Pour une meilleure compréhension de la technologie *tatara* et de son évolution dans la région du Chūgoku au Japon

Xavier MICHEL-TANAKA

Université des Sciences de Tokyo

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9851

Résumé : La technologie tatara émerge, dans la région du Chūgoku entre la fin du XVI^{e} et le début du XVII^{e} siècle. Elle est le fruit d'une longue évolution des techniques de réduction du fer, qui débute au VI^{e} siècle de notre ère au Japon. Son avènement durant la période moderne est caractérisé par une subdivision en deux techniques, qui diffèrent en fonction des ateliers : une technique produisant majoritairement de la fonte (zuku oshi) et une technique plus récente produisant de l'acier (kera oshi). Si le kera oshi a pu survivre aux affres du XX^{e} siècle, de nombreuses données concernant notamment l'évolution de la technologie furent perdues avant que des recherches ces 30 dernières années ne permettent de la redécouvrir, ce que nous présenterons ici dans les grandes lignes.

Abstract: Tatara technology emerged in the late 16th and early 17th centuries in the Chūgoku area. It is the result of a long development of iron smelting techniques that began in Japan in the 6th century AD. Its emergence in modern times was characterised by a division into two techniques that differed from site to site: a technique that mainly produced cast iron (zuku oshi) and a more recent technique that produced steel (kera oshi). Although kera oshi survived the ravages of the twentieth century, much data was lost, particularly about the development of the technique, before research over the last 30 years enabled its rediscovery, as described here.

1 Introduction

Les études sur le *tatara* existent depuis le XX^e^ siècle au Japon (Tawara 1933), mais il fallut attendre les années 2000 pour avoir les premiers travaux en français sur le sujet (Michel 2011). Les recherches au Japon ont progressé ces vingt dernières années, avec un renforcement des analyses physico-chimiques et de nouvelles découvertes archéologiques, renouvelant fortement les connaissances sur le sujet. Cet article se propose donc de donner un aperçu dans les grandes lignes des certitudes acquises et de quelques questions restées en suspens sur ce que put être l'évolution du *tatara*.

2 Techniques de réduction dans le Japon ancien (VI^e^-X^e^ siècles)

Les plus anciens sites de réduction remontent au VI^e^ siècle de notre ère, soit près de 700 ans après les premières utilisations du fer dans l'archipel. Ils sont localisés dans la région du Chūgoku (Figure 1) et plus particulièrement l'ancienne province de Kibi (actuels départements de Hiroshima, d'Okayama et de Hyōgo). Les premiers sites de réduction utilisent du minerai de fer en roche (de la magnétite essentiellement), mais aussi presque simultanément des sables ferrifères, qui seront progressivement préférés au cours des deux siècles suivants. Les fourneaux, de plan circulaire ou quadrangulaire (50 à 60cm de côté pour 1,20 m de hauteur), sont latéralement alimentés en air par deux à trois orifices de ventilation de chaque côté (Figure 2-A). À partir du VII^e^ siècle, la technologie s'implante également dans la région du Kinki, les fourneaux s'allongent alors progressivement en forme rectangulaire afin vraisemblablement d'augmenter la production, sous l'impulsion du pouvoir central (Michel 2011). De là, elle se développera ensuite jusque dans la région du Tōhoku, au nord, et jusqu'à l'île de Kyūshū, au sud (Figure 1). À noter qu'en dehors de la région du Chūgoku et du Tōhoku, d'autres types de fourneaux sont utilisés à partir du VII^e^ siècle, mais ils disparaissent ensuite progressivement entre le X^e^ et le XV^e^ siècle. Au IX^e^ siècle, on note aussi la fin de l'utilisation des minerais de fer en roche au profit des sables ferrifères (Uwagaki 2010).

Les sites pour cette période semblent généralement localisés sur des terrasses à mi-pente, de vallées plus ou moins éloignées des espaces d'habitat. Certaines terrasses portent des vestiges de plusieurs fourneaux, mais parallèlement à l'accroissement progressif de leur emprise au sol, le nombre par site tend à diminuer, l'atelier de réduction devant probablement être déplacé suite à l'épuisement des matières premières alentour au-delà d'une certaine période d'activité. La nature de la production de fer est encore mal comprise pour de nombreux sites, mais la fonte (ensuite décarburée dans des ateliers de forge), ou de l'acier fortement carburé, constituait vraisemblablement la plus grande partie de la production (Murakami 2006).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

