : interprétation de la fonction des objets archéologiques

Une armature peut avoir plusieurs fonctions. En effet, elle peut armer une faucille, un couteau ou bien encore un projectile. L'armature de projectile présente la particularité de servir en percussion lancée particulièrement violente. De ce fait, son utilisation peut la marquer de manière bien reconnaissable selon des fractures multiples à languette très développée. Néanmoins, certains endommagements produits à l'impact restent équivoques et peuvent être confondus avec d'autres utilisations (comme l'utilisation en couteau pour la boucherie), d'autres endommagements produits lors du débitage ou de la mise en forme du support ou encore des traces produites lors de phénomènes post-dépositionnels potentiellement violents comme le piétinement.

C'est pourquoi, afin de définir des endommagements diagnostiques d'impact pour un type d'armatures, il est indispensable de créer au moins trois référentiels expérimentaux distincts à la fois de traces de fabrication, de piétinement et d'impact. Ainsi les traces diagnostiques d'impact seront l'ensemble de celles obtenues uniquement lors de leur utilisation comme armatures de projectile (O'Farell 2002, Chesnaux 2013).

Reconstituer le comportement des projectiles à l'impact : fonctionnement des armatures et interprétation des activités au sein d'un site

Dans un assemblage d'armatures archéologiques, la représentativité de certains types de fragments proximaux ou distaux permet d'interpréter leur mode d'(e)(ré)introduction au sein du gisement et par voie de conséquence de reconstituer les activités qui s'y sont déroulées. En effet, comme l'ont montré Chadelle *et al.* (1991), les fragments proximaux de pointes à cran solutréennes expérimentales restaient fixés à la hampe après l'impact et le retrait du projectile de la carcasse tandis que les fragments distaux restaient dans la carcasse. Ainsi, les fragments proximaux étaient réintroduits au sein des gisements avec les projectiles pour leur réfection tandis que les fragments distaux étaient réintroduits de manière involontaire au sein du gibier abattu et abandonnés lors de la boucherie. Leur présence dans les assemblages solutréens marquait alors le déroulement de ces activités au sein même du site.

Ainsi il est particulièrement intéressant de réaliser des tests de tirs faisant varier différents paramètres (gibier ; arme de jet ; distance de tir ; zone anatomique touchée ; poids du projectile ; position de l'armature sur la hampe : axiale, disto-latérale ou latérale ; composition de l'adhésif ; présence ou non d'une ligature, etc.) pour un même type d'armature. Celle-ci est alors soumise à des contraintes variables et peut réagir de manières diverses (détachement et/ou fracturation) selon les paramètres choisis.



Figure 1 : Création d'un référentiel de traces diagnostiques d'impact à la croisée de trois types d'expérimentation :(a-b) le piétinement (c-d) la fabrication (e-f) les tirs. Photos : C. Bernard, S. Beyries, L. Chesnaux et C. Lepère.

Pour exemple, des expérimentations portant sur le comportement des adhésifs en contexte balistique avec des physiciens et biochimiste (Gaillard *et al.* 2016) ont montré la fragilité d'un système d'emmanchement latéral. Ainsi, plus la vitesse d'impact est importante, plus l'adhésif se modifie et devient cassant. Les armatures latérales (ou barbelures) tendent alors à se détacher dans l'animal sans se fracturer conduisant à la perte de ces objets pour leurs utilisateurs. Si ces objets sont retrouvés dans les sites, il est alors probable qu'ils y aient été introduits au sein du gibier chassé et abandonnés sur place avec les parties molles de l'animal après la boucherie. Cette perte devait être anticipée et une fabrication en grand nombre devait être nécessaire en amont de la chasse. En corollaire, *via* les séries archéologiques étudiées, un processus de simplification des schémas opératoires de production des microlithes au cours du Premier Mésolithique a pu être observé (Chesnaux 2014a). Enfin, ces résultats ont permis de mettre en évidence une segmentation spatio-temporelle des activités de chasse inédite à ce jour (Chesnaux 2013).

Ce type d'expérimentation visant à reconstituer les scénarios d'endommagements et de dispersion à l'impact implique une fouille minutieuse de la carcasse (parties molles comprises) afin de retrouver l'ensemble des armatures et de leurs fragments qui ont pu se disperser au moment de l'impact. Elle nécessite également la participation d'un archéozoologue enregistrant la position anatomique des impacts et pouvant reconstituer *a posterio* la trajectoire précise des armatures afin d'expliciter la raison

des endommagements et de la dispersion des armatures (impact contre un os, passage entre les côtes, etc).



