

Albert BACARIA i MARTRUS¹
Jaume BUXEDA i GARRIGOS¹

CARACTÉRISATION ARCHÉOMÉTRIQUE D'UN LOT DE DS.P. DE L'AIRE DE CARCASSONNE

INTRODUCTION

Depuis quelques années, l'ERAUB développe un projet de recherche sur les DS.P. issues de sites archéologiques localisés au nord-est de la péninsule Ibérique, en Catalogne. Le principal objectif de cette étude est de pouvoir identifier les importations provenant de Gaule, plus spécialement du Languedoc et de Provence, mais aussi d'identifier les possibles imitations produites dans l'aire catalane, en réalisant l'étude archéologique mais aussi l'étude archéométrique du matériel céramique (Bacaria 1994).

La première phase de l'étude archéométrique a été la réalisation d'un échantillonnage aléatoire de 80 individus parmi les céramiques étudiées archéologiquement pour les caractériser chimiquement. Les résultats ont été déjà présentés (Bacaria *et alii* 1993, Bacaria et Buxeda 1995), et ils montrent les indications suivantes².

1. Des céramiques archéologiquement considérées comme des productions provençales (29 individus) :

- la majorité de ces individus (n = 19) forment l'Unité de Référence Compositionnelle de Pâte (URCP) (Buxeda *et alii* 1995) G6, que l'on peut associer avec l'aire de Marseille (Bacaria *et alii* 1993)³ ;

- le reste (n = 10) n'est pas classé et on observe uniquement quelques ressemblances entre individus pris deux par deux, celles-ci ne peuvent pas être considérées, pour le moment, comme significatives.

2. Des céramiques archéologiquement considérées

comme des productions languedociennes (37 individus) :

- une partie importante (n = 14) forme un grand groupe très différencié avec des caractéristiques technologiques et archéologiques particulières. Ce groupe est l'URCP G7/G8 (Bacaria et Buxeda 1995). Cette céramique est appelée dorénavant *DS.P. de tradition languedocienne*⁴ ;

- le reste du matériel languedocien présente une unique URCP qui peut être considérée comme significative, c'est le cas de l'URCP G5 (n = 4)⁵. Tous les autres individus (n = 19) ne sont pas classés et, comme dans les cas des céramiques non classées provençales, les ressemblances observées entre individus pris deux par deux ne peuvent pas être considérées, pour le moment, comme significatives.

3. Des céramiques archéologiquement considérées comme des imitations locales (7 individus).

C'est un lot de 7 individus qui, après les analyses, présente des différences compositionnelles significatives entre eux mais aussi avec le reste des individus analysés. Ces résultats semblent confirmer qu'il s'agit de vraies imitations, comme cela avait été dit après l'étude archéologique (Bacaria 1991).

4. Finalement, il y a 7 individus qui n'ont pas été classés archéologiquement et sur lesquels les analyses n'ont pas apporté non plus de critères clairs ; toutefois ces échantillons n'ont pas de similitudes compositionnelles entre eux, ni avec les autres.

1 Equip de Recerca Arqueomètrica de la Universitat de Barcelona (ERAUB), Dept. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, C/ de Baldiri i Reixac, s/n, 08028 Barcelona (Catalogne, Espagne), eraub@trivium.gh.ub.es.

2 Il faut souligner qu'après la publication des premiers résultats de l'analyse chimique (Bacaria *et alii* 1993), on a changé la méthodologie de traitement de données. En outre, on a complété les analyses chimiques avec les analyses par Diffraction de Rayons X pour les 80 individus. Cette nouvelle situation a nécessité une révision des travaux antérieurs comme celle de la classification archéologique initiale. Après cette révision, de petits changements sur les premières conclusions ont été proposés et ils seront indiqués dans le présent résumé mais il faut aussi souligner qu'il n'y a pas de changements importants sur les conclusions déjà publiées.

3 Actuellement, il faut considérer l'individu PL-88 comme non appartenant à cette URCP.

4 Voir la note 10 dans Bacaria *et alii* 1993. Les deux groupes G7 et G8 ont été unifiés dans l'URCP G7/G8. Aux 11 individus de ces URCP dans la grappe de la Fig. 1 (Bacaria *et alii* 1993), il faut ajouter les individus PL-52, PL-83 et PL-95.

5 Aux individus PL-54 et PL-55 que l'on a classé dans l'URCP G5 (Bacaria *et alii* 1993), il faut ajouter les individus PL-73 et PL-47.

Après ces résultats, il est évident que les problèmes qui se posent en ce qui concerne les analyses en Catalogne et, spécialement, l'identification de l'URCP G7/G8, qui est l'une des productions de DS.P. les plus répandus dans notre aire d'étude, ne peuvent être résolus que par l'existence des Groupes de Référence (GR) établis à partir des céramiques provenant des centres de production (Picon 1973 ; Buxeda *et alii* 1995). Malheureusement, on ne connaît pas encore d'ateliers de DS.P. en Provence, ni en Languedoc, à l'exception de la récente trouvaille du centre de production de La Quintarié (Clermont-l'Hérault, Hérault) (Cathma 1998). Jusqu'à présent, les centres producteurs possibles de DS.P. ont été proposés par l'identification archéologique de groupes de céramiques, à partir de leur localisation dans des sites concrets et par les associations de poinçons. L'un de ces cas est celui du possible atelier du "Colombier" (La Misère, Pezens ; Courtieu *et alii* 1980), sur lequel nous avons fondé notre échantillonnage de DS.P. de l'aire de Carcassonne.

ÉCHANTILLONNAGE

Les matériaux analysés ont été déjà étudiés du point de vue archéologique et font partie d'un grand ensemble de matériel de DS.P. apparu dans divers sites autour de Carcassonne (Courtieu *et alii* 1980). Les 52 échantillons⁶ ont été pris sur les quatre sites suivants :

- 1017 - Le Colombier, La Misère, commune de Pezens (n = 46) ;
- 103 - La Fajeolle, commune de Carcassonne (n = 4) ;
- 379 - Laure en général (n = 1) ;
- 380 - Garignon, commune de Montréal (n = 1).

La correspondance entre la numérotation originale et celle que l'on emploie dans nos analyses est montrée dans le Tableau 1. Les échantillons PL-114 et PL-134 correspondent tous deux à l'individu 7576 du site 101. On a pris deux échantillons car, même si du point de vue archéologique les différents tessons ont été considérés comme appartenant au même vase, ils ne s'ajoutent pas. On se trouve devant la même situation avec les échantillons PL-119, PL-121 et PL-130, qui correspondent à différents tessons de l'individu 7574 du site 101.

L'échantillonnage est aléatoire et la seule restriction était la taille des tessons et la conservation des décors.

ANALYSES RÉALISÉES

Des analyses de Fluorescence de Rayons X (FRX), pour déterminer la concentration des éléments majeurs et mineurs, et de Diffraction de Rayons X (DRX), pour déterminer les phases cristallines majeures, ont été faites sur les 52 individus du Tableau 1⁸.

La détermination des éléments majeurs et mineurs, sauf pour le Na₂O, a été réalisée par FRX, avec une préparation de duplicata de perles de fousse alcaline diluée à 1/20, sur 0.3 g d'échantillon nature, triturée et homogénéisée, après le polissage des vernis et des surfaces anciennes, dans un