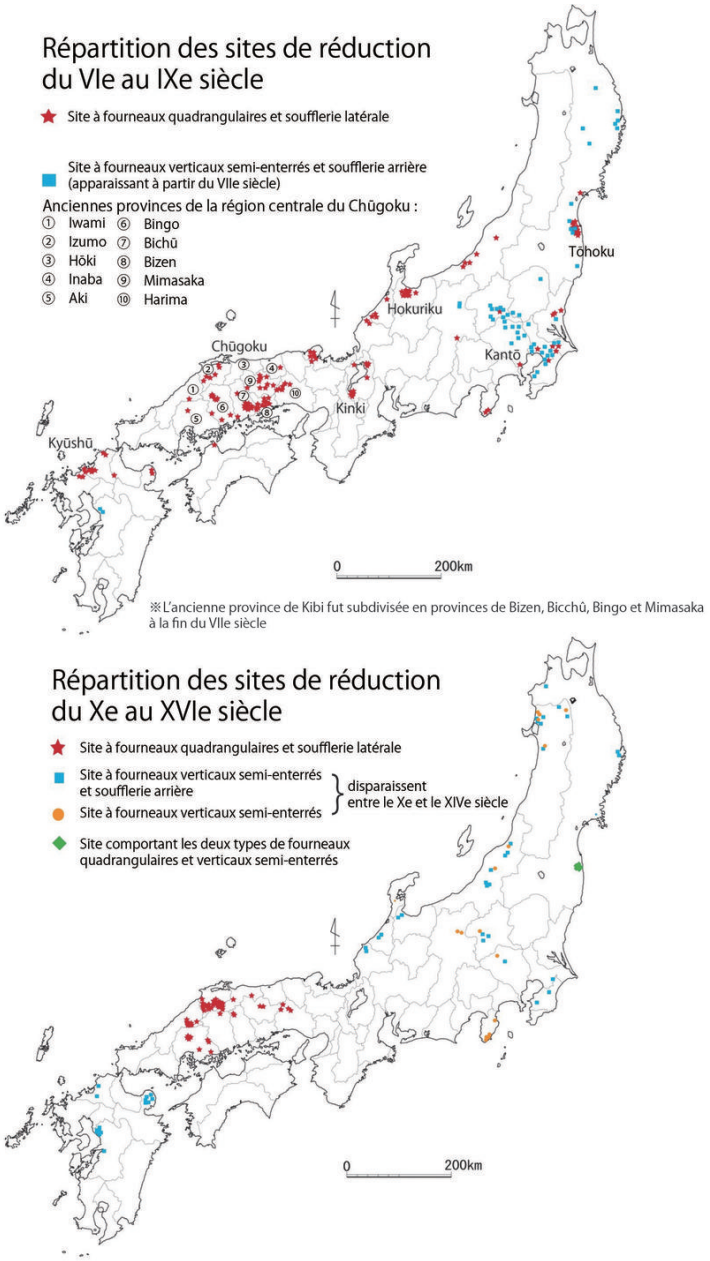


FIG. 1 : Répartition des sites de réduction pour la période Ancienne (VI^{e}-X^{e} siècle) et la période médiévale (XI^{e}-XVI^{e} siècle).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

3 Techniques de réduction dans le Japon médiéval (XI^e^-XVI^e^ siècles)

Contrairement aux autres régions où les autres types de fourneau tendent à disparaître, le nombre de sites augmente dans la région du Chūgoku, à tel point qu'aux XV^e^ et XVI^e^ siècles, la réduction de fer au Japon est uniquement concentrée sur les régions du Chūgoku et du Tōhoku (le nombre de sites décroit cependant pour cette dernière). Ces concentrations sont liées à une localisation favorable près des ressources nécessaires (forêts et sables ferrifères) ainsi que, dans le cas de la région du Chūgoku, du développement des techniques sidérurgiques et des systèmes d'échanges (KAKUTA 2019).

C'est au cours de cette période que tous les éléments se mettent en place pour préparer l'émergence du système de réduction par *tatara*, qui entre en gestation dans la région du Chūgoku, et notamment dans l'ouest de cette dernière (les provinces d'Izumo, Iwami et Aki). Ce déplacement technologique de l'Est (l'ancienne province de Kibi) vers l'Ouest se retrouve d'ailleurs dans le mythe de la divinité féminine, Kanayago, présidant à la réduction du fer au Japon. D'après la légende, celle-ci se serait en effet déplacée à vol de grue depuis la province de Harima (actuel département de Hyōgo où on note la présence de sites de la période ancienne) vers l'Ouest, et plus précisément la province d'Izumo, y enseignant alors les techniques métallurgiques. Cette légende correspond en fait à un recentrage de la production en se concentrant sur des sables ferrifères plus riches en magnétite, alors que les régions précédentes exploitaient des sables beaucoup plus riches en ilménite, plus difficiles à réduire efficacement. La légende pourrait donc correspondre à un déplacement des artisans ou, à tout le moins, un transfert technique.