Figure 2 : Série d'expérimentations visant à tester le comportement de fracturation et de dispersion d'armatures emmanchées axialement (a), disto-latéralement (b) et latéralement (c) sur des brebis et sangliers entiers ; d- enregistrement des tirs, e- fouille des carcasses, f et g reconstitution des scenarios d'endommagements et de dispersion des armatures Photos : C. Bernard, L. Chesnaux, A. Henry, C. Lepère

Test de l'efficacité des projectiles : participer à l'interprétation du changement au cours de la Préhistoire

Des expérimentations de tirs paramétrés dans la gélatine balistique peuvent permettre de comparer l'efficacité de différents types de projectiles en termes de lacération et de profondeurs de pénétration (Chesnaux 2014b, Gaillard *et al.* 2016). Elles ont pour objectif d'observer l'évolution du fonctionnement des projectiles au cours de la Préhistoire et de participer à l'interprétation du changement.

Ces expérimentations, contrairement à celles présentées ci-dessus ne cherchent pas à reproduire les conditions de la chasse mais au contraire à éliminer toutes les variables évoquées précédemment. Ainsi les tirs sont effectués au moyen d'un arc fixe raccordé à une cellule de force permettant de tirer les flèches à vitesse constant. Les différents types de projectile sont alors précisément soumis aux mêmes contraintes. Les profondeurs de pénétration, les trajectoires des projectiles et les dommages faits à la gélatine peuvent alors être comparés en valeur absolue.



Figure 3 : Vue du pas de tir sur gélatine balistique (à gauche). Flèches dans un bloc de gélatine (à droite). Photos : L. Chesnaux

Bibliographie :

Chadelle, J.-P., Geneste, J.-M., Plisson, H. (1991) – Processus fonctionnels de formation des assemblages technologiques dans les sites du Paléolithique supérieur. Les pointes de projectile lithiques du Solutréen de la Grotte de Combe Saunière (Dordogne, France). In : *25 ans d'études technologiques en Préhistoire. Bilan et perspectives.* XIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Editions APDCA, Juan-les-Pins, p. 275-287.

Chesnaux, L. (2013) – Les microlithes du site de Paris-15^{e} « 62 rue Henry-Farman » (Île-de-France) : des flèches diverses pour différents gibiers abattus en des lieux distincts ? In : Ducrocq T., Fagnart J.-P., Souffi B., Valentin B. et Verjux C., Actes de la Table-ronde internationale Palethnographie du Mésolithique : recherches sur les habitats de plein air dans la moitié septentrionale de la France et ses marges (Paris, 26-27 novembre 2010), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, p. 119-132.

Chesnaux, L. (2014a) – Variabilité de la mise en forme de géométriques triangulaires du Premier Mésolithique : vers une simplification de la fabrication des barbelures ? Analyse techno-fonctionnelle comparative des assemblages microlithiques de Saint-Lizier à Creysse (24) et de la Grande Rivoire à Sassenage (38), in : Henry A., Marquebielle B., Chesnaux L., Michel S. (éds.), Des techniques aux territoires : nouveaux regards sur les cultures mésolithiques, Actes de la table-ronde, 22-23 novembre 2012, Maison de la recherche, Toulouse (France), *Palethnologie*, 6, p. 54-64.

Chesnaux, L. (2014b) – *Réflexion sur le microlithisme en France au cours du Premier Mésolithique (Xe-VIIIe millénaires av. J.-C.). Approches technologique, expérimentale et fonctionnelle*, Thèse de doctorat, Université Paris 1, 197 p.

Gaillard, Y., Chesnaux, L., Girard, M., Darque-Ceretti, E., Burr, A., Regert, M., Felde,r E., Mazuy, A. (2016) – Assessing hafting adhesive efficiency in experimental shoots of projectile points : a new device for instrumented and ballistic experiments, *Archaeometry*, vol. 58, Issue 3, p. 465-483.

O'Farrell M. (2004) – Les pointes de la Gravette de Corbiac (Dordogne) et considérations sur la chasse au Paléolithique supérieur ancien. In : Bodu P., Constantin C. (dir.), *Approches fonctionnelles en Préhistoire*, XXVe Congrès Préhistorique de France, Nanterre 24-26 novembre 2000, Paris, Errance, p. 121-138.

4 Le programme expérimental

Une expérience ne peut donc être unique sauf à prendre le risque de ne pouvoir en tirer la moindre règle ; elle doit toujours s'intégrer à un programme expérimental. C'est ce programme qui, en réitérant les expériences, permet de reproduire les résultats. C'est la reproductibilité des résultats, par n'importe quel chercheur, qui permet une validation et l'établissement d'un modèle. En ce sens, il est indispensable d'en publier le protocole. Un programme expérimental est donc constitué de plusieurs expériences simultanées ou successives pour assurer la reproductibilité des résultats dans des contextes identiques. Il n'y a pas de conditions expérimentales uniques. D'une manière très générale, un même objectif ou des objectifs très semblables peuvent être poursuivis dans des cadres et/ou des conditions très différentes. C'est pour cette raison que les conditions d'expérimentation doivent être précisées et justifiées.

