

La chimie de la pièce : fabrication, composition en provenance des monnaies d'Alexandrie

Thomas Faucher a effectué sa thèse sous la direction d'Olivier Picard, ancien directeur de l'École Française d'Athènes. Il a travaillé à Alexandrie sur le matériel d'Alexandrie (les monnaies de fouille du Centre d'Études Alexandrines, CEAlex) puis a été pensionnaire à l'Institut français d'archéologie orientale. Il a aussi pris son élan vers d'autres contrées, il a remonté le Nil et commence à explorer des sites qui se trouvent sur l'isthme, entre Coptos et la Mer rouge, ces forts qui permettaient de surveiller le commerce qui s'effectuait entre Alexandrie, Rome, la péninsule arabe et le monde indien. Il est aujourd'hui chercheur au CNRS dans le laboratoire de l'IRAMAT¹ Centre Ernest Babelon d'Orléans.

1. www.cealex.org

1 Présentation de la monnaie de Cléopâtre

Le fil rouge de ce chapitre est la fameuse « monnaie de Cléopâtre » frappée à Alexandrie dans la deuxième partie du règne de cette reine (**Figure 1A**). Cette monnaie est célèbre, moins parce qu'elle porte au revers l'aigle de la dynastie Lagide, l'oiseau de Zeus sur son foudre², que par son droit³ qui arbore le portrait de la reine. Elle y est représentée en buste coiffée d'un chignon bas issu d'une coiffure côtelée portant le diadème, ce tissu qui lui sert de bandeau et signifie le caractère royal de Cléopâtre, dernière descendante de la dynastie des Ptolémées. Son identification est simplifiée par la légende

2. Foudre : faisceau de dards enflammés en forme de zigzag représentant la foudre.

3. Droit : face de la pièce arborant généralement un portrait.

que l'on retrouve au revers de la monnaie ΚΛΕΟΠΑΤΡΑΣ ΒΑΣΙΛΙΣΣΗΣ – « monnaie de Cléopâtre Reine ».

On décrit une monnaie toujours de la même façon : le lieu de fabrication, le métal (on parle souvent de bronze mais il faut plutôt employer le terme d'alliage cuivreux⁴), le poids, le diamètre, l'axe, la description du droit, la description du revers, la référence bibliographique et le numéro d'inventaire.

La monnaie est conservée au département des Monnaies, médailles et Antiques de la Bibliothèque nationale de France (BnF). Il existe des pièces de la même série trouvées à Alexandrie mais l'état de conservation des monnaies provenant de fouille est généralement moins bon (**Figure 1B**).

2 Les différentes vies de la monnaie de Cléopâtre

Avant de rejoindre les médailles du dépôt de fouille d'Alexandrie, la cartoucherie du Shallalat⁵ ou le département des monnaies de la BnF, cette monnaie a traversé une histoire de plus de 2 000 ans. C'est cette histoire que nous allons remonter aujourd'hui en explorant les phases décisives de son existence. Cette monnaie a eu deux vies : l'une se terminant à sa restauration par l'archéologue et commençant à sa mort enfouie dans le

4. Alliage cuivreux : combinaison de cuivre avec un ou plusieurs autres métaux.

5. Shallalat : quartier du centre d'Alexandrie abritant des jardins.

Figure 1

A) Monnaie de Cléopâtre conservée à la BnF. Le revers et droit de la monnaie de Cléopâtre présentent des signes distinctifs : buste, diadème, inscription grecque, mais surtout l'aigle lagide des Ptolémées ; B) une monnaie trouvée dans les fouilles du CEAlex, sur le chantier du Diana, le 5 mai 1997. La plupart des monnaies de fouille sont assez mal conservées.





Figure 2

De très grands stocks de monnaies ont été constitués depuis les premières fouilles et finissent entreposés dans les sous-sols des musées Égyptiens.

sol de la capitale égyptienne, et l'autre partant de l'origine du métal qui la compose et se terminant à sa sortie de l'atelier monétaire d'Alexandrie.

2.1. Découverte et conservation des monnaies

Ces pièces se retrouvent en grand nombre dans les musées en Europe et en Égypte. Dans le sous-sol de la musée égyptien des antiquités du Caire, on a retrouvé ces dernières années pas moins de 1 300 kilos de monnaie (**Figure 2**) ; c'était environ 250 000 pièces provenant de fouilles anciennes qui étaient conservées dans des caisses. Dans une seule d'entre elles, on a répertorié plus de 22 monnaies de Cléopâtre. Elles s'ajoutent à la collection d'autres musées comme celui du Musée gréco-romain d'Alexandrie où sont conservées plus de 160 000 monnaies. Il faut comparer ces chiffres à ceux de Paris où le département des monnaies de la BnF possède environ 10 000 de ces

pièces d'Alexandrie, alors que l'American Numismatic Society à New York en dispose de 13 000, et les musées de Toronto au Canada et d'Ann Arbor aux États-Unis en ont à peu près 25 000 chacun. Ce n'est encore que la partie émergée de l'iceberg : après les millions de tessons⁶ présentés par J.-Y. Empeur (voir le **Chapitre de J.-Y. Empeur** dans cet ouvrage *Chimie et Alexandrie dans l'Antiquité*, EDP Sciences, 2020), voilà les millions de monnaies.

Dès l'intensification des fouilles en Égypte à la fin du XIX^e siècle, ce sont des dizaines de milliers de monnaies qui étaient mises au jour tous les ans. Giovanni Dattari (**Figure 3A**) est un célèbre antiquaire et numismate qui a séjourné au Caire depuis les années 1890 jusqu'à sa mort dans les années 1920. Il dit lui-même dans une série de lettres envoyées au conservateur de l'Ashmolean Museum d'Oxford, Joseph Milne, qu'il a vu plus de deux millions de

6. Tesson : fragments de poteries.

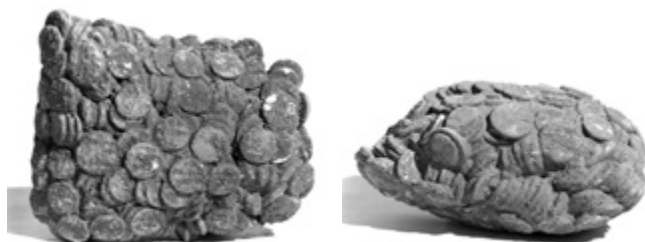


Figure 3

Les « trésors monétaires » et les détails de leurs découvertes ont une grande valeur archéologique. Ici les monnaies trouvées aux abords du temple d'Opet de Karnak forment un bloc.

