

203

# ACTAS

das **2<sup>as</sup>** Jornadas DE

## Cerâmica Medieval e Pós-medieval

métodos e resultados para o seu estudo

**separata**

D.P. grise



Tondela • 22 a 25 de Março de 1995

## Quelques données complémentaires de l'étude en laboratoire des céramiques traditionnelles à pâte grise du Portugal

Maurice PICON<sup>1</sup>, Jacques THIRIOT<sup>2</sup>, Helder ABRAÇOS<sup>3</sup>, João Manuel DIOGO<sup>4</sup>

### Résumé

On montre dans une première partie que les argiles utilisées à Molelos pour la fabrication des céramiques culinaires à pâte grise sont des argiles kaolinitiques dont on précise quelques-unes des caractéristiques et dont on souligne les qualités. On montre ensuite que les autres ateliers portugais de céramiques à pâte grise emploient assez souvent des argiles très différentes de celles de Molelos, ce qui écarte définitivement l'hypothèse voulant expliquer la localisation de ces ateliers par l'utilisation d'un type particulier d'argile. Enfin, on s'interroge sur la façon dont les potiers ont procédé pour choisir des argiles convenant à la fabrication de céramiques culinaires, et on propose quelques réponses à cette interrogation.

### Resumo

Mostra-se numa primeira parte que as argilas utilizadas em Molelos para o fabrico de cerâmica negra culinária são argilas caolínicas, precisando algumas das suas características e cujas qualidades se sublinham. Mostra-se em seguida que as outras olarias portuguesas de cerâmica negra empregam frequentemente argilas muito diferentes das de Molelos, o que afasta definitivamente a hipótese que pretendia explicar a localização das olarias pela utilização dum tipo particular de argila. Enfim, questiona-se sobre o modo como os oleiros procederam para escolher argilas próprias para o fabrico de cerâmicas culinárias, propondo algumas respostas a essa interrogação.

Peut-être s'étonnera-t-on que l'étude des ateliers traditionnels ait quelque chose à voir avec les recherches de laboratoire. Mais ce serait oublier l'intérêt que présente, pour l'archéologie, la connaissance de modèles susceptibles d'éclairer les observations faites sur les céramiques anciennes. Ce serait oublier aussi la nécessité qu'il y a de recourir aux méthodes de laboratoire pour valider les rapprochements que peut suggérer l'examen visuel des céramiques anciennes et modernes. De ce point de vue, l'introduction des méthodes de laboratoire dans l'étude des ateliers traditionnels est un prolongement naturel des études archéométriques effectuées sur le matériel céramique de fouilles. Mais les recherches de laboratoire permettent

aussi de mieux comprendre les productions traditionnelles, grâce aux connaissances qu'elles apportent sur les caractéristiques des argiles et des céramiques. C'est ce qu'on va essayer de montrer ici, en examinant d'abord le cas des ateliers de Molelos, puis celui d'un certain nombre d'autres ateliers de céramiques à pâte grise du centre et du nord du Portugal (Abraços 1995 et Picon et al 1995a).

### ARGILES ET CÉRAMIQUES À MOLELOS

#### Les argiles

Nos connaissances sur les argiles de Molelos ont deux origines: l'analyse de céramiques actuelles (ou subactuelles) et de céramiques anciennes (sans doute du début du siècle), d'une part, l'étude d'une argile forte et d'une argile faible, provenant respectivement de la carrière de Casal do Rei et de celle de Carvalheira, d'autre part.

L'analyse de 31 exemplaires de céramiques et d'argile de Molelos montre une bonne homogénéité d'ensem-

1. Directeur du Laboratoire de Céramologie de Lyon (ERA 3 du CNRS).

2. Chargé de recherche du CNRS au Laboratoire d'Archéologie Médiéval Méditerranéenne (UMR 6572), Aix-en-Provence.

3. Investigador da Câmara Municipal de Tondela.

4. Técnico Superior de Museologia da Câmara Municipal de Tondela, Mestre em Museologia e Património pela FCSH da Universidade Nova de Lisboa.



ble, malgré la multiplicité des points de prélèvement et malgré la dispersion de près d'un siècle des dates de fabrication des céramiques analysées. Les compositions moyennes et les écarts-types correspondant à ces 31 exemplaires sont reportés en F, sur le tableau 1.

L'argile forte et l'argile faible offrent peu de différence de composition ; elles se retrouvent toutes deux, avec les céramiques, dans le groupe F de la classification de la figure 5, que l'on étudiera dans la seconde partie de cet exposé. On notera toutefois que l'argile faible présente un pourcentage de silice,  $\text{SiO}_2$ , plus élevé que celui de l'argile forte, ce qui correspond évidemment à son caractère plus sableux, et au rôle de dégraissant qu'elle assume vis-à-vis de l'argile forte.

