



**HAL**  
open science

## Céramiques levantines de l'époque des Croisades : le cas des productions à pâte rouge des ateliers de Beyrouth

S. Y. Waksman

► **To cite this version:**

S. Y. Waksman. Céramiques levantines de l'époque des Croisades : le cas des productions à pâte rouge des ateliers de Beyrouth. *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, 2002, 26, pp.67-77. halshs-00113964

**HAL Id: halshs-00113964**

**<https://shs.hal.science/halshs-00113964>**

Submitted on 6 Feb 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# CÉRAMIQUES LEVANTINES DE L'ÉPOQUE DES CROISADES : LE CAS DES PRODUCTIONS A PÂTE ROUGE DES ATELIERS DE BEYROUTH

Sylvie Yona WAKSMAN\*

**Résumé :** Certaines catégories de céramiques culinaires et de céramiques de table sont largement distribuées dans le Levant et à Chypre à l'époque des croisades. La découverte d'ateliers de potiers médiévaux à Beyrouth et la comparaison, par analyse chimique, de ces productions avec des céramiques de même type trouvées à Saint-Jean-d'Acre et dans la région de Paphos permet de suggérer que Beyrouth a joué un rôle important à cette époque en tant que centre de production régional.

**Abstract :** Some categories of cooking wares and table wares were found in many sites of the Levant and in Cyprus at the Crusader period. The discovery of Medieval pottery kilns in Beirut and the comparison of the chemical compositions of these productions with the ones of similar wares found in Saint-Jean-d'Acre and in the region of Paphos suggests that Beirut had in this period an important role as regional production center.

**Mots-clés :** Croisades, Levant, Chypre, Beyrouth, ateliers de potiers, analyses chimiques.

**Key-words :** Crusades, Levant, Cyprus, Beirut, pottery workshops, chemical analysis.

## INTRODUCTION

Le dynamisme des échanges commerciaux à l'époque des croisades se reflète dans la diversité de provenance des céramiques trouvées sur les sites côtiers du Levant. Ces échanges relèvent aussi bien de diffusions à grande distance entre Orient et Occident, comme par exemple celle des «protomajoliques» italiennes trouvées en proportion importante à Saint-Jean-d'Acre (Stern, 1997), que de diffusions régionales. Ces dernières portent en particulier sur certaines catégories de céramiques culinaires et de table largement distribuées dans le Levant (e.g. Thalmann, 1978 ; Salamé-Sarkis, 1980 ; Pringle, 1986 ; Avissar, 1996 ; Stern, 1997), à Chypre (Megaw, 1971 ; von Wartburg, 1998), et, de façon très occasionnelle, en Méditerranée occidentale (Démians d'Archimbaud et Vallauri, à paraître). Productions modestes par rapport aux céramiques à pâte synthétique du monde islamique, et même relativement aux productions du monde byzantin, de Chypre et d'Antioche utilisant des techniques de décoration similaires, elles ont cependant éveillé l'intérêt d'archéologues cherchant à mettre en relation les vestiges matériels, les données textuelles et l'histoire économique des royaumes latins (Pringle, 1982, 1986). Certaines de ces céramiques s'inscrivent du point de vue typologique dans la continuité de modèles antérieurs à la

période des croisades et posent la question de l'impact de ces dernières sur l'organisation des structures artisanales.

Nous avons cherché à appréhender, à l'aide d'analyses élémentaires et pétrographiques, l'organisation de la production et la diffusion de ces céramiques médiévales levantines à partir d'un échantillonnage issu de Saint-Jean-d'Acre, de Beyrouth, de Paphos et de Kouklia à Chypre (fig. 1). Site clé du Levant de l'époque des croisades, Saint-Jean-d'Acre est un centre économique et politique important, en tant que port principal du royaume latin de Jérusalem et que capitale du royaume après la prise de Jérusalem par Saladin en 1187. Beyrouth présente un intérêt particulier dans le contexte de notre étude suite à la découverte de nombreux fours médiévaux lors des fouilles récentes du centre-ville. Ces découvertes donnaient la possibilité de créer en laboratoire de nouveaux groupes de référence correspondant aux céramiques fabriquées dans ces ateliers et de tenter d'évaluer, à partir du matériel diffusé, le rôle de Beyrouth en tant que site producteur. J

Des ateliers ou des vestiges d'ateliers avaient précédemment été identifiés à Acre et à Lemba près de Paphos. Les productions de céramiques glaçurées à Lemba s'inscrivent dans la tradition byzantine et ne sont pas comparables, en dehors des techniques de décoration utilisées,

\* Laboratoire de céramologie, CNRS, UMR 5138, Maison de l'Orient Méditerranéen, 7 rue Raulin, 69365 LYON cedex 7, France.

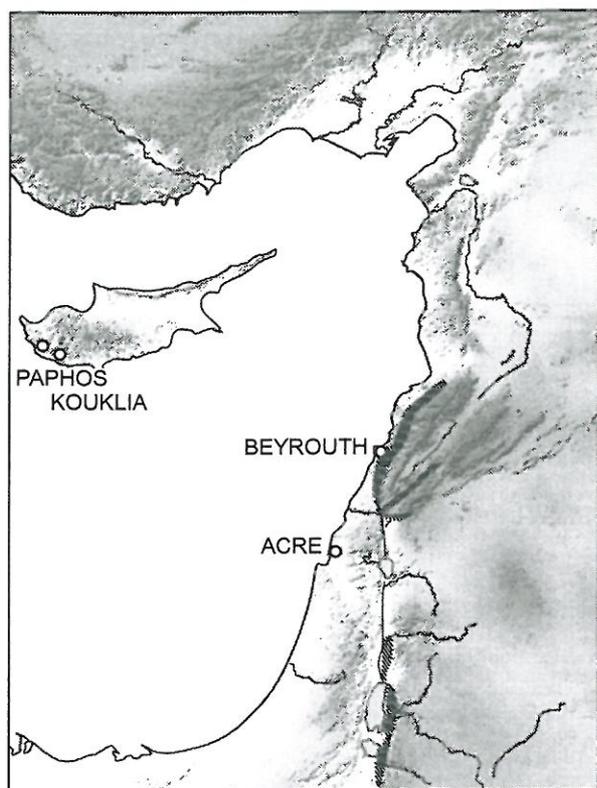


Fig. 1 : Carte de la partie orientale de la Méditerranée et localisation des sites dont sont issus les échantillons étudiés. Les principaux affleurements du Crétacé inférieur du Levant sont représentés schématiquement par les zones hachurées. Le relief correspond aux niveaux de gris.

aux types considérés ici. Ces céramiques chypriotes sont d'ailleurs très présentes sur la côte levantine, comme en atteste le matériel d'Acre par exemple (Stern, 1997). En ce qui concerne les productions d'Acre, Megaw et Jones attiraient déjà l'attention en 1983 sur la présence à Paphos de céramiques culinaires supposées exportées d'Acre à Chypre (Megaw et Jones, 1983, 262). Cette hypothèse se basait sur une composition chimique se distinguant de productions chypriotes, sur des analogies stylistiques avec du matériel levantin et sur la mention dans des textes de fabricants de récipients culinaires à Acre au XIII<sup>ème</sup> siècle (Pringle, 1986, 469-470). A l'époque, des références de productions médiévales d'Acre permettant de tester cette hypothèse n'étaient pas disponibles. Les fouilles entreprises par le Service des Antiquités Israélien ont entre-temps mis au jour de tels vestiges (Stern, 1997, 37) et Acre a ainsi pu être intégré au programme de caractérisation d'ateliers médiévaux entrepris par Armstrong, Hatcher et Megaw (Armstrong et Hatcher, 1997), dans la continuité des travaux pionniers de Megaw et Jones. Par ailleurs, un programme extensif d'analyses chimiques et pétrographiques de céramiques médiévales trouvées à Acre a permis de montrer que la plupart des céramiques typiquement levantines que nous considérons ici y avaient été importées (Waksman *et al.*, 1999 ; Stern et Waksman, à paraître ; Waksman *et al.*, à paraître). Les caractéristiques pétrographiques indiquaient que des argiles résultant de l'altération de formations du Crétacé inférieur avaient été utilisées (Goren, 1997 ; Waksman

*et al.*, 1999). La découverte de fours médiévaux à Beyrouth, qui est situé à proximité de telles formations, permettait de poser l'hypothèse d'une origine beyrouthaine. Une étude préliminaire avait donné premiers éléments de caractérisation des productions beyrouthaines (François *et al.*, à paraître), mais la question de leur diffusion n'avait guère été abordée, faute d'un échantillonnage statistiquement significatif. Dans ce travail, nous avons pu considérer un corpus plus large et nous proposons d'étudier ces productions de Beyrouth et leur diffusion.