Numéro d'analyse	Numéro publication	Site	Forme	Couleur	Observations
PL-106	918	101	R. 18	grise	
PL-107	11	101	R. 1	orangée	
PL-108	7554	101	R. 3	orangée	Carrée. Fig. 9
PL-109	912	101	R. 1	orangée	Octogonale. Fig. 9
PL-110	7816	101	R. 16	grise	Fig. 11
PL-111	7853	101	R. 8	orangée	
PL-112	7979	308	R. 3	grise	Fig. 13
PL-113	7807	101	R. 18 ?	orangée ?	
PL-114	7576	101	R. 1	grise	Egale à PL-134
PL-115	7553	101	R. 1	orangée	
PL-116	7964	103	R. 9	orangée	
PL-117	7954	103	R. 1	orangée	
PL-118	7551	101	R. 15	orangée	
PL-119	7574	101	R. 1	grise	Egale à PL-121 et PL-130
PL-120	7834	101	Indéterminée	grise	
PL-121	7574	101	R. 1	grise	Egale à PL-119 et PL-130
PL-122	7761	101	R. 6	orangée	
PL-123	7577	101	Indéterminée	orangée	
PL-124	7573-2	101	R. 1	grise	
PL-125	7815	101	Indéterminée	grise	
PL-126	927	101	R. 1	grise	
PL-127	7774	101	R. 6	grise	
PL-128	7959	103	R. 6	grise	
PL-129	7793	101	R. 15	grise	Fig. 20
PL-130	7574	101	R. 1	grise	Egale à PL-119 et PL-121
PL-131	922	101	R. 15	grise	Fig. 20
PL-132	7803	101	Indéterminée	grise	
PL-133	7972	103	Indéterminée	grise	
PL-134	7576	101	R. 1	grise	Egale à PL-114
PL-135	7573	101	R. 1	grise	
PL-136	928	101	R. 18	grise	
PL-137	7639	101	R. 1	grise	Fig. 19
PL-138	8188	101	R. 15	grise	Fig. 20
PL-139	8108	101	Vase à liquide	orangée	Fig. 15
PL-140	8128	101	Vase à liquide	orangée	Fig. 15
PL-141	8112	101	Vase à liquide	orangée	Fig. 15
PL-142	907	101	R. 35	orangée	Fig. 13
PL-143	8124	101	Vase à liquide	orangée	
PL-144	7539	101	R. 1	orangée	Fig. 8
PL-145	905	101	R. 1	orangée	Fig. 7
PL-146	7602	101	R. 1	orangée	
PL-147	7599	101	R. 1	orangée	Fig. 19
PL-148	7855	101	R. 1	orangée	
PL-149	7547	101	R. 1	orangée	Fig. 7
PL-150	917	101	R. 6	orangée	
PL-151	7606-1	101	R. 1	orangée	Fig. 19
PL-152	7748	101	R. 18	orangée	Fig. 13
PL-153	908	101	R. 18	orangée	
PL-154	7581	101	R. 1	grise	Fig. 19
PL-155	906	101	R. 1	orangée	Fig. 7
PL-156	7848	379	R. 1	orangée	
PL-157	926	101	R. 1	grise	

Tableau 1 - Catalogue des individus analysés. Les numéros des échantillons et des sites sont ceux employés dans la publication de Courtieu *et alii* 1980. Dans les observations, on renvoie à la figure de cette publication qui présente le pot.

moulin à boules avec une cellule de carbure de tungstène et séchée à 105°C pendant 12 h. La perte au feu (PAF) a été déterminée en calcinant 0.3 g d'échantillon sec pendant 1 h à 1000°C. La somme des éléments majeurs, mineurs et la PAF doit correspondre à presque la totalité de la composition de l'échantillon (100 %). Les intensités de fluorescence ont été mesurées avec un spectrophotomètre Philips PW 2400, contrôlé par ordinateur, équipé d'une source d'excitation de Rh, et employant une ligne de calibrage réalisée avec 60 standards géologiques internationaux. Dans ces conditions, on a déterminé les concentrations élémentaires suivantes (exprimées en oxydes) : Fe₂O₃ (comme Fe total), Al₂O₃, MnO, P₂O₅, TiO₂, MgO, CaO, K₂O et SiO₂⁹.

La composition minéralogique a été étudiée par DRX. Les

6 Nous voulons remercier très vivement à J. et Y. Rigoir pour leur amabilité et pour nous avoir permis d'étudier ces matériaux.

7 Les sites sont numérotés selon la publication originale de Courtieu *et alii* 1980.

8 Les analyses de Fluorescence de Rayons X et de Diffraction de Rayons X ont été réalisées au Servei Científico-Tècnics de la Universitat de Barcelona.

9 La détermination des éléments traces par spectrométrie de plasma (comme dans Bacaria *et alii* 1993) est en attente de réalisation.

principales phases cristallines ont été déterminées, en travaillant avec la méthode de poudre, employant un diffractomètre Siemens D-500, avec la radiation $K\alpha$ du Cu ($\lambda=1.5406 \text{ \AA}$), monochromateur de graphite dans le faisceau diffracté et une puissance de travail de 1.2 kW (40 kV, 30 mA). Les mesures ont été prises entre 4 et $70^\circ 2\theta$ avec une taille de pas de $0.05^\circ 2\theta$ et un temps de comptage de 3 s. Les spectres ont été évalués avec le programme DIFFRACT/AT de Siemens, en employant le banc de données du Joint Committee of Powder Diffraction Standards (JCPDS).

RÉSULTAT DES ANALYSES

Les résultats chimiques ont été traités avec des transformations en logarithmes de rapports (Aitchinson 1986, 1992 ; Buxeda 1999), où le vecteur compositionnel D-dimensionnel x est transformé selon :

$x \in S^d \rightarrow y \log\left(\frac{x-D}{x_D}\right) \in R^d$
 où $d = D-1$ et $x_D = (x_1, \dots, x_d)$. La matrice de variation compositionnelle est alors définie comme

$T = [\tau_{ij}] = [\text{var}\{\log(x_i/x_j)\}; i, j = 1, \dots, D]$,

et elle nous donne la variation totale (vt) qui quantifie la variabilité existante dans les données chimiques (Aitchinson 1986). Pour les individus analysés de l'aire de Carcassonne, cette matrice montre (Tableau 2) une valeur de la vt de 0.528306 qui doit être considérée comme élevée et, par conséquent, liée très probablement avec l'existence d'une diversité de provenances pour les individus étudiés (Buxeda et Kilikoglou 1999).

Pour résumer les données chimiques, la Fig. 1 montre le dendrogramme résultant de l'analyse de grappe

	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	P ₂ O ₅	TiO ₂
Fe ₂ O ₃	0	0.004435	0.113859	0.184765	0.006693
Al ₂ O ₃	0.004435	0	0.127777	0.190027	0.004618
MnO	0.113859	0.127777	0	0.102534	0.1243377
P ₂ O ₅	0.184765	0.190027	0.102534	0	0.179626
TiO ₂	0.006693	0.004618	0.124377	0.179626	0
MgO	0.04395	0.04538	0.075917	0.121791	0.03432
CaO	0.43394	0.42111	0.216512	0.209207	0.415109
K ₂ O	0.008522	0.003624	0.12261	0.18352	0.012457
SiO ₂	0.016786	0.014902	0.075687	0.145402	0.01312
τ_i	0.81295	0.811874	0.959274	1.316873	0.793434
vt/τ_i	0.649863	0.650724	0.550735	0.401182	0.665847
rv_s	0.975186	0.965522	0.877679	0.472397	0.970956

	MgO	CaO	K ₂ O	SiO ₂
Fe ₂ O ₃	0.04395	0.43394	0.008522	0.016786
Al ₂ O ₃	0.04538	0.42111	0.003624	0.014902
MnO	0.075917	0.216512	0.12261	0.075687
P ₂ O ₅	0.121791	0.209207	0.18352	0.145402
TiO ₂	0.037432	0.415109	0.012457	0.01312
MgO	0	0.270251	0.049227	0.026829
CaO	0.270251	0	0.409083	0.324576
K ₂ O	0.049227	0.409083	0	0.019093
SiO ₂	0.026829	0.324576	0.019093	0
τ_i	0.670779	2.699789	0.808136	0.636395
vt/τ_i	0.7876	0.195684	0.653734	0.830154
rv_s	0.995749	-0.513044	0.967032	0.983096
τ_i	9.509504			
vt	0.528306			

Tableau 2 - Matrice de variation compositionnelle des 52 individus de l'aire de Carcassonne.