Une caractéristique de composition de ces argiles mérite d'être soulignée. Il s'agit de leur pourcentage assez élevé de potassium (exprimé en % de  $\text{K}_2\text{O}$ ), qui pourrait faire croire que les argiles de Molelos seraient des argiles illitiques. Or les argiles illitiques sont en principe peu aptes à la fabrication de céramiques culinaires (= céramiques allant au feu). Elles donnent des produits dont la pâte est rigide, et qui de ce fait résistent mal aux différences de température qu'impose l'usage culinaire des céramiques (= faible résistance aux chocs thermiques).

En réalité les pourcentages élevés de potassium des argiles de Molelos résultent de la présence de mica blanc ou muscovite, en relative abondance. Si on élimine le mica par lavage et sédimentation, les pourcentages de potassium reviennent à des niveaux particulièrement bas, qui sont tout à fait compatibles avec des argiles de type kaolinique.

L'étude en diffraction X des argiles de Molelos confirme d'ailleurs qu'il s'agit bien d'argiles kaoliniques (avec un peu de montmorillonite). On sait que les argiles kaoliniques sont largement représentées au sein des formations sédimentaires détritiques qui bordent au sud les massifs cristallins du centre du Portugal. Ce sont des argiles qui présentent pour la fabrication des céramiques culinaires de nombreuses qualités, notamment une bonne résistance aux chocs thermiques.

### Les céramiques

La pâte céramique utilisée pour la fabrication des céramiques de Molelos présente un retrait au séchage qui est normal, bien que plutôt faible: 5,5% avec l'argile forte pour une pâte comportant, pour 100 de matière sèche, 36% d'eau.

Le retrait à la cuisson est très modéré. Il commence peu avant 900°C pour l'argile forte, et n'atteint 2% que vers 1000°C, ainsi qu'on peut le constater sur la courbe de la figure 1.

Comme les retraits (au séchage et à la cuisson) de l'argile faible sont encore un peu inférieurs à ceux de l'argile forte, on peut penser que les incidents liés aux retraits n'étaient guère à craindre à Molelos, compte tenu notamment des températures de cuisson pratiquées, toutes inférieures à 1000°C. Ce qui ne veut pas dire que le séchage n'exigeait pas de précautions particulières, comme en témoigne le préchauffage systématique des céramiques avant cuisson ; il est effectué à Molelos sur une claie formée par des troncs de pins sous laquelle on entretient un feu de broussailles et de branches. Ce séchage très

poussé a pour objectif essentiel d'éviter des incidents comme l'éclatement des vases – qui risqueraient de se produire à la cuisson, par suite de la volatilisation brutale de l'eau qui subsisterait dans la pâte (la montée en température dans la *soenga* étant très rapide). Mais il concerne peu les risques minimes qui pourraient provenir du retrait au séchage.

La température atteinte lors de la cuisson des céramiques est à Molelos comme ailleurs une donnée dont l'appréciation reste complexe. Les mesures effectuées en utilisant un thermocouple placé à l'intérieur de la *soenga* donnent souvent des valeurs trop hautes, qui sont celles des flammes ou des braises, et non celles des céramiques. De plus, la température réellement atteinte par les céramiques ne suffit pas à définir leur degré de cuisson, celui-ci dépendant aussi du temps pendant lequel cette température aura été maintenue. Si la question a peu d'importance lorsqu'il s'agit de céramiques traditionnelles qui peuvent faire l'objet de mesures directes, il en va tout autrement pour la matériel archéologique.

Parmi les mesures a posteriori de la température de cuisson des céramiques, que l'on peut appliquer aux céramiques archéologiques et aux céramiques traditionnelles, certaines comme la dilatométrie sont sensibles à la durée du palier qui a terminé la montée en température lors de la cuisson. Elles sont donc mieux adaptées que d'autres à des comparaisons du degré de cuisson des céramiques.

La mesure par dilatométrie de la température de cuisson d'une céramique repose sur la forme particulière de sa courbe de dilatation. Si  $l_0$  est la longueur d'un échantillon de céramique à la température ambiante, et de la variation de longueur qu'il subit lorsqu'on élève sa température de  $t^\circ\text{C}$ , la courbe  $d1/l_0 = f(t^\circ\text{C})$ , dite courbe de dilatation, présente un maximum marqué, qui, dans le cas de l'exemplaire de Molelos dont la courbe est reportée figure 2, se situe à 990°C. La portion de courbe qui va de la température ambiante jusqu'à 990°C traduit simplement la dilatation normale d'un solide en fonction de la température. Mais au-delà de 990°C on a affaire à une contraction qui correspond à la reprise de la cuisson de l'échantillon. C'est donc la température du maximum, 990°C, que l'on prendra ici comme température de cuisson de la céramique étudiée, en parlant toutefois de température apparente, puisque le chiffre obtenu sera d'autant plus élevé que le palier de cuisson aura été plus long.