Concernant le minerai, seuls les sables ferrifères sont utilisés au cours de cette période. Les recherches les plus récentes laissent à penser que l'extraction des sables en érodant directement les montagnes pourrait avoir commencé dès le XV^e^ siècle, pour s'intensifier au XVI^e^ siècle et devenir une caractéristique de la méthode d'extraction au cours de la période moderne, le *kanna nagashi*, sur lequel nous reviendrons plus loin.

Les fourneaux de réduction sont alors aménagés sur des terrasses à mi-pente, perpendiculaires à la pente, la terrasse pouvant éventuellement être couverte d'une toiture pour protéger des intempéries. L'un des paramètres dont l'évolution est la plus flagrante au cours de cette période est l'allongement des surfaces des fourneaux, étudiées d'après les scories de fond de four et les fragments de parois (les fourneaux étaient détruits à la fin de chaque opération). Les fonds de fourneau laissent ainsi supposer des fourneaux de 1,75 m à 2,60 m de long pour 25 à 50 cm de large, tandis que les hauteurs estimées d'après les fragments de fourneau sont de l'ordre d'environ 1 m (peut-être 1,10 m à 1,20 m étant donné que les parties supérieures s'érodent beaucoup plus facilement que les parties scorifiées). Chaque côté long est percé de 11 à 15 orifices de ventilation en fonction de la longueur de celui-ci. Les fourneaux médiévaux sont donc de forme rectangulaire très allongée et étroite. Les largeurs estimées diffèrent assez peu de celles des fourneaux de la période ancienne, au contraire de la longueur, ce qui pourrait être lié à une volonté d'augmenter la production (MICHEL 2011). L'allongement du fourneau, sans modification majeure de la largeur, pourrait en effet être le reflet d'une limite causée par la ventilation employée, ne permettant

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

pas de travailler sur des fourneaux de largeur plus importante. L'augmentation de la production pour une opération a donc vraisemblablement dû passer par une augmentation de la longueur des fourneaux.

La structure souterraine sous le fourneau semble avoir été un autre paramètre particulièrement important dans l'évolution de la technique. Le *toko tsuri*, la structure souterraine du *tatara* contemporain, est un héritier direct de cette évolution. Dès les premiers fourneaux de l'archipel, les différents sites de la période ancienne présentent l'aménagement de ce qui semble être une fosse emplie d'une couche de charbon, et qui venait prendre place immédiatement sous la cuve du fourneau. Très tôt, les artisans ont donc jugé utile sa mise en place tout en cherchant à l'améliorer. En effet, le Japon étant particulièrement humide, cette structure permet de limiter la remontée d'humidité dans le fourneau et de préserver les très hauts seuils de température atteints, sans risque de déperdition de chaleur. Dans le fourneau moderne, cette structure souterraine présente systématiquement un *hondoko*, une fosse de charbon pilée qui constitue aussi la sole du fourneau, s'étendant même au-delà de l'emprise du fourneau. Au début de la période médiévale, celle-ci est directement creusée dans le sol, parfois chapée d'une couche d'argile. Ses dimensions moyennes sont de 4 à 5 m de long, pour 1m de large et une profondeur de 30 à 40 cm.

De part et d'autre du *hondoko* moderne, deux autres équipements le longent parallèlement, les *kobune*, des galeries tapissées d'argile. Une version primitive de ces structures apparait à partir du XI^e^ siècle, dans la province d'Aki (Hiroshima), avec deux tranchées longeant de part et d'autre la fosse à charbon centrale (Figure 2-B). Elles sont alors directement creusées dans le sol, couvertes souvent de fragments de paroi d'anciens fourneaux. Tout comme le *hondoko* et les *kobune* modernes, compte tenu des traces de cuisson, elles ont dû être réalisées en les remplissant de bois, les recouvrant et les munissant d'une cheminée et d'un alandier, puis le bois y est carbonisé, séchant simultanément l'ensemble de la structure souterraine.