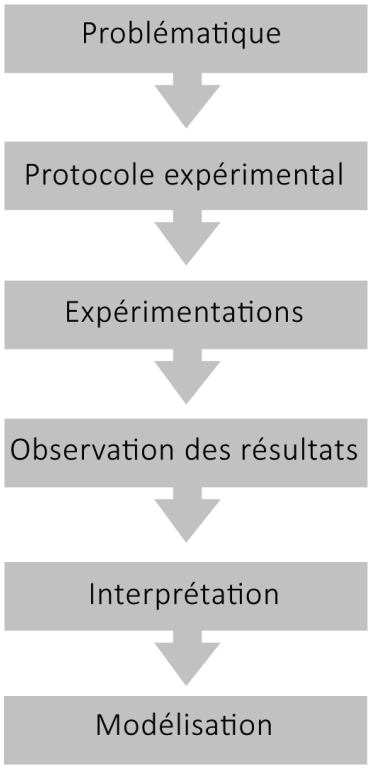


Figure 1 – Etapes d'une expérimentation exploratoire

5 Les paramètres expérimentaux

La validation d'une expérimentation demande donc qu'un certain nombre de variables soit enregistré. Ce sont des éléments qui peuvent-être comparés ; ils peuvent être qualitatifs, quantitatifs, intrinsèques ou extrinsèques. Ces derniers dont les plus difficiles à appréhender. L'objectif est donc de réussir à réduire au maximum les aléas. Pour ce

faire un certain nombre de paramètres doivent rester stables alors que d'autres vont varier. De la capacité de l'expérimentateur à isoler les paramètres-clé et à en tester l'incidence de façon indépendante, dépend la qualité des résultats obtenus (Encart 3).

Encart 3.-





Artisan debout face à la peau
Percussion lancée - geste violent
Force et direction séparées
Contact latéral

Contact latéral
→ Traces d'usure décentrées
Angle de travail ouvert
→ Traces d'usure très légèrement développées sur la face supérieure + fil du tranchant
Affûtages fréquents
→ Faible émoussé



Scénarios	Localisation des traces			Extension des traces			Etat du tranchant		Largeur du tranchant		Etat de la peau		Manche	
	Centré	*Peu décentré*	*Décentré*	*Face sup.*	*Face inf.*	*Face sup. limitée*	*Emoussé*	*Peu émoussé*	*Etroit*	*Large*	*Sèche*	*Humide*	*Résine*	*Lien ou force*
1 	X				X		X		X	X	X			X
2 	X					X		X		X	X			X
3 			X			X	X			X	X			X
4 			X			X		X	X		X			X
5 	X					X		X	X		X		X	
6 		X				X		X	X		X		X	
7 			X			X		X	X			X	X	
8 	X	X		X				X	X			X		X

6 Le cadre expérimental

Trois cadres d'expérimentation peuvent être identifiés : exploratoire, spécialisé et enfin ceux liés à l'ethnoarchéologie. À chacun correspondent des objectifs différents.

6.1 Exploratoire

La démarche exploratoire est le premier niveau d'expérimentation que l'on met en place. Elle permet d'une part d'élaborer ce que sera la grille d'analyse à savoir définir les paramètres jugés pertinents, établir les relations de cause à effet entre ces différents paramètres (si. . . .alors), affiner la question de départ (Encart 4)

Les limites de ce registre expérimental sont vite trouvées. Cependant, cette étape demeure indispensable au début d'une recherche.

Encart 4.- De l'expérimentation à la micro-tomographie. Un exemple : les premières productions céramiques de Méditerranée occidentale

Louise Gomart
Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne CNRS, TRAJECTOIRES

La micro-tomographie aux rayons X (en anglais *X-ray micro-computed tomography*, abrégé μCT) est une méthode d'analyse non destructive permettant de reconstruire le volume d'un objet à l'échelle microscopique à partir d'une série de mesures effectuées par tranches. Appliquée à la céramologie, elle autorise la visualisation en trois dimensions de la microstructure interne des poteries archéologiques, ainsi que de leurs répliques expérimentales et renseigne ainsi sur les gestes techniques opérés lors du façonnage.

L'analyse macroscopique de poteries associées aux premiers contextes agricoles de Méditerranée occidentale, et particulièrement sur le site de Pendimoun (Alpes Maritimes, *circa* 5730-5480 av. n. è. : Binder *et al.*, 1993 ; Binder et Sénépart, 2010) a permis de supposer la mise en œuvre d'une technique de façonnage inédite, dite des « patches spiralés » : quel que soit leur forme et leur format, les vases semblent tous avoir été construits par juxtaposition de patches circulaires de diamètre régulier ($\pm$ 45mm), préalablement formés par enroulement d'un rouleau d'argile en spirale (Gomart *et al.*, 2017). Cette hypothèse, fondée notamment sur la présence de discontinuités arciformes sur la surface des tessons, ne pouvait cependant être confrontée à aucun référentiel archéologique ou moderne connu.

Pour construire un faisceau de preuves complémentaire et indépendant de l'examen macroscopique, la technique des « patches spiralés » a dans un premier temps été testée par expérimentation sur pâte industrielle (fig. 1).