À Molelos la moyenne et l'écart-type des températures de cuisson apparentes ainsi déterminées sont, pour 14 exemplaires, de 925+60°C, sans que l'on puisse noter de variation significative entre les échantillons les plus anciens et les plus récents. Compte tenu de la brièveté des cuissons en *soenga* on peut estimer, à la suite des mesures effectuées en laboratoire, que la température réelle atteinte au cours de la cuisson ne devait pas être très différente de la température apparente. Quoi qu'il en soit, ces mesures ne peuvent être très précises car le décalage entre la température réelle et la température apparente varie en fonction de la température, comme le montre, pour un palier de 1 heure, la figure 3. Mais cette précision est amplement suffisante pour la résolution de la quasi-totalité des problèmes que posent les températures de cuisson des céramiques archéologiques ou traditionnelles.

Les températures de cuisson des céramiques de

Molelos varient cependant beaucoup d'un exemplaire à l'autre, puisque entre celles qui sont les plus cuites et celles qui sont les moins cuites il existe des écarts de température de 100 à 150 °C, et que cela concerne au moins le tiers des exemplaires. Mais un avantage des céramiques qui sont faites avec des argiles kaolinitiques, comme celles de Molelos, c'est d'être peu sensibles à ces variations de température de cuisson. Ainsi observe-t-on par exemple, sur la figure 1, que le retrait à la cuisson reste modéré bien au-delà de 1000 °C, et sur la courbe de la figure 4 que le coefficient de dilatation des céramiques qui seraient faites avec l'argile forte varierait fort peu, que la cuisson ait lieu à 800, à 900 ou à 1000 °C (le coefficient de dilatation, exprimé ici par sa valeur moyenne entre 100 et 350 °C, traduit la disposition plus ou moins grande des céramiques à se dilater en fonction de la température; un coefficient de dilatation particulièrement élevé peut constituer un obstacle à l'utilisation culinaire des céramiques, car il diminue leur résistance aux chocs thermiques, mais on a affaire ici à des coefficients modérés).

## AUTRES ARGILES ET AUTRES CÉRAMIQUES

### La variété des argiles

On souhaite examiner à présent si les caractéristiques des céramiques grises de Molelos se retrouvent sur l'ensemble du territoire où des céramiques à pâte grise ont été fabriquées, au centre et au nord du Portugal, et pouvoir juger de l'homogénéité de cette production. On voudrait notamment savoir si l'hypothèse fréquemment avancée d'une localisation des ateliers de céramiques à pâte grise, qui serait liée à un type défini d'argile, a quelque fondement.

Pour cela on a analysé des exemplaires venant des ateliers de la région de Coimbra: Barreira Branca (atelier ancien) et Olho Marinho, des argiles et des céramiques des ateliers de Ribolhos et Fazamões, au nord de Viseu et au sud du Douro, des argiles exploitées anciennement par les potiers de Bisalhães près de Vila Real (site de Parada de Cunhos), des céramiques et des argiles de Vilar de Nantes, près de Chaves au nord du Portugal, enfin des céramiques d'un atelier ancien de Parada de Gatim au nord-est de Braga (Picon et al 1995a).

Tous ces exemplaires, à l'exception de ceux de Ribolhos qui comportaient un nombre différent de constituants chimiques analysés, ont été réunis dans une même classification, avec ceux de Molelos.

La classification, qui est une opération destinée à réunir les céramiques dont les compositions se ressemblent, a été effectuée par analyse de grappes (en affinité moyenne non pondérée, sur variables centrées réduites correspondant aux 17 constituants suivants: K, Rb, Mg, Ca, Sr, Ba, Mn, Ni, Zn, Al, Cr, Fe, Si, Ti, Zr, Ce, V). Le résultat de la classification est transcrit graphiquement sous forme d'un diagramme arborescent ou dendrogramme. Chaque céramique y est figurée par un trait vertical à la base du diagramme. Lorsque deux ou plusieurs céramiques ont des compositions qui se ressemblent, leurs traits représentatifs se réunissent et se fondent en un même rameau vertical. Plus ce rameau part à faible hauteur au-dessus de la base du diagramme, plus les céramiques qu'il regroupe ont des compositions qui se ressemblent.

Le diagramme obtenu, figure 5, montre l'existence d'un certain nombre de groupes, repérés par des lettres, de A à F, que suivent divers exemplaires marginaux, à l'extrémité droite du diagramme. Le groupe A n'est constitué que de céramiques et d'argiles de Fazamões, et le groupe B de céramiques et d'argiles de Vilar de Nantes et de Bisalhães. La présence d'exemplaires de Bisalhães dans le groupe B tient au fait que les potiers ayant dû abandonner leurs anciennes carrières d'argile se fournissent désormais à Vilar de Nantes (Chaves). Les argiles utilisées anciennement à Bisalhães ont d'autres compositions et forment le groupe C (gisement de Parada de Cunhos). Une partie des argiles de Vilar de Nantes a des compositions un peu différentes de celles du groupe B, étant notamment moins sableuses. Elles se retrouvent dans le groupe D, avec des exemplaires de Parada de Gatim; on peut penser, à l'examen des compositions, que ces deux catégories d'argile formeraient des groupes différents si elles étaient représentées en plus grand nombre dans la classification. Enfin les céramiques des deux ateliers voisins de la région de Coimbra se retrouvent dans le groupe E, et les céramiques et argiles de Molelos dans le groupe F.