Figure 4

Les fouilles des bains ptolémaïques, ici ceux de Karnak, ont permis de récupérer un trésor monétaire de plus de 300 monnaies de bronze.



pièces lors de sa carrière. Il dit en outre avoir vu à peu près les deux tiers des monnaies qui sortaient du pays à l'époque. Il faut dire que les fouilles de la fin du XIX^e et de la première moitié du XX^e siècle en Égypte étaient souvent intensives, comme celles de Karanis, un site à l'entrée du Fayoum à une centaine de kilomètres au sud du Caire qui ont été filmées à la fin des années 1920. Pour donner une idée des efforts déployés, on sait que Pierre Montet, qui a travaillé à Tanis dans la partie orientale du Delta du Nil, a employé jusqu'à 900 ouvriers par jour pour ses fouilles entre les deux guerres. Outre les tonnes et les tonnes de tessons de céramique qui étaient mis au jour, les monnaies faisaient partie des découvertes

les plus communes, trop communes malheureusement pour que les archéologues de cette époque s'en soient particulièrement préoccupés. Nous disposons en fait que peu d'informations sur la majorité d'entre elles.

Les fouilles les plus récentes présentent un cadre plus favorable car on a davantage de détails sur leur découverte. Ne serait-ce que dans et autour du temple de Karnak, plusieurs « trésors de monnaies » ptolémaïques⁷ ont été mis au jour. Les « trésors de monnaies » sont des monnaies enfouies ensemble volontairement et que leur propriétaire n'a jamais retrouvées. C'est le cas de ce grand bloc qui pesait plus de 40 kilos lors de sa découverte en 1970, sur la

Figure 3.

À Karnak également, on a retrouvé plusieurs autres trésors de la période ptolémaïque. Un premier dans des couches stratigraphiques⁸ qui se situaient juste au-dessus du bain ptolémaïque montré sur la **Figure 4.**

On y a aussi retrouvé un trésor de plus de 300 monnaies en bronze (**Figure 5**). La figure montre des photos de sa découverte lors des fouilles égyptiennes en 2007 ainsi que ce trésor en cours de restauration, la moitié des monnaies ayant été nettoyées, contrairement à l'autre moitié (**Figure 5B**).

Toujours à Karnak, un autre trésor a été découvert devant le

7. Ptolémaïques : issues de la dynastie des Ptolémées.

8. Couches stratigraphiques : couches superposées déposées au cours du temps.

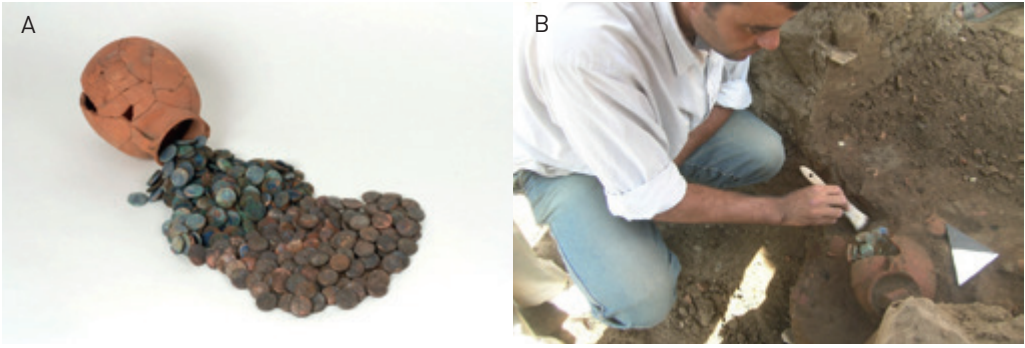


Figure 5

A) Le trésor monétaire des bains ptolémaïques au moment de sa découverte ; B) restauration partielle du trésor des bains ptolémaïques avec à droite les pièces remises en état.

premier pylône du temple, dans la zone de la chapelle d'Achôris à droite de l'allée des Sphinx, à l'entrée du temple (**Figure 6**). Il a été découvert par Jean Lauffray pour le Centre franco-égyptien d'étude des temples de Karnak dans les années 1970 (**Figure 7**). Il s'agit encore de « monnaie de Cléopâtre » mais cette fois-ci en argent ; les monnaies portent au droit non le portrait de la reine mais celui du fondateur de la dynastie, Ptolémée I^{er}, qui était un des généraux d'Alexandre le Grand (**Figure 8**). Sur ces monnaies on retrouve au revers l'aigle lagide, et comme sur

la majorité des monnaies en argent des Ptolémées, au revers la légende en grec ΠΤΟΛΕΜΑΙΟΥ ΒΑΣΙΛΕΩΣ, ainsi que la date du règne, en l'occurrence l'année 11 du règne de Cléopâtre. Comme pour les monnaies des bains, le trésor était contenu dans un petit vase en céramique.

Si nous connaissons une série de trésors de monnaies en argent de Cléopâtre, malheureusement il n'en existe qu'un seul des « monnaies de Cléopâtre » en bronze. Il a été trouvé dans les années 1930 à Abydos mais a été vendu par des marchands aux fouilleurs



Figure 6

La chapelle d'Achôris se trouve en bas à droite, devant le premier pylône, sur cette vue reconstituant partiellement le temple de Karnak.



Figure 7

Le trésor monétaire de la Chapelle d'Achôris contenait des monnaies d'argent.



Figure 8

Les monnaies en argent de la chapelle d'Achôris présentent les signes distinctifs des monnaies ptolémaïques en argent comme l'aigle lagide ou le portrait de Ptolémée 1^{er}.



Figure 9

La plupart des monnaies de fouille ne sont pas en assez bon état pour être restaurées et publiées.

« monnaies de Cléopâtre » mais aussi de monnaies en bronze d'Auguste (voir plus loin).

Les monnaies ne sont que rarement trouvées sous forme de trésor ; la plupart du temps elles sont identifiées par les fouilleurs comme des disques de métal verdâtres. Un nombre important de monnaies trouvées par les archéologues lors de fouilles archéologiques sont malheureusement trop abîmées pour être restaurées ou sont tout simplement non-identifiables (Figure 9). Pour donner un ordre de grandeur, les fouilles françaises d'Alexandrie ont mis au jour plus de 15 000 monnaies. Sur ces 15 000, seulement un quart ont pu être identifiées et publiées.

du temple d'Ermant au sud de Louxor avant d'être cédé au Musée gréco-romain. Ce trésor est intéressant parce qu'il se compose à la fois de

On retrouve également, mais plus rarement, des monnaies en contexte funéraire. Ce fut le cas dans la nécropole à Alexandrie lors des fouilles du CEALex. On les retrouve à ce moment-là soit dans la bouche du défunt soit dans sa main, et elles sont désignées comme étant des oboles⁹ à Charon – le passeur qui menait à l’Au-delà. À Térénothis dans les fouilles dirigées par Sylvain Dhennin, la corrosion de la pièce a affecté le squelette puisque l’on voit bien les os de la main qui tenait fermement la pièce qui se sont teints en vert. Lors des découvertes, ces monnaies en alliage cuivreux sont enrobées d’une épaisse couche de corrosion, ce qui empêche les numismates de pouvoir les étudier.