## ÉCHANTILLONNAGES

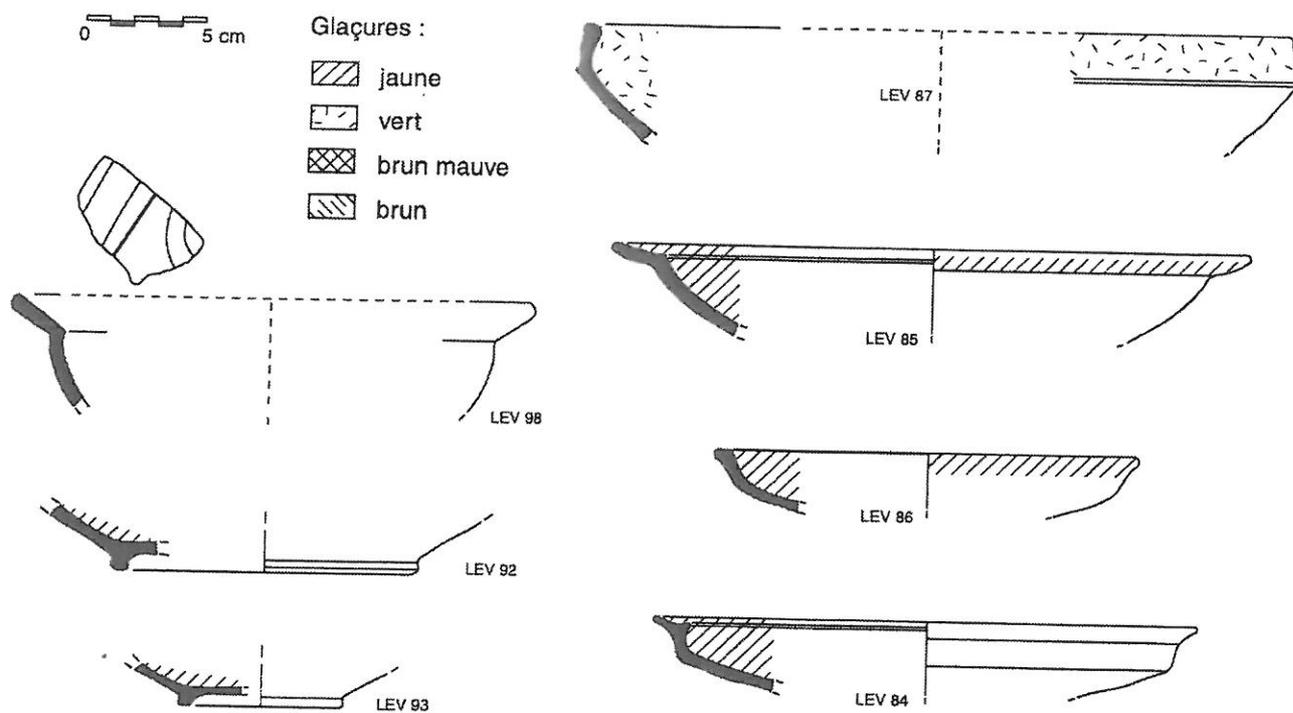
Les types de céramiques considérés dans cette étude relèvent de deux catégories, celles des céramiques culinaires et des céramiques de table. Parmi ces dernières, nous nous sommes limité ici aux céramiques à pâte rouge et à glaçure plombifère monochrome, qui sont représentées sur les quatre sites<sup>1</sup>. Les pâtes de ces céramiques sont relativement grossières et granuleuses, d'une couleur variant du rouge orangé au rouge violacé. Des inclusions blanches opaques, vraisemblablement calcaires, y sont fréquentes.

Les céramiques culinaires incluent des poêles (fig. 2 : LEV 72, 74, 78) et des pots à cuire (fig. 2 : LEV 70) dont l'intérieur est entièrement ou partiellement glaçuré. Les céramiques de table sont des bols glaçurés portant sous la glaçure soit un simple engobe uniforme, soit des décorations au sgraffito (décor incisé dans l'engobe) ou à l'engobe. Parmi ces dernières, on distingue les bols pour lesquels l'engobe clair recouvre irrégulièrement l'intérieur du vase («Reserved-Slip Ware») de ceux où il est appliqué comme une peinture («Slip-Painted Ware»). Plusieurs styles de peinture à l'engobe sont représentés ici. Les exemplaires d'Acre et de Chypre portent de larges bandes rectilignes ou circulaires (Stern, 1997 : fig. 7 et pl.1, No.64), alors que ceux échantillonnés à Beyrouth ont des décors plus élaborés. Un exemple de ces derniers est donné figure 2 (LEV106). La facture des bols glaçurés est dans l'ensemble peu soignée, avec des engobes parfois si fins qu'ils laissent transparaître l'argile rouge sur laquelle ils sont posés (fig. 2, LEV 88). Les décors incisés des sgraffitos sont des motifs géométriques simples, un exemple en est donné figure 2 (LEV 98).

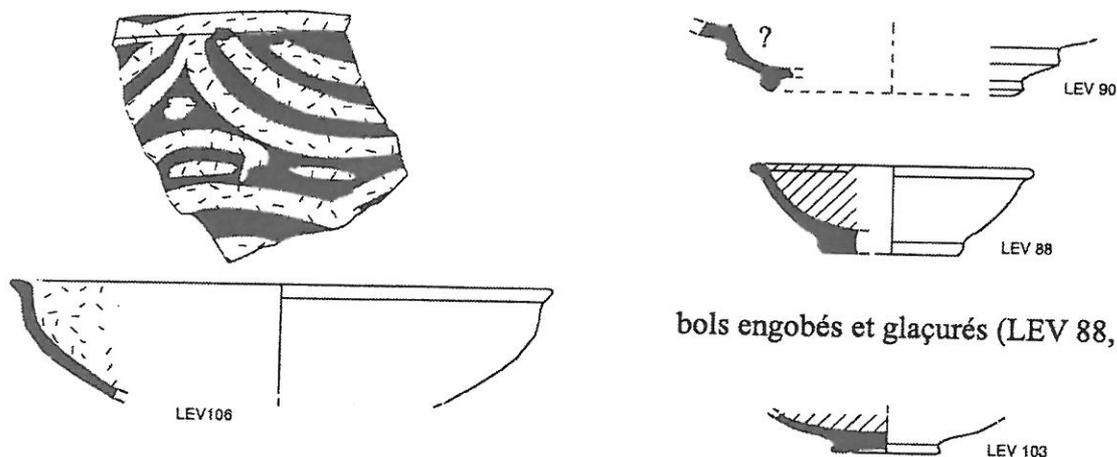
Les principales formes représentées dans l'échantillonnage de Beyrouth sont illustrées figure 2. Nous renvoyons pour la description détaillée des types aux publications du matériel médiéval d'Acre (Stern, 1997 (sauf sgraffito) ; Pringle, 1997 ; Waksman *et al.*, à paraître), de celui, encore en grande partie inédit, de Beyrouth (el-Masri, 1998 ; François *et al.*, à paraître) et aux travaux de A.H.S. Megaw (Megaw, 1971) et M.-L. von Wartburg (von Wartburg, 1997 ; von Wartburg, à paraître) à Chypre. Les types étudiés sont pour la plupart datés dans le Levant du XII<sup>ème</sup> et surtout du XIII<sup>ème</sup> siècle, bien que certains types, en particulier de céramiques culinaires, apparaissent antérieurement.

Le programme de reconstruction du centre-ville de Beyrouth a donné lieu ces dernières années à des fouilles extensives qui ont été l'objet d'une mobilisation internationale. Le matériel étudié ici provient des fouilles de l'Université d'Amsterdam et de l'IFAPO (Institut Français d'Archéologie du Proche-Orient), fouilles sur lesquelles des fours de potiers ont été mis au jour (Aubert et

<sup>1</sup> Les productions médiévales de Beyrouth incluent également des céramiques à pâte claire très calcaire et à glaçure vraisemblablement alcalino-plombifère (François *et al.*, à paraître).

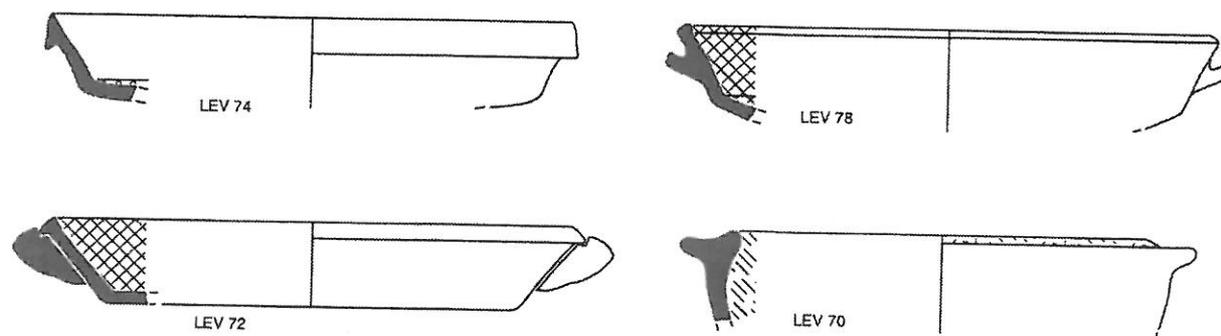


bols décorés au sgraffito (LEV 84, 85, 86, 87, 92, 93) et biscuit avec exemple de motif (LEV 98)



bols engobés et glaçurés (LEV 88, 90)

bols glaçurés décorés à l'engobe (LEV 103, 106) et exemple de motif



poêles (LEV 72, 74, 78) et pots à cuire (LEV 70) glaçurés

Fig. 2 : Principales formes représentées dans l'échantillonnage de Beyrouth.

Nicolaïdes, 1997 ; François *et al.*, à paraître). Pièces inachevées tels des biscuits de céramiques glaçurées décorées au sgraffito (fig. 2 : LEV 98), tessons surcuits de bols non glaçurés et barres d'enfournement utilisées dans les fours (François *et al.*, à paraître) sont les éléments de référence de production locale au sens strict de notre échantillonnage. Cependant, les céramiques culinaires et céramiques décorées au sgraffito, présentes en quantité importante à Beyrouth et trouvées sur d'autres chantiers dans des dépotoirs d'ateliers de potiers, sont également considérées comme étant très probablement locales. Les céramiques décorées à l'engobe semblent plus rares. Dans l'attente de données quantitatives issues de l'étude céramologique du matériel médiéval de Beyrouth, nous ne les avons pas *a priori* considérées comme locales<sup>2</sup>.