Figure 1 : Exemple de reconstitution expérimentale d'une poterie par juxtaposition de patches spiralés, d'après l'analyse macroscopique des céramiques de Pendimoun. (a) Procédé de fabrication de chaque patch par enroulement d'un rouleau en spirale ; (b-c) la base est façonnée par adjonction de patches spiralés contre un support convexe ; (d-f) le corps est ensuite monté par juxtaposition de patches en bande horizontale. Deux couleurs de terres industrielles sont ici employées, afin de visualiser les configurations résultant de la juxtaposition des différents éléments collés.

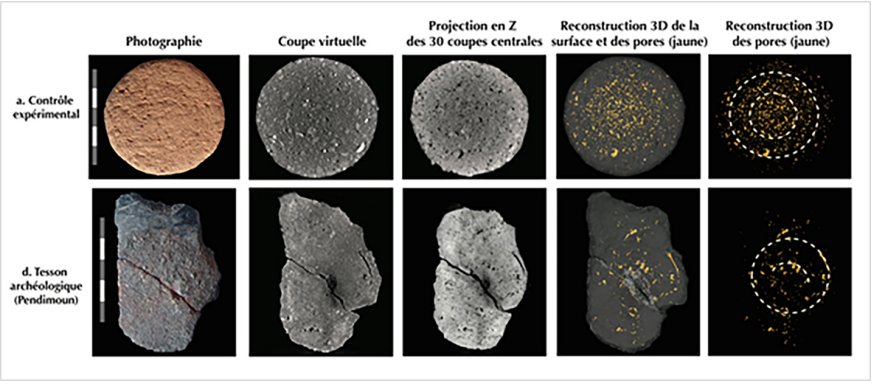


Figure 2 : Analyse micro-tomographique (a) d'un contrôle expérimental façonné par enroulement d'un colombin en spirale et (b) d'un tesson archéologique provenant de Pendimoun. Les données micro-tomographiques sont présentées sur une coupe virtuelle, puis sur une projection de 30 coupes virtuelles centrales. La reconstruction en trois dimensions de la microstructure interne des tessons (système poreux, représenté en jaune) avec et sans leur surface (représentée en gris) est ensuite présentée.

Dans un second temps, plusieurs tessons archéologiques montrant des traces techniques caractéristiques, ainsi que des contrôles expérimentaux fabriqués à partir de terres les plus proches possible de celles utilisées par les potiers néolithiques ont fait l'objet de mesures micro-tomographiques, livrant des milliers de coupes virtuelles. La reconstruction des données obtenues en trois dimensions révèle l'architecture interne des tessons et permet de relier microstructure interne, macrotraces et gestes techniques : les contrôles expérimentaux façonnés par enroulement d'un colombin en spirale montrent une architecture interne circulaire (fig. 2a), comparable à celle caractérisant les tessons archéologiques (fig. 2b). La micro-tomographie, qui permet d'établir une correspondance entre spécimens archéologiques et expérimentaux, confirme l'emploi de patches spiralés à Pendimoun et ouvre la voie à la constitution de nouveaux référentiels pour les céramologues.

Bibliographie

Binder D., Brochier J.-E., Duday H., Helmer D., Marinval P., Thiébault S., Wattez J. (1993) – L'abri Pendimoun à Castellar (Alpes-Maritimes). Nouvelles données sur le complexe culturel de la céramique imprimée méditerranéenne dans son contexte stratigraphique, *Gallia préhistoire*, 35, 1, p. p. 177-251.

Binder D., Sénépart I. (2010) – La séquence de l'Impresso-cardial de l'abri Pendimoun et l'évolution des assemblages céramiques en Provence, *in* C. Manen *et al.* dir, *Premières sociétés paysannes de Méditerranée occidentale : structure des productions céramiques*, Paris, Société Préhistorique Française. Mémoire 51, p. 149-167.

Gomart L., Weiner A., Gabriele M., Durrenmath G., Sorin S., Angeli L., Colombo M., Fabbri C., Maggi R., Panelli C., Pisani D.F., Radi G., Tozzi C., Binder D., (2017) – Spiralled patchwork in pottery manufacture and the introduction of farming to Southern Europe. *Antiquity* 91, 1501–1514

6.2 Spécialisé

Il s'agit d'expérimentation ciblée ; le protocole se construit en étroite relation avec des problématiques archéologiques. L'analyse du matériel archéologique, amène à élaborer une hypothèse. L'objectif va être de tester par l'expérimentation cette hypothèse afin de la valider ou de l'infirmer. Un protocole expérimental doit donc être défini en justifiant précisément chacun des paramètres à contrôler.

Si l'hypothèse n'est pas validée, il faut construire un autre protocole en modifiant un à un les paramètres.