L'existence de ces divers groupes, et l'examen de leurs compositions moyennes et des écarts-types correspondants, qui sont rassemblés dans le tableau 1, montrent qu'on est loin de l'uniformité de composition qu'impliquerait l'hypothèse d'une localisation des ateliers de céramiques à pâte grise qui serait liée à un type d'argile défini.

On s'attachera plus particulièrement ici au cas de l'atelier de Fazamões dont les céramiques et les argiles constituent le groupe A, mais se retrouvent nombreuses parmi les exemplaires marginaux qui sont situés à l'extrémité droite du diagramme de la figure 5 (les autres exemplaires marginaux étant des argiles auxquelles on a fait subir un lavage poussé, ce qui n'entre pas dans les habitudes des potiers du centre et du nord du Portugal). La caractéristique de composition la plus marquante du groupe A c'est son pourcentage élevé de potassium, caractéristique que l'on retrouve aussi dans les exemplaires de Fazamões qui sont rejetés en position marginale (les compositions responsables de cette marginalisation figurent dans l'article consacré, dans ce même volume, à l'atelier de Fazamões). Or ces pourcentages élevés de potassium ne s'expliquent pas, comme c'était le cas à Molelos, par la présence d'une phase micacée abondante, mais parce qu'on a affaire, ici, à des argiles où l'illite domine (avec un peu de montmorillonite), tandis que la kaolinite, si abondante à Molelos, n'a plus qu'une importance minime.

L'hypothèse de l'utilisation d'un même type d'argile pour la fabrication des céramiques à pâte grise du Portugal est donc à rejeter, ce que confirme d'ailleurs l'étude des autres groupes présents sur le diagramme de la figure 5. En revanche les températures de cuisson des céramiques grises du Portugal sont à peu près les mêmes, quel que soit l'atelier. Et c'est aussi le cas des coefficients de dilatation qui restent partout modérés, ce qui soulève bien des questions non résolues sur les rapports qu'entretiennent les coefficients de dilatation et les dégraissants...

L'utilisation à Fazamões d'argiles illitiques pour la fabrication des céramiques culinaires - à la place des argiles kaolinitiques plus appropriées, comme celles qui sont employées à Molelos - nous fait nous interroger sur la façon dont les potiers sont amenés à choisir leurs argiles,



ce qui devrait aussi conduire à une réflexion sur l'implantation des ateliers.

### Le choix des argiles

Les schémas habituels qui visent à définir les principales catégories d'argile qui peuvent être utilisées dans la fabrication des céramiques culinaires, et celles qui ne peuvent l'être, sont nécessairement simplificateurs (Picon 1995). C'est que l'aptitude d'une céramique à être utilisée pour la cuisson des aliments dépend d'un grand nombre de facteurs qui interfèrent entre eux, et qui le font d'une manière qui demeure en bien des cas fort mal connue.

En simplifiant on rappellera que la résistance aux chocs thermiques d'une céramique dépend de la nature de la phase argileuse, de la nature du dégraissant, de son abondance et de sa taille, de la température de cuisson... On dira également que la résistance aux chocs thermiques est favorisée par une texture lâche de la pâte et par un faible coefficient de dilatation, sans qu'il soit toujours possible de lier très clairement ces propriétés aux caractéristiques de l'argile et du dégraissant que l'on vient d'énumérer, ainsi qu'aux températures de cuisson. Quant aux problèmes de choix, ils sont rendus plus complexes encore par la perception extrêmement vague et empirique que les potiers ont de tous ces facteurs.

Ce qui paraît évident, c'est que les potiers ont systématiquement écarté les argiles calcaires de la fabrication des céramiques culinaires bien cuites. Il n'en existe d'ailleurs aucune qui soit faite avec ces argiles, parmi les céramiques à pâte grise du Portugal. Mais pour les potiers c'était une exclusion facile, car l'identification d'une argile calcaire se fait aisément, à partir des couleurs qu'elle prend à la cuisson, notamment. Cette identification aisée permet de surcroît aux potiers d'associer clairement à l'argile calcaire la mauvaise qualité des céramiques culinaires qui en sont faites, mauvaise qualité qui procède d'une trop grande sensibilité aux chocs thermiques, par suite d'une texture très rigide et d'un coefficient de dilatation trop élevé. Pour cette raison, les argiles calcaires ont été partout et toujours exclues des fabrications culinaires bien cuites.

Mais s'il s'agit de distinguer parmi les argiles non calcaires – qui sont encore dites siliceuses – celles qui conviennent particulièrement à la fabrication de céramiques culinaires, comme les kaolinites, et celles qui sont nettement moins adaptées à cet usage, comme les illites, les potiers se trouvaient plutôt démunis pour faire leur choix.