Le matériel étudié à Acre provient des fouilles réalisées dans les années 1990 par le Service des Antiquités Israélien (IAA) dans le complexe des Hospitaliers de Saint-Jean et en plusieurs endroits de la ville médiévale (Stern et Waksman, à paraître ; Waksman *et al.*, à paraître). A Chypre, notre échantillonnage provient des fouilles de la Mission Archéologique Suisse Allemande à Kouklia dans le sanctuaire d'Aphrodite (von Wartburg, 1997 : fig. 15 No.22) et sur le site «Paphos - Leptos Walls», et de celles de A.H.S Megaw au château «Saranda Kolones» à Paphos. Nous avons également inclus un tesson de marmite glaçurée trouvé à Marseille, qui se rapproche des productions étudiées aussi bien typologiquement (Démians d'Archimbaud et Vallauri, à paraître) que par sa composition chimique, selon l'étude préliminaire des productions de Beyrouth (François *et al.*, à paraître).

## DONNÉES D'ANALYSE ET INTERCALIBRATIONS

Les céramiques de Beyrouth et de Chypre ont été analysées par fluorescence X en dispersion de longueur d'onde au Laboratoire de céramologie de Lyon. Les analyses des céramiques d'Acre ont été réalisées par ICP-AES et ICP-MS au «Geological Survey of Israel» à Jérusalem, sauf pour la détermination de Na et K analysés par INAA au Laboratoire d'archéométrie de l'Université hébraïque de Jérusalem (Waksman *et al.*, 1999). Dix-neuf éléments communs, majeurs et trace, ont été déterminés par les systèmes d'analyse de Lyon et de Jérusalem et donnaient la possibilité de comparer et d'utiliser conjointement les résultats. Pour ce faire, il était nécessaire de procéder à une intercalibration. Malgré l'amélioration générale de la fiabilité des mesures, des décalages analytiques non négligeables apparaissaient encore dans des études récentes (Glascock, 1999). Il convenait donc de tenter, dans la mesure du possible, de corriger ces décalages ou du moins de les mettre en évidence. L'intercalibration utilisée ici fait partie d'un programme plus vaste d'intercalibrations entre les laboratoires de Lyon, Jérusalem, Strasbourg et Oxford<sup>3</sup>.

La procédure usuelle pour intercalibrer deux systèmes d'analyse consiste à choisir un certain nombre d'échantillons et/ou de standards qui sont analysés par l'un et l'autre système. Quatre standards géologiques commerciaux (DRN, BEN, SRM679, ECRM776), le stan-

dard «maison» Kn-sherd du «Research Laboratory for Archaeology and the History of Art» d'Oxford et 12 échantillons de céramiques ont été utilisés. Leur choix a été conditionné d'une part par les intervalles de compositions élémentaires que nous souhaitions couvrir, d'autre part par l'exigence d'une répartition relativement uniforme des points sur les intervalles. En effet, en cas de décalage significatif entre les résultats «bruts», un modèle de régression linéaire par la méthode des moindres carrés a été appliqué pour déterminer d'éventuels coefficients correctifs utilisés pour calculer des concentrations «recalibrées» (fig. 3). Cette procédure suppose que les deux séries de données soient suffisamment corrélées, mais nécessite également que les points de mesure ne soient pas répartis de façon trop déséquilibrée dans l'intervalle. Elle semble, curieusement, avoir été peu mise en œuvre dans des cas similaires, peut-être en raison d'un nombre insuffisant d'échantillons communs (e.g. Jones, 1986). Dans notre cas, des corrections, parfois importantes (K), ont été appliquées aux concentrations en Al, Si, K, Mn, V, Cr, Ce déterminées à Jérusalem<sup>5</sup> (tab. 1). Quatorze éléments communs ont été utilisés par la suite (*cf. infra*), sur les 17 habituellement utilisés à Lyon. Parmi ces derniers, deux n'avaient pas été déterminés à Jérusalem (Rb, Zr). Zn n'a pas été pris en compte en raison de risques de pollution lors des prélèvements à Jérusalem

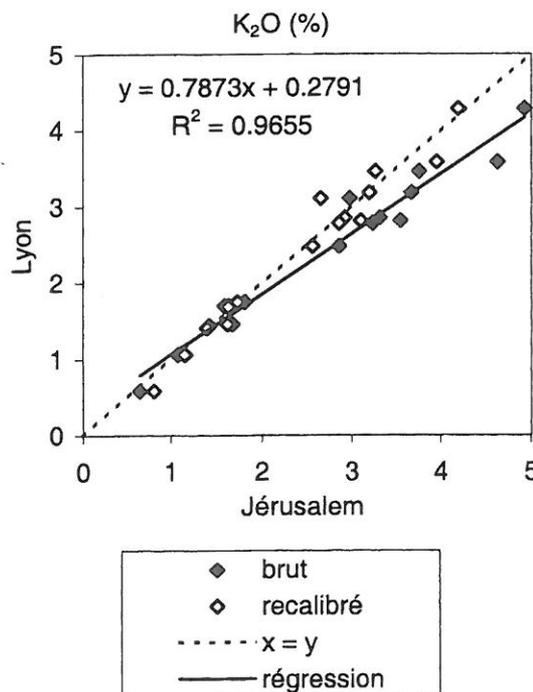


Fig. 3 : Recalibration des teneurs en potassium. Les données brutes correspondent aux teneurs en potassium des mêmes échantillons analysés à Jérusalem (données x) et à Lyon (données y). La droite de régression  $y = ax + b$  permet de calculer des valeurs recalibrées de x. La première bissectrice correspondant à «l'accord parfait» entre les deux séries de mesures est figurée.

<sup>2</sup> Nous supposons que ces données figurent dans la thèse, encore inédite, de Sami el-Masri (el-Masri, 1999).

<sup>3</sup> Recherches sur les céramiques byzantines : intercalibration et harmonisation des bases de données analytiques française et anglaise, programme de collaboration franco-britannique 1998-2000 dans le cadre des accords CNRS - Royal Society, S.Y. Waksman, H. Hatcher, P. Armstrong.

<sup>4</sup> Par rapport à la précision estimée des mesures.

<sup>5</sup> Le choix d'appliquer des corrections aux résultats de Jérusalem plutôt qu'à ceux de Lyon n'a pas été dicté par des considérations sur la précision des mesures. Il est lié au fait que plusieurs systèmes de mesure ont été ramenés par des procédés analogues à un référentiel commun, celui de la base de données de Lyon.

	n	r	a	b	min	max	
Na <sub>2</sub> O (%)	17	0.991			0.19	3.06	
MgO	17	0.999			0.42	13.81	x
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17	0.992	1.07	-0.17	10.24	29.80	x
SiO <sub>2</sub>	17	0.994	1.08	-6.80	38.96	70.56	(x)
K <sub>2</sub> O	17	0.983	0.79	0.28	0.58	4.93	x
CaO	17	0.996			0.21	14.73	x
TiO <sub>2</sub>	17	0.997			0.53	2.64	x
MnO	17	0.987	0.97	0	0.01	0.25	(x)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17	0.991			1.43	13.48	x
V (ppm)	17	0.987	1.02	8	92	243	x
Cr	17	0.976	0.94	7	36	385	x
Ni	17	0.995			16	360	x
Cu	16	0.824			22	83	
Zn	17	0.987			53	332	
Sr	17	0.999			63	1442	x
Y	17	0.961			23	67	
Ba	17	0.987			134	1488	x
La	17	0.934			22	88	
Ce	16	0.928	0.73	29	45	170	(x)

Tab. 1 : Intercalibration entre les résultats d'analyse des laboratoires de Lyon et de Jérusalem.

Pour chaque élément sont indiqués : le nombre *n* d'échantillons et de standards utilisés ; le coefficient de corrélation *r* entre les deux séries de données ; les coefficients de la droite de régression : mesure (Lyon) = *a* x mesure (Jérusalem) + *b*, utilisés pour calculer des concentrations corrigées lorsque les décalages entre données «brutes» étaient importants ; l'intervalle de concentrations [min,max] sur lequel a porté l'inter-calibration. La dernière colonne précise quels éléments ont été utilisés par la suite en tant que variables effectives dans les classifications. Les éléments entre parenthèses correspondent à ceux pour lesquels l'ajustement est le moins bon.

avec une mèche au carbure de tungstène liée à son axe par une brasure au laiton (Waksman, 1995). Suite aux corrections, les groupes de données issus des différents laboratoires ont été introduits simultanément dans les traitements statistiques multivariés classiquement utilisés en céramologie de laboratoire pour les classifications et les déterminations d'origine.

## RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

### Groupes de composition chimique

Une classification ascendante hiérarchique, portant sur les concentrations centrées et réduites de 14 éléments majeurs (MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, TiO<sub>2</sub>, MnO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) et trace (V, Cr, Ni, Sr, Ba, Ce), permet de distinguer plusieurs groupes de composition chimique au sein de notre échantillonnage. Ces groupes sont représentés sur les dendrogrammes des figures 4a et 4b, sur lesquels on a fait apparaître soit les sites dont les échantillons sont issus (fig. 4a), soit les catégories typologiques auxquelles ils appartiennent (fig. 4b). Les moyennes et écarts-type des compositions des groupes tels qu'ils sont définis sur ces dendrogrammes sont donnés tableau 2, les compositions individuelles des échantillons étant présentés en annexe.

Les céramiques analysées ont dans l'ensemble des pâtes ferrugineuses, dans lesquelles les pourcentages de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> peuvent atteindre près de 16% (tab. 2 : groupe 2a), des teneurs en titane relativement élevées et de faibles teneurs en éléments alcalins et en magnésium.