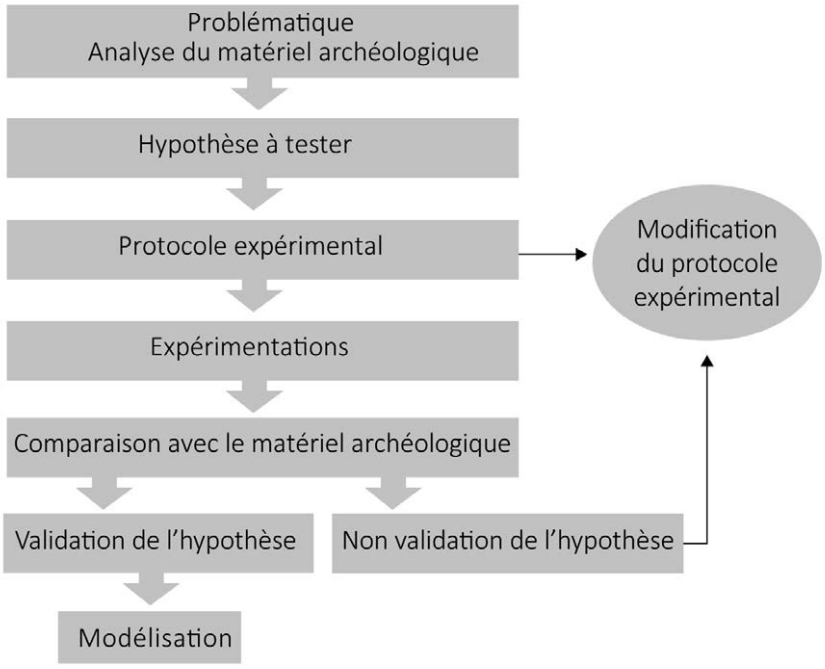


Figure 2 – Etapes d'une expérimentation ciblée

Encart 5.- Explorer les milieux de traitement thermique du silex au Néolithique

Didier Binder (1), Vanessa Léa (2), Jacques Pelegrin (3)
(1)Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM
(2) Université Toulouse Jean-Jaurès, CNRS, MCC, TRACES
(3) Université Paris Ouest Nanterre La Défense, CNRS, PRETECH

Le traitement thermique contrôlé du silex est une pratique identifiée de longue date et sa caractérisation par des méthodes physico-chimiques est désormais bien établie. Il prend une ampleur particulière en Méditerranée occidentale à partir de 4100-4000 avant notre-ère, au début de la période du Chasséen* récent qui voit les silex bédouliens* de Haute-Provence faire l'objet d'une exploitation massive et d'une très large diffusion.

Le traitement par la chaleur facilite à l'évidence le détachement de lamelles par pression*, en réduisant significativement la porosité du silex bédoulien par libération des silanols* à basse température, dès 230° C. En ce sens, la nouvelle texture acquise par le silex se rapproche de celle du verre. Il est ainsi possible de débiter des lamelles de 15 à 16 mm de large, bien au-delà des 12 mm atteints sur les mêmes silex non traités en utilisant le même mode d'immobilisation. Pour autant, l'ampleur de cette

amélioration reste à apprécier à l'aide de paramètres physiques, afin de mieux cerner les raisons qui ont pu conduire à un tel choix technique. En effet, d'autres hypothèses, comme celle d'une amélioration de la qualité des tranchants, ont été avancées.

Aux différentes modalités de ce traitement thermique correspondent des jeux de contraintes eux-mêmes différents, qu'il s'agisse de la minéralogie de la roche considérée commandant sa réaction à la chaleur, du volume traité, ou du milieu et de la durée du traitement. Et à ces différentes modalités sont également attachés des connaissances et savoir-faire contrastés. A cet égard, c'est sans doute le volume traité qui constitue la variable-clé. Contrairement à la chauffe de minces pièces solutréennes* (i.e. jusqu'à 1,5 cm d'épaisseur), celle de préformes de nucléus chasséens atteignant fréquemment les 50 cl est en effet particulièrement difficile à maîtriser. En outre, la réussite d'une chauffe du silex impose un contrôle très strict de la source de chaleur et du milieu, afin de ne pas dépasser un seuil au-delà duquel l'altération du matériau le rendrait totalement inapte à la taille, en l'occurrence pour le silex bédoulien au-delà des 270° C. L'intervalle thermique efficace est donc extrêmement réduit, ce qui suggère l'usage possible de marqueurs empiriques susceptibles d'alerter l'artisan à l'approche des températures critiques. Le développement soudain de ces méthodes à la charnière des 5^{e} et 4^{e} millénaires avant notre-ère, ainsi que leur très fort impact dans la constitution des assemblages lithiques pendant plus de cinq siècles, conduit en effet à envisager l'existence de protocoles de chauffe suffisamment cadrés pour en assurer la reproduction.

La recherche expérimentale s'est de ce fait orientée vers l'identification de milieux de chauffe et de thermomètres naturels potentiels permettant de conduire et répéter des traitements avec suffisamment de succès. La cendre de bois, souvent évoquée comme milieu de chauffe potentiel, ne présente pas aux températures recherchées de modifications susceptibles d'être détectées par un expérimentateur. Le choix s'est donc porté sur deux milieux de chauffe potentiels dans un récipient céramique : une graisse animale et une terre naturellement riche en goethite*.