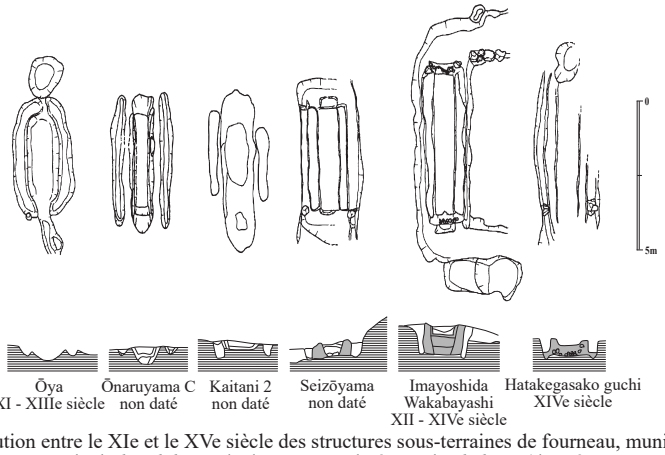
Au XIV^e^ siècle, le nombre de sites de réduction commence à augmenter dans la région du Chūgoku et la réalisation des structures souterraines à se complexifier. Alors qu'il s'agissait jusqu'à présent de simples creusements directs des trois équipements dans le sol naturel, ces mêmes équipements sont désormais aménagés au sein d'une grande fosse quadrangulaire, en la subdivisant en trois espaces (un espace central et plus court) à l'aide de deux talus d'argile. Le site d'Imayoshida Wakabayashi (XIV^e^ siècle), par exemple, présente une fosse de 8 m de long, 3 m de large pour 1 m de profondeur. Au centre l'espace ménagé, correspondant au *hondoko*, était de 4,6 m de long, pour 1 m de large et 1 m de profondeur (Michel 2011).

Cette évolution n'est d'abord pas reprise systématiquement, menant à la cohabitation de deux types de structure souterraine : un type présentant seulement un *hondoko* primitif (province d'Aki et partie ouest de la province d'Izumo) et un type présentant l'association *hondoko* et *kobune* primitifs au sein d'une fosse (partie est de la province d'Izumo et nord de la province de Bicchū). Ce dernier type s'étend à l'ensemble de la région à la fin du XVI^e^ siècle, mais en conservant des variantes locales (profondeur différente de creusement entre les deux *kobune* et le *hondoko*, par exemple).

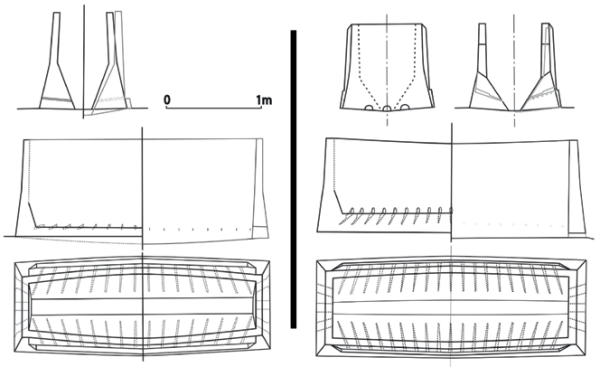
Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984



A - Reconstitution des premiers fourneaux de réduction dans l'archipel au VI sècle (système de soufflerie hypothétique). Photographie de l'expérimentation menée par l'auteur en 2024.



B - Evolution entre le XIe et le XVe siècle des structures sous-terraines de fourneau, munies d'une fosse centrale, le *hondoko*, et de deux canaux latéraux, les *kobune* (d'après MICHEL 2011)



C - Fourneaux des tatara Ataidani (*zuku oshi*, production de fonte), à gauche ; et Sugaya (*kera oshi*, production plus importante d'acier), à droite (d'après TAWARA 1933)

FIG. 2 : Évolution des fourneaux et de leur structure souterraine

Concernant le fer produit au cours de la période, les analyses physico-chimiques réalisées sur les différents sites révèlent une production principale de fonte et d'acier fortement carburé (KAKUTA 2014). Alors que certains sites semblent avoir produit

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

majoritairement de la fonte, d'autres sites ont, semble-t-il, une production plus diversifiée, avec des proportions égales entre acier doux, acier fortement carburé et fonte. Des fragments de fonte écoulée ont également souvent été découverts à l'extrémité des fourneaux. La fonte est vraisemblablement régulièrement écoulée à une extrémité du fourneau en cours d'opération, à la fin de laquelle un massiot (ou plutôt des masses hétérogènes d'acier et de scories) est récupéré, fragmenté puis épuré, tout comme la fonte décarburée, dans des forges spéciales de type *Itaya* ou *Danbara* (Michel 2011). Les artisans ne disposent cependant pas des moyens techniques nécessaires à la fragmentation d'un massiot aussi imposant que celui du *tatara* contemporain. Il existe ainsi des exemples de massiots importants qui ont été jetés, faute de pouvoir les fragmenter et les exploiter (certains d'entre eux, découverts dans des lits de rivières, sont exposés devant le sanctuaire principal de la divinité Kanayago, dans la commune de Yasugi).