Il est probable que dans la plupart des régions il y eut au cours du temps sélection et développement des ateliers dont la production culinaire était reconnue par les utilisateurs comme étant de très bonne qualité. C'est sans doute de cette manière qu'a dû se construire la notoriété d'un certain nombre d'ateliers qui employaient sans le savoir des argiles kaolinitiques, comme à Molelos. Il est possible aussi que des tests de résistance aux chocs thermiques aient été pratiqués par les potiers, en observant par exemple la résistance à la rupture de certaines céramiques préalablement chauffées et plongées dans l'eau froide, mais

cela reste à démontrer. Il semble en revanche que dans de nombreuses régions les potiers soient parvenus à une sélection assez satisfaisante des argiles kaolinitiques pour la confection des céramiques culinaires, en recherchant les argiles blanches qui sont très souvent, mais pas toujours, des argiles kaolinitiques, et qui sont donc très souvent de bonnes argiles pour céramiques culinaires. Cette propension à préférer des argiles blanches ou claires pour la fabrication des céramiques culinaires est évidente au Portugal, mais pas systématique, bien qu'en réalité quelques-unes de ces argiles soient plus illitiques que kaolinitiques, comme à Fazamões.

La sélection au sein des argiles siliceuses demeurerait donc hasardeuse, d'autant que la nature des argiles est loin d'être la seule caractéristique qui intervienne dans leur aptitude à permettre la fabrication de céramiques culinaires. La quantité de dégraissant a semble-t-il joué un rôle particulièrement important dans les propriétés culinaires des céramiques du Portugal, et il n'est pas sans intérêt de noter que les céramiques de Fazamões, dont la phase argileuse est de moindre qualité que celle de Molelos, possèdent justement une quantité plus importante de dégraissant sableux.

Ainsi les possibilités d'adaptation des pâtes céramiques à un usage culinaire, qui peuvent être grandement modifiées par les caractéristiques et l'abondance du dégraissant, ont-elles influencé les choix d'argiles, et tempèrent-elles la raideur des schémas définissant les catégories d'argile que l'on peut utiliser pour ces fabrications (Picon 1995). De ces schémas les potiers n'ont semble-t-il eu conscience que de quelques points, sachant seulement que les argiles calcaires appréhendées uniquement par leurs colorations à la cuisson – ne convenaient pas, et que les argiles blanches donnaient fréquemment de bons résultats. Pour le reste il fallait qu'ils s'en remettent à leur appréciation, et plus encore à celle qu'avaient leurs clients de la qualité culinaire des produits de l'atelier. Ce qui ne sélectionnait pas que des kaolinites, mais en sélectionnait beaucoup.

### BIBLIOGRAPHIE

- Abraços 1995:** ABRAÇOS (H.), DIOGO (J.M.) – As olarias de barro negro de Molelos segundo a tradição oral. In: Actes du 5ème Colloque sur la Céramique Médiévale en Méditerranée Occidentale. Rabat, 1991, INSAP, Rabat, 1995, p. 101-108.
- Picon 1995:** PICON (M.). – Grises et grises: Quelques réflexions sur les céramiques cuites en mode B. In: Actas das 1<sup>as</sup> Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval, Tondela, 1992. Câmara Municipal de Tondela, Porto, 1995, p. 283-287.
- Picon et al 1995a:** PICON (M.), THIRIOT (J.), ABRAÇOS (H.), DIOGO (J.-M.). – Estudo em laboratório e observação etnoarqueológica das cerâmicas negras portuguesas. In: Actas das 1<sup>as</sup> Jornadas de Cerâmica Medieval e Pós-Medieval, Tondela, 1992. Câmara Municipal de Tondela, Porto, 1995, p. 189-207.

Tableau 1

Compositions moyennes  $m$ , écarts-types,  $\sigma$ , des groupes de la figure 5: A = Fazamões; B = Vilar de Nantes; C = Bisalhães; D = Vilar de Nantes - Parada de Gatim; E = Barreira Branca - Olho Marinho; F = Molelos.  
Constituants principaux en pour cent d'oxydes, traces en parties par million (ppm) de métal.

Groupe		Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
A n = 12	m	0.28	6.24	1.42	1.95	0.049	17.5	230	69.2	0.575	0.34
	$\sigma$	0.28	0.96	0.18	0.68	0.019	2.6	0.67	3.4	0.145	0.05
B n = 8	m	0.53	4.20	1.08	0.23	0.052	19.9	5.24	67.7	0.795	0.08
	$\sigma$	0.27	0.23	0.13	0.09	0.014	0.8	0.54	1.5	0.053	0.06
C n = 4	m	1.77	5.44	1.14	0.69	0.037	19.4	5.44	67.3	0.619	0.07
	$\sigma$	0.36	1.49	0.32	0.05	0.002	2.3	1.49	4.0	0.062	0.01
D n = 6	m	0.18	4.15	1.20	0.23	0.032	25.6	6.21	61.0	1.045	0.11
	$\sigma$	0.18	0.63	0.26	0.09	0.006	2.3	0.34	2.8	0.061	0.06
E n = 7	m	0.04	3.21	1.12	0.07	0.012	19.9	5.03	69.6	0.854	0.02
	$\sigma$	0.04	0.73	0.33	0.05	0.006	1.0	0.56	1.4	0.053	0.01
F n = 31	m	0.94	4.13	0.93	0.36	0.035	23.4	4.95	64.1	0.822	0.12
	$\sigma$	0.58	0.39	0.24	0.23	0.007	2.4	0.84	2.8	0.087	0.07