L'intérêt des graisses animales réside dans le fait que leur point d'ébullition dans des conditions ambiantes se situe vers 200° C et ne précède que de quelques dizaines de degrés la production d'acroléine*. Cette molécule, qui résulte de la déshydratation du glycérol issu de la fragmentation des triglycérides sous l'effet de la chaleur, présente une odeur très caractéristique. La graisse animale, en l'occurrence du saindoux, présente donc l'avantage de fournir deux indicateurs, visuel (ébullition) et olfactif (dégagement d'acroléine), dans des gammes de température qui encadrent celles qui sont attendues pour la transformation du silex.

L'intérêt des terres riches en goethite, par ailleurs abondantes en Haute Provence à proximité des gîtes et des ateliers, réside dans le fait que l'oxydation de la goethite* en hématite* se situe vers 250° , c'est-à-dire dans la même gamme de températures qui voit la transformation du silex bédoulien. Les terres riches en oxydes de fer de ce type présentent donc l'avantage de fournir un indicateur visuel (virage du jaune au rouge) au moment où le silex traité se transforme par la perte des silanols.

La mise en œuvre des essais s'est accompagnée d'un dispositif de mesure et d'enregistrement (thermocouples*) permettant d'apprécier les écarts de température entre le récipient utilisé pour la chauffe et le matériau chauffé. Les montées et

descentes en température ont été lentes, de l'ordre de plusieurs heures, pour éviter toute forme de choc thermique.

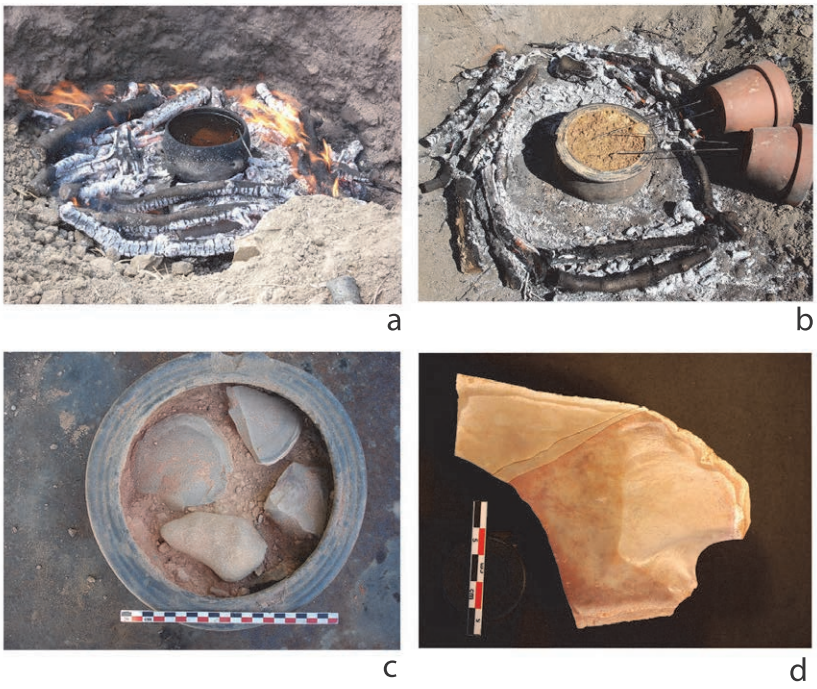


Figure 1 : (a) Chauffe en cours dans la graisse animale ; (b) Chauffe en cours dans une terre riche en goethite ; (c) Chauffe terminée dans une terre riche en goethite ; (d) Détachement d'un éclat sur la face inférieure d'un éclat épais montrant la réussite du traitement thermique dans une terre riche en goethite.

Les deux voies de chauffe ont permis d'obtenir des aspects de transformation du silex conformes à ce qui était attendu. Il reste cependant à décliner beaucoup plus finement les protocoles expérimentaux ainsi ébauchés. Il convient notamment de multiplier les observations pour mieux détecter le virage des indicateurs visuels ou olfactifs et mieux cerner leur coïncidence avec les changements observés sur les silex. Il s'agirait aussi de faire varier les quantités de silex au sein d'un même volume traité afin d'apprécier en quoi la variation de charge modifie les résultats.

Ces développements sont essentiels pour évaluer le réalisme des hypothèses proposées en regard des données et des contextes archéologiques.

Bibliographie

Inizan, M.-L., Roche H., Tixier J. (1976) – Avantages d'un traitement thermique pour la taille des roches siliceuses. *Quaternaria,* 19, 1-18.

Inizan, M.-L., Tixier J. (2001) – L'émergence des arts du feu : le traitement thermique des roches siliceuses. *Paléorient,* 26(2), 23-36.