Les groupes qui se singularisent le plus nettement par leur composition sont les groupes 2a et 2b, qui correspondent strictement aux céramiques peintes à l'engobe à motifs de bandes larges. Relativement aux autres groupes, 2a et 2b ont des teneurs plus faibles en silicium et zirconium, et plus élevées en fer, vanadium, chrome et nickel, strontium et barium. Ils se distinguent entre eux en premier lieu par leurs teneurs en calcium, mais le groupe le moins calcaire (2a) est également celui où les teneurs en aluminium, fer et titane sont les plus élevées, celles en potassium et magnésium les plus faibles.

Un autre groupe chimique, le groupe 1, correspond étroitement à une catégorie typologique, celle des céramiques partiellement engobées. Seule exception, un tesson peint à l'engobe également intégré au groupe 1. Ce tesson est atypique par son décor de bandes d'engobe rectilignes plus fines et sa glaçure jaune brillante et demeure un cas isolé. Le groupe 1 se distingue au sein de l'échantillonnage par ses teneurs élevées en aluminium.

Les groupes B1 à B5 sont caractérisés par de faibles teneurs en potassium et en magnésium, les pourcentages de K<sub>2</sub>O et MgO dépassant rarement 1%. Ces groupes présentent entre eux des différences sur les teneurs en calcium, strontium et baryum, silicium et aluminium, fer et titane. Les variations importantes des concentrations au sein de chaque groupe rendent cependant assez floues les limites entre les groupes, en dehors des composantes calcaires ou qui leur sont liées. Le diagramme binaire (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>) illustre cet effet de «continuum», et fait apparaître certaines différences entre les groupes B1 à B5 et les groupes 1, 2a, 2b (fig. 5). Deux des groupes sont relativement calcaires (B1 et B4), deux autres non calcaires (B2 et B5), le dernier (B3) ayant des teneurs en calcaire faibles et variables.

Les groupes moyennement calcaires B1 et B4 sont uniquement constitués de céramiques de table, les groupes non calcaires B2 et B5 sont très majoritairement constitués de céramiques culinaires, B3 est un groupe mixte sgraffitos / culinaires. Les échantillons de Beyrouth se répartissent dans les groupes B1 à B5, des références de productions beyrouthaines étant présentes dans B1, B2 et B3 (tab. 3).

### Les productions de Beyrouth, leur diffusion et les productions non beyrouthaines

Plusieurs arguments nous amènent à considérer les céramiques des groupes B1 à B5 comme des productions beyrouthaines : chaque groupe contient une proportion importante de céramiques trouvées à Beyrouth, d'un type majoritaire sur le site et représenté sur des dépotoirs d'ateliers ; trois d'entre eux (B1 à B3) incluent des échantillons de référence de production beyrouthaine ; enfin, ils partagent un certain nombre de caractéristiques de composition chimique. Le groupe pour lequel la probabilité d'une provenance beyrouthaine serait la moins forte est B3. La proportion de céramiques issues de Beyrouth y est moins importante que dans les autres groupes. D'autre part, on y trouve des échantillons dont les teneurs en aluminium, fer, titane sont parmi les plus faibles de l'ensemble des groupes B1 à B5. Cependant, la présence d'échantillons de Beyrouth de composition comparable indique qu'elles demeurent compatibles avec des productions beyrouthaines. Et B3 est également le groupe qui contient le plus d'échantillons d'Acre, qui n'ont pas été analysés dans le même laboratoire, et sont donc susceptibles de présenter des décalages analytiques résiduels malgré l'intercalibration.

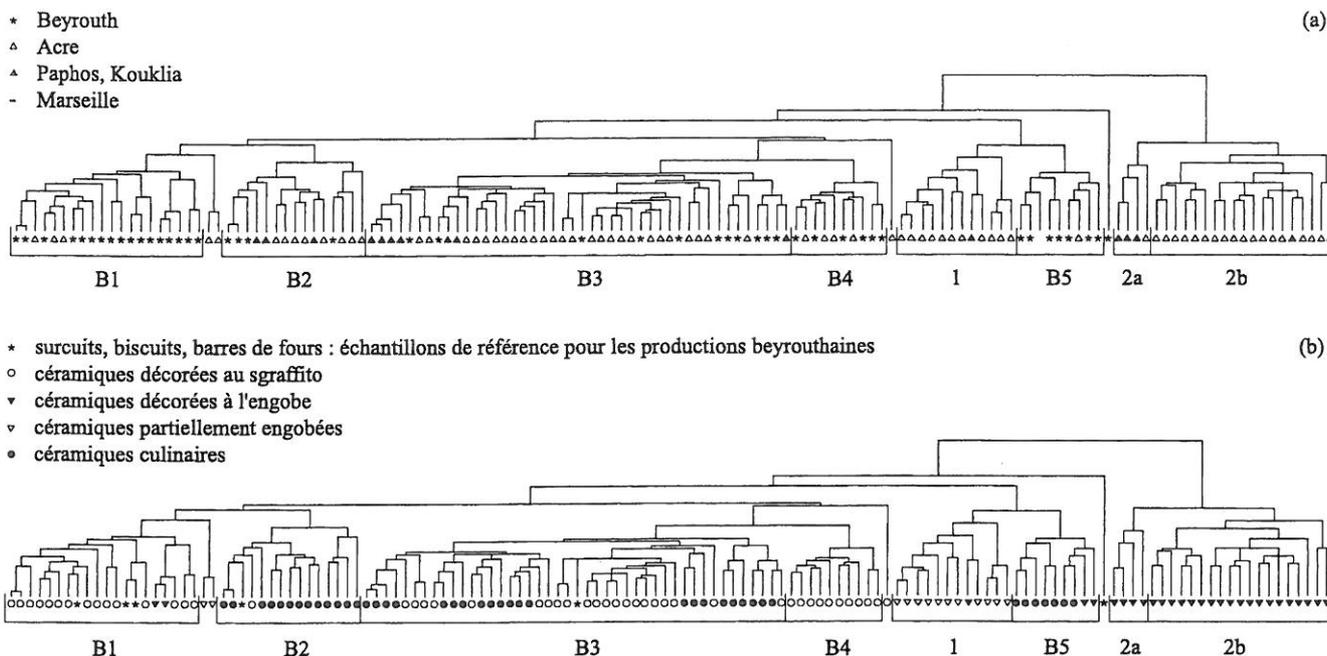


Fig. 4 : Groupes de composition chimique résultant de la classification ascendante hiérarchique des échantillons de Beyrouth, Acre, Paphos, Kouklia et Marseille.

Le même dendrogramme est figuré deux fois, les symboles représentatifs des échantillons correspondant dans un cas au site où ils ont été trouvés (a), dans l'autre à la catégorie typologique à laquelle ils appartiennent (b). Les groupes de composition chimique sont soulignés. Classification basée sur les concentrations centrées et réduites de 14 éléments (cf. texte).

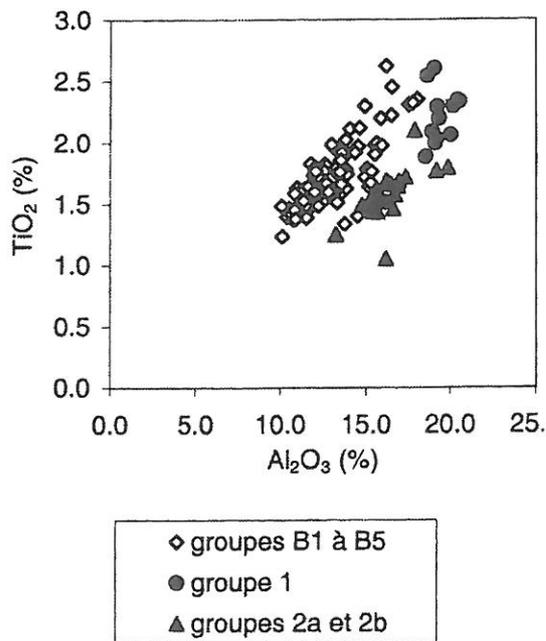


Fig. 5 : Diagramme binaire ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ).

De plus, les analyses pétrographiques qui avaient précédemment été réalisées sur le matériel d'Acre indiquaient que les argiles utilisées correspondent aux formations du Crétacé inférieur du Levant (Waksman *et al.*, 1999 ; Stern et Waksman, à paraître), formations qui sont connues pour avoir été exploitées par les potiers depuis l'époque chalcolithique (e.g. Goren, 1997). Les données pétrographiques, qui avaient permis de rejeter Acre comme origine possible, sont compatibles avec une

origine beyrouthaine. Les affleurements les plus importants des formations du Crétacé inférieur se situent le long des massifs du Liban et de l'anti-Liban, et autour de la partie orientale de la Mer Morte (fig. 1). Elles ne sont côtières qu'au niveau de Beyrouth. Si l'on ne peut actuellement pas exclure que d'autres ateliers aient utilisé de telles argiles, il semble peu probable qu'un autre grand centre urbain côtier ait disposé d'un accès aussi direct que Beyrouth à ces formations.

