

REVUE
D'ÉGYPTOLOGIE

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉGYPTOLOGIE

AVEC LE CONCOURS DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

TOME 41

PARIS

ÉDITIONS PEETERS

1990

explication au meurtre du Romain auquel Diodore a assisté²⁰. Les cultes animaliers, essentiellement populaires, s'implantèrent beaucoup par réaction à l'occupation étrangère. Le sort réservé à ce Romain n'aurait peut-être pas été infligé à un Égyptien.

Alain Charron

APPARITION DE L'ENCRE MÉTALLOGALLIQUE EN ÉGYPTÉ À PARTIR DE LA COLLECTION DE PAPYRUS DU LOUVRE*

Il existe principalement deux types d'encre sur papyrus: les encres au carbone et les encres métallo-galliques. Pour la conservation des papyrus, leur manipulation ou leur restauration, la question de la nature de l'encre est primordiale. Il est aussi intéressant de repérer les premières occurrences d'encre métallo-gallique dans la collection. Grâce à la coopération du département des Antiquités Égyptiennes du Louvre et du Laboratoire de Recherche des Musées de France (LRMF), nous avons eu l'opportunité de procéder à l'analyse de deux lots de papyrus, en vue de vérifier la validité des distinctions établies par la seule observation¹.

Nous appelons encre au carbone toute suspension contenant des particules de carbone (charbon, noir de fumée...). Son usage est le plus ancien.

Nous appelons encre métallo-gallique le résultat d'une réaction chimique entre des tanins végétaux et un sel métallique (sulfate de cuivre ou sulfate de fer en général). Il semble que le principe de fabrication ait été connu dès le 3^e siècle av. J.C.².

Grâce au LRMF, les analyses ont été effectuées avec la méthode PIXE (Proton Induced X rays Emission). De plus, nous avons pu bénéficier de l'expérience de B. Kusko dans ce domaine³.

La méthode PIXE utilise la propriété des atomes de réagir, par une émission de rayons X, à un bombardement de protons. L'énergie de ce rayonnement est propre à chaque élément chimique et son intensité dépend de la concentration de cet élément dans la cible. La méthode est multiélémentaire, mais seule une partie des éléments, situés entre le silicium et le plomb dans la table de Mendeleiev est perceptible. Donc la technique ne perçoit pas, entre autres, l'hydrogène, l'oxygène, le sodium et aussi le carbone qui sont les composants majeurs du papyrus et des encres. Nous utilisons le terme d'encre métallo-gallique, consacré par l'usage. Mais les restrictions imposées par le PIXE ne nous permettent pas d'étudier la partie organique du complexe — métal avec acide gallique dans les cas habituels — donnant sa coloration à l'encre; la présence d'acide gallique est pour nous hypothétique.

²⁰ Diodore de Sicile, *l.c.*

* Nous tenons à remercier tout particulièrement Monsieur J.-L. de Cénival, qui a donné l'impulsion à cette étude, ainsi que Monsieur M. Menu qui a favorisé les analyses et Messieurs J. Salomon et T. Calligaro, de l'équipe AGLAE, pour leur aide.

¹ Parallèlement, une étude a été entreprise sur les encres au carbone, avec la collaboration de Claude Coupry, ingénieur au Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR), CNRS, à Thiais.

² M. Zerdoun Bat-Yehouda, *Les encres noires au Moyen Âge*, (1983).

³ T.A. Cahill - B. Kusko - R.N. Schwab, «Analyses of inks and papers in historical documents through external beam PIXE techniques», in *NIM* 181 (1981), 205-8.

Pour la compréhension des résultats, il faut préciser que le faisceau traverse la fine couche d'encre et excite aussi une partie des atomes du papyrus. Les mesures des encres se rapportent donc à un ensemble *encre plus papyrus*. Comme le carbone, composant principal de l'*encre au carbone*, n'est pas détecté, les mesures *encre au carbone plus papyrus* seront identiques à celles du *papyrus nu* et caractéristiques de ce type d'encre. Par contre, les mesures *encre métallologallique plus papyrus* sont caractérisées par la forte proportion des métaux présents dans l'encre par rapport aux mesures du *papyrus nu*.