Dans la région du Chūgoku, le fer produit, notamment au sein de certains fiefs appartenant à des monastères et à des sanctuaires, doit être remis à ces derniers sous forme de taxe, alors que celle-ci concerne le riz pour d'autres fiefs. Ainsi, un document témoigne qu'en 1407, 10000 barres d'acier (soit près de 22 tonnes) sont stockées par le fief de Yaguri (province de Hoki, Tottori), pour le temple Chōkōdō à Kyōto (Kakuta 2019). Il est important de noter que tous les fiefs produisant du fer ne sont pas nécessairement soumis à une taxe sur celui-ci.

4 Techniques de réduction dans le Japon moderne (XVII^{e}-XIX^{e} siècles)

Au XVI^{e} siècle, le fer n'est plus produit que dans les régions du Chūgoku et du Tōhoku. C'est au sein de la première que l'évolution des fourneaux médiévaux donna naissance au *tatara*. Le terme lui-même (désignant au cours de la période ancienne le soufflet à pied employé), a évolué au XVI^{e} siècle en finissant par désigner le bâtiment abritant le fourneau. Ce terme continue d'évoluer ensuite au XX^{e} siècle pour désigner l'ensemble du système technique japonais de réduction des sables ferrifères (Tawara 1933). Le système technique émerge donc pleinement à partir du XVII^{e} siècle, à la suite d'une évolution des procédés techniques issus de la région du Chūgoku. Ce système est ensuite exporté dans les autres régions du Japon, y compris dans le Tōhoku, remplaçant les techniques de production de moins grande ampleur qui y subsistent. Il présente un certain nombre de caractéristiques, identifiées notamment par Masatoshi Kawase : la présence d'un *takadono*, un bâtiment abritant le fourneau ; un système de lavage des sables ferrifères, le *kanna nagashi* ; une structure souterraine imposante sous le fourneau pour favoriser sa production, le *toko tsuri* ; l'utilisation de soufflets à balancier ; et, enfin, deux types de conduite d'opération, l'une favorisant la production de fonte et l'autre favorisant la production d'acier (Kawase 1995).

Le fourneau est ainsi, à partir du début du XVII^{e} siècle, installé au centre d'un grand bâtiment, le *takadono*, qui prend également le nom de *tatara*. Il est à différencier du *nodatatara* (*tatara* de plein air) qui désigne probablement les fourneaux antérieurs (mais cette appellation est encore mal comprise). Il existe deux types de plan de *takadono* : circulaire et quadrangulaire (carré ou rectangulaire). Ces variantes sont à

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

mettre en rapport avec leur localisation. Ceux-ci sont au début de dimensions réduites (10 à 12 m de diamètre) pour atteindre à la fin du XVIII[e] et au début du XIX[e] siècle de 16 à 18 m de côté et 7 à 9 m de haut (le *tatara* Sugaya, dans le Shimane, dernier *takadono* préservé, ayant servi de modèle pour le film d'animation « Princesse Mononoké », est de plan carré et fait 18,3 m de côté). Le toit est muni d'une ouverture pour laisser échapper fumées et chaleur. La subdivision de l'espace au sein du *takadono*, avec le fourneau et les soufflets au centre, les aires de stockage (sables ferrifères, charbons, argiles) et de repos des artisans sur le pourtour, est déjà en place dans la deuxième moitié du XVIII[e] siècle. Ce *takadono* est souvent inclus dans un ensemble d'autres bâtiments et d'infrastructures (espace de lavage des sables ferrifères, atelier de concassage du massiot, forge d'affinage, entrepôts, bâtiments administratifs, habitations des artisans et ouvriers, sanctuaire de la divinité Kanayago…), sujet à des variantes en fonction des régions et de la nature de la production, qui porte le nom de *sannai* et apparait au cours de cette période.