Nous avons vu que les argiles utilisées à Beyrouth pour la fabrication des céramiques à pâte rouge présentent des compositions variables, mais qui pourraient correspondre à des argiles de même nature. Les potiers de Beyrouth ont semble-t-il exploité des niveaux argileux plus ou moins calcaires, plus ou moins ferrugineux, au sein des formations du Crétacé inférieur. Les argiles les moins calcaires semblent avoir été préférentiellement utilisées pour la fabrication de céramiques culinaires (groupes B2 et B5). Le choix d'argiles non calcaires se justifie en effet pour de telles céramiques, qui doivent pouvoir résister à des contraintes thermiques importantes au cours de leur utilisation (Picon, 1995). Les mêmes argiles peu calcaires sont parfois également employées pour fabriquer des céramiques de table, qui ne présentent pas les mêmes exigences techniques (groupe B3), mais ce sont majoritairement des argiles plus calcaires qui ont été utilisées pour ces dernières (groupes B1, B4). On a donc l'image d'une exploitation raisonnée des matières premières, mais qui ne suit pas strictement la séparation argiles non calcaires / culinaires – argiles calcaires / céramiques de table.

La production des ateliers de potiers de Beyrouth apparaît comme une production diversifiée. Outre la quasi-totalité des céramiques culinaires et des céramiques décorées au sgraffito de l'échantillonnage, les groupes B1 à B5 incluent aussi les céramiques peintes à l'engobe à décor «élaboré» (fig. 2 : LEV106, 103). Ces dernières apparaissent donc également comme des productions beyrouthaines. Il faut par ailleurs rappeler que l'échantillonnage que

	B1		B2		B3		B4		B5		1		2a		2b	
	n = 20 (17)		n = 15 (8)		n = 44 (19)		n = 10 (8)		n = 9 (8)		n = 12 (2)		n = 4 (3)		n = 19 (2)	
	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ	m	σ
(Na <sub>2</sub> O) (%)	0.21	0.13	0.17	0.16	0.17	0.10	0.13	0.11	0.17	0.11	0.18	0.11	0.23	0.16	0.37	0.11
MgO	1.14	0.22	0.80	0.17	0.67	0.13	0.92	0.13	0.79	0.07	0.89	0.13	1.13	0.12	1.49	0.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.99	0.93	14.17	1.57	12.49	1.12	10.98	0.67	16.58	1.02	19.43	0.68	18.30	1.57	15.89	0.93
(SiO <sub>2</sub> )	61.37	3.84	70.31	2.73	73.18	3.45	66.80	2.30	66.34	1.47	62.88	2.24	56.77	0.62	55.65	1.62
K <sub>2</sub> O	0.93	0.20	0.84	0.20	0.60	0.19	0.63	0.11	0.66	0.08	1.41	0.25	0.97	0.12	1.50	0.21
CaO	11.02	3.18	1.80	0.92	2.74	2.05	10.51	2.61	1.14	0.29	2.05	1.62	4.45	2.47	9.54	1.84
TiO <sub>2</sub>	1.766	0.163	1.656	0.214	1.677	0.178	1.478	0.123	2.305	0.177	2.220	0.220	1.836	0.185	1.523	0.161
(MnO)	0.1036	0.0174	0.1210	0.0171	0.0533	0.0123	0.0629	0.0163	0.0609	0.0128	0.0710	0.0138	0.1038	0.0141	0.0890	0.0179
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.96	0.82	9.89	0.98	8.26	0.88	8.06	0.51	11.62	0.94	10.40	2.18	15.50	0.40	12.74	1.20
V (ppm)	131	9	133	21	118	15	113	10	126	20	127	18	185	11	179	14
Cr	147	15	155	20	139	16	123	13	180	21	170	15	208	13	227	13
Ni	92	10	97	13	64	10	61	8	109	17	83	17	154	15	142	11
(Zn)	86	19	101	18	75	21	65	9	90	14	127	36	129	17	151	22
Rb	37	7	42	5	33	5	29	5	33	13	42	1	39	11	43	5
Sr	194	40	91	28	82	29	167	17	79	9	127	22	260	74	294	50
Zr	463	43	477	36	506	32	429	32	515	24	562	64	270	1	255	11
Ba	221	43	221	35	148	50	166	43	147	51	151	31	401	76	641	199
(La)	40	7	51	9	34	6	31	6	50	6	61	5	44	12	39	3
(Ce)	80	5	91	9	80	8	73	4	88	10	109	8	82	7	76	5

Tab. 2 : Moyennes m et écarts-types σ des compositions des principaux groupes distingués sur le dendrogramme (fig. 4).  
*n* : nombre d'échantillons dans le groupe, entre parenthèses : nombre d'échantillons analysés à Lyon. Les éléments entre parenthèses sont ceux pour lesquels l'intercalibration est la moins fiable, ceux en italiques ont été analysés uniquement à Lyon.  
 Les compositions de ces groupes sont calculées avec des analyses issues de plusieurs laboratoires et ils ne sont, de ce fait, pas considérés comme des groupes de référence.

groupe chimique	catégories typologiques	références beyrouthaines	lieu de découverte
groupes chimiques incluant des céramiques de Beyrouth et / ou des échantillons de référence de production beyrouthaine			
B1	majoritaire : sgraffitos; 2 tessons peints à l'engobe	1 barre de four 2 surcuits	majoritaire : Beyrouth; Acre
B2	majoritaire : culinaires; 1 sgraffito	1 barre de four	Acre, Beyrouth, Chypre
B3	culinaires et sgraffitos	1 biscuit	majoritaire : Acre; Beyrouth, Chypre
B4	sgraffitos		Beyrouth, Acre
B5	majoritaire : culinaires; 2 tessons peints à l'engobe		majoritaire : Beyrouth; Acre, Marseille
groupes chimiques n'incluant pas d'échantillons de Beyrouth			
1	majoritaire : tessons à engobe partiel; 1 tesson peint à l'engobe atypique (de Chypre)		majoritaire : Acre; Chypre (atypique)
2a	tessons peints à l'engobe (bandes larges)		majoritaire : Acre; Chypre
2b	tessons peints à l'engobe (bandes larges)		Chypre, Acre

Tab. 3 : Répartition de l'échantillonnage dans les principaux groupes chimiques, par catégorie typologique et lieu de découverte.

nous avons considéré ici ne concerne qu'une partie limitée de la gamme des céramiques fabriquées à Beyrouth. Nous n'avons en particulier considéré ni les céramiques à pâte beige, de tradition islamique, qui y ont également été fabriquées (François *et al.*, à paraître), ni les amphores et récipients de stockage.

Parmi cette production diversifiée, ce sont surtout, dans la catégorie des céramiques à pâte rouge, les céramiques culinaires, et, dans une moindre mesure, les céramiques décorées au sgraffito, qui semblent avoir été exportées. Ceci va à l'encontre du préjugé, encore fermement ancré, que les céramiques culinaires sont des objets de faible

valeur qui ont peu circulé. Malgré les réserves que nous avons exprimées par rapport au groupe B3, l'intégration dans les groupes B1 à B5 des céramiques culinaires et au sgraffito trouvées à Acre, Chypre et Marseille, va dans le sens d'une diffusion des productions beyrouthaines sur ces sites. Les ateliers de Beyrouth semblent de ce fait avoir joué un rôle important dans l'approvisionnement régional. La mention au début du XIII<sup>ème</sup> siècle d'un traité entre le seigneur de Beyrouth et les Génois, excluant les poteries de la franchise accordée à ces derniers (Pringle, 1986, 468-469), devrait peut-être être reconsidérée au vu de cette possibilité. Les modalités de diffusion de

ces productions régionales restent actuellement peu connues. Comme le fait remarquer Pringle, il est peu probable que ces céramiques aient suivi les mêmes circuits de (re)distribution que les céramiques importées. Les taxes perçues au marché royal («Fonde») d'Acre étaient en effet susceptibles de décourager la commercialisation de tels produits, en dehors de communautés privilégiées exemptes de taxes (Pringle, 1982). Les nouveaux éléments apportés par l'étude du matériel de Beyrouth ne contribuent pas à éclaircir ce point, mais pourraient inciter à reconsidérer les rares données textuelles disponibles en tenant compte du rôle de Beyrouth comme centre producteur régional.

Notre étude apporte par contre peu d'éléments nouveaux sur les ateliers ayant produit les céramiques décorées de larges bandes d'engobe et sur les céramiques partiellement engobées. Si ce n'est le résultat, déjà appréciable, qu'elles ne relèvent vraisemblablement pas des productions de Beyrouth. En effet, les compositions des groupes 1, 2a et 2b n'entrent pas dans les intervalles de variation - pourtant larges - des compositions des argiles utilisées à Beyrouth pour fabriquer les céramiques à pâte rouge. Bien que nous ne puissions, dans l'attente de la publication de l'étude céramologique complète (el-Masri, 1999), que supposer que notre échantillonnage est représentatif de ces productions, les informations archéologiques et archéométriques dont nous disposons actuellement tendent vers cette conclusion. D'après les analyses pétrographiques, les céramiques décorées à l'engobe (bandes larges) et les céramiques partiellement engobées correspondent également à des argiles du Crétacé inférieur. Les premières présentent une caractéristique distinctive par la présence dans leur pâte de fragments de basalte et d'autres inclusions vitreuses (Waksman *et al.*, 1999). Il semblerait que la distribution de ces céramiques s'étende jusqu'à Damas (V. François, communication personnelle), ce qui pourrait orienter les recherches de localisation des ateliers vers des régions plus éloignées de la frange côtière.

La distinction de deux groupes de céramiques peintes à l'engobe à décor de larges bandes (groupes 2a et 2b), qui n'avait pas été observée précédemment sur le seul échantillonnage d'Acre, n'implique pas nécessairement que l'on ait affaire à plusieurs ateliers produisant cette catégorie de céramiques. L'un de ces groupes (2a) ne contient qu'un très petit nombre d'échantillons et il n'est pas exclu qu'en élargissant l'échantillonnage une situation analogue à celle des productions de Beyrouth soit obtenue, i.e. l'utilisation sur un même site d'argiles de compositions différentes, mais de même nature.