Nous avons choisi un premier lot de papyrus en fonction de la variété apparente des encres. Ceci a permis d'élaborer un protocole d'analyse. Ces premiers résultats ont révélé un manque d'homogénéité du papyrus même et une variété plus grande que prévue dans la composition des encres.

En fonction de ces résultats, nous avons choisi un deuxième lot, homogène, composé d'un groupe de contrats démotiques avec enregistrement grec, provenant de Thèbes⁴, dont les dates s'échelonnent de 252 à 98 av. J.C.

Quelques résultats du premier lot

L'importante présence de chlore et les traces de brome et de potassium sont, avec le sodium (détecté par une autre méthode), symptomatiques de la contamination du matériau par le sel, phénomène courant pour les objets égyptiens. Les cristaux de sel sont parfois visibles à l'œil nu.

D'après les recettes connues au Moyen Âge, nous pensions ne trouver que du fer ou du cuivre. C'est le cas du papyrus N 2331⁵. Il s'agit d'un contrat rédigé en grec pour un prêt de blé, daté de 98 av. J.C. Les 21 lignes sont écrites avec un calame-plume (Roseau, *Phragmites communis* généralement⁶, dont l'extrémité est taillée comme une plume). L'analyse révèle que l'encre employée est en effet à base de cuivre (cf. tableau).

Mais certaines encres contiennent, à notre étonnement, surtout d'autres métaux: plomb, zinc...

Les sulfates de cuivre et de fer sont couramment cités pour la fabrication des encres métallologalliques. Nous pensions donc trouver du soufre en quantité proportionnelle à celle des métaux. Or, dans la majorité des cas, il y a pratiquement la même quantité de soufre dans le *papyrus nu* et dans l'ensemble *encre plus papyrus*. Cette absence de soufre est encore inexpiquée, mais provient peut-être de l'évolution de l'encre dans le temps.

Résultats du second lot

- . N 2433 (= E 845), an 33 de Ptolémée II Philadelphe
- Lüddeckens, *Ägyptische Eheverträge*, I, (1960), p. 30-2.
- Contrat de mariage en démotique avec enregistrement grec.
- Les instruments et encres employés diffèrent nettement selon la langue: pour le démotique, encre au carbone et calame-pinceau (jonc, *Juncus acutus*⁶, dont l'extrémité est mâchonnée pour obtenir une sorte de pinceau) et pour le grec, encre métallologallique et calame-plume.
- À l'analyse, l'ensemble encre démotique plus papyrus est identique au papyrus nu; il s'agit donc d'encre au carbone. L'encre grecque est à base de cuivre avec un peu de plomb.
- . N 2429, an 15 de Ptolémée III Évergète I^{er}
- Lüddeckens, *o.c.*, p. 32-4.

⁴ Mustafa El-Amir, *A Family Archive from Thebes*, II, (1959), p. 11 sq.

⁵ Cf. Letronne, *Les papyrus grecs du Musée du Louvre et de la bibliothèque impériale*, (1866), p. 171. Ce papyrus, ainsi que tous les autres cités ici sont catalogués par Devéria, *Catalogue des manuscrits égyptiens, Musée du Louvre*, (1872) et par Pestman, *Chronologie égyptienne d'après les textes démotiques*, (1967).

⁶ Cf. Tait, «Rush and Reed. The Pens of Egyptian and Greek Scribes», *Actes XVIII^e Congrès Papyrologie*, II, (1986), p. 477-81. Des identifications précises révéleraient peut-être plusieurs espèces de roseau ou de jonc.