2.2. Restauration des monnaies

La première étape de la restauration fait intervenir la chimie et la mécanique. Il s’agit pour les restaurateurs de retrouver la surface originelle de la monnaie pour permettre son étude et son identification. Il faut d’abord identifier à quelle sorte de corrosion on a affaire ; c’est ce que Hanna Tawfik, restauratrice en chef du CEALex, est en train de faire sur la **Figure 10**. Il est possible d’utiliser un scalpel pour effectuer un nettoyage mécanique ou une brosette métallique si la corrosion est très fine.

Souvent les restaurateurs sont obligés d’utiliser le nettoyage chimique, notamment quand il existe un très grand nombre de monnaies à restaurer (**Figure 11**). Cela a été notre

9. Obole : offrande monétaire.



Figure 10

Les premières étapes de nettoyage au scalpel et à la brosse permettent de déterminer le type de corrosion, ici le travail d’Hanna Tawfik.

cas au Caire lorsque nous avons été confrontés aux milliers de monnaies du sous-sol. La **Figure 12** montre Charlotte Rerolle dans une série de tests



Figure 11

Le travail de restauration mêlant traitement chimique et mécanique donne une seconde vie à ces monnaies.



Figure 12

Charlotte Rerolle effectuant une série de tests pour déterminer le meilleur traitement selon l’alliage constituant les monnaies.



Figure 13

Les différentes étapes du nettoyage par traitement chimique : A) le mélange eau-tensioactifs ; B) le bain d'ultrasons ; C) le bain d'EDTA di-sodique et tétra-sodique.

destinée à évaluer la méthode la plus pertinente pour traiter les différents types d'alliages impliqués.

Les produits utilisés vont du glycérol alcalin¹⁰ à l'EDTA¹¹ di-sodique ou tétra-sodique en passant par le sel de Rochelle¹² ou l'acide formique. Pour les monnaies de bronze on utilise d'abord un bain d'eau et de tensioactifs¹³ pour nettoyer les pièces de la terre et des éléments organiques. On les place souvent dans des bacs à ultrasons pour en améliorer le nettoyage, puis on laisse les monnaies dans des bains (un mélange d'eau avec 10 % d'EDTA di-sodique et tétra-sodique) en les nettoyant et en les rinçant à chaque étape (**Figure 13**).

Une fois l'état de surface¹⁴ atteint, on stabilise la monnaie, on la sèche et on l'enduit d'une couche de vernis pour la protéger de l'oxygène et éviter que la corrosion ne reprenne.

10. Glycérol alcalin : composé du savon permettant un premier nettoyage de la pièce.

11. EDTA di ou tri-sodique : composé favorisant la migration des ions métalliques de surface.

12. Sel de Rochelle : aussi appelé Sel de Seignette, il piège certains ions métalliques.

13. Tensioactifs : substances facilitant les émulsions, communes dans les savons.

14. État de surface : état de la pièce une fois débarrassée de tous les résidus de corrosion.

Avant sa découverte par les archéologues la monnaie était restée enfouie pendant de nombreuses années, pendant lesquelles la corrosion s'est développée autour de sa surface au contact de l'eau, de l'air et de la terre.

2.3. Fabrication des monnaies

Avant d'être perdue ou d'avoir été délibérément enfouie, la monnaie a connu une première vie, de sa fabrication à sa perte. On ne sait généralement pas grand-chose de cette vie ; on sait surtout où ces monnaies ont été retrouvées.

L'Égypte ancienne ne s'est mise que très tard à l'utilisation de la monnaie, vraisemblablement pas avant la fin du v^e siècle avant J.-C. Les autorités égyptiennes ont utilisé et produit des monnaies en argent et en or mais il faut attendre la fin du iv^e siècle pour voir apparaître des monnaies de bronze. Au départ les monnaies utilisées proviennent principalement d'Asie Mineure (à l'ouest de la Turquie actuelle), mais à partir de la toute fin du iv^e siècle, alors que les Ptolémées dirigent le pays, seules les monnaies locales sont autorisées à circuler. On peut voir comment elles sont intégrées à l'économie locale à travers les

différentes séries monétaires jusqu'à la série 10 frappée par Cléopâtre (Figure 14). Ces pièces devaient payer des dépenses assez élevées, par exemple une semaine d'entrée au bain public, un kilo de blé ou l'équivalent à la journée de salaire d'un agriculteur (Figure 15).

Avant leur utilisation, les monnaies proviennent d'un atelier monétaire. Malheureusement, les traces archéologiques de ces ateliers sont extrêmement

minces. Par exemple on n'a encore pas retrouvé l'atelier monétaire d'Alexandrie en charge de la production de toutes les monnaies du pays pendant le règne des Ptolémées avant Cléopâtre puis à l'époque romaine.

Pour le reste de la Méditerranée, les restes archéologiques sont également peu nombreux. Le meilleur exemple est sans doute celui de Marseille qui a été fouillé il y a un peu plus de 20 ans. Il date de

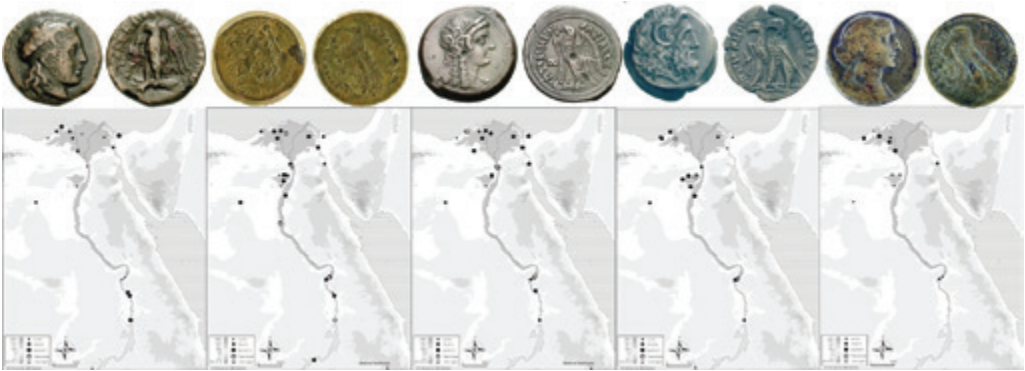


Figure 14

Les différentes séries de monnaies sont toutes retrouvées dans le Delta du Nil et en Haute-Égypte, signifiant ainsi leur intégration à l'économie du pays.



