

Composition chimique des céramiques et des argiles de Ponta da Passadeira

Anne Schmitt*

Résumé

Les céramiques produites à Ponta da Passadeira et les argiles prélevées sur le site ont été analysées au laboratoire de céramologie de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée à Lyon (CNRS-Université Lyon 2). Les observations à la loupe permettent de décrire les pâtes élaborées à partir d'une argile fine non calcaire comprenant des inclusions sableuses. Les résultats des analyses chimiques par fluorescence X mettent en évidence la bonne homogénéité du lot, la répartition en deux groupes et le décalage par rapport aux compositions des argiles naturelles pouvant s'expliquer par une différence d'abondance de la phase sableuse. Nous disposons donc maintenant d'un groupe de référence valide pour les productions de cet atelier.

Contexte géologique

L'occupation néolithique est implantée sur une formation de sable formant presque une île dans l'estuaire du Tage. À la limite du site existait une zone de tourbière arborée avec formation d'argiles noires contenant beaucoup de matières organiques. Le substratum est composé de sables à passées argileuses de couleur ocre datés du plio-pléistocène.

Le site néolithique de Ponta da Passadeira a livré les restes de fours ainsi que de nombreuses céramiques communes. Les fours sont établis à la proximité d'un niveau d'argiles grises. Des affleurements d'argiles existent en différents points de la presque île et sont accessibles aisément soit à la limite des sables de la plage soit sous la végétation (fig. 1).

Echantillonnage et problématique :

Les analyses ont porté sur des céramiques communes, deux supports corniformes et des prélèvements d'argiles réalisés à proximité de la zone des fours.

Céramiques communes	PPA 1 à PPA 32, PPA 35 à PPA 44
Supports corniformes	PPA 33 et PPA 34
Argiles	PPA 45 et PPA 46

L'objectif est de caractériser les pâtes céramiques et de vérifier si toutes les céramiques appartiennent au même groupe et sont bien réalisées à partir de l'argile locale.

L'aspect des pâtes céramiques

Les céramiques découvertes sur le site de Ponta da Passadeira ont été façonnées à partir de colombins

* CNRS-Université Lumière Lyon 2, UMR5138 « Archéométrie et Archéologie », Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, France



Fig. 1 - Affleurement des argiles du « paléosal ».