- Acte de mariage en démotique avec enregistrement grec.
- Le document ressort du lot, car le démotique et le grec sont écrits avec le même instrument, calame-pinceau, et la même encre au carbone.
 - N 2416, an 28 de Ptolémée VI Philométor
- Zauzich, *Die ägyptische Schreibertradition*, (1968), p. 56.
- Acte de vente de terrain en démotique avec enregistrement grec.
- Les huit lignes en démotique sont écrites avec un calame-pinceau; les quatre lignes en grec avec un calame-plume.
- D'après l'analyse, l'encre démotique est à base de carbone tandis que l'encre grecque contient majoritairement du cuivre avec des traces de plomb, zinc et fer.
 - N 2410, an 50 de Ptolémée VIII Évergète II
- Zauzich, *o.c.*, p. 48
- Acte de vente de maison en démotique avec enregistrement grec.
- Les 13 lignes en démotique sont écrites au calame-pinceau avec une encre manifestement au carbone.
- Les cinq lignes grecques, écrites au calame-plume, évoquent à l'observation l'encre métallogallique. Entre la première ligne et les quatre autres, il apparaît peut-être une distinction dans la paléographie, qui s'accompagne d'une différence d'aspect de l'encre. Les deux encres grecques contiennent effectivement des métaux: la première du cuivre et du plomb; la seconde contient peut-être un peu de zinc en plus.
 - N 2422, an 9 de Ptolémée X Alexandre I^{er}
- Contrat démotique très fragmentaire avec enregistrement en grec.
- Les 8 lignes démotiques sont écrites au calame-pinceau avec une encre apparemment au carbone. La ligne en grec, écrite au calame-plume, évoque l'encre métallogallique.
- L'analyse confirme la nature de l'encre démotique. L'encre grecque est majoritairement à base de cuivre, avec un peu de plomb et de zinc.

| n° inv. | Date (av. J.C.) | Provenance | Contenu | Langue | Instrument | Type d'encre |
|---------|-----------------|------------|--------------------|-----------|------------|-----------------|
| N 2433 | 253-252 | Thèbes | Contrat de mariage | Démotique | pinceau | Carbone |
| | | | | Grec | plume | Métallogallique |
| N2429 | 235-234 | Thèbes | Acte de mariage | Démotique | pinceau | Carbone |
| | | | | Grec | pinceau | Carbone |
| N 2416 | 154-153 | Ermant | Vente de terrain | Démotique | pinceau | Carbone |
| | | | | Grec | plume | Métallogallique |
| N 2410 | 121-120 | Thèbes | Vente de maison | Démotique | pinceau | Carbone |
| | | | | Grec | plume | Métallogallique |
| N 2422 | 99-98? | Thèbes | Contrat | Démotique | pinceau | Carbone |
| | | | | Grec | plume | Métallogallique |

Les résultats de ce lot de papyrus sont caractérisés par une plus grande homogénéité. Pour les encres grecques, il y a prédominance d'encres contenant du cuivre. Cependant nous ne pouvons pas préciser s'il s'agit d'encre métallo-gallique pure ou d'un mélange comprenant aussi du carbone.

Le choix de la technique PIXE s'est révélé particulièrement approprié à l'analyse des papyrus: aucune préparation de la pièce n'est nécessaire, le faisceau ne provoque pas d'altération du matériau. De plus, la relative rapidité de la méthode a permis d'analyser tout un ensemble de documents, et de comparer les résultats obtenus. Le plus souvent, les analyses ont confirmé que la simple observation permet une bonne approximation de la nature de l'encre. Il devient donc possible d'examiner l'ensemble d'une collection et de donner un diagnostic relativement fiable sur la nature des encres employées, tout en réservant aux cas les plus intéressants le recours aux analyses.

Le papyrus N 2433 est ici le plus ancien document daté partiellement écrit à l'encre métallo-gallique. Cela prouve qu'en 252 av. J.C., l'encre métallo-gallique était déjà utilisée en Égypte.

Dans le second lot, nous avons pu constater une concordance entre la nature de l'encre et l'instrument du scribe. L'encre au carbone est toujours utilisée avec un calame-pinceau et l'encre métallo-gallique avec un calame-plume. De plus, dans la plupart des cas, il y a aussi concordance entre la langue et l'encre choisie. Le démotique est écrit avec de l'encre au carbone et le grec avec de l'encre métallo-gallique. Seul le papyrus N 2429 présente une exception: le démotique et le grec sont écrits avec la même encre et le même instrument, encre au carbone et calame-pinceau.

Il serait nécessaire de corroborer par d'autres exemples l'hypothèse d'un lien culturel entre la langue du document et l'encre employée. Le démotique, langue égyptienne, serait, de façon traditionnelle, toujours écrit avec une encre au carbone, tandis que l'usage administratif⁷ de la langue grecque aurait introduit l'encre métallo-gallique en Égypte.