Figure 15

Une simple pièce de la monnaie de Cléopâtre avait une valeur assez importante, permettant l'accès aux bains publics, à une ration conséquente de nourriture, ou l'emploi journalier d'un agriculteur.



Figure 16

Le site de Marseille pourrait abriter les vestiges d'un atelier monétaire mais les résultats de ces fouilles n'ont pas encore été publiés.



Figure 17

Les moules et les flans retrouvés à Paphos sont parmi les rares vestiges de la production monétaire de l'époque.

la période hellénistique, du III^e au I^{er} siècle avant notre ère (Figure 16) mais les détails des fouilles ne sont pas encore publiés.

L'île de Chypre a donné d'autres exemples. La Figure 17 à gauche montre des moules monétaires provenant de Paphos, ce qui est intéressant pour nous puisque l'île était sous contrôle des Ptolémées à l'époque où l'on fabriquait ces moules. Ils ressemblent à d'autres moules trouvés en Phénicie (Figure 18) et qui respectent le même principe : une plaque creusée de cavités reliées entre elles par des canaux. Une autre plaque devait se positionner en face, on coulait le métal par des ouvertures qui se dispersait dans les différentes cavités. On a des exemples de

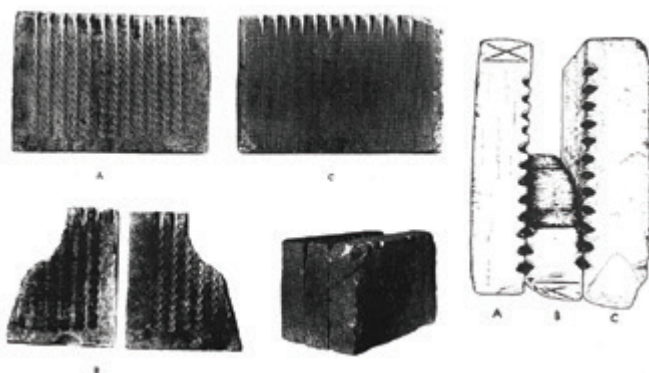


Figure 18

Moule de Khirbet Rafi. Le principe des moules repose sur un ensemble de cavités reliées par des canaux.



Figure 19

Le site de Karnak abrite le seul vestige d'atelier monétaire retrouvé en Égypte pour l'époque ptolémaïque.

produits semi-finis comme ceux de Paphos ; on les appelle des flans¹⁵.

On peut tout de même citer un atelier trouvé en Égypte, qui se trouve à Karnak, donc à Louxor, dans l'enceinte du temple d'Amon, plus précisément aux abords d'une des chapelles osiriennes¹⁶ qui borde la voie de Ptah (**Figure 19**). La fouille dirigée par Laurent Coulon et Cyril

Giorgi en a mis au jour les vestiges, mais il s'agit d'un atelier de faux monnayeurs.

Les archéologues ont trouvé tous les éléments prouvant cette existence : d'abord une zone de travail des alliages cuivreux contre le mur d'enceinte de la chapelle d'Osiris Neb-Djefau avec plusieurs foyers (**Figure 20**), ensuite un chapelet de flans (**Figure 21**), ces éléments qui ressemblent de très près aux restes archéologiques associés aux moules monétaires en pierre de Paphos, enfin, dans les mêmes unités

15. Flan monétaire : morceau de métal taillé ou coulé prêt à être frappé.

16. Dédiées à la déesse égyptienne Osiris.

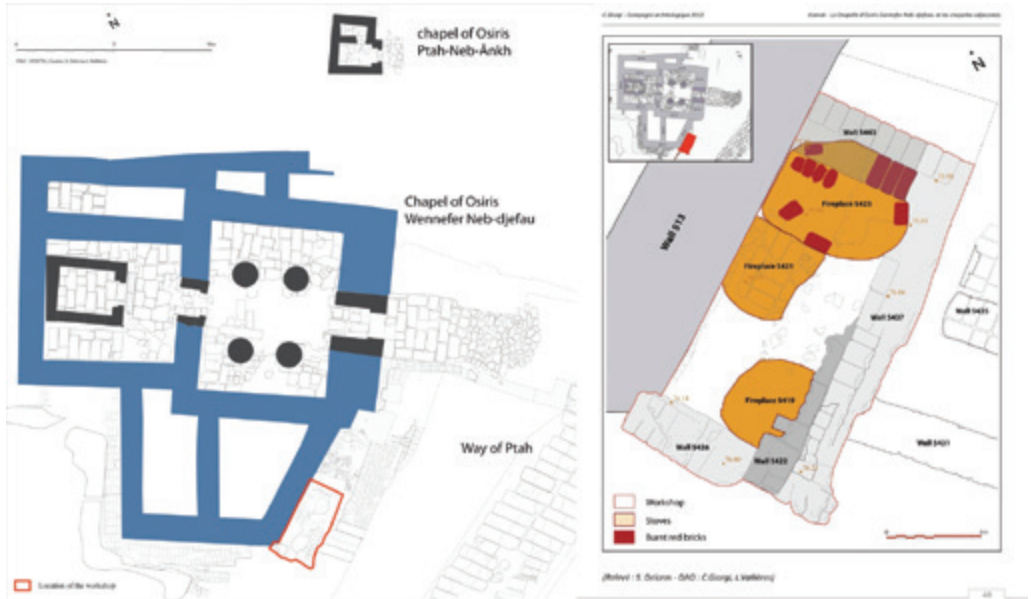


Figure 20

C'est aux abords de la voie de Ptah qu'un atelier de faux monnayeurs a été mis au jour.

stratigraphiques¹⁷, des monnaies d'imitation qui se reconnaissent grâce au style un peu dégénéré des deux aigles lagides (Figure 22). Cet atelier

remonte au II^e siècle avant notre ère, un peu plus tôt que les monnaies de Cléopâtre.

Pour essayer de mieux comprendre les différentes étapes de la production monétaire (ce qu'on appelle la chaîne opératoire), on fait appel à l'archéologie expérimentale.

17. Unité stratigraphique : volume de sédiments déposés correspondant à une même période.



Figure 21

Les restes de moules monétaires corroborent l'existence de l'atelier de faux monnayeurs en ces lieux.



Figure 22

Les monnaies contrefaites sont facilement reconnaissables à la piètre qualité du moulage du droit et du revers (les deux monnaies de droite).

À Melle, dans les Deux-Sèvres, sur la plateforme du feu dirigée par Florian Téreygeol, ont été menées entre 2006 et 2011 une série d'opérations visant à recréer un atelier monétaire. Après quelques sessions, il a été possible de produire une série de flans très proches de ceux trouvés en contexte archéologique, validant ainsi l'hypothèse de l'utilisation des

moules pour produire les monnaies comme la monnaie de Cléopâtre (Figure 23-25).