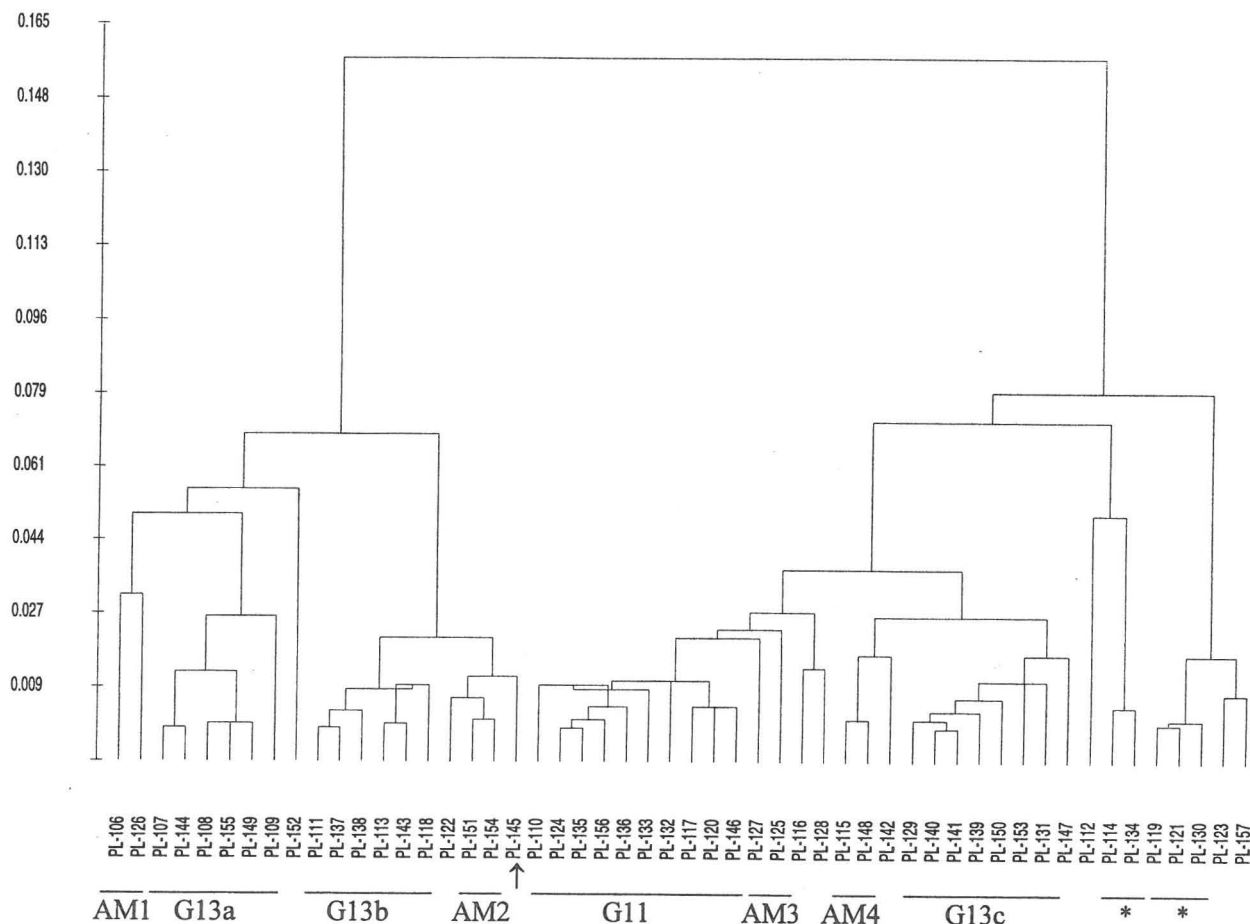


Figure 1 - Dendrogramme de l'analyse de grappe sur les 52 individus de l'aire de Carcassonne sur la souscomposition Fe₂O₃, Al₂O₃, MnO, TiO₂, MgO, CaO, K₂O et SiO₂, et en employant le SiO₂ comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports.

réalisée avec le programme Clustan (Wishart 1987), en utilisant la distance euclidienne moyenne au carré et le processus agglomératif du centroïde, sur la sous-composition Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , K_2O et SiO_2 , et en employant le SiO_2 comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports. Le dendrogramme qui en résulte donne, à partir des 52 individus initiaux, dans un processus hiérarchique d'agglomération, l'union, à chaque étape, d'un individu avec un autre ou avec un groupe ou bien celle d'un groupe avec un autre jusqu'à l'obtention, au stade final, d'un groupe unique formé par tous les individus analysés. Plus la composition chimique est différente, plus grande est la distance par rapport à la base où l'agglomération se produit. L'étude des compositions chimiques montre qu'il y a uniquement quatre groupes avec plus de deux individus. Ces groupes ont été nommés G11, alors que la Fig. 1 comprend aussi l'individu PL-110 qui, à vrai dire, n'appartient pas à ce groupe, ainsi que G13a, G13b, et G13c. Quatre agrégations mineures d'échantillons qui présentent des ressemblances de composition deux par deux ont été nommés AM1, AM2, AM3, n'ayant pas une image de groupe dans cette Fig. 1, et AM4. Les autres individus analysés n'ont pas de ressemblances chimiques significatives. Cependant, il faut remarquer qu'on a signalé avec un astérisque deux groupes avec deux échantillons (PL-114 et PL-134) et trois échantillons (PL-119, PL-121 et

PL-130). Ces groupes d'échantillons avaient été considérés, dans l'étude archéologique, comme des tessons appartenant au même vase. Les ressemblances chimiques permettent donc une telle possibilité.

Dans l'analyse de grappe antérieure, la variation relative en teneur de CaO a eu un rôle très important. Effectivement, si on regarde la matrice de variation compositionnelle (Tableau 2), la valeur τ_{CaO} est la plus élevée ($\tau_{\text{CaO}} = 2.699789$) et ces variations relatives vont dominer cette analyse. La Fig. 2 montre la répétition de l'analyse de grappe avec les mêmes conditions antérieures mais sur la sous-composition Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , K_2O et SiO_2 . L'observation du dendrogramme montre qu'il y a une structure très similaire à celle existant dans la Fig. 1. Or, il faut remarquer que, si le groupe G11 reste sans changements significatifs hormis l'inclusion de l'échantillon PL-128, les différents groupes nommés G13a, G13b et G13c se fondent maintenant dans un seul groupe G13. L'existence de certains individus qui s'ajoutent avec le groupe G13 de nouveau (PL-142 et PL-147) et la séparation d'autres qui étaient classés dans les groupes G13 (PL-131, PL-153 et PL-109) ne peuvent pas être considérées comme significatives. Ce résultat est interprété, selon des hypothèses de travail, comme les différents groupes G13a, G13b et G13c, qui font partie d'une même URCP nommée G13, dans laquelle on peut

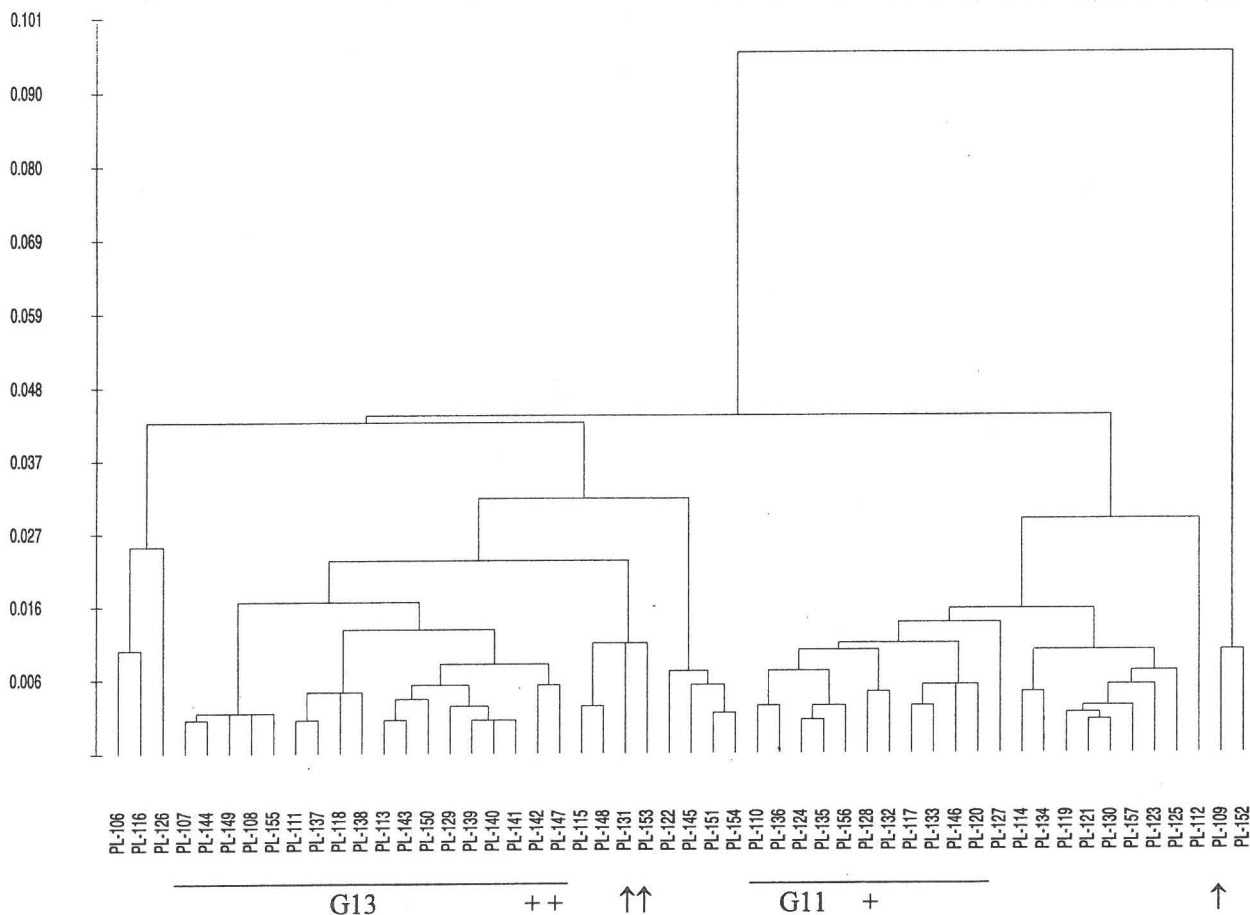


Figure 2 - Dendrogramme de l'analyse de grappe sur les 52 individus de l'aire de Carcassonne sur la sous-composition Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , K_2O et SiO_2 , et en employant le SiO_2 comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports. Avec +, individus qui, maintenant, s'ajoutent aux groupes G11 et G13. Avec ↑, individus qui étaient classés dans les groupes G13.