Léa, V. (2005) – Raw, Pre-heated or ready to use : discovering specialist supply systems for flint industries in mid-Neolithic (Chasséen) communities in southern France. *Antiquity,* 79, 51-65.

Léa, V., Roque-Rosell J., Binder D., Sciau Ph., Pelegrin J., Regert M., Torchy L., Vaquer J., Coustures M.-P., Roucau C (2002) – Craft specialization and exchanges during the southern Chassey culture : an integrated archaeological and material sciences approach, in M. Borrell, F. Borrell, J. Bosch, X. Clop, M. Molist (dir.), Exchange of raw materials, products and ideas in the Western Mediterranean VII-III > millennium BC : Colloque international Networks in the Neolithic, Barcelone (Espagne), 2-4 Février 2011, Revista Rubricatum, 5, p. 119-129.

Milot, J., L. Siebenaller, D. Béziat, V. Léa, P. Schmidt, BinderD. (2016) – Fluid inclusion formation during heat treatment of barremo-bedoulian flint : Archaeometric implications. *Archaeometry* doi :10.1111/arcm.12256

Pelegrin J. (2012) – New Experimental Observations for the Characterization of Pressure Blade Production Techniques. In : Desrosiers P. (éd.) The Emergence of Pressure Blade Making : From Origin to Modern Experimentation. New York : Springer Editions, p. 465-500. doi : 10.1007/978-1-4614-2003-3

Schmidt, P., Léa V., Sciau P., Fröhlich F. (2013) – Detecting and quantifying heat treatment of flint and other silica rocks : a new non-destructive method applied to heat treated flint from the Neolithic Chassey culture, Southern France. *Archaeometry,* 55(5), 794-805.

6.3 Expérimentation en relation avec des enquêtes ethnoarchéologique ou actualiste

L'un des objectifs de l'ethnoarchéologie et/ou des enquêtes actualistes autour des techniques est d'appréhender dans leurs environnements (écologique, culturel, social...) des techniques oubliées ou en passe de l'être.

En outre, cette approche est née de la volonté de se tourner vers la méthode hypothético-déductive et tenter de maitriser les analogies. Dans le cadre des études technologiques d'identifier des processus qui restent les mêmes indépendamment du lieu et de la période c'est ce qu'A. Gallay appelle des régularités et V. Roux des phénomènes statiques [2]. Ces derniers résultent des propriétés de la matière, ils sont étudiés en termes de mécanismes susceptibles d'expliquer leur formation tandis que les variabilités sont régies par les propriétés du matériau.

L'étude doit donc être ancrée dans une problématique archéologique parfaitement définie, comporter une partie consacrée à l'explicitation et à la formulation des régularités, c'est-à-dire « *ce que je veux transférer* » puis, expliquer les mécanismes responsables de ces régularités, c'est-à-dire « *pourquoi je peux transférer* ».

On peut dès lors mettre en place la règle d'inférence « Si.... alors.... ». Il est alors possible de transférer des observations ethnologiques et/ou actualistes vers un contexte plus ancien.

La dernière étape indispensable pour valider les modèles proposés est la construction d'un protocole expérimental qui a pour but de contrôler/ testes les différents paramètres identifier au cours de l'observation ethnographique. La méthode est parfaitement adaptée à la compréhension des techniques et donne des clés pour la mise en place d'interprétations d'une grande efficacité.

2. Les phénomènes statiques s'opposent aux phénomènes dynamiques liés à l'évolution des sociétés donc plus difficile à corréler avec la culture matérielle car ils peuvent être mis en relation avec les évolutions sociales.

7 Autres apports de l'observation des techniques en milieu actualiste

L'ethnoarchéologie ou l'observation en milieu actualiste, permet d'aborder la technique dans son environnement dans le sens le plus large du terme et de cerner des paramètres tels que l'ergonomie, l'environnement, l'économie du groupe. Tous ces paramètres font système et ne sont pas perceptibles de la même façon en archéologie.

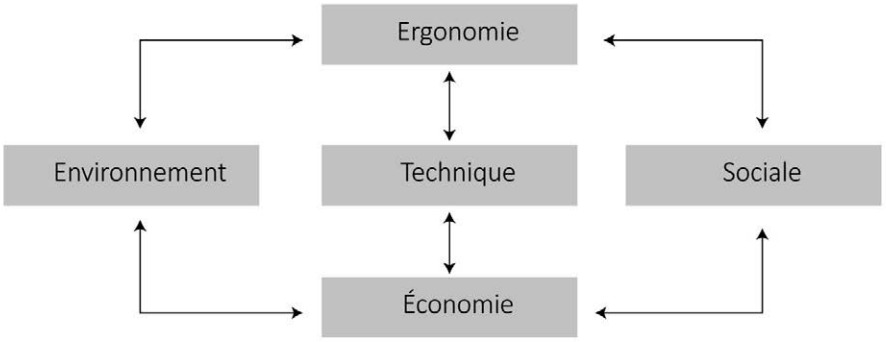


Figure 3 – Technique au centre d'un système

L'observation en contexte actualiste ne permet pas de donner un sens à la totalité du fait archéologique mais dans un premier temps elle permet d'élargir le champ des interprétations possibles, puis en excluant des hypothèses de réduire le champ des possibles.