D'autres découvertes archéologiques, notamment celles de flans trouvés sur l'île de Thasos en Grèce, montrent que d'autres techniques avaient pu être utilisées (Figure 26). Les objets en alliage cuivreux retrouvés à Thasos montrent que l'on pouvait partir d'une tige métallique

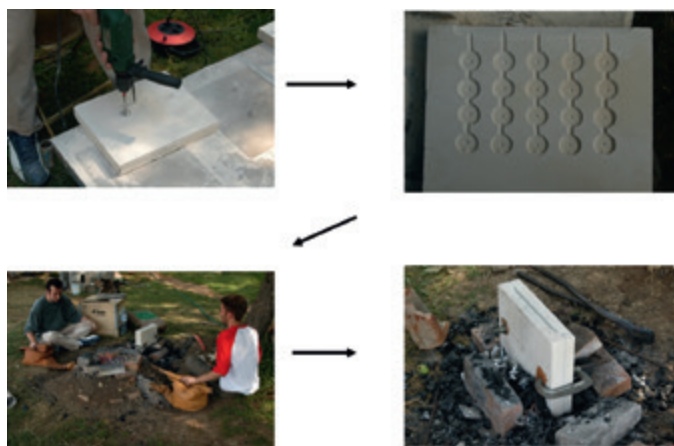


Figure 23

Par le biais de l'archéologie expérimentale, une série de flans a été reproduite à partir d'un procédé fidèle à celui d'époque.

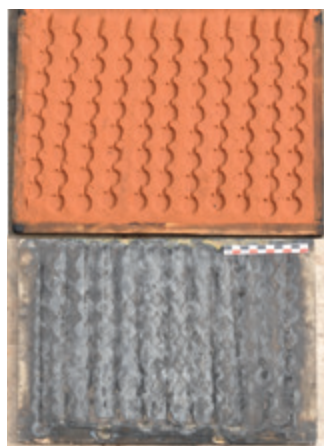


Figure 24

Les moules recréés reprennent le principe des cavités et des canaux.



Figure 25

Des flans monétaires en bronze pareils à ceux de l'Antiquité ont pu être moulés.

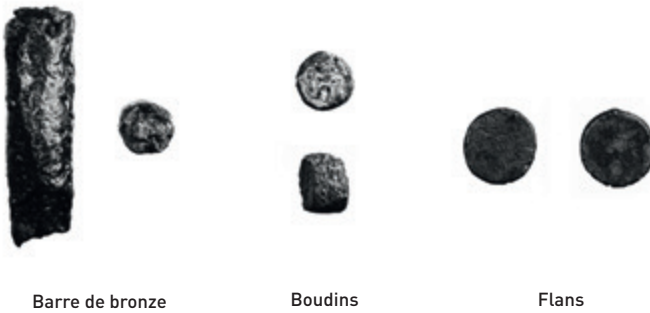


Figure 26

Flans monétaires trouvés à Thasos. Les flans monétaires antiques s'obtenaient en trois étapes : la conception d'une barre métallique, sa découpe en boudins et l'aplatissement de ces derniers.



Figure 27

Flans modernes, Monnaie de Paris. Aujourd'hui encore les pièces de monnaie sont fabriquées à partir de flans



Figure 28

Monnaie découpée, mise en résine, polie, suivi par une attaque acide au perchlorure de fer : 20 cc de $FeCl_3$ + 2 cc de HCl + 96 cc d'éthanol. La création d'un poli miroir à partir de monnaie découpée est indispensable à son étude microscopique.

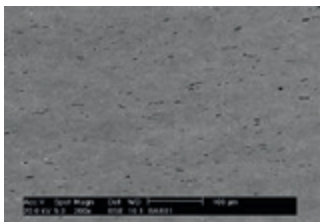


Figure 29

Inclusions de soufre (microscope électronique). Des précipités de soufre ou inclusions de forme allongée trahissent le martelage du métal.

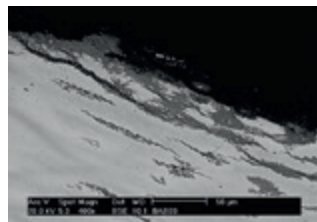


Figure 30

Trace de corrosion de forme allongée (microscope électronique). Les traces de corrosion allongées et les macles sont le signe d'un traitement mécanique du métal.

que l'on découpait en sections avant de les aplanir au marteau. La **Figure 27** montre des flans modernes ; on en utilise encore d'analogues à l'heure actuelle.

À côté de l'archéologie expérimentale il est possible d'utiliser des études métallographiques¹⁸ pour mieux comprendre comment ont été formés ces flans. Pour cela, il faut préalablement découper les monnaies. Cela n'est pas réalisé avec des milliers de pièces mais ces monnaies ont été produites et retrouvées en suffisamment grand nombre pour que l'on puisse en prélever un échantillon en vue de mener ces études. Une fois la monnaie découpée et mise en résine, une série de polissages est effectuée pour obtenir un poli très fin, un poli miroir.

Afin d'étudier la structure du métal, on attaque l'échantillon avec une solution acide, par exemple du perchlorure de fer (**Figure 28**). La solution se propage dans la structure métallique, notamment entre les grains¹⁹, ce qui permet de les mettre en évidence. Sur l'échantillon de la **Figure 29**, on peut observer des inclusions²⁰ de soufre mises en évidence au microscope électronique. Elles présentent une forme très allongée horizontalement, signe d'un martelage de la monnaie. Les traces de corrosion allongées mécaniques, les macles²¹, sont d'autres signes de la déformation consécutive à l'aplatissement des petites sections pour créer des flans (**Figure 30**).

18. Métallographie : étude la microstructure des métaux.

19. Grain : micro-cristaux composant le métal.

20. Inclusion : précipité solide.

21. Macle : défaut de structure cristalline.

Au microscope optique on peut discerner à petite échelle qu'il existe à l'intérieur des macles mécaniques et des macles thermiques (**Figure 31** en bas à droite).

Après chaque martelage, il était indispensable pour l'ouvrier d'effectuer un recuit, c'est-à-dire de laisser le flan chauffer à haute température, mais en dessous du point de fusion, pour qu'il retrouve de la malléabilité. Après plusieurs phases alternées de martelage et de recuit, le flan était prêt à être frappé. Cette méthode a bien été utilisée à Alexandrie mais plutôt au début du règne de Ptolémée. Contrairement aux flans issus de barres de bronze, martelés et recuits, les flans produits dans des moules monétaires présentent des grains très larges puisque le métal a eu le temps de refroidir lentement.