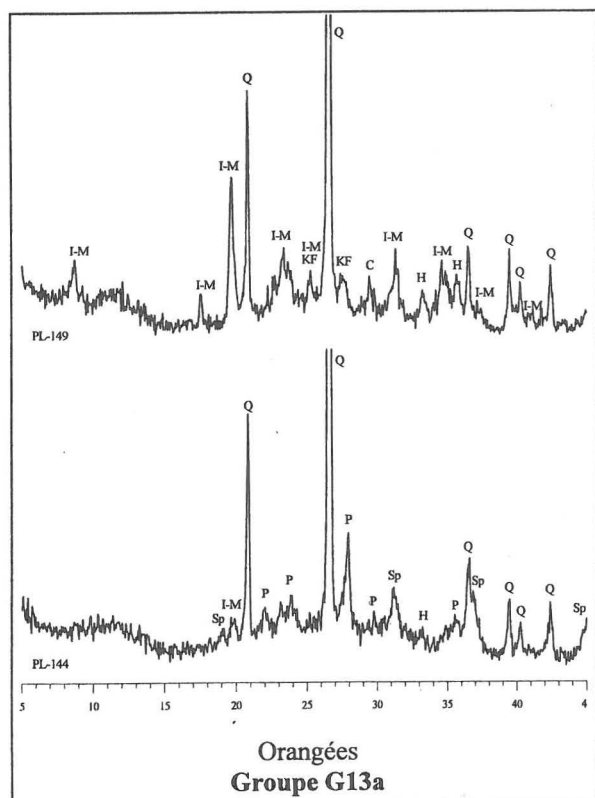


Figure 3 - Diffractogrammes, pour l'aire de 5 à 45°2θ, des individus PL-149 et PL-144 (orangés), lesquelles sont représentatives des diffractogrammes qu'offrent les individus du groupe G13a.

distinguer trois groupes avec différentes teneurs relatives de CaO. Du point de vue technologique, les groupes G13a et G13b peuvent être considérés comme non calcaires ou à la limite entre non calcaire et calcaire, tandis que le groupe G13c est clairement calcaire¹⁰.

Ces différences technologiques sont clairement observées dans les diffractogrammes. L'étude des données de DRX du groupe G13a, avec tous les individus orangés, montre une dispersion des températures de cuisson équivalentes (TCE) (Picon 1973) qui est comprise entre les diffractogrammes des échantillons PL-149 (Fig. 3, en haut) et PL-144 (Fig. 3, en bas). Dans le premier individu, on observe le quartz (Q) et les filossilicates du groupe des miques (I-M) comme les pics les plus développés, mais on observe aussi le feldspath potassique (KF), la calcite (C) et l'hématite (H). Par contre, le diffractogramme de l'individu PL-144 montre une réduction très forte dans les pics des filossilicates et la totale disparition du pic de 10 Å, ainsi que l'apparition de la plagioclase (P) et de la spinelle (Sp). Ces deux phases se développent typiquement quand la TCE est supérieure à 900-950°C et, pour la spinelle, dans des compositions non calcaires avec une atmosphère oxydante (Maggetti 1981). La décomposition des filossilicates, spécialement la disparition du pic de 10 Å, se produit typiquement autour de

950-1000°C. Ces données nous permettent d'estimer la TCE de l'échantillon PL-144 aux environs de 950-1000°C, avant la complète décomposition des filossilicates. Par contre, les éléments que nous avons pour estimer la TCE de l'échantillon PL-149 sont beaucoup moins précis. L'absence de plagioclase comme de spinelle, nous permet d'estimer que la TCE est inférieure à 900°C. Or, on sait que la décomposition de la calcite est normalement complète avant les 800-850°C. Dans le cas présent, donc, on peut estimer la TCE de l'échantillon PL-149 comme inférieure à 800-850°C, si la calcite est primaire et non secondaire par recarbonatation du CaO après la cuisson ou par cristallisation pendant l'enfouissement (Buxeda et Cau 1995). Les différents individus de ce groupe montrent des variations qui peuvent être considérées comme différents étages de l'évolution des transformations minéralogiques entre ces deux individus extrêmes PL-149 et PL-144 (individus PL-108, PL109 et PL-107, de mineure à majeure TCE), et seul l'individu PL-155 peut être considéré comme similaire à l'individu PL-144.

Dans le cas du groupe G13b, il faut faire la différence entre les individus cuits en atmosphère oxydante (les orangés PL-111, PL-113, PL-118 et PL-143) et les individus cuits en atmosphère réductrice (les gris PL-137 et PL-138). Pour les premiers, la situation est similaire à celle que l'on trouve dans le groupe G13a. L'échantillon PL-111 (Fig. 4, gauche, en haut) peut être considéré comme celui ayant une TCE la plus basse et que l'on peut estimer inférieure à 800-850°C, en accord avec ce que l'on a dit pour l'échantillon PL-149 du groupe G13a. L'individu PL-118 présente, lui aussi, un diffractogramme similaire. Par contre, l'individu PL-113 (Fig. 4, gauche, en bas), similaire à l'individu PL-143, montre une décomposition partielle des filossilicates et la formation de pyroxène (D) et de gehlenite (G), phases qui se développent au-dessus de 850°C, et peut-être de plagioclase. La conservation du pic de 10 Å des filossilicates permet estimer que la TCE est inférieure à 950°C et qu'elle doit pourtant être fixée autour de 900-950°C. Les individus cuits en atmosphère réductrice offrent des diffractogrammes semblables, qui peuvent être exemplarisés dans le spectre de l'individu PL-137 (Fig. 4, droite, en bas). Ce spectre est similaire au spectre de l'individu PL-113 mais les filossilicates ont subi une décomposition plus forte, sans que l'on puisse identifier le pic de 10 Å. En même temps, la plagioclase, le pyroxène et la gehlenite sont clairement développés. Finalement, on observe une dernière phase, l'hercynite (Hr), qui est une spinelle typique d'atmosphère réductrice. Cette dernière phase se développe quand la réduction se place à une haute température, avec des périodes de réduction plus prolongées, bien qu'elle soit aussi favorisée par une faible teneur en calcium (Maggetti 1981, Pradell *et alii* 1995).

Finalement, dans le groupe G13c, il existe aussi des individus cuits en atmosphère oxydante et réductrice. Les premiers (PL-139, PL-140, PL-141, PL-150 et PL-153) offrent aussi une forte diversité de TCE qui varie dans les extrêmes représentés par les individus PL-150

¹⁰ La moyenne arithmétique de CaO dans ces groupes est de 4.42 % pour le G13a, 6.08 % pour le G13b et 9.52 % pour le G13c. Ces teneurs sont les teneurs des données normalisées à 100 %, sans considérer la perte au feu.