Groupe		Rb	Sr	Ba	Ni	Zn	Cr	Zr	La	Ce	V
A n = 12	m	358	114	552	18	122	20	206	64	101	49
	$\sigma$	57	39	183	12	210	12	39	25	29	20
B n = 8	m	268	63	689	42	96	55	279	56	93	85
	$\sigma$	9	7	70	6	17	10	15	5	6	10
C n = 4	m	305	86	362	47	123	31	200	49	82	54
	$\sigma$	29	7	16	10	30	5	31	2	4	8
D n = 6	m	338	73	691	61	144	40	316	82	129	94
	$\sigma$	29	10	96	7	17	14	25	9	22	6
E n = 7	m	174	60	456	67	82	35	338	56	96	107
	$\sigma$	28	13	75	8	11	6	27	4	4	12
F n = 31	m	370	73	363	16	124	27	462	97	181	62
	$\sigma$	58	23	70	5	39	5	71	15	26	8

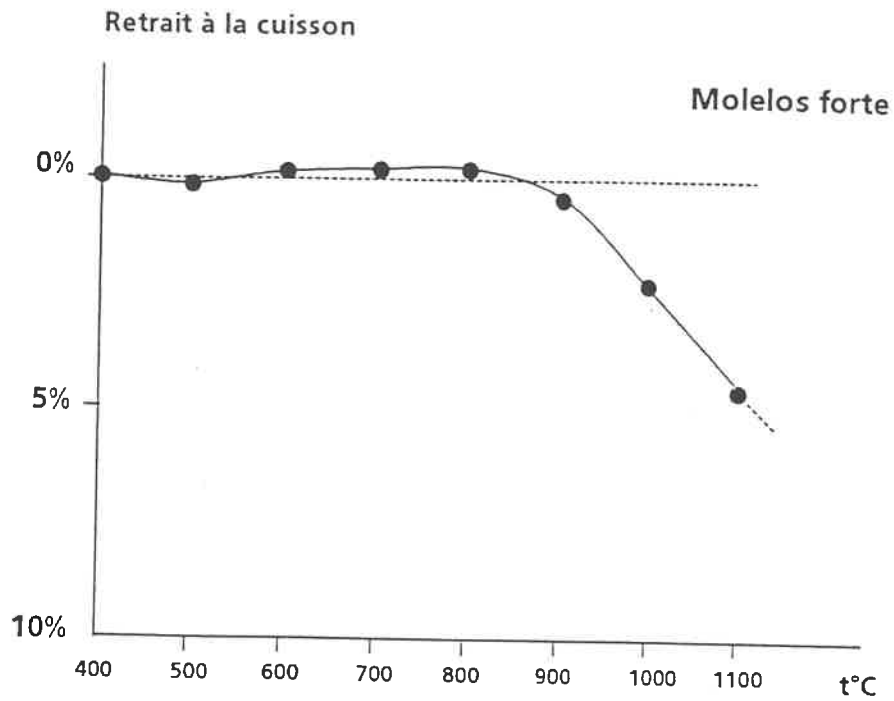


Figure 1 - Retrait à la cuisson d'échantillons de l'argile forte de Molelos (Casal de Rei); en abscisse la température maximale à laquelle ils ont été portés lors de la cuisson (température maintenue pendant 1 heure), en ordonnée le retrait en %, mesuré après refroidissement.

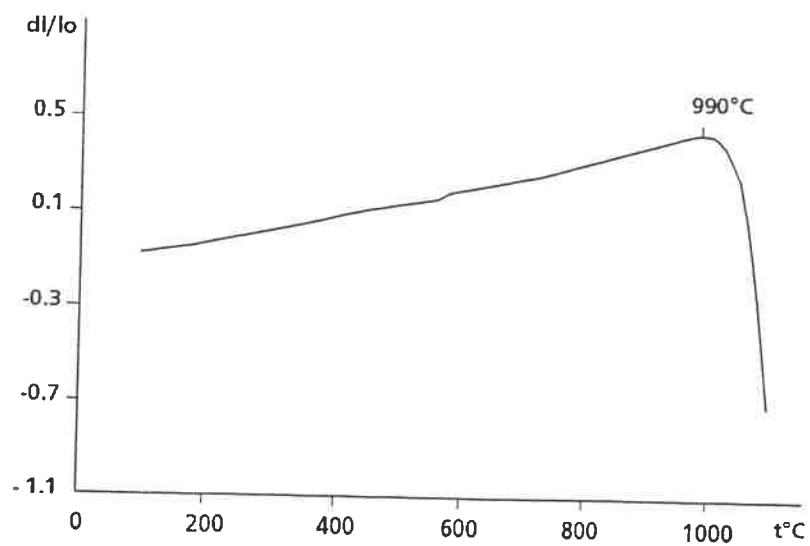


Figure 2 - Courbe de dilatation d'un exemplaire de céramique de Molelos; en abscisse la température de l'échantillon, en ordonnée la variation relative de longueur correspondant à chaque température; la température de cuisson apparente ainsi déterminée, 990°C, est exceptionnellement élevée pour les céramiques de Molelos.