Le fait que les céramiques décorées avec de larges bandes d'engobe, d'une part, et les céramiques partiellement engobées, d'autre part, constituent des groupes homogènes du point de vue typologique reste remarquable (fig. 4b). Autant les groupes chimiques correspondant aux productions de Beyrouth peuvent contenir plusieurs catégories typologiques, du fait du caractère non spécialisé de la production, autant les groupes 1, 2a, 2b ne s'associent par leur composition à aucune autre catégorie typologique. Comme il avait déjà été remarqué précédemment, ceci n'implique pas nécessairement qu'il s'agisse d'ateliers spécialisés dans ce type de produits. Il est aussi possible que ces céramiques, qui ont été échantillonnées ici en contexte de consommation, fassent partie de productions plus diversifiées dont seulement certaines catégories auraient été exportées au-delà des marchés locaux (Stern et Waksman, à paraître).

## CONCLUSION

L'étude du matériel des fours de potiers médiévaux mis au jour lors des fouilles du centre-ville de Beyrouth apporte de nouveaux éléments à la connaissance des céramiques produites et diffusées dans le Levant à l'époque des croisades. Céramiques culinaires et céramiques de table décorées au sgraffito ou à l'engobe ont été fabriquées dans les ateliers beyrouthains, avec des argiles ferrugineuses moyennement ou peu calcaires, les argiles les moins calcaires étant en général utilisées pour les céramiques culinaires.

Un échantillonnage de céramiques culinaires et de céramiques décorées au sgraffito typologiquement comparables, trouvées en quantité importante à Saint-Jean-d'Acre, en plus faible quantité à Chypre, et de façon occasionnelle en Occident, présente des compositions chimiques et des caractéristiques pétrographiques compatibles avec celles des productions beyrouthaines. Bien que l'existence d'autres ateliers ayant exploité des argiles similaires ne puisse actuellement pas être exclue, il est très probable que Beyrouth a joué un rôle important en tant que site producteur de céramiques à l'échelle régionale. La mention au début du XIII<sup>ème</sup> siècle d'un traité entre le seigneur de Beyrouth et les Génois, excluant les poteries de la franchise qui leur est accordée, pourrait être reconsidérée dans cette perspective.

Quoi qu'il en soit, Beyrouth n'a pas été le seul centre producteur de la région. Les céramiques peintes à l'engobe («Slip-Painted Ware»), à motifs de bandes larges, ne sont probablement pas des productions beyrouthaines, bien que ces dernières incluent des bols ornés par la même technique mais de motifs différents. D'autres ateliers ont alimenté les marchés régionaux, dont certaines productions - céramiques décorées à l'engobe, céramiques à engobe partiel - ont été diffusées dans le Levant et à Chypre.

## REMERCIEMENTS

Mes remerciements les plus vifs vont aux archéologues et aux céramologues qui ont fourni l'échantillonnage et ont beaucoup apporté à cette étude : H. Curvers, B. Stuart, Université d'Amsterdam, Beyrouth ; P. Reynolds, H. Seeden, American University in Beirut ; L. Vallauri, V. François, A. Nicolaïdes, LAMM, MMSH Aix-en-Provence ; C. Aubert, IFAPO Beyrouth ; E.J. Stern, Israel Antiquities Authority, Acre ; A.H.S. Megaw, Paphos ; M.-L. von Wartburg, F. Maier, directeurs de la Mission Archéologique Suisse-Allemande de Kouklia. Je remercie également S. el-Masri, American University in Beirut.

Je suis très reconnaissante à Yvon Montmessin (Maison de l'Orient, Lyon) et à Michèle Vichy (Laboratoire de Céramologie, Lyon) pour la mise au net des dessins et graphiques, ainsi qu'au personnel du Laboratoire de Céramologie.

## BIBLIOGRAPHIE

- ARMSTRONG, P. & HATCHER, H., 1997 - Byzantine and allied pottery, phase II : past work on materials analysis and future prospects. *In* : Material Analysis of Byzantine Pottery, Washington D.C., Maguire H. (éd.), 1-8.
- AUBERT, C. et NICOLAÏDES, A., 1997 - Céramiques byzantines et four à barres médiéval de la Place des Martyrs à Beyrouth. *In* : La céramique médiévale en Méditerranée, Aix-en-Provence, Narration éd., 239-242.
- AVISSAR, M., 1996 - The Medieval Pottery. *In* : Ben-Tor A., Avissar M. and Portugali Y., Yoqne'am I, The Late Periods (Qedem Reports 3), Jerusalem, 75-172.

- DÉMIANS D'ARCHIMBAUD, G. et VALLAURI, L., à paraître** - La circulation des céramiques de l'aire byzantine en Provence du Xe au XIVe s. *In* : La céramique médiévale en Méditerranée, Actes du 7<sup>ème</sup> congrès de l'AIECM2 (Thessalonique 1999).
- FRANÇOIS, V., NICOLAÏDES, A., VALLAURI, L. et WAKSMAN, S.Y., à paraître** - Premiers éléments pour une caractérisation des productions de Beyrouth entre domination franque et mamelouke. *In* : La céramique médiévale en Méditerranée, Actes du 7<sup>ème</sup> congrès de l'AIECM2 (Thessalonique 1999).
- GLASCOCK, M.D., 1999** - An Inter-Laboratory Comparison of Element Compositions for Two Obsidian Sources. *International Association for Obsidian Studies Bulletin*, 23, 13-25.
- GOREN, Y., 1997** - Petrographic analyses of the ceramic assemblage from the Akko courthouse. *'Atiqot*, 31, 71-74.
- JONES, R.E., 1986** - Greek and Cypriot Pottery. *Fitch Laboratory Occasional Paper*, 1, British School at Athens, Athènes.
- EL-MASRI, S., 1998** - Medieval Pottery from Beirut's downtown Excavations : The First Results. *ARAM*, 9-10, 1997-1998, 103-119.
- EL-MASRI, S., 1999** - Beirut : the City and its Crafts in the Medieval Period. Ph.D. Dissertation, Freie Universität Berlin (non publié).
- MEGAW, A.H.S. & JONES, R.E., 1983** - Byzantine and allied pottery : a contribution by chemical analyses to problems of origin and distribution. *Annual of the British School at Athens*, 78, 235-265.
- MEGAW, A.H.S., 1971** - Excavations at "Saranda Kolones" Paphos. Preliminary Report on the 1966-67 and 1970-71 Seasons. *RDAC*, 117-146.
- PICON, M., 1984** - Le traitement des données d'analyses. *PACT*, 10, 379-399.
- PICON, M., 1995** - Grises et grises : quelques réflexions sur les céramiques cuites en mode B. *In* : Actas das 1as Jornadas de Ceramica Medieval e Pos-Medieval. Porto, Maio, 283-292.
- PRINGLE, D., 1982** - Some more proto-maiolica from 'Athlit (pilgrim's castle) and a discussion of its distribution in the Levant. *Levant*, 16, 104-117.
- PRINGLE, D., 1986** - Pottery as evidence for trade in the Crusader states. *In* : I comuni italiani nel regno crociato di Gerusalemme, Genova, Airalidi G., Kedar B.Z. (éds.), 451-475.
- PRINGLE, D., 1997** - Excavations in Acre, 1974 : the pottery of the Crusader period from site D. *'Atiqot*, 31, 137-156.
- SALAMÉ-SARKIS, H., 1980** - Contribution à l'histoire de Tripoli et de sa région à l'époque des Croisades : problèmes d'histoire, d'architecture et de céramique. Bibliothèque archéologique et historique, 106, Paris.
- \* STERN, E.J., 1997** - Excavation of the Courthouse site at 'Akko : The Pottery of the Crusader and Ottoman Periods. *'Atiqot*, 31, 35-70.
- STERN, E.J. & WAKSMAN, S.Y., à paraître** - Pottery from Recent Excavations at Crusader Acre : Typological and Analytical Study. *In* : La céramique médiévale en Méditerranée, Actes du 7<sup>ème</sup> congrès de l'AIECM2 (Thessalonique 1999).
- THALMANN, J.-P., 1978** - Tell'Arqa (Liban nord) Campagnes I-III (1972-1974). *Syria*, 55, 1-104.
- WAKSMAN, S.Y., 1995** - Les céramiques byzantines des fouilles de Pergame. Caractérisation des productions locales et importées par analyse élémentaire par les méthodes PLXE et INAA et par pétrographie. Thèse de doctorat ès Sciences, Université de Strasbourg, (non publié).
- WAKSMAN, S.Y., SEGAL, I., PORAT, N., STERN, E.J. & YELLIN, J., 1999** - An analytical study of ceramics found in Crusader Acre : Levantine productions and imports from the Byzantine world. *Geological Survey of Israel Internal Reports*, GSI/8/99, Jérusalem, (non publié).
- WAKSMAN, S.Y., STERN, E.J., SEGAL, I., PORAT, N. & YELLIN, J., à paraître** - Some Local and Imported Ceramics from Crusader Acre investigated by Elemental and Petrographic analysis. *'Atiqot*.
- VON WARTBURG, M.-L., 1997** - Medieval Glazed Pottery from the Sanctuary of Aphrodite at Palaiopaphos (site TA). A Preliminary Survey. *RDAC*, 184-194.
- VON WARTBURG, M.-L., à paraître** - Cypriot Contacts with East and West as reflected in Medieval Glazed Pottery from the Paphos Region. *In* : La céramique médiévale en Méditerranée, Actes du 7<sup>ème</sup> congrès de l'AIECM2 (Thessalonique 1999).