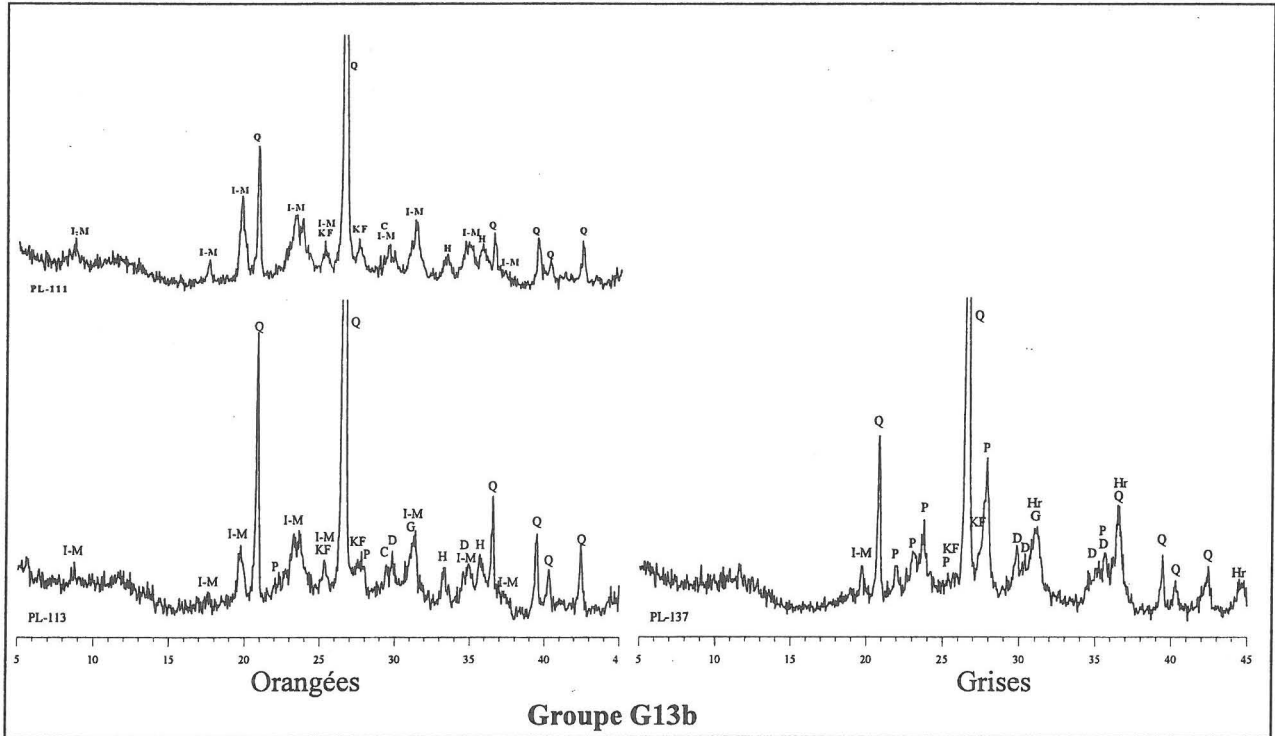


Figure 4 - Diffractogrammes, pour l'aire de 5 à 45°2θ, des individus PL-111 et PL-113 (orangés), et PL-137 (gris), lesquelles sont représentatives des diffractogrammes qu'offrent les individus du groupe G13b.

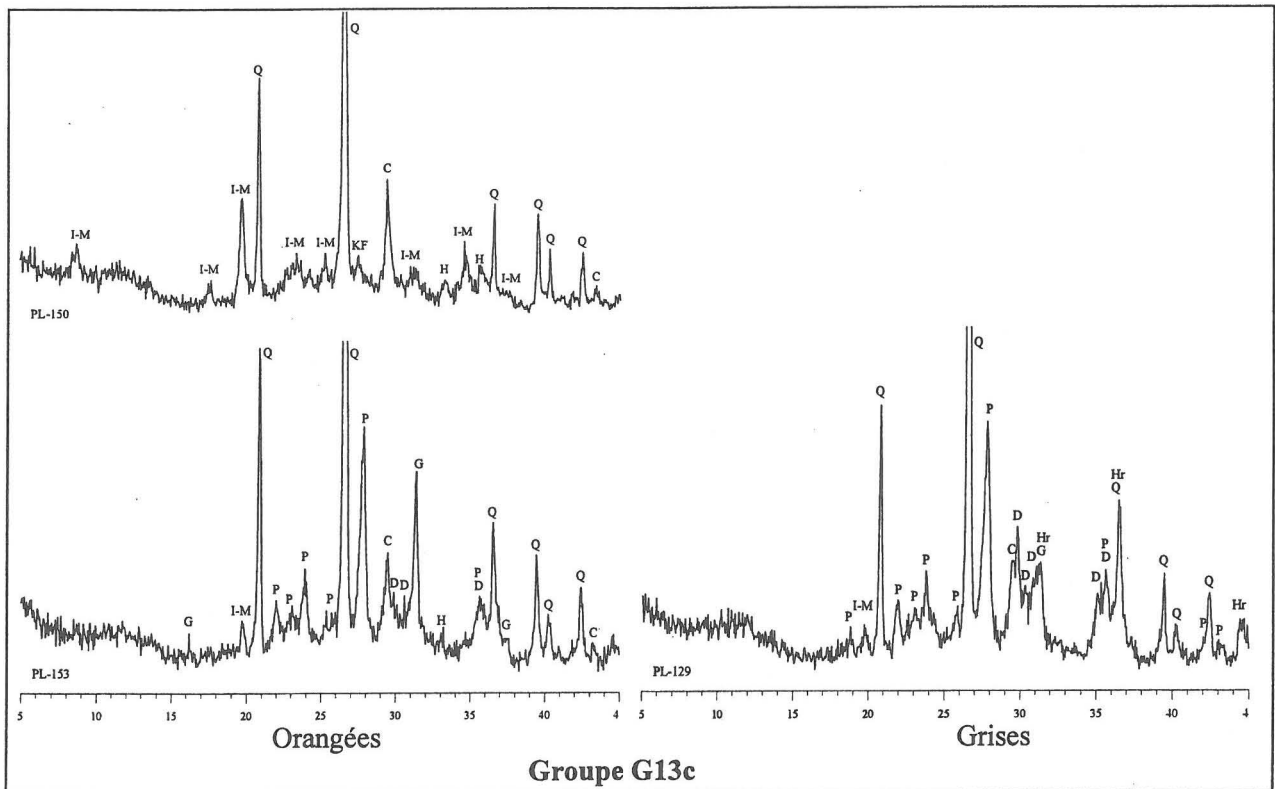


Figure 5 - Diffractogrammes, pour l'aire de 5 à 45°2θ, des individus PL-150 et PL-153 (orangés), et PL-129 (gris), lesquelles sont représentatives des diffractogrammes qu'offrent les individus du groupe G13c.

et PL-153. L'individu PL-150 (Fig. 5, gauche, en haut) présente des pics importants de filossilicates et de calcite. Aucune phase de cuisson n'est observée dans son diffractogramme. Comme pour les cas antérieurs, la

TCE estimée doit être inférieure à 800-850°C. L'évolution des phases permet d'estimer une TCE chaque fois plus haute pour les individus PL-141, PL-139 et PL-140, jusqu'au maximum observé pour l'individu PL-153

contre, l'individu PL-132 offre une TCE plus haute, laquelle peut être située autour de 1000-1050°C car la décomposition des filosilicates est totale et il y a un fort développement de la plagioclase, du pyroxène et de la gehlenite. Cette dernière se décompose typiquement à une température de 1050°C environ. Par comparaison avec les groupes G13a, G13b et G13c, les individus de ce groupe G11 ont une grande dispersion des TCE estimées, aussi bien pour les cuissons en atmosphère oxydante que réductrice. Ces dernières ne présentent jamais la cristallisation de l'hercynite, peut-être à cause de leur haute teneur en CaO.

Les données minéralogiques ne sont pas très valables pour les autres individus analysés, car l'absence de groupes significatifs ne permet pas de proposer d'évolution des températures de cuisson. Malgré tout, il faut signaler que les indications que l'on obtient de ces diffractogrammes indiquent que ces individus ont des températures de cuisson comprises dans les rangs observés pour les groupes G13a, G13b, G13c et G11, mais qu'il faut accepter qu'ils soient très vastes. Une autre remarque est que l'on observe aucune cristallisation d'hercynite dans les individus cuits en atmosphère réductrice.

La confrontation de ces résultats avec ceux déjà obtenus en Catalogne permet d'observer d'autres aspects importants. La Fig. 7 montre le dendrogramme résultant de l'analyse de grappe réalisée dans les conditions antérieures, sur la souscomposition Fe_2O_3 ,

Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , K_2O et SiO_2 , mais employant l' Al_2O_3 comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports. Les 132 individus analysés de l'aire de Carcassonne et de la Catalogne ont été utilisés. Deux points doivent être soulignés. Le premier, auquel on s'attendait, est qu'aucun individu analysé de l'aire de Carcassonne ne joint l'URCP G6 de l'aire de Marseille ni, en général, ne présente de similarité avec les individus provençaux. Le deuxième, très important pour les implications pour la Catalogne, est que le groupe catalan de D.S.P. de tradition languedocienne, l'URCP G7/G8, n'a pas non plus de relation avec les individus et les groupes analysés de l'aire de Carcassonne. Dans la Fig. 7, les deux URCP G6 et G7/G8 sont clairement isolés des autres individus. Les individus PL-94 et PL-101, qui ont joint l'URCP G7/G8 et qui sont placés sur son côté droit, sont des imitations locales (Bacaria *et alii* 1993).