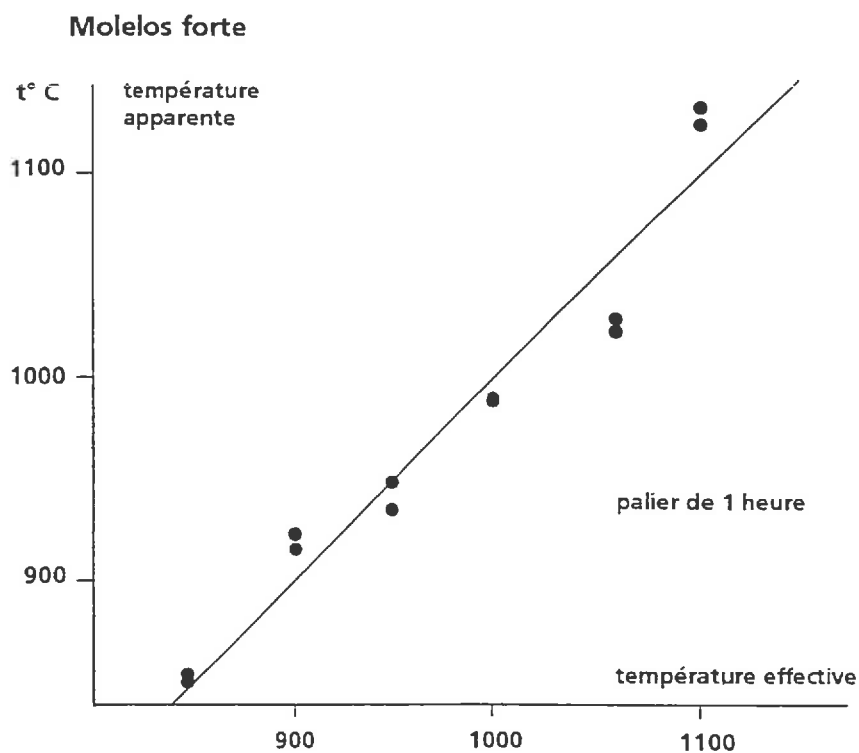


Figure 3 – Evolution de la température de cuisson d'échantillons de céramiques fabriqués avec l'argile forte de Molelos (Casal do Rei), en fonction des températures de cuisson effectives, maintenues pendant 1 heure; 2 échantillons pour chacune des températures (la diagonale correspondrait à des points pour lesquels la température apparente serait égale à la température effective).