Une autre caractéristique : lorsque le métal refroidit lentement, il se solidifie sous forme de « dendrites », des formes allongées qui font penser à des cristaux de neige (**Figure 32**).

Sur d'autres échantillons on peut voir nettement ces grains larges (**Figure 33**), la structure et le cœur de la monnaie (**Figure 33**). Enfin, on voit pourquoi il faut parler d'alliage cuivreux plutôt que de bronze puisque certaines de ces monnaies contiennent un pourcentage important de plomb (**Figure 34**). Ce plomb n'est pas miscible dans l'alliage de cuivre et d'étain ; il apparaît sous forme de globules ou de nodules qui viennent se loger dans la structure dendritique de l'alliage cuivre-étain

(**Figure 34**). Ces nodules de plomb ont gardé leur forme bien circulaire juste un peu allongée, signe qu'ils ont été comprimés lors de la frappe mais pas lors de la phase de préparation ; ils proviennent donc bien de moules monétaires et non pas de barres de bronze.

Il existait à l'époque de Cléopâtre une dernière façon de produire des monnaies : par moulage, une technique



Figure 31

Macles mécaniques et thermiques (microscope optique). D'autres signes microscopiques sont le résultat d'un traitement thermique du métal.

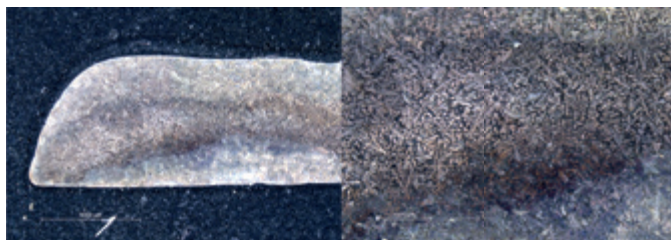


Figure 32

La forme caractéristique des dendrites (analogie avec les cristaux de neige) que l'on retrouve dans les microstructures marque une étape de recuit.

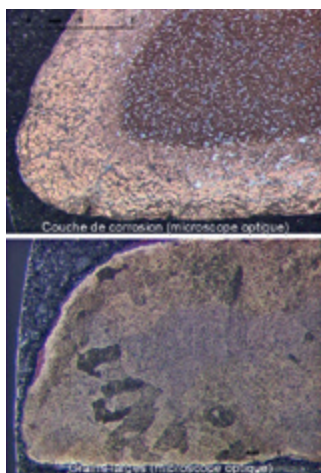


Figure 33

La composition et la microstructure originelles se trouvent au cœur de la monnaie lorsque cette dernière a subi de la corrosion.

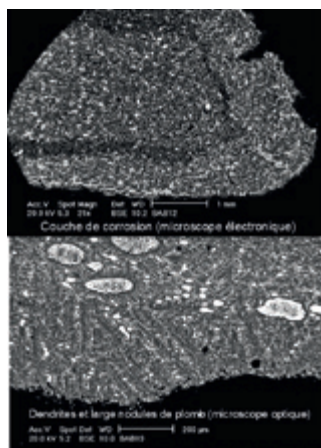


Figure 34

On parle d'alliage cuivreux plutôt que de bronze à cause notamment de la présence de plomb.



Figure 35

Moule monétaire en argile trouvé dans le delta égyptien. Les faux monnayeurs reproduisaient les monnaies à partir de moules en argile des pièces officielles.



Monnaie trouvée sur le site de Fouad, Alexandrie, CEAlex



Monnaie trouvée dans le trésor des barin, Karnak, Louqsor

Figure 36

Les fausses monnaies moulées, bien que reconnaissables, ont tout de même circulé dans toute l'Égypte.

particulière puisqu'elle n'a jamais été utilisée par l'atelier officiel. Même si elles ont abondamment circulé à la fin de la période des Ptolémées, ces monnaies moulées sont l'œuvre généralement de faux monnayeurs qui devaient sévir un peu partout en Égypte, à la fois dans le Delta mais aussi en Haute-Égypte. Ces monnaies sont généralement de très mauvaise qualité, mais il est certain qu'elles ont circulé aux côtés des monnaies officielles.

Le principe de leur production est assez simple : on prend l'empreinte d'une monnaie entre deux pastilles d'argile, une fois les deux pastilles réunies on fait un petit trou pour laisser couler le métal, on

coule et on obtient une réplique presque exacte de l'originale (**Figure 35**). En fait, les faussaires ont utilisé des alliages moins coûteux pour la production de ces monnaies. Alors que le cuivre et l'étain sont des métaux assez chers, le plomb lui ne coûte presque rien. On retrouve alors des monnaies avec des quantités très importantes de plomb, comme on le voit sur ces exemplaires et sur la coupe de cette monnaie (**Figures 36 et 37**).

Pour produire la monnaie il ne suffit pas de produire un flan, il faut ensuite que ce flan soit imprimé à l'effigie du pouvoir régnant et des images qui vont lui permettre d'être identifié par les utilisateurs comme ayant telle ou telle valeur. C'est une

opération relativement simple (Figure 38). Pour ce faire, on pose un flan préparé et préalablement poli entre deux instruments qu'on appelle des coins monétaires, gravés en creux, un pour chaque face : le droit et le revers. Il suffit ensuite de frapper un grand coup avec une masse pour imprimer les images sur chacune des faces. Si la frappe de l'argent, et *a fortiori* de l'or, est assez facile, les expérimentations nous ont montré qu'il fallait déployer une grande force pour bien imprimer les effigies sur les monnaies de bronze. Pour les expérimentations, une série d'alliages différents a été testée pour les coins, afin de voir comment réagissait le bronze ou le fer puisque l'on sait, les textes anciens nous le disent, il existait des coins en bronze et en fer.

On dispose de représentations qui montrent comment on procédait à l'époque de Cléopâtre pour la frappe de la monnaie. Les expérimentations ont également permis de réaliser qu'il n'était pas difficile de produire des quantités importantes de monnaies (Figure 39). On peut en fait frapper une pièce toutes les six secondes donc en produire plusieurs centaines par



Figure 38

L'archéologie expérimentale a permis de recréer l'étape de frappe des monnaies à partir de coins monétaires.

