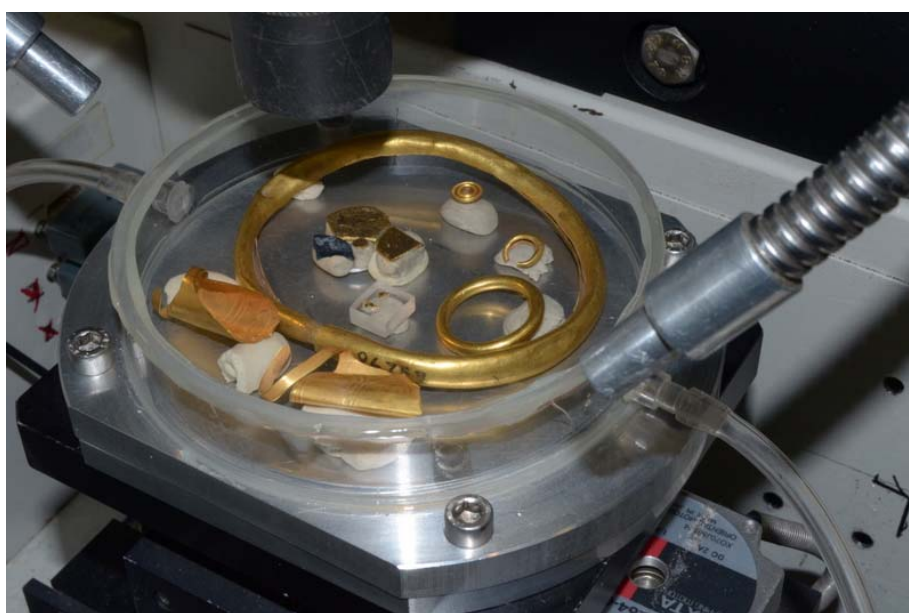


Etude des petits objets en or de Eelde - Groote Veen (Pays-Bas)



irA^{mat} CEB



Bernard GRATUZE

IRAMAT, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Centre Ernest Babelon,
UMR 5060 CNRS/Université d'Orléans,
3D rue de la Férollerie, F-45071 Orléans cedex 2
Tél : 02 38 25 52 70; Fax : 02 38 25 76 88
e-mail : gratuze@cnrs-orleans.fr

La composition de deux objets en tôle d'or provenant du site hollandais de Eelde - Groote Veen (n°5287 et 5787) a été déterminée par spectrométrie de masse couplée à l'ablation laser.

La méthode d'analyse

L'analyse élémentaire de la composition des objets a été réalisée au Centre de Recherche Ernest-Babelon (IRAMAT, UMR 5060 CNRS/Université d'Orléans), par spectrométrie de masse à plasma avec micro-prélèvements par ablation laser (LA- ICP-MS) à l'aide d'un spectromètre Element XR de Thermofisher Instruments. Il s'agit d'une méthode d'analyse multi-élémentaire séquentielle à la fois qualitative et quantitative, qui permet de doser les trois principaux éléments constitutifs des alliages à base d'or (or, argent, cuivre), ainsi que la plupart des impuretés naturellement présentes dans ces métaux, soient 18 éléments, jusqu'à l'échelle de la partie par million (ppm).

Les objets étudiés sont placés à l'intérieur d'une cellule en quartz et aluminium traversée par un flux d'argon. Un micro-prélèvement, invisible à l'œil nu, est effectué par un rayon laser (Nd YAG quadruplé à 266 nm). Le diamètre de l'impact est compris entre 0,02 et 0,08 mm, sa profondeur dépend de la durée de l'ablation et peut atteindre 1 mm. Cette durée est en fait adaptée au matériau étudié, et vise à atteindre une zone de composition stable à l'intérieur de l'objet. Dans le cas des objets de Eelde - Goote Veen, la durée d'ablation pratiquée, 200 secondes, correspond à une profondeur d'analyse comprise entre 0,3 et 0,5 mm. La matière prélevée (quelques microgrammes) est ensuite transportée par le flux d'argon vers une torche à plasma (environ 8000°C) où elle est dissociée et ionisée. Les différents constituants sont identifiés selon leur masse grâce à un secteur magnétique couplé à un secteur électrostatique, puis quantifiés par un détecteur de type channeltron associé à une cage de Faraday. Un système informatique récupère les données et permet le calcul de la composition.