Ces différents registres répondent chacun à des objectifs précis. La pertinence des résultats obtenus dépend de la réflexion en amont : pourquoi veut-on mettre en place une expérimentation, quel (s) est/sont le(s) objectif(s) que l'on se fixe ? Ce n'est qu'une fois ces questions clairement posées que l'on choisit de se tourner une démarche spécifiques.

Bibliographie

Bachelard G. (1934) *Le Nouvel Esprit Scientifique*. Paris : PUF, Quadrige.

Bachelard G. (1938) *La Formation de L'esprit Scientifique*. Paris : Librairie Philisophique, J. Vrin.

Bachelard G. (1949) *La Philosophie Du Non*. Paris : PUF, Quadrige.

Beyries S. (1993), Expérimentation Archéologique et Savoir-Faire Traditionnel : L'exemple de La Découpe D'un Cervidé_. Techniques et Culture_ 22 : 53–79.

Beyries S. (1999) Etnoarchaeology : A Method of Experimentation. *Urgeschichtliche Materialhefte* 14 : 75–88.

Beyries S. (2008) Modélisation Du Travail Du Cuir En Ethnologie : Proposition D'un Système Ouvert À L'archéologie. *Anthropozoologica* (Avec CD) 43(1) : 1–34.

Binford L. (1962) Archaeology is Anthropology, *American Antiquity*, 28 : 217-225

Bourguignon L., ortega, I., Frere-SAutot M. –Ch., ed., (2005) – *Préhistoire et Approche Expérimentale*. Ed. Monique Mergoil, Préhistoire, Montagnac.

Coudart A., Lemonnier, P. (1984) Ethnoarchéologie et Ethnologie Des Techniques. *Techniques et Cultures* 3 : 157–168.

Cresswell R. (1983) Transferts de Techniques et Chaînes Opératoires. *Techniques et Cultures* 2 : 143–163.

Cresswell R. (2003) Geste Technique, Fait Social Total. Le Technique. Est-il dans le social ou face à lui ? *Technique et Culture 40* : 125–152.

Dagnelie P. (2012) *Principes d'expérimentation : planification des expériences et analyse de leurs résultats.* Gembloux, Presses agronomiques, 413 p.

Fergusson J. R. (2010) *Designing Experimental Research in Archaeology. Examining Technology through Production and Use*. University Press of Colorado.

Flores J. R., Paardekooper R., ed. (2014) *Experiments Past. Histories of Experimental Archaeology*, Sidestone Press, Leiden, 283 p.

Gallay A. (1991) L'ethnoarchéologie, Science de Référence de L'archéologie : Justification, Problèmes, Limites. *In Itinéraires Ethnoarchéologiques*. A. GALLAY, ed. p. 15–29. Genève : Documents du département d'anthropologie et d'écologie de l'Université de Genève.

Geslin Ph. (1999) *L'apprentissage Des Mondes. Une Anthropologie Appliquée Aux Transferts de Technologies*. Octares. Paris : Maison des Sciences de l'homme.

Lemonnier P. (1983) L'étude Des Systèmes Techniques, Une Urgence En Technologie Culturelle. *Techniques et Cultures* 1 : 46-67

Lemonnier P. (1986) The Study of Material Culture Today : Toward an Anthropology of Technical Systems. *Journal of Anthropological Archaeology* 5 : 147–186.

Owen L. R., Poor, M. (1999) Ethno-Analogy and Reconstruction Pd Prehistoric Artefact Use and Production. Orgeschistliche Materialhefte 14. Tübingen.

Popper K. (2006) *Conjectures et Réfutation : La Croissance Du Savoir Scientifique*. Payot.

Popper K. (2007) *La Logique de La Découverte Scientifique. E=MC2*. Payot.

Renfrew C. (1985) L'archéologie en question, `https://fr.wikipedia.org/wiki/Le_Courrier_de_l%27UNESCO` : 38 (7), 4-9.

`https://en.wikipedia.org/wiki/Peter_J._Reynolds` (1999), *Butser Ancient Farm : History and Development. The Constructed Past : Experimental archaeology, education and the public*. Peter J. Stone and Phillipe G. Platel Ed, London, Routledge, 124-135.

Roux V. (2007) Ethnoarchaeology : A Non-Historical Science of Reference Necessary for Interpreting the Past. Journal of Archaeologycal Method and Theory 14(2) : 768–782.

Texier P-J., Meignen L. (2011) Soixante Années de Technologie Lithique, : Étapes Marquantes, Apports et Écueil. *In François Bordes et La Préhistoire*. CTHS. Documents Préhistoriques, Éditions CTHS, : 133-139.