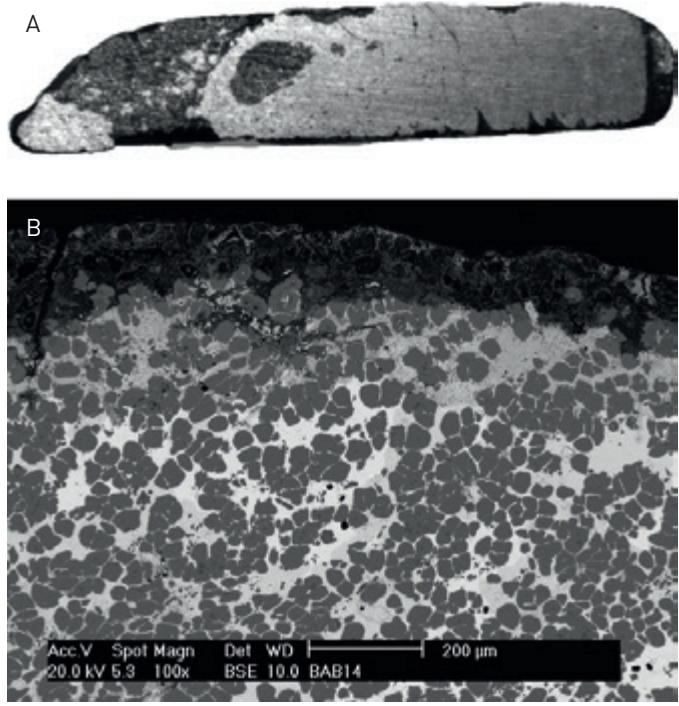


Figure 37

L'emploi accru de plomb est caractéristique des monnaies contrefaites plus fragiles, le prix du plomb étant moindre que ceux du bronze et de l'étain. A) Chapelle d'Achôris à Karnak ; B) coupe métallographique d'une monnaie du premier siècle (54,4 % cuivre ; 45,05 % plomb).



Figure 39

Les monnaies pouvaient être frappées à un rythme soutenu et l'on pouvait en créer plusieurs milliers chaque jour.



Figure 40

La LA-ICP-MS (ou spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif et ablation LASER) permet une analyse en profondeur des monnaies mais n'est pas adaptée à l'analyse des alliages cuivreux hétérogènes.



Figure 41

La FNA (ou analyse par activation neutronique) permet d'identifier avec précision les éléments traces.
Source : CNRS IRAMAT-CEB.

heure et plusieurs milliers par jour avec une équipe extrêmement limitée de quatre personnes.

3 Composition des monnaies et origine du métal

Si on remonte le fil du temps de la vie de la pièce, il faut bien que l'atelier avant de produire les flans dispose du métal nécessaire : cuivre, étain, plomb. Le plomb était facile à trouver et relativement peu cher, mais l'origine de l'étain est plus difficile à cerner car on ne connaît que peu de régions où il a été exploité durant l'Antiquité. En revanche, on connaît beaucoup mieux la production du cuivre et on peut le suivre par des analyses de monnaies.

Pour analyser les monnaies, on peut utiliser la spectrométrie de fluorescence-X²² (par exemple l'instrument « Niton »²³). Cette méthode a le désavantage de ne pas être assez précise pour déterminer la teneur en éléments traces, des éléments métalliques présents en très petites quantités dans la monnaie, puisque les limites de détection sont élevées. Elle a aussi l'inconvénient de n'analyser que les tous premiers microns, c'est-à-dire la surface de la monnaie.

Or la grande majorité des monnaies de bronze présentent

une épaisse couche de corrosion qui masque donc les données intéressantes. À l'IRAMAT Centre Ernest-Bablon (laboratoire CNRS), on utilise surtout deux techniques pour l'analyse des monnaies : la spectrométrie de masse²⁴ couplée à une ablation LASER²⁵ (Figure 40) et l'activation neutronique²⁶ (Figure 41). La première méthode est extrêmement précise et permet de descendre à quelques centaines de microns à l'intérieur de la monnaie, mais cela fait que l'analyse n'est pas représentative pour un alliage hétérogène comme le sont les alliages cuivreux.

On se tourne donc vers l'utilisation de faisceaux de neutrons²⁷ rapides de cyclotron²⁸ pour effectuer nos analyses. Cette méthode a l'avantage d'être globale et de fournir des données très précises sur les éléments traces.

Ces analyses donnent d'abord les teneurs en éléments majeurs (cuivre, étain et plomb). La Figure 42 montre l'évolution des teneurs en plomb dans les séries ptolémaïques en alliage cuivreux. Les « monnaies de Cléopâtre »

24. Spectrométrie de masse : technique physique d'analyse permettant de détecter et d'identifier des molécules d'intérêt par mesure de leur masse.

25. Ablation LASER : technique destructive permettant la formation d'un dépôt de particules de matière.

26. Activation neutronique : technique d'analyse étudiant les rayonnements gamma de particules désintégrées.

27. Neutron : particule élémentaire constitutive du noyau atomique

28. Cyclotron : accélérateur de particules élémentaires.

22. Spectrométrie de fluorescence X : technique d'analyse utilisant la propriété des matériaux d'émission d'énergie lorsqu'ils sont bombardés de rayons X.

23. Niton : modèle de spectromètre.

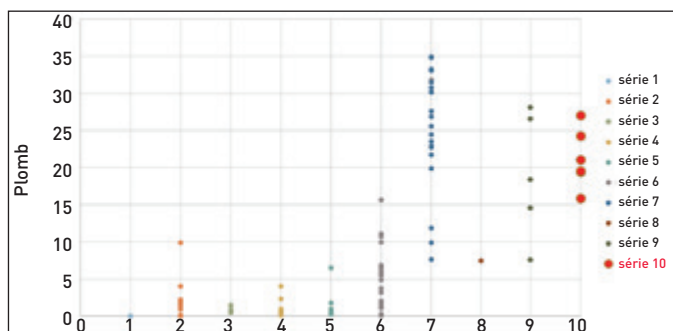


Figure 42

Pourcentage de plomb retrouvé dans les différentes séries monétaires, les monnaies de Cléopâtre, fondues à partir de monnaies anciennes, gardent une teneur en plomb importante.

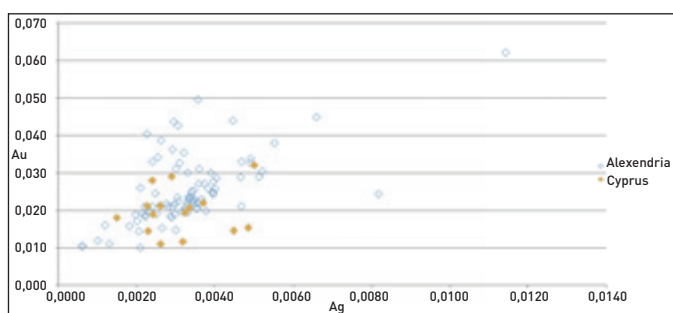


Figure 43

Teneur en éléments traces or et argent pour du cuivre provenant de Chypre ou d'Alexandrie, l'analyse des éléments traces permet de remonter l'origine du cuivre utilisé pour les monnaies antérieures à Cléopâtre, ici Chypre.