Deux micro-prélèvements sont réalisés pour chaque analyse. La composition de l'objet analysé est obtenue en utilisant un programme informatique, développé au laboratoire, qui fait appel à une méthode originale de calcul par étalonnage interne. Une adaptation récente de cette méthode permet de calculer la composition de l'objet au fur et à mesure de la pénétration du laser. Cette approche permet à la fois d'obtenir les teneurs des différents éléments de la surface de l'objet, souvent perturbée par des traitements métallurgiques et/ou la corrosion, mais aussi au cœur de celui-ci, zone qui correspond à celle de l'alliage travaillé.

Cette mesure en profil de concentrations concerne tous les éléments, majeurs, mineurs et traces. On peut ainsi vérifier l'homogénéité de l'alliage employé, pour l'ensemble de ses constituants. La précision des mesures varie selon la nature et l'homogénéité des alliages étudiés entre 3 et 5 % relatifs pour les éléments majeurs, et de 5 à 15 % relatifs pour les éléments mineurs et traces.

Résultats

Caractérisation des alliages employés

Les feuilles d'or

Les résultats obtenus mettent en évidence l'emploi d'un alliage binaire (table bg 1 et figure bg1), composé d'environ 89,9% d'or, de 9,9 % d'argent et de 0,15 % de cuivre. Cet alliage correspond à un or natif non purifié (présence naturelle d'argent jusqu'à 50% dans l'or natif) comme semblent l'attester les faibles teneurs en plomb mesurées (7 ppm en moyenne).

Les résultats obtenus sur les deux objets, tant pour les constituants majeurs que pour les éléments traces, sont très proches et l'on peut faire l'hypothèse qu'il sont fabriqués à partir d'un même type d'or.

Tableau bg1 : compositions moyennes de l'alliage mesurées à partir des profils de concentrations pour les feuilles d'or d'Eelde - Goote Veen. Concentration en % massique.

Eelde - Groote Veen	Au	Ag	Cu
5787 a feuille	90,2%	9,6%	0,12%
5787 b tige	89,5%	10,2%	0,23%
5727 a feuille	89,6%	10,2%	0,15%
5727 b tige	90,3%	9,5%	0,22%

Eelde - Groote Veen	Fe	Zn	As	Sn	Sb	Pb
5787 a feuille	0,0106%	0,0013%	0,0002%	0,017%	0,0010%	0,0007%
5787 b tige	0,0098%	0,0014%	0,0003%	0,020%	0,0012%	0,0007%
5727 a feuille	0,0089%	0,0010%	0,0002%	0,011%	0,0007%	0,0004%
5727 b tige	0,0071%	0,0013%	0,0003%	0,018%	0,0014%	0,0009%

Eelde - Groote Veen	Pd	Pt	Bi	Ir
5787 a feuille	0,00023%	0,00045%	0,0001%	0,000035%
5787 b tige	0,00021%	0,00045%	0,0001%	0,000033%
5727 a feuille	0,00025%	0,00046%	0,0001%	0,000035%
5727 b tige	0,00022%	0,00046%	0,0001%	0,000035%