Une autre caractéristique du système technique du *tatara* est l'emploi du système de *kanna nagashi*, un système de plusieurs bassins pour le lavage des sables ferrifères. Ceux-ci sont dès l'origine récoltés par ramassage dans les rivières et sur les plages. À partir de la période pré-moderne, barrages et tables de lavage sont également mis en place pour augmenter le rendement. Et à partir de la fin du XVI[e] siècle et la mise en place des *kanna nagashi*, les capacités d'extractions sont démultipliées, à tel point qu'en 1610, le fief de Matsue (province de Izumo) les mentionne en les interdisant en amont de la rivière Hii et en 1623, c'est le fief de Hiroshima qui les interdit en amont de la rivière Ōta (KAKUTA 2019). Ces interdictions sont émises suite à des problèmes d'inondation liés à l'enlisement des lits de ces deux rivières majeures. Leur enlisement est effectivement causé par l'écoulement des terres issues des fronts d'abattage et des bassins de lavage en amont.

Or, une opération du *tatara* de l'époque moderne nécessite 13 t à 16 t de sables ferrifères (représentant l'abattage de plus de 1000 m^3 de terre). Les sites de réduction doivent donc se fournir sur plusieurs sites d'extraction différents. Le *tatara* de Tsugōyama en 1892, par exemple, se fournit auprès de 17 sites d'extraction de sables *masa* (moins de 5 % de TiO_2), et 6 sites d'extraction de sables *akome* (plus de 5 % de TiO_2). Le *tatara* Sugaya, quant à lui, en 1883, dispose de 12 sites de *kanna nagashi* et 2 sites d'extraction de sables de rivière dans un rayon de 18 km (KAKUTA 2019). Le *masa* est réputé faciliter la production d'acier tandis que le *akome*, la production de fonte. Cependant, les pratiques sont plus complexes et l'actuelle opération de réduction du *tatara*, centrée sur la production d'acier fortement carburé, est ainsi divisée en quatre étapes mélangeant les sables : le *komori* (*akome* utilisé car « fondant plus facilement ») ; le *komori tsugi* (*akome* aux teneurs moins fortes en TiO_2) ; le *agari* (*masa* aux teneurs relativement élevées en TiO_2) ; et enfin le *kudari* (*masa*).

D'autres modes d'extraction semblent également avoir existé, comme l'utilisation de lavage à la battée, mais il est probable que ces techniques à petites échelles aient précédé la technique du *kanna nagashi* et n'aient perduré que localement jusqu'au XVIII[e] siècle.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Un autre élément majeur caractérisant le système technique du *tatara* est sa structure souterraine, le *toko tsuri*. Devenue plus profonde au cours de la période médiévale, elle continua d'augmenter de taille entre le XVII^e^ et le XIX^e^ siècle. Il existe deux grandes variantes, différenciées en fonction de la profondeur des *kobune*, les tunnels longitudinaux latéraux, vis-à-vis de celle du *hondoko*, la fosse de charbon pilé immédiatement sous le fourneau. Héritée de la période médiévale, cette structure se complexifie encore dans son remplissage et l'augmentation notamment de différentes couches d'argile ou de pierre afin de favoriser l'isolation de l'humidité du sol, l'évacuation de l'humidité dans le fourneau lors de son chauffage et la conservation de la chaleur émise par le fourneau. Véritables secrets d'artisans, des différences locales ont été mises en évidence par les fouilles archéologiques (KAKUTA 2014).

Viennent ensuite les soufflets à balancier actionnés au pied. L'importance des soufflets transparaît dans le fait que le terme *tatara* les désigne à l'origine. Les soufflets de la période Ancienne sont de simples soufflets à pied constitués d'une planche pivotant de part et d'autre d'un axe. On l'active avec deux souffleurs qui pressent alternativement. À partir du XIII^e^ siècle apparaissent les soufflets à piston, des boîtes de bois munies d'un piston que l'on pousse et tire alternativement à l'aide d'une poignée. Ce n'est qu'à la fin du XVII^e^ siècle, au nord de Hiroshima, qu'apparaît la première mention des soufflets à balancier à pied. L'axe de pivot n'est plus au centre, mais sur les deux extrémités, le soufflet est divisé en deux soufflets reliés entre eux au centre par un système de balancier, et où le souffleur s'installe, un pied sur chaque soufflet. Lorsqu'il presse sur un soufflet, l'autre monte et inversement. Cette arrivée du soufflet à balancier aurait permis d'augmenter la production de 1,5 t à 3 t de moyenne par opération (KAKUTA 2019).