(la série 10 sur la **Figure 42**) contiennent des teneurs importantes en plomb. La reine a voulu redonner de l'éclat à ces monnaies puisqu'après une longue période dominée par les monnaies moulées et un abaissement des teneurs en étain, ses ateliers ont ajouté à nouveau des quantités importantes d'étain à leur monnayage pour avoir une meilleure couleur. Par contre ils ont dû utiliser une partie du métal des monnaies anciennes retirées de la circulation pour les refondre et ajouter du métal neuf, ce qui explique les teneurs encore importantes en plomb.

Les éléments traces sont caractéristiques de certains stocks monétaires et *a priori* de gisements miniers. Les analyses nous apprennent que le cuivre employé à Chypre pour les monnaies ptolémaïques frappées à Chypre est le

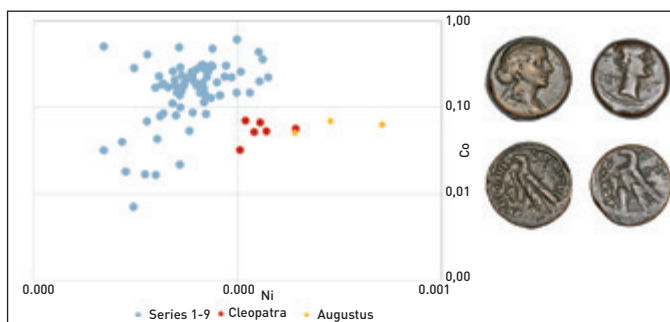


Figure 44

Teneur en éléments traces cobalt et nickel pour le cuivre des différentes séries monétaires : l'analyse des éléments traces des monnaies de Cléopâtre révèlent que le cuivre ne provient plus de Chypre. D'autres analyses ont pu être menées sur la composition des monnaies formellement identifiées comme produites par Cléopâtre.

même que celui des monnaies d'Alexandrie (**Figure 43**). Chypre possédait un grand nombre de mines de cuivre et il est donc logique que les Ptolémées aient utilisé cette ressource facilement accessible puisque l'île a presque toujours été sous leur contrôle.

Pourtant, lorsque l'on regarde les données issues des analyses, on se rend compte que les teneurs en éléments traces de monnaies de Cléopâtre (**Figure 44**) – ici cobalt et nickel



Figure 45

Les monnaies émises par Auguste après sa conquête de l'Égypte sont semblables, tant dans la forme que dans la composition, aux monnaies de Cléopâtre. Le cuivre de ces dernières pourrait avoir une origine romaine.

SPÉCULATIONS SUR LA DATATION DES PIÈCES DE CLÉOPÂTRE

Nous ne sommes pas tout à fait sûrs des dates de fabrications des « monnaies de Cléopâtre ».

Nous avons proposé (voir la publication des monnaies de fouille d'Alexandrie dirigée par Olivier Picard*) qu'elles aient duré une dizaine d'années entre 40 et 30 avant notre ère. Si la date de fin est certaine puisque Cléopâtre est morte et l'Égypte passée sous la direction des Romains avec Auguste, il est difficile de se prononcer sur le début de la frappe de ces monnaies.

Tout le monde n'est pas d'accord. Pour notre part, ces frappes sont probablement à situer après le retour de Cléopâtre en Égypte, après son départ de Rome et son séjour à Chypre. On pense que Cléopâtre rentre de Rome quelques temps après l'assassinat de César en 44. C'est après cette date qu'elle mettra au monde Césarion, le fils qu'elle aurait eu avec César. Lors de son passage à Chypre, la reine se serait fait frapper une série de monnaies avec un buste féminin tenant un enfant dans ses bras souvent interprétées comme représentant Cléopâtre et Césarion, même si cette identification a été mise en cause assez récemment.

Il paraît alors judicieux de placer le début de cette émission vers l'année 40, peut-être juste après la rencontre de Cléopâtre avec Marc Antoine.

Quoiqu'il en soit, l'approvisionnement du cuivre aura changé, et c'est peut-être avec les nouvelles connaissances qu'elle a nouées à Rome que Cléopâtre a commencé à faire venir un nouveau cuivre à Alexandrie.

* Picard O., Faucher Th., Gorre G., Marcellesi M.-Chr., Morrisson C., Bresc C., *Les monnaies de fouilles du Centre d'Etudes Alexandrines. Les monnayages de bronze à Alexandrie de la conquête d'Alexandre à l'Égypte moderne, Etudes Alexandrines* 25, Alexandria, 2012.

– varient si on les compare aux autres valeurs des monnaies frappées à Alexandrie. Cela veut dire que le cuivre ne provient plus de Chypre mais d'ailleurs.

L'hypothèse de dater le début de fabrication des « monnaies Cléopâtre » de l'an 40 est d'autant plus tentante que les monnaies émises par Auguste juste après sa conquête de l'Égypte, et qui reprennent le même agencement et les mêmes caractéristiques que celles des « cléopâtres », offrent presque les mêmes teneurs en éléments traces comme si l'empereur romain avait utilisé un métal de même origine mais sans le corrompre avec des monnaies anciennes refondues (Figure 45). Quoiqu'il en soit, comme le trésor trouvé à Abydos le montrait, ces deux séries monétaires ont circulé ensemble, Auguste ayant simplement remplacé le portrait de la Reine par le sien et changé la légende au revers. Les deux séries portent les mêmes valeurs, marquées par une lettre dans le champ au revers à droite : un Π et un Μ, Π qui donnait la valeur de la monnaie, la première fois pour les monnaies ptolémaïques, de valeur 80 pour la grande dénomination, et 40 pour la petite.

La mondialisation à l'époque de Cléopâtre lue à travers la monnaie

Objets de grande diffusion, les pièces de monnaies sont potentiellement pleines d'enseignements sur la vie de leurs utilisateurs. Cependant, elles sont si communes que les archéologues anciens les ont souvent considérées comme négligeables et que les études sont restées superficielles.

Aujourd'hui, les fouilles s'étant approfondies autour du bassin méditerranéen, l'attention est revenue. L'archéologie profite également des performances des instruments analytiques modernes (comme l'irradiation par les neutrons rapides). Les sites de fabrication des pièces, l'identification des métaux dont elles sont faites et la finesse maintenant accessible sur les compositions en éléments traces renseignent sur les communications et les échanges entre différentes régions de la méditerranée.

Ce chapitre s'est construit autour des études des fameuses « monnaies de Cléopâtre », cette reine mythique qui fascine toujours. En effet, son ambition et ses voyages légendaires se retrouvent dans la « monnaie de Cléopâtre » ici décryptée.