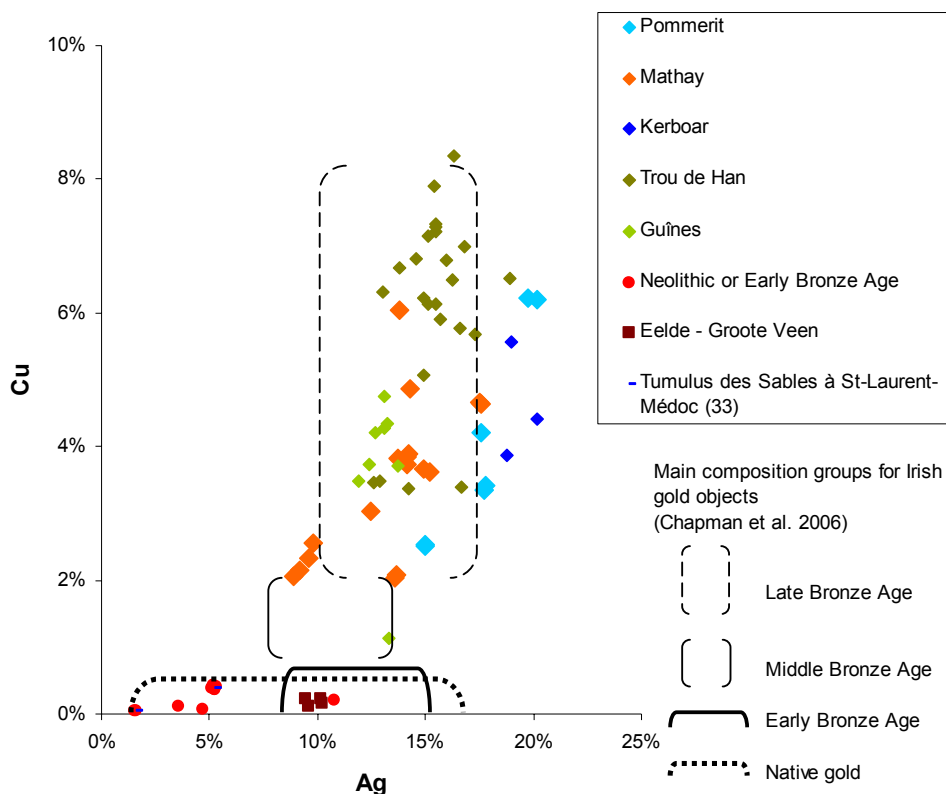


Diagramme binaire argent et cuivre pour différents objets en or du 3^{ème} et 2nd millénaire avant notre ère. Les objets de Eelde - Goote Veen correspondent à des ors natifs non alliés.

Très peu d'objets de ce type ont été analysés à ce jour. Les comparaisons sont donc difficiles à effectuer. Deux objets, de typologie très proche, ont été récemment étudiés au laboratoire d'Orléans. Ceux-ci proviennent du Tumulus des Sables, daté du Chalcolithique, à Saint-Laurent-du-Médoc en Gironde. Pour ces périodes, seuls trois autres objets, une perle, un anneau et un fil ont été étudiés. Tous sont fabriqués à partir d'un or natif (alliage naturel d'or et d'argent) non allié. La comparaison des compositions en éléments trace de ces différents ors tend à montrer que les objets de Eelde - Goote Veen et ceux du sud de la France semblent avoir été fabriqués à partir d'ors différents.

Les données disponibles sont actuellement trop lacunaires pour envisager d'étudier la circulation de ces objets.