TABLEAU DES PAPYRUS

Les résultats exposés dans ce tableau sont donnés pour 100g de calcium dans le papyrus (rapport calcium) ou pour 100g d'argon de l'air placé devant le papyrus (rapport argon).

Ces valeurs sont des moyennes obtenues à partir de plusieurs points de mesures distincts, cela malgré l'hétérogénéité du papyrus et les marges d'erreur; on admettra donc qu'un élément n'est présent dans l'encre de manière significative que si sa mesure dans *encre plus papyrus* est supérieure à deux fois sa mesure dans *papyrus nu*.

Le symbole £ signifie que l'élément n'a pas été détecté.

MOY. (moyenne) grec indique les mesures sur l'*encre grecque plus papyrus*.

MOY. dem indique les mesures sur l'*encre démotique plus papyrus*.

Nous n'avons sélectionné ici que les éléments intéressants pour l'analyse de l'encre. On trouvera de plus amples informations sur la méthode et sur le détail des résultats dans un article à paraître par B. Kusko dans une revue spécialisée.

⁷ Mustafa El-Amir, *o.c.*, II, p. 96-7.

| | | Rapport calcium | | | | | | | | | |
|---------------|------------|-----------------|----------|---------------|------------|---------|------------|------------|--|--|--|
| Papyrus N2433 | | | | Papyrus N2429 | | | | | | | |
| Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec | Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec | MOY.grec | | | |
| Soufre | 83 | 100 | 80 | Soufre | 64 | 55 | 61 | | | | |
| Titane | 1,6 | 2,5 | 1,7 | Titane | 0,6 | 1,8 | 1,3 | | | | |
| Manganèse | 1,2 | 1,0 | 0,8 | Manganèse | 2,7 | 2,4 | 1,5 | | | | |
| Fer | 22 | 26 | 20 | Fer | 10 | 13 | 8,9 | | | | |
| Cuivre | 0,6 | 0,5 | 4,5 | Cuivre | 0,7 | 0,5 | 0,5 | | | | |
| Zinc | 3,4 | 4,1 | 2,8 | Zinc | 4,3 | 4,6 | 4,2 | | | | |
| Plomb | 2,5 | £ | 9,2 | Plomb | £ | £ | £ | | | | |
| Papyrus N2416 | | | | Papyrus N2410 | | | | | | | |
| Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec | Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec 1 | MOY.grec 2 | | | |
| Soufre | 16 | 17 | 27 | Soufre | 31 | 20 | 33 | 26 | | | |
| Titane | 1 | 0,9 | 2,1 | Titane | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | | | |
| Manganèse | 2 | 2,2 | 1,9 | Manganèse | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,9 | | | |
| Fer | 10 | 6,6 | 15 | Fer | 6,9 | 7,7 | 6,9 | 6,3 | | | |
| Cuivre | 0,2 | 0,2 | 8,5 | Cuivre | 0,5 | 0,3 | 2,5 | 3,1 | | | |
| Zinc | 0,2 | 0,2 | 0,4 | Zinc | 0,2 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | | | |
| Plomb | 0,3 | £ | 0,8 | Plomb | 0,3 | 0,2 | 0,4 | 1,3 | | | |
| | | Rapport argon | | | | | | | | | |
| Papyrus N2422 | | | | Papyrus N2331 | | | | | | | |
| Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec | Element | Papyrus nu | MOY.dem | MOY.grec 1 | MOY.grec 2 | | | |
| Soufre | 89 | 79 | 172 | Soufre | 61 | | 81 | | | | |
| Titane | 5,4 | 5 | 3,5 | Titane | 0,7 | | 2,2 | | | | |
| Manganèse | 17 | 14 | 5,8 | Manganèse | 2 | | 3,1 | | | | |
| Fer | 43 | 42 | 36 | Fer | 20 | | 21 | | | | |
| Cuivre | 2,0 | 1,0 | 24 | Cuivre | 1,8 | | 5,9 | | | | |
| Zinc | 0,7 | 1,0 | 1,0 | Zinc | 0,8 | | 0,7 | | | | |
| Plomb | £ | £ | 2,9 | Plomb | £ | | £ | | | | |

E. Delange
M. Grange
B. Kusko
E. Menei