## ANNEXE : compositions élémentaires des échantillons

	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	(SiO <sub>2</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	(MnO)	(Na <sub>2</sub> O)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zr	Sr	Rb	(Zn)	Cr	Ni	(La)	Ba	V	(Ce)
<b>groupe chimique B1</b>																				
LEV 82	6.71	10.51	1.919	0.92	64.55	13.70	0.94	0.1061	0.24	0.17	523	150	38	88	149	102	44	215	132	82
LEV 83	6.47	10.41	1.923	0.91	65.12	13.51	0.93	0.1073	0.24	0.16	521	143	39	89	151	100	44	227	137	83
ACR30	8.08	11.43	1.939	0.78	62.01	13.68	0.98	0.1035	0.18			158		87	186	99	34	181	128	76
LEV 87	10.19	9.47	1.738	1.07	63.32	12.14	1.10	0.1016	0.27	0.41	513	207	41	93	141	94	44	165	128	82
ACR29	10.98	9.57	1.600	1.13	61.71	12.56	1.15	0.0972	0.18			197		100	155	84	41	176	120	81
ACR31	9.89	9.41	1.561	1.05	62.83	13.05	1.07	0.0801	0.18			206		100	153	85	42	254	136	81
LEV 93	9.86	10.13	1.895	1.01	61.12	13.74	1.14	0.1048	0.34	0.49	513	196	44	104	147	98	41	196	136	83
LEV 7	12.97	10.96	1.889	1.02	57.75	13.62	1.07	0.1099	<ddd	0.18	472	192	30	98	160	106	42	163	130	80
LEV 94	10.97	10.33	1.778	0.68	60.57	13.80	1.14	0.0921	0.28	0.16	438	185	34	78	143	97	42	241	139	77
LEV 99	10.85	10.09	1.824	0.73	61.99	12.57	1.28	0.0641	0.27	0.16	442	167	33	83	152	85	33	161	122	70
LEV 84	7.45	9.55	1.825	0.58	67.29	11.73	0.85	0.0863	0.21	0.26	476	147	27	80	137	88	36	247	114	69
LEV 91	6.08	9.05	1.812	0.61	68.29	12.67	0.73	0.1065	0.28	0.17	478	110	38	70	133	82	36	312	131	76
LEV 1	12.43	8.97	1.527	0.79	62.89	11.87	1.12	0.1027	<ddd	0.11	413	240	30	71	124	81	29	242	128	80
LEV 26	13.86	8.68	1.493	0.67	62.13	11.74	1.05	0.1062	<ddd	0.11	402	249	32	25	138	76	35	261	139	84
LEV 27	12.39	8.23	1.425	0.97	63.91	11.18	1.42	0.0907	0.09	0.11	392	279	33	64	115	72	30	308	121	86
LEV104	16.72	10.57	1.740	1.11	54.02	13.38	1.45	0.1105	0.44	0.20	421	212	39	97	143	99	39	231	125	78
LEV106	16.96	9.92	1.764	1.11	55.24	12.54	1.46	0.1040	0.30	0.17	424	210	32	93	150	92	40	208	128	78
LEV 3	14.97	10.62	1.779	1.19	55.82	13.44	1.80	0.1179	<ddd	0.19	450	222	40	93	149	100	54	226	130	82
LEV 86	12.69	10.42	1.969	1.19	57.10	14.53	1.24	0.1445	0.30	0.22	490	222	51	105	160	100	51	223	149	85
LEV 95	9.91	10.80	1.917	1.10	59.80	14.34	1.14	0.1354	0.30	0.36	498	190	49	110	163	105	51	192	151	89
<b>moyennes et écarts-type, n = 20 (17)</b>																				
m	11.02	9.95	1.77	0.93	61.37	12.99	1.14	0.1036	0.26	0.21	463	194	37	86	147	92	40	221	131	80
σ	3.18	0.82	0.16	0.20	3.84	0.83	0.22	0.0174	0.08	0.11	43	40	7	18	15	10	7	43	9	5
σ/m (%)	29	8	9	21	6	7	19	17	31	51	9	21	18	22	10	11	17	20	7	6
ACR70	6.52	9.19	1.785	1.79	63.72	15.03	0.84	0.0603	0.18			144		89	140	70	49	186	122	92
ACR115	8.16	9.40	1.770	1.63	61.86	15.16	0.81	0.0705	0.18			163		125	140	64	44	190	132	92
<b>groupe chimique B2</b>																				
LEV 29	1.58	10.13	1.982	0.62	69.00	15.51	0.79	0.1270	<ddd	0.10	498	75	44	87	150	95	52	255	161	96
LEV 30	1.53	10.17	1.996	0.63	68.88	15.61	0.78	0.1298	<ddd	0.10	514	73	46	86	151	97	54	238	171	97
LEV 8	2.18	10.07	1.906	0.51	70.34	13.62	0.73	0.1082	0.22	0.09	495	89	37	70	138	89	34	221	136	93
BYZ102	2.53	11.86	1.906	1.05	65.96	15.51	0.64	0.1174	<ddd	0.23	507	130	49	107	135	89	47	199	140	93
LEV 32	1.85	9.37	1.719	1.10	69.70	14.94	0.76	0.0906	<ddd	0.21	466	145	36	91	157	97	60	252	161	103
ACR82	2.08	9.84	1.336	1.12	70.22	13.72	0.95	0.1383	0.28			93		111	166	100	53	266	116	89
ACR89	1.62	10.39	1.401	1.13	69.39	14.50	0.80	0.1289	0.31			93		111	185	110	50	228	136	83
ACR86	1.79	11.17	1.595	0.86	66.46	16.21	1.21	0.1190	0.24			76		133	192	110	62	201	150	95
ACR92	1.07	11.09	1.640	0.83	68.64	15.16	1.06	0.1205	0.14			75		124	178	107	53	218	121	91
LEV 31	1.06	9.54	1.766	0.83	70.15	15.32	0.82	0.1247	0.00	0.19	476	98	44	99	155	105	53	265	127	103
BYZ 15	1.67	9.83	1.469	1.07	70.01	14.82	0.88	0.1138	0.57	0.26	403	91	42	107	151	122	59	218	133	95
LEV 70	0.85	8.42	1.575	0.70	75.04	11.83	0.77	0.1108	0.29	0.13	454	55	34	72	116	93	50	185	110	82
ACR87	0.83	8.83	1.579	0.68	75.64	11.75	0.55	0.1024	0.11			54		94	147	69	33	157	111	71
ACR83	4.61	8.65	1.449	0.77	71.72	11.59	0.68	0.1189	0.16			142		106	143	82	41	185	102	83
ACR56	1.72	9.00	1.519	0.75	73.51	12.47	0.64	0.1654	0.18			79		110	163	94	61	250	114	95
<b>moyennes et écarts-type, n = 15 (8)</b>																				
m	1.80	9.89	1.66	0.84	70.31	14.17	0.80	0.1210	0.23	0.16	477	91	42	101	155	97	51	221	133	91
σ	0.92	0.98	0.21	0.20	2.73	1.57	0.17	0.0171	0.15	0.07	36	28	5	18	20	13	9	35	21	9
σ/m (%)	51	10	13	24	4	11	21	14	64	41	8	31	13	17	13	13	18	16	16	9
<b>groupe chimique B3</b>																				
BYZ 93	0.85	7.89	1.730	0.37	78.37	11.98	0.53	0.0499	0.01	0.08	530	50	36	64	122	66	27	110	116	73
BYZ 95	0.82	7.93	1.739	0.37	76.27	12.04	0.52	0.0494	<ddd	0.08	528	55	35	62	120	66	27	122	118	68
BYZ 94	0.81	7.81	1.733	0.36	76.48	11.93	0.53	0.0525	<ddd	0.08	523	52	35	62	117	62	34	122	129	75
LEV 34	1.13	7.52	1.610	0.48	76.10	12.04	0.69	0.0573	0.10	0.12	499	92	36	65	124	71	43	171	143	70
LEV 92	3.91	8.90	1.796	0.36	71.89	12.02	0.59	0.0313	0.23	0.07	497	82	25	48	134	68	30	96	116	62
ACR104	4.98	6.71	1.628	0.70	73.17	12.03	0.53	0.0322	0.15			113		72	155	50	26	170	128	72
ACR105	5.30	6.66	1.622	0.63	73.51	11.39	0.64	0.0341	0.14			100		93	142	49	25	116	126	75
LEV 90	1.18	6.89	1.631	0.37	77.71	10.96	0.59	0.0457	0.28	0.14	499	55	27	69	110	57	30	151	97	71
LEV 33	0.52	6.85	1.592	0.34	78.78	11.11	0.53	0.0568	0.02	0.07	518	52	33	59	100	60	32	104	86	73
BYZ 96	0.73	6.81	1.481	0.43	78.13	11.56	0.56	0.0625	<ddd	0.07	484	70	37	55	102	63	31	121	108	79
ACR51	0.60	6.85	1.392	0.61	79.91	10.38	0.43	0.0534	0.12			44		81	131	57	31	111	85	83
ACR28	0.79	7.92	1.599	0.64	77.28	11.20	0.57	0.0365	0.15			44		73	136	50	27	122	96	73
ACR48	0.67	8.65	1.619	0.61	75.68	12.10	0.66	0.0402	0.11			44		84	159	69	30	102	89	74
ACR84	3.90	8.45	1.484	0.63	73.10	11.48	0.66	0.0532	0.13			83		66	141	62	27	155	86	72
ACR88	0.72	7.32	1.463	0.94	78.28	10.51	0.63	0.0377	0.24			73		82	152	55	29	212	114	73
ACR52	1.33	7.48	1.525	0.78	76.74	11.34	0.65	0.0668	0.20			62		71	130	59				