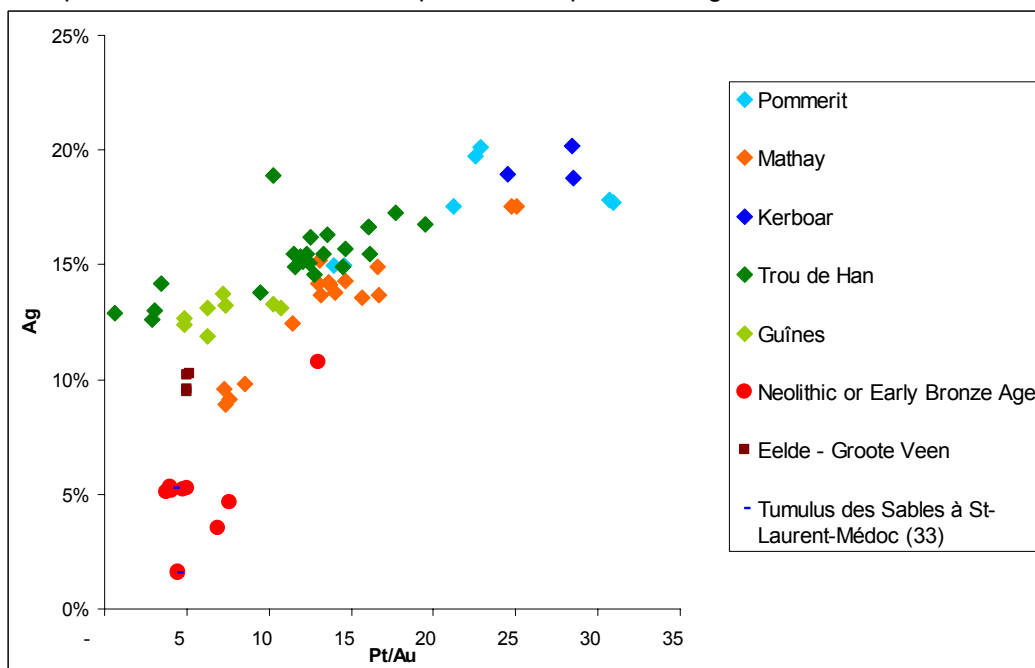


Diagramme binaire argent et Platine/Or pour différents objets en or du 3^{ème} et 2nd millénaire avant notre ère. Les objets de Eelde - Goote Veen se distinguent des ors néolithiques et chalcolithiques du sud de la France.

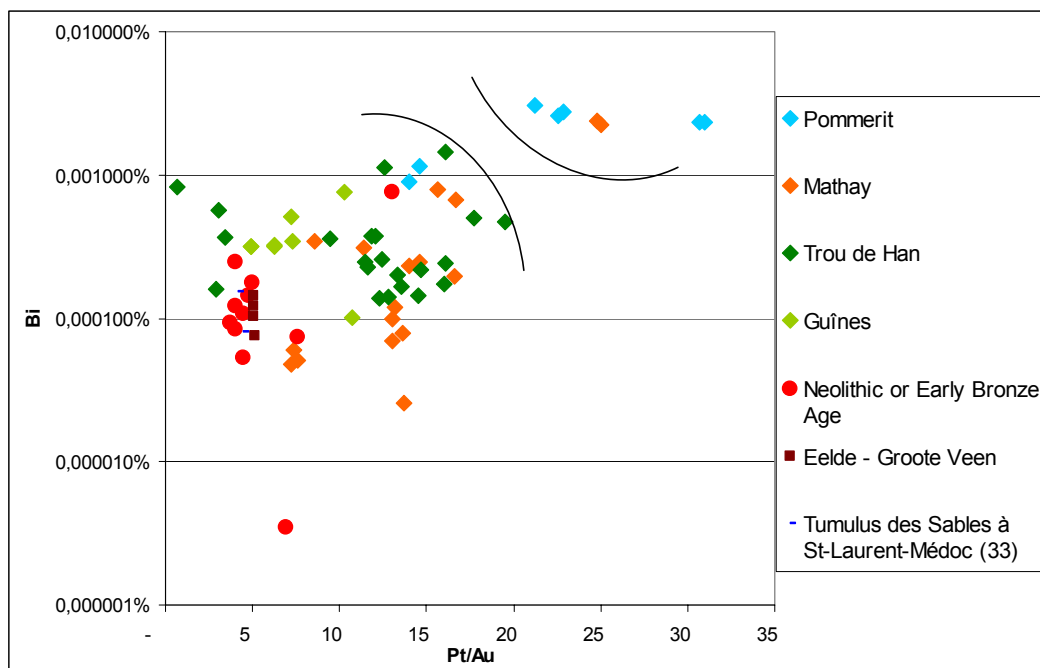


Diagramme binaire bismuth et platine/or pour différents objets en or du 3^{ème} et 2nd millénaire avant notre ère.