Le fourneau du *tatara* pré-moderne est une cuve rectangulaire. Ses dimensions sont alors de 2,4 à 3 m de long, pour 60 à 90 cm de large et 1,10 m de hauteur (Figure 2-C). Avec l'ère Meiji et l'implantation des soufflets mus par la force hydraulique, la largeur a pu être augmentée à 1 m et la hauteur, à plus de 1,60 m. En fonction de la longueur des fourneaux, il peut être percé de 16 à 24 orifices de ventilation par côté (32 à 48 orifices au total). Le fourneau est subdivisé en trois parties (en partant de la base : *motogama*, *nakagama* et *uwagama*). La construction du *motogama*, dans laquelle sont ménagés les orifices, est généralement gardée secrète par chaque famille d'artisans. Il s'élève généralement sur 50 cm de haut, avec un profil transversal en V tronqué. Trois orifices pour écouler fonte et scories sont ménagés aux deux extrémités. Les orifices de ventilations sont disposés en rayonnant à partir du soufflet ou à partir d'une boîte de répartition d'air, les *tsuburi*, elles-mêmes reliées directement au soufflet. La terre argileuse utilisée joue un rôle jugé particulièrement important par l'artisan pour la bonne séparation du fer des scories et la formation du massiot, dans le cadre de la production d'acier. Il existe en effet deux types de conduite d'opération de réduction sur le *tatara* : le *kera oshi*, dont le but est de faire croître le *kera* (mot apparaissant à l'époque et signifiant un massiot composé d'un alliage fer/carbone assez hétérogène mélangé à de la scorie) et produire ainsi de l'acier, et le *zuku oshi*, dont la production principale est la fonte. La production recherchée détermine le type de conduite, mais requiert aussi des modifications au niveau de la morphologie même du fourneau, comme sa hauteur, l'angle des orifices de ventilation, ou encore

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

l'étroitesse du fourneau (Tawara 1933). La diversité des pratiques a néanmoins dû être encore plus importante puisque le *Tetsuzan hitsuyō kiji* (1784) mentionne une conduite de type *zuku oshi*, suivi par ce qui s'apparenterait à un *kera oshi* sur un même fourneau, au cours de la même opération (Michel-Tanaka 2024b).

La nature de la production varie légèrement en fonction des matières premières et des techniques mises en place pour conduire les opérations de réduction, mais la fonte a toujours été l'élément majoritairement produit et nécessitant le moins d'étapes pour sa production. A la fin du XIX^e^ siècle, la conduite du *zuku oshi*, qui dure quatre jours et quatre nuits, permet en moyenne, avec près de 16 t de sables ferrifères et 18 t de charbon de bois, d'obtenir un produit de 4 à 5 t composé à plus de 90 % de fonte, le reste étant le *kera*. Tout comme à la période médiévale, des *tatara* sont associés à des forges d'affinage, les *ōkajiba*, des foyers de forge de grandes dimensions, afin d'y décarburer la fonte et de la grapper, pour la transformer en barres d'acier directement utilisables en forge (les *hōchō tetsu*).

La production directe d'acier par le *tatara*, toujours pratiquée de nos jours, prend plus de temps à se mettre en place et passe par de nouvelles innovations. Elle nécessite notamment la possibilité de pouvoir concasser le massiot imposant créé pendant l'opération. Or, ceci n'a pu être effectué qu'avec l'installation des premiers systèmes de concassage de massiot, des masses tombantes, qui apparaissent à partir des années 1760. D'autre part, au début du XIX^e^ siècle, la durée très longue et les différentes étapes de l'opération sont raccourcies, donnant naissance à l'opération en trois jours et trois nuits, appelée *kera oshi*. À la toute fin du XIX^e^ siècle, une opération de *kera oshi* permet d'obtenir un produit de 3 à 4 t (20 à 35 % d'acier, 40 à 50 % de fonte et 30 % de *kera*) en moyenne pour près de 13 t de sables ferrifères et 13,5 t de charbon. Ainsi, même dans le cadre de la technique de *kera oshi*, la production principale demeure la fonte, qui était ensuite retraitée dans les forges d'affinage.

Le dernier *tatara* disparait en 1921. Cependant, la technique de *kera oshi* est d'abord restaurée de 1933 à 1945, avec le *tatara* Yasukuni, puis de nouveau à partir de 1977, où le *tatara* Yasukuni est réutilisé sous le nom de *tatara* Nittōho, opéré dans le but de produire majoritairement de l'acier pour la forge des sabres. Ce n'est d'ailleurs qu'à cette époque qu'apparaît le terme de *tamahagane* pour désigner cet acier.

5 Quelques questions en suspens

Si nous avons pu ici restituer dans ces grandes lignes l'évolution de la technologie du *tatara*, un nombre important de questions n'a pas encore trouvé de réponses. Nous en soulèverons ici quelques-unes en guise d'ouverture.