Pour mieux observer ce qu'il se passe avec les autres individus languedociens en relation avec les individus de l'aire de Carcassonne, on a réalisé une deuxième analyse de grappe dans les mêmes conditions antérieures, mais en employant le coefficient de forme de Penrose (Wishart 1987),

$$C_p^2 = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^s (y_{ij} - y_{ik})^2 - \frac{1}{S^2} \left(\sum_{i=1}^s (y_{ij} - y_{ik}) \right)^2$$

où s est le numéro de composants d' y employés pour le calcul. La valeur de ce coefficient correspond à la variance entre les différences des composants pris en considération pour les individus j et k . Dans cette analyse de grappe, on a pris uniquement 92 individus, en écartant les URCP G6 et G7/G8 et aussi quelques individus de la Catalogne avec des

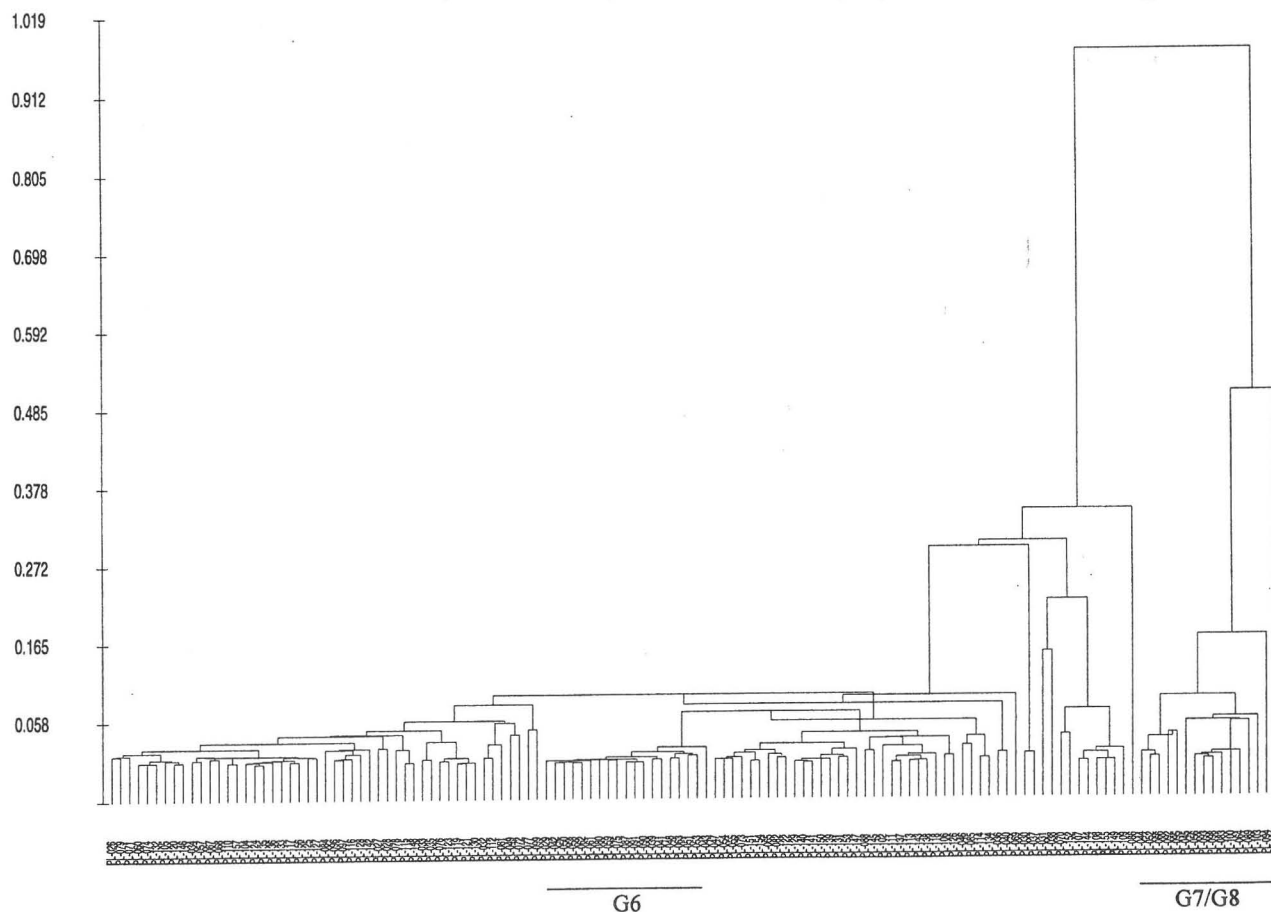


Figure 7 - Dendrogramme de l'analyse de grappe sur les 132 individus de l'aire de Carcassonne et de la Catalogne sur la souscomposition Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , K_2O et SiO_2 , et en employant l' Al_2O_3 comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports.

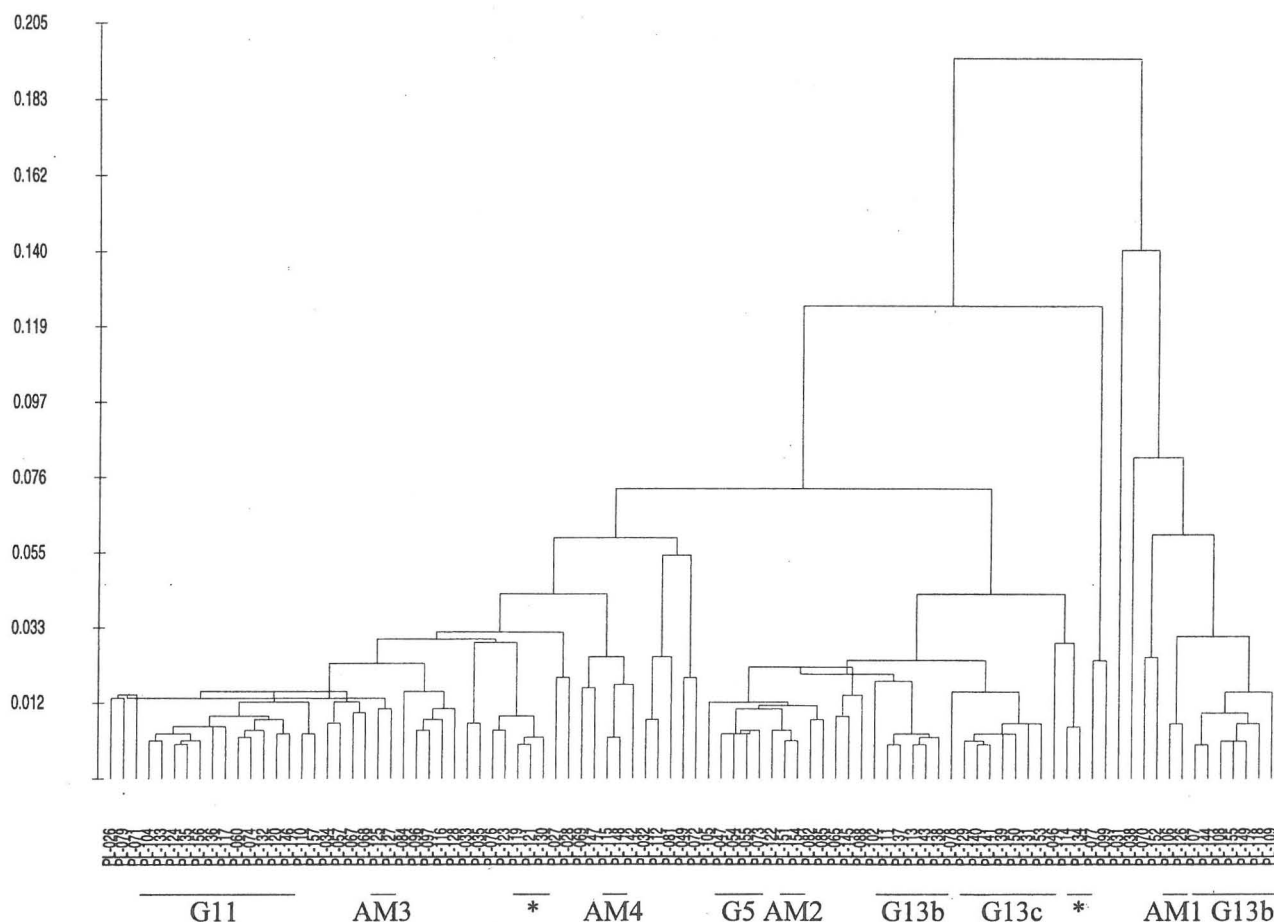


Figure 8 - Dendrogramme de l'analyse de grappe sur 92 individus de l'aire de Carcassonne et de la Catalogne sur la souscomposition Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2 , MgO , CaO , K_2O et SiO_2 , et en employant l' Al_2O_3 comme diviseur dans la transformation en logarithmes de rapports.