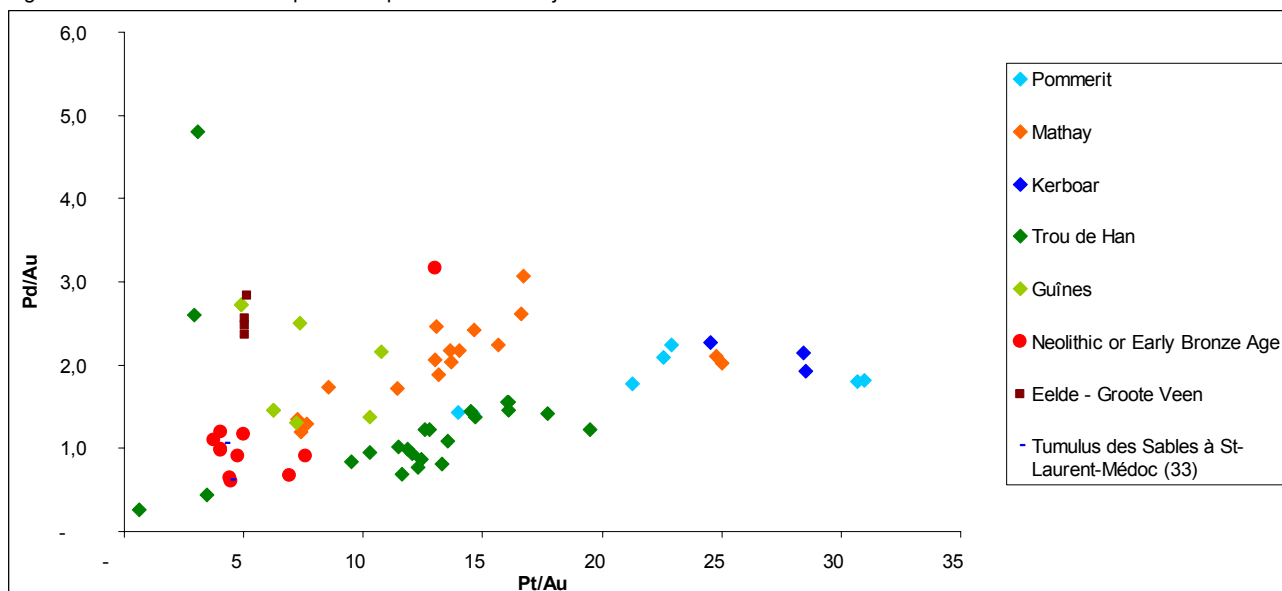


Diagramme binaire palladium/or et platine/or pour différents objets en or du 3^{ème} et 2nd millénaire avant notre ère. Les objets de Eelde - Groote Veen se distinguent des ors néolithiques et chalcolithiques du sud de la France.

Conclusion

Les feuilles d'or des objets de Eelde - Groote Veen ont été fabriquées à partir d'un or natif (contenant environ 10% d'argent). L'étude de la composition des éléments traces ne permet pas de distinguer ces deux objets. Ils semblent par contre différents des objets du Sud de la France étudiés à ce jour au laboratoire d'Orléans.

Références

- Ambruster B., Blet-Lemarquand M., Fily M., Gratuze B., Menez Y., 2011, L'ensemble de bracelets en or de Pommerit-Le-Vicomte : une découverte récente dans les Côtes-d'Armor en Bretagne, *Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Âge du Bronze (APRAB)*, 8, p.51-55.
- Chapman R.J., Leake R.C., Styles M., 2002, Microchemical Characterisation of Gold as an Exploration Tool, *Gold Bulletin*, **35**, 53-65.
- Chapman R.J., Leake R.C., Warner R.A., Cahill M.C., Moles N.R. Shell C.A., Taylor J.J., 2006, Microchemical characterisation of natural gold and artefact gold as a tool for provenancing prehistoric gold artefacts: A case study in Ireland, *Appl Geochem*, 21, 904-918.
- Gratuze B., 1999, Obsidian characterisation by laser ablation ICP-MS and its application to the prehistoric trade in the Mediterranean and the Near East: The sources and distribution of obsidian within the Aegean and Anatolia, *Journal of Archaeological Sciences*, 26, p. 869-881.
- Gratuze B., Blet-Lemarquand M., Barrandon J.-N., 2004, Caractérisation des alliages monétaires à base d'or par LA-ICP-MS, *Journées numismatiques, Arles 4-6 juin 2004, Bulletin de la Société Française de Numismatique*, 6, juin 2004, p. 163-169.
- Louboutin C., Gratuze B., Barrandon J.-N., 2003, Parures en or de l'Âge du Bronze de Balinghem et Guînes (Pas-de-Calais) : caractérisation de la composition des alliages, *Antiquités nationales*, 35, p. 83-94.