Tout d'abord, la question des débuts de la sidérurgie au Japon reste entière. Le début de la réduction, 700 ans après les techniques de forge, parait tardif et singulier. L'absence de sites antérieurs interroge. Et la morphologie des fourneaux développés en Corée (d'où la sidérurgie japonaise est supposée être originaire) comporte des différences, dont la raison n'a toujours pas été pleinement expliquée. De même, l'utilisation très rapide des sables ferrifères, alors que leur usage n'est toujours pas confirmé pour une période aussi reculée sur le continent, laisse perplexe. La question de savoir si

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

l'utilisation des sables ferrifères en Extrême-Orient a débuté au Japon ou non est une question qui revient très souvent et peine à être traitée, faute de sites sur le continent. En outre, les techniques de réduction des périodes ancienne et médiévale sont soumises à des discussions du fait de l'absence de documents autres que les vestiges archéologiques. Leur comparaison avec la technique actuelle du maître ferron du *tatara* Nittōho, héritière de cette tradition technique, est compliquée par le fait que les techniques employées ne soient pas tout à fait les mêmes que celles ayant existé plus de 400 ans auparavant. Des expérimentations menées par le maître artisan du *tatara* et l'université d'Ehime, ainsi que l'association de préservation des techniques de *tatara* de la ville de Niimi, ont cependant apporté des réponses importantes pour la compréhension de ces techniques (Murakami 2006, Murakami 2015), mais elles nécessitent des vérifications supplémentaires, comme par exemple le type de terre employée. En effet, l'étude de la terre employée pour le fourneau, bien que désignée comme importante par les artisans, a été laissée jusqu'à présent de côté. Alors que les parois des fourneaux des périodes ancienne et médiévale sont fibrées, ce phénomène disparaît progressivement au cours de la période médiévale pour être absent dans les fourneaux modernes. Nous avons donc débuté des recherches sur ce sujet afin de pouvoir vérifier l'importance de ce paramètre dans l'émergence du *tatara* et l'impact qu'il put avoir dans l'évolution technique (Michel-Tanaka 2023, Michel-Tanaka 2024a). Ces recherches feront l'objet d'autres articles prochainement.

Bibliographie

Kakuta, N., 2014.『たたら吹製鉄の成立と展開』[Émergence et développement de la réduction par tatara] 清文堂出版.

Kakuta, N., 2019.『たたら製鉄の歴史[Histoire de la réduction au tatara] 歴史文化ライブラリー４８４.

Kawase, M., 1995.『たたら吹製鉄の技術と構造の考古学的研究』[Recherches archéologiques sur les structures et les techniques de la réduction au tatara] 渓水社.

Michel, X., 2011. Étude archéologique des techniques d'acquisitions et de transformations du métal dans le cadre de la production des lames de sabre au Japon (IXe-XVIe siècle). Thèse de doctorat, Paris IV Sorbonne, France.

Michel-Tanaka, X., 2023. The use and disappearance of vegetal fibres in clay--sand mixtures in furnace walls in pre-seventeenth-century iron smelting sites in the Chūgoku region (Japan). Advances in Archaeomaterials, 4.

Michel-Tanaka, X., 2024a.「１７世紀以前の中国地方の製鉄遺跡における炉壁混合物中のスサの利用と消失の研究について」[À propos de l'usage et de la disparition du fibrage au sein du mélange des parois de fourneaux des sites de reduction de la region du Chūgoku, antérieurs au XVII^{e} siècle]『たたら研究』61号 : 11-19.

Michel-Tanaka, X., 2024b.「Le fonctionnement d'une opération du tatara d'après le « Tetsuzan Hitsuyō Kiji »」『東京理科大学教養教育研究院紀要』第2号 : 137-147.

Murakami, Y., 2006.『日本列島における初期製鉄・鍛冶技術に関する実証的研究』[Étude méthodologique des premières techniques de forge et de réduction au sein de l'archipel japonais] 愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター.

Murakami, Y., 2015.『失われゆくたたら製鉄技術・銑押し法の復元的研究』[Recherche de reconstitution de la méthode de zuku oshi, technique de réduction au tatara qui s'est perdue] 愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター.

Tawara, K., 1933.『古来の砂鉄製錬法―たたら吹き製鉄法―』[Méthode de réduction au tatara -- méthode de réduction traditionnelle des sables ferrifères] 丸善（館現代訳2007）.

Uwagaki, T., 2010.「古代吉備における鉄生産の衰退」[Déclin de la production du fer dans le Kibi du Japon Ancien]『考古学研究』56巻4号 : 77-88.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984