	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	(SiO <sub>2</sub> )	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	(MnO)	(Na <sub>2</sub> O)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Zr	Sr	Rb	(Zn)	Cr	Ni	(La)	Ba	V	(Ce)
<b>groupe chimique B4</b>																				
LEV 88	9.17	8.19	1.637	0.46	67.27	11.61	0.93	0.0465	0.27	0.11	445	161	25	64	122	65	34	127	118	80
ACR33	8.89	8.35	1.569	0.82	67.30	11.90	0.89	0.0505	0.13			162		63	147	62	27	137	105	73
LEV 24	11.19	8.02	1.428	0.49	66.69	11.00	0.74	0.0527	<idd	0.10	428	149	22	46	115	57	27	125	107	71
ACR27	7.78	7.84	1.419	0.65	70.59	10.62	0.79	0.0418	0.12			148		65	130	46	24	151	111	71
ACR26	8.14	8.87	1.481	0.77	69.13	10.06	0.83	0.0490	0.13			188		77	132	65	27	190	131	67
LEV 85	10.08	7.56	1.599	0.58	66.44	11.98	0.88	0.0752	0.28	0.30	427	171	33	67	114	57	41	257	122	79
ACR21	8.91	7.85	1.451	0.80	68.50	10.82	0.92	0.0772	0.14			156		78	135	62	32	168	110	73
LEV100	11.78	8.84	1.585	0.75	64.42	10.83	1.15	0.0823	0.24	0.12	478	159	31	69	122	77	38	212	121	71
LEV 23	16.01	7.40	1.234	0.62	63.08	10.11	1.10	0.0700	<idd	0.16	386	175	30	59	102	54	29	128	103	75
LEV 25	13.35	7.85	1.375	0.60	64.62	10.88	0.93	0.0840	<idd	0.14	407	200	35	64	110	60	35	162	100	72
<b>moyennes et écarts-type, n = 10 (6)</b>																				
m	10.51	8.06	1.48	0.63	66.80	10.98	0.92	0.0829	0.19	0.18	429	167	29	65	123	61	31	168	113	73
σ	2.61	0.51	0.12	0.11	2.30	0.67	0.13	0.0183	0.07	0.07	32	17	5	9	13	8	6	43	10	4
σ/m (%)	25	6	8	18	3	6	14	26	39	48	7	10	17	14	11	13	18	26	9	5
ACR118	1.16	8.96	1.996	0.28	71.38	15.88	0.26	0.0649	0.18			97		107	149	71	49	103	74	106
<b>groupe chimique 1</b>																				
ACR71	1.44	11.53	1.882	1.11	63.90	18.56	0.90	0.0679	0.15			158		175	174	102	65	193	131	107
ACR72	2.13	11.33	1.994	1.06	62.75	19.11	0.93	0.0718	0.13			147		152	174	96	62	166	140	107
ACR75	1.29	11.58	2.026	1.08	63.43	19.18	0.81	0.0664	0.11			114		130	179	100	62	139	139	119
ACR76	1.60	12.20	2.060	1.35	60.91	20.03	0.92	0.0653	0.21			141		205	186	99	64	225	126	116
ACR74	1.03	12.79	2.194	1.25	61.57	19.33	0.94	0.0730	0.22			109		139	188	100	67	143	170	117
ACR114	3.87	9.58	2.087	1.32	62.71	18.92	0.74	0.0623	0.14			142		84	175	75	52	142	129	105
ACR116	6.57	9.47	2.289	1.69	58.92	19.23	0.69	0.0508	0.17			165		107	183	82	61	158	118	116
BYZ 98	1.04	11.30	2.600	1.74	63.00	19.03	0.85	0.0613	<idd	0.17	516	108	43	93	158	84	67	136	124	113
ACR117	1.39	13.23	2.540	1.75	60.15	18.64	1.18	0.0582	0.17			121		104	170	81	53	116	122	103
ACR77	1.55	7.65	2.295	1.47	65.33	20.17	0.92	0.0949	0.18			113		116	165	55	59	117	106	107
ACR102	1.41	6.93	2.333	1.60	65.58	20.53	0.99	0.0925	0.19			110		127	154	55	60	134	102	100
BYZ 16	1.23	7.26	2.341	1.47	66.28	20.43	0.77	0.0871	0.49	0.21	607	100	41	93	137	68	63	148	116	94
<b>moyennes et écarts-type, n = 12 (2)</b>																				
m	2.05	10.40	2.22	1.41	62.88	19.43	0.89	0.0710	0.20	0.19	562	127	42	127	170	83	61	161	127	109
σ	1.82	2.18	0.22	0.25	2.24	0.88	0.13	0.0138	0.10	0.03	64	22	1	36	15	17	5	31	18	8
σ/m (%)	79	21	10	18	4	4	15	19	52	15	11	17	3	28	9	21	8	21	14	7
<b>groupe chimique B5</b>																				
LEV 2	0.88	11.18	2.350	0.55	65.95	18.05	0.70	0.0656	<idd	0.09	527	70	40	78	171	96	50	200	106	88
LEV 28	1.18	10.89	2.223	0.57	67.46	16.49	0.71	0.0643	0.14	0.11	521	79	35	72	160	97	50	138	115	97
LEV 14	1.05	9.75	1.977	0.66	69.46	15.93	0.81	0.0746	<idd	0.10	483	88	40	78	145	84	51	218	114	93
LEV 74	1.17	11.58	2.307	0.66	65.13	17.54	0.89	0.0593	0.26	0.12	490	85	40	89	179	118	55	142	168	100
LEV 76	1.21	11.75	2.323	0.70	64.78	17.75	0.90	0.0596	0.25	0.11	490	87	41	92	179	120	60	141	131	103
LEV 73	0.90	12.08	2.450	0.62	66.15	16.53	0.74	0.0449	0.23	0.10	543	74	37	92	186	114	52	97	113	81
ACR57	0.71	12.88	2.197	0.67	66.36	15.86	0.85	0.0392	0.11			62		91	210	93	36	89	113	77
LEV105	1.52	12.63	2.621	0.69	64.92	16.18	0.76	0.0605	0.23	0.13	542	81	30	96	208	120	51	91	141	82
LEV103	1.60	11.72	2.298	0.81	66.86	14.91	0.79	0.0800	0.27	0.45	525	87	37	121	181	136	47	207	134	75
<b>moyennes et écarts-type, n = 9 (8)</b>																				
m	1.14	11.62	2.31	0.68	68.34	16.58	0.79	0.0609	0.17	0.15	515	79	38	90	180	109	50	147	126	88
σ	0.29	0.94	0.18	0.08	1.47	1.02	0.07	0.0128	0.11	0.12	24	9	4	14	21	17	6	51	20	10
σ/m (%)	26	8	8	12	2	6	9	21	65	80	5	11	10	16	12	16	13	35	16	12
LEV 6	15.82	8.83	1.374	0.98	58.88	12.09	1.59	0.0618	0.03	0.12	370	212	36	65	111	66	25	196	88	64
<b>groupe chimique 2a</b>																				
BYZ 99	2.35	15.85	1.798	0.88	57.12	19.86	1.20	0.1189	0.37	0.24	269	252	49	126	210	168	55	367	183	84
BYZ100	3.22	15.53	1.769	0.99	57.45	19.17	1.11	0.1110	0.14	0.24	271	334	41	134	199	166	55	350	178	78
BYZ 97	7.95	14.93	1.677	0.88	56.34	18.29	0.97	0.0868	0.05	0.30	270	293	27	108	198	138	32	373	179	74
ACR112	4.27	15.69	2.102	1.13	56.15	17.88	1.24	0.0984	0.36			162		149	225	143	35	514	201	91
<b>moyennes et écarts-type, n = 4 (3)</b>																				
m	4.45	15.50	1.84	0.87	56.77	18.30	1.13	0.1038	0.23	0.26	270	280	39	129	208	154	44	401	185	82
σ	2.47	0.40	0.18	0.12	0.82	1.57	0.12	0.0141	0.18	0.03	1	74	11	17	13	15	12	78	11	7
σ/m (%)	55	3	10	12	1	9	11	14	70	13	0	28	29	13	6	10	28	19	6	9
<b>groupe chimique 2b</b>																				
ACR34	11.79	11.11	1.463	1.38	54.47	16.63	1.46	0.0673	0.28			369		126	229	141	38	823	188	73
ACR39	11.10	11.95	1.490	1.21	56.34	14.74	1.41	0.0758	0.40			335		126	217	128	38	762	170	72
ACR68	11.24	11.90	1.520	1.62	55.24	15.33	1.25	0.0976	0.36			353		178	231	127	40	753	172	88
BYZ 14	11.01	13.11	1.689	1.72	53.87	16.93	1.36	0.0939	0.63	0.71	262	320	46	186	233	143	42	895	174	74
ACR66	7.50	13.51	1.605	1.71	56.49	15.72	1.49	0.0880	0.55			304		177	234	139	39	950	197	76
ACR65	10.89	12.21	1.544	1.61	54.75	15.82	1.24	0.1038	0.40			337		175	242	127	38	1115	174	81
ACR64	7.15	13.43	1.689	1.49	57.15	16.18	1.23	0.1096	0.36			250		158	253	135	39	661	181	87
ACR67	7.33	14.02	1.575	1.85	55.60	16.72	1.33	0.1108	0.35			256		172	226	153	44	598	174	79
ACR37	7.84	13.47	1.617	1.30	56.97	15.90	1.62	0.0685	0.29			234		131	234	147	35	567	185	79
ACR40	6.28	13.91	1.721	1.31	56.42	17.35	1.50	0.0763	0.29			211		127	241	144	40	37		