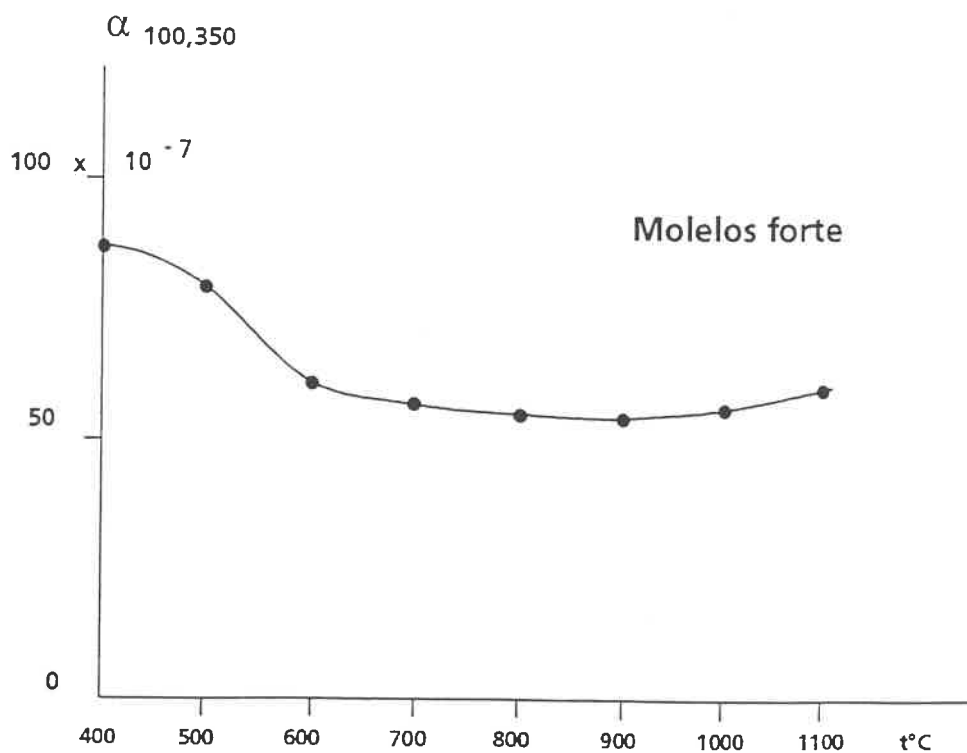


Figure 4 – Coefficient de dilatation d'échantillons de céramiques fabriqués avec l'argile forte de Molelos (Casal do Rei); en abscisse la température maximale à laquelle ils ont été portés lors de la cuisson (température maintenue pendant 1 heure), en ordonnée leur coefficient de dilatation, mesuré, après refroidissement, entre 100 et 350°C.



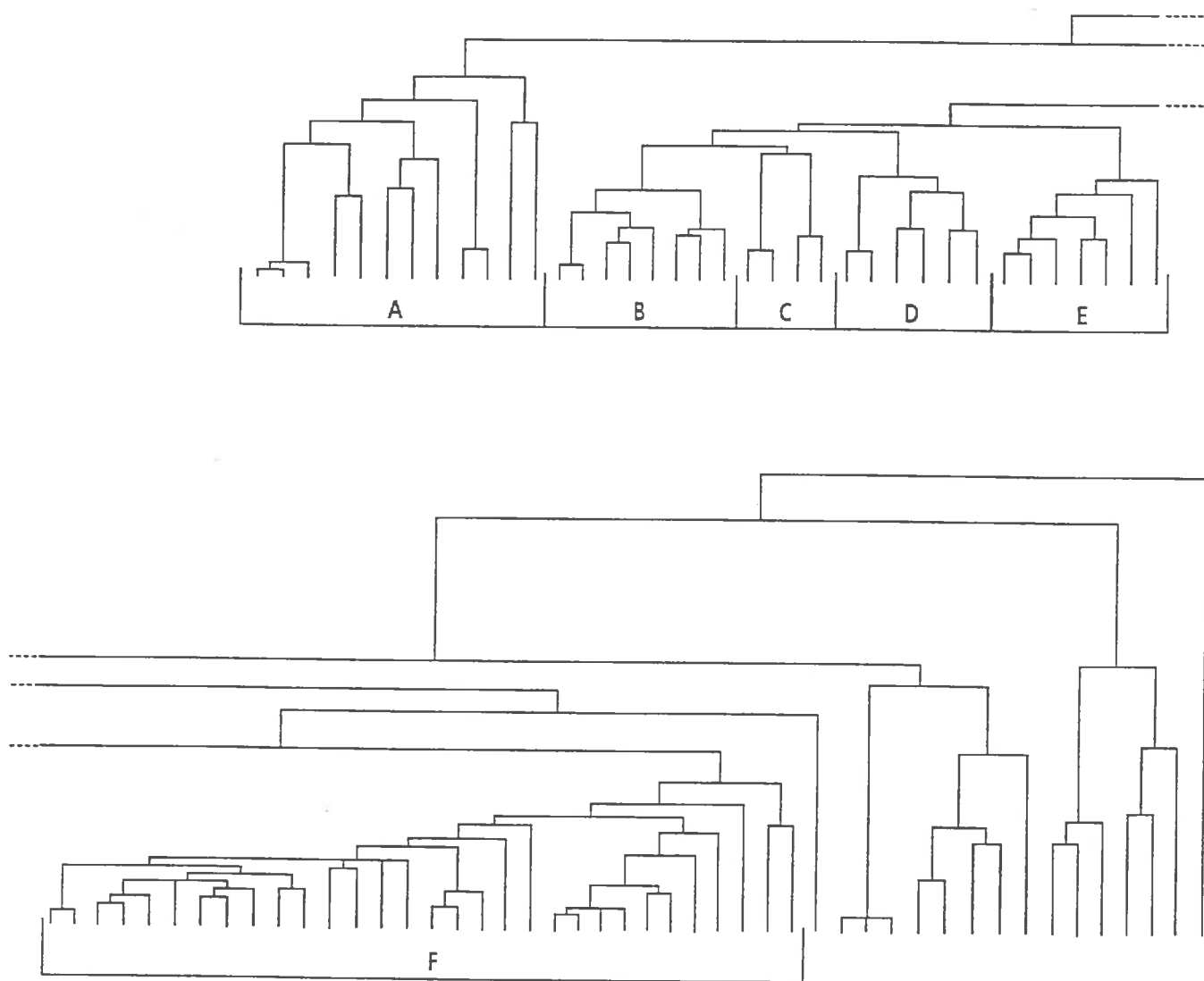


Figure 5 - Classification par analyse de grappes de 84 exemplaires de céramiques et d'argiles provenant de divers ateliers de céramiques à pâte grise du Portugal, avec indication des principaux groupes de composition.