compositions très particulières et clairement sans aucune relation avec celles obtenues dans l'aire de Carcassonne. Le dendrogramme (Fig. 8) montre que les groupes G13a, G13b et G13c n'ont aucune relation avec les individus analysés de la Catalogne. En plus, il y a peu de cas où on observe de ressemblances de composition qui peuvent mettre en relation les individus des deux aires (PL-76 avec PL-123 ; PL-32 avec PL-112 ; PL-96 et PL-97 avec PL-116 et, moins sûr, PL-128). Dans tous ces cas, le nombre d'individus est trop faible pour considérer ces ressemblances comme significatives. La seule exception vient des ressemblances existantes entre les individus PL-104, PL-60 et PL-74 et le groupe G11. Or, même dans ce cas, le nombre d'individus est trop faible, spécialement sans avoir les concentrations des éléments majeurs et mineurs et, par conséquent, du point de vue chimique, on ne peut que proposer l'existence de quelques liaisons entre individus de l'aire de Carcassonne et de l'aire de la Catalogne à titre d'hypothèse.

COMPARAISON ARCHÉOLOGIQUE

Dans l'étude archéologique originale sur ces céramiques de l'aire de Carcassonne, certains individus ont servi pour l'établissement de liaisons au moyen des empreintes (Courtieu *et alii* 1980, fig. 30). Parmi les individus analysés, 16 appartiennent à l'une de ces liaisons proposées. Parmi eux, quelques-uns nous donnent peu d'informations, car ils sont placés dans des liaisons de plusieurs empreintes différentes sur un seul tesson :

- l'individu PL-126, du groupe AM1, dans la liaison 7 ;

- l'individu PL-106, aussi du groupe AM1, dans la liaison 2 ;
- l'individu PL-127, du groupe AM3, dans la liaison 5 ;
- et l'individu PL-142, isolé, dans la liaison 12.

Deux autres individus apportent également peu d'informations car ils sont placés dans des liaisons en cascade, c'est-à-dire avec plusieurs empreintes différentes sur un tesson et plusieurs tessons portant la même empreinte, qui sont très petites et avec seulement un individu analysé : l'individu PL-122, isolé, dans la liaison 19 ; l'individu PL-152, isolé, dans la liaison 15.

Cette situation change beaucoup avec les 10 individus qui restent. Tous ces individus (PL-118, PL-129, PL-131, PL-137, PL-138, PL-145, PL-149, PL-150, PL-153 et PL-155) sont compris dans la liaison 13, qui relie 100 tessons avec 21 poinçons. Ces 10 individus sont classés chimiquement dans les groupes G13a, G13b et G13c mais les poinçons mettent en relation ces différents groupes chimiques dans 4 cas différents :

A - Les individus PL-149 (R. 1, orangé) et PL-155 (R. 1, orangé), du groupe G13a, présentent le poinçon 389 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 23) comme l'individu non analysé 7612. Ce dernier présente aussi le poinçon 3186 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 25), comme l'individu PL-137 (R. 1, gris), du groupe G13b.

B - L'individu PL-145¹¹ (R. 1, orangé), du groupe G13b, présente le poinçon 390 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 22), comme l'individu non analysé 7720. Ce dernier présente aussi le poinçon 381 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 29), comme les individus PL-129 (R. 15, gris) et PL-131 (R. 15, gris), appartenant au groupe G13c.

C - L'individu PL-118 (R. 15, orangé), du groupe G13b, présente le poinçon 384 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 24), comme l'individu PL-150 (R. 6, orangé), du groupe G13c.

D - L'individu PL-138 (R. 15, gris), du groupe G13b, présente le poinçon 402 (Courtieu *et alii* 1980, fig. 28), comme les individus PL-129 (R. 15, grise) et PL-131 (R. 15, gris), appartenant au groupe G13c.

Ces cas démontrent l'existence d'une relation significative entre les trois groupes G13a, G13b et G13c, comme cela avait déjà été suggéré par l'étude des compositions chimiques, en plaçant en groupes différents les mêmes poinçons qui sont appliqués aux pots avec les mêmes ou différentes typologies, et qui sont cuits dans les mêmes ou différentes atmosphères.

Un dernier fait remarquable est qu'aucun des individus du groupe G11 est compris dans les liaisons établies avec les empreintes. Ce fait est plus important si on prend en considération que ce groupe représente presque 20 % des individus analysés.

La comparaison avec la typologie (Tableau 3) va nous fournir des renseignements qui sont très importants, spécialement pour les groupes G13a, G13b et G13c. En effet, il est clair que si le groupe G13a présente des formes ouvertes (spécialement R. 1), le groupe G13c, en revanche, présente des formes fermées ou globulaires (R. 15, R. 18 et vases à liquide). Le groupe G13b présente les deux types de formes. Cette différence entre le groupe G13a et le groupe G13c ne peut être considérée comme un hasard, car la moitié des indivi-

du classés dans les groupes G13a, G13b et G13c (10 sur 20) sont de formes R. 15, R. 18 ou vases à liquide et aucun d'entre-eux n'est classé dans le groupe G13a. En même temps, 7 sur ces 20 individus correspondent à la forme R. 1 et aucun n'est classé dans le groupe G13c. Ce manque d'individus de forme R. 1 dans le groupe G13c est encore plus surprenant si on considère que les individus de forme R. 1 représentent presque la moitié de tous les individus analysés. Un autre fait remarquable est que le groupe G13c (et le G13b) concentre tous les individus de la forme R. 15 et de vases à liquide analysés. Il faut donc juger significative cette différenciation typologique entre les groupes G13a et G13c.

En relation avec le groupe G11, il faut souligner la prépondérance de la forme R. 1. Or, il est très dangereux d'extrapoler ces indications quand 3 sur 9 individus sont indéterminés.

Enfin, il faut indiquer que trois individus analysés apparaissent dans le travail archéologique (Courtieu *et alii* 1980, 41) comme des pièces remarquables : l'individu PL-152, parce qu'il s'agit d'une forme R. 18 avec une hauteur inaccoutumée ; l'individu PL-142, parce qu'il s'agit d'une forme peu courante, la R. 23 ; l'individu PL-112, parce qu'il s'agit d'une forme R. 3 avec un décor sur la panse. Ces trois individus apparaissent, après les analyses, comme isolés et ne peuvent être mis en relation avec aucun autre individu ou groupe, fait qui leur donne un caractère encore plus remarquable.

La dernière des comparaisons avec les données archéologiques qui va nous fournir des renseignements est la comparaison des groupes chimiques et des sites. En effet, l'importance des groupes G13a, G13b et G13c dans le site 101 est démontrée par le fait que bien que ces groupes incluent presque la moitié des individus analysés (20 sur 52), aucun individu ne vient des sites

	R. 1		R. 3		R. 6		R. 8		R. 9		R. 15		R. 16		R. 18		R. 23		Vas. à liq.		Indét.		
	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	G	O	
G13a (n=6)		107 109 144 149 155		108																			
G13b (n=7)	137	154						111			138	118				113					143		
G13c (n=7)					150						129 131					153					139 140 141		
G11 (n=9)	124 135	117 146 156														136						120 132 133	
AM1	126															106							
AM2	154	151																					
AM3					127																	125	
AM4		115 148																					
Isolés	114 119 157	147	112		128	122				116			110			152		142					123

Tableau 3 - Individus analysés et classés par groupe et forme. Vas. à liquide : Vases à liquide ; Indét. : Indéterminé ; G : grise ; O : orangée. 114 : PL-114 et PL-134 ; 119 : PL-119, PL-121 et PL-130.