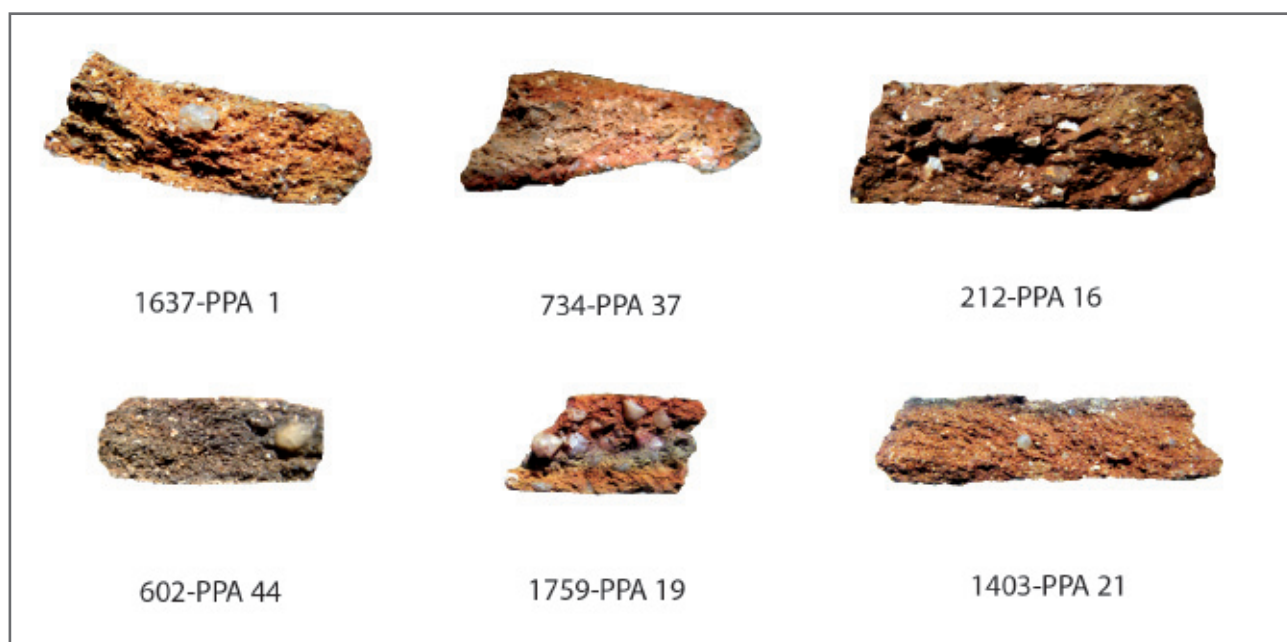


Fig. 2 - Aspect des pâtes céramiques. Le premier numéro correspond au numéro d'inventaire, le numéro en PPA correspond au numéro d'analyse chimique.

assez fins. L'examen de la tranche des céramiques permet de voir les joints entre les colombins. L'épaisseur des parois est irrégulière mais assez fine et des traces de pression de doigts sont visibles. Très fréquemment la surface est soigneusement polie. La couleur des céramiques, rouge ou noire, ou encore rouge à c'ur noir, montre que la cuisson était réalisée dans un four où il était difficile de contrôler la cuisson. Certaines traces noires en surface peuvent être liées à l'usage. La pâte présente une texture fine à moyenne et contient des grains blancs et translucides. Ces inclusions essentiellement quartzes ont soit des contours très arrondis et surface émoussée (grains éoliens ou fluviatiles), soit des formes très anguleuses.

Dans l'ensemble des céramiques observées on peut distinguer trois groupes :

- Un groupe de céramique à colombins visibles à pâte argileuse sableuse à grains arrondis avec une texture fine à grossière;
- Un groupe de céramiques à pâte argileuse sableuse à grains anguleux avec une texture moyenne à grossière;
- Un groupe de céramique à surface polie à pâte argileuse à grains arrondis et texture moyenne.

Analyse chimique globale et classification des résultats

L'analyse chimique par la méthode de la fluorescence X en dispersion de longueurs d'ondes

permet de déterminer qualitativement les constituants chimiques présents dans la pâte. Elle fournit également des données quantitatives sur la composition globale de la céramique, sous réserve de la réalisation d'un bon étalonnage permettant de mettre en relation une intensité de rayons X avec une concentration de l'élément dans la céramique. Cette méthode a l'avantage d'être très reproductible à condition de surveiller régulièrement la dérive de l'appareillage en passant des échantillons témoins.

Les échantillons de Ponta da Passadeira ont été soigneusement préparés pour l'analyse avec un nettoyage de la surface qui peut être altérée et polluée du fait que le gisement se situe dans un estuaire très industrialisé.

Les résultats de l'analyse chimique de la céramique sont exprimés en pourcentages d'oxyde pour les constituants majeurs et en partie par million (ppm) pour les éléments traces. La somme des vingt-quatre constituants mesurés est proche de 100%. Les constituants majeurs sont les suivants: sodium (Na_2O), potassium (K_2O), magnésium (MgO), calcium (CaO), baryum (Ba), manganèse (MnO), aluminium (Al_2O_3), oxyde de fer (Fe_2O_3), silicium (SiO_2), titane (TiO_2), phosphore (P_2O_5). Les éléments traces sont toujours présents à de faibles teneurs : rubidium (Rb), strontium (Sr), nickel (Ni), zinc (Zn), chrome (Cr), zirconium (Zr), lanthane (La), cerium (Ce), vanadium (V).

L'étude des résultats obtenus montre que tous les exemplaires analysés sont fabriqués dans une