11 Cet individu est mal classé chimiquement en relation au groupe G13b dans lequel on l'a mis, pour sa teneur élevée en MnO, mais il ne présente pas de différences significatives. Dans la Fig. 1, il est indiqué avec une flèche.

103, 379 ou 380. Cette situation est complètement différente de celle qu'on observe dans le groupe G11, avec 6 individus du site 101, 2 du site 103 et 1 du site 379.

CONCLUSIONS

En accord avec les résultats analytiques déjà exposés, nous pouvons affirmer que les groupes G13a, G13b et G13c forment une unique URCP nommée G13, qui comprend différents groupes chimiques (le G13a, non calcaire, et le G13c, clairement calcaire, avec le G13b dans une position intermédiaire). Ces différences sont dues à la teneur en CaO et elles correspondent clairement à l'existence de différences dans la pâte avant cuisson, comme le démontre l'étude minéralogique par DRX. Ainsi, le fait que ces trois groupes chimiques présentent des liaisons quant aux poinçons ne veut pas dire que nous nous trouvons en face d'un commerce de poinçons. Au contraire, les différences chimiques dans la pâte de départ sont liées, comme on l'a démontré, à la typologie des pots à cuire, en cherchant des pâtes non calcaires pour les formes ouvertes (G13a) et des pâtes calcaires pour les formes fermées ou globulaires (G13c). Ce qui veut dire que l'on est en face d'un centre producteur qui prépare des pâtes non calcaires ou calcaires selon les caractéristiques technologiques désirées pour le vase à produire et qu'il va employer les mêmes poinçons pour les décorer, de façon indépendante de la forme ou de la couleur du vase.

Outre l'URCP G13, qui est la plus importante numériquement dans notre étude, il faut parler de l'URCP G11 comme de l'autre groupe important, aussi bien du point de vue archéométrique qu'archéologique, et qui représente près de 20 % du matériel analysé. De ce groupe, on peut dire qu'il ne va pas être identifié dans l'étude archéologique (Courtieu *et alii* 1980), car aucun des individus n'est décoré avec plus d'un poinçon complet et pas plus de deux individus partagent un poinçon. Ce

fait démontre clairement la nécessité d'entreprendre ce genre d'études qui sont à la fois archéologique et archéométrique.

Divers agrégations mineures et individus isolés, qui représentent 44 % des individus analysés, permettent d'envisager l'existence de différents groupes chimiques, aussi bien qu'archéologiques, qui font partie aussi de la circulation céramique dans l'aire de Carcassonne. Cette situation est, de quelque façon, semblable à celle existante en Catalogne.

Il faut dire aussi que la comparaison des céramiques de l'aire de Carcassonne avec le matériel analysé provenant de sites de Catalogne montre que, avec nos connaissances actuelles, aucune relation existe entre les matériaux de Catalogne et l'URCP G13. Uniquement à titre d'hypothèse, on peut parler d'une possible relation entre l'URCP G11 et les matériaux de Catalogne classés archéologiquement comme languedociens mais isolés dans l'étude archéométrique. Aucun renseignement n'a été trouvé en relation avec l'URCP G7/G8 des DS.P. de tradition languedocienne et par conséquent ces DS.P. sont encore un des problèmes importants à résoudre en Catalogne.

L'importance du travail que nous avons réalisé jusqu'à présent est que l'on peut confirmer l'existence de quatre grands groupes de matériaux. D'un côté, le G6, de l'aire de Marseille, et le G7/G8, de la DS.P. de tradition languedocienne, identifiés à partir de matériaux provenant de sites de Catalogne et avec une comparaison archéologique. De l'autre côté, le G13 et le G11, identifiés à partir de matériaux provenant de sites de l'aire de Carcassonne, mais pour lesquels on a seulement une comparaison archéologique pour le G13. Malgré tout, nous ne connaissons pas encore les ateliers de provenance pour ce matériel. Le seul centre de production que l'on connaît, et pour lequel le matériel n'a pas été encore caractérisé archéométriquement, est le site de la Quintarié à Clermont-L'Hérault.



BIBLIOGRAPHIE

- Aitchinson 1986** : J. AITCHINSON, *The Statistical Analysis of Compositional Data*, Chapman and Hall, London, 1986.
- Aitchinson 1992** : J. AITCHINSON, On Criteria for Measures of Compositional Difference, dans *Mathematical Geology*, 24, 1992, p. 365-379.
- Bacaria i Martrus 1991** : A. BACARIA I MARTRUS, Les imitations de DS.P. sur le littoral catalan (V^e siècle après J.-C.), dans *SFECAG, Actes du Congrès de Cognac*, 1991, p. 353-364.
- Bacaria i Martrus 1994** : A. BACARIA I MARTRUS, *Importacions sudgàl·liques i produccions locals de ceràmica estampada a Catalunya durant el Baix Imperi Romà*, Col·lecció de Tesis Microfitxades, núm. 2319, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1994.
- Bacaria et Buxeda 1995** : A. BACARIA I MARTRUS, J. BUXEDA I GARRIGOS, Producciones de tradición languedocienne en el litoral del noreste peninsular, dans *Primer Congreso Nacional de Arqueometría (Segunda Reunión de Arqueometría) (Granada, 12-14 junio 1995)*, Granada (inédit).
- Bacaria et alii 1993** : A. BACARIA I MARTRUS, J. BUXEDA I GARRIGOS, J. et Y. RIGOIR, Les importations de DS.P. provençales et languedociennes dans les Nord-Est de la péninsule Ibérique à la lumière des analyses archéométriques, dans *SFECAG, Actes du Congrès de Versailles*, 1993, p. 341-353.
- Buxeda 1999** : J. BUXEDA I GARRIGOS, Alteration and Contamination of Archaeological Ceramics: The Perturbation Problem, dans *Journal of Archaeological Sciences*, 26, 1999, p. 295-313.

Buxeda et Cau 1995 : J. BUXEDA I GARRIGOS, M.-A. CAU ONTIVEROS, Identificación y significado de la calcita secundaria en cerámicas arqueológicas, dans *Complutum*, 6, 1995, p. 293-309.

Buxeda et alii 1995 : J. BUXEDA I GARRIGOS, M.-A. CAU ONTIVEROS, J. M. GURT I ESPARRAGUERRA, F. TUSET I BERTRAN, Análisis tradicional y análisis arqueométrica en el estudio de las cerámicas comunes de época romana, dans AAVV, *Ceràmica comuna romana d'època alto-imperial a la Península Ibèrica. Estat de la qüestió*, Conjunt Monumental d'Empúries, Empúries, Monografies Emporitanes VIII, 1995, p. 39-60.

Buxeda et Kilikoglou 1999 : J. BUXEDA I GARRIGOS, V. KILIKOGLU, Total variation as a measure of variability in chemical data sets, dans L. VAN ZELST (Ed.), *Patterns and Process*, Smithsonian Institution, Washington D.C. (à paraître).

Cathma 1998 : CATHMA, 1998, *Clermont-L'Hérault, La Quintarié (Présentation : H. Pomarèdes et S. Barberan)*, Compte rendu de la réunion du 11 juin 1998.

Courtieu et alii 1980 : J. COURTIEU, C. JOURNET, J. NICLOUX, M. PASSELAC, G. RANCOULE, J. et Y. RIGOIR, Dérivées des Sigillées Paléochrétiennes de l'Aude. Un atelier carcaissonais ?, dans *Bulletin de la Société d'Etudes Scientifiques de l'Aude*, LXXX, 1980, p. 35-68.

Maggetti 1981 : M. MAGETTI, Composition of roman pottery from Lousonne (Switzerland), dans M. J. HUGHES, *Scientific Studies in Ancient Ceramics*, British Museum Occasional Paper (British Museum Research Laboratory), London, 19, 1981, p. 33-55.

Picon 1973 : M. PICON, *Introduction à l'étude technique des céramiques sigillées de Lezoux*, Centre de Recherches sur les Techniques Gréco-romaines, 2, Université de Dijon, Dijon, 1973.

Pradell et alii 1995 : T. PRADELL, J. MOLERA, M. GARCIA-VALLES, M. VENDRELL-SAZ, Study and characterization of reduced ceramics, dans M. VENDRELL-SAZ, T. PRADELL, J. MOLERA, M. GARCIA (Eds.), *Estudis sobre ceràmica antiga*, Generalitat de Catalunya, Departament de Cultura, Barcelona, 1995, p. 239-245.

Wishart 1987 : D. WISHART, *Clustan User Manual*, Computing Laboratory, University of St. Andrews, Edinburgh, 1987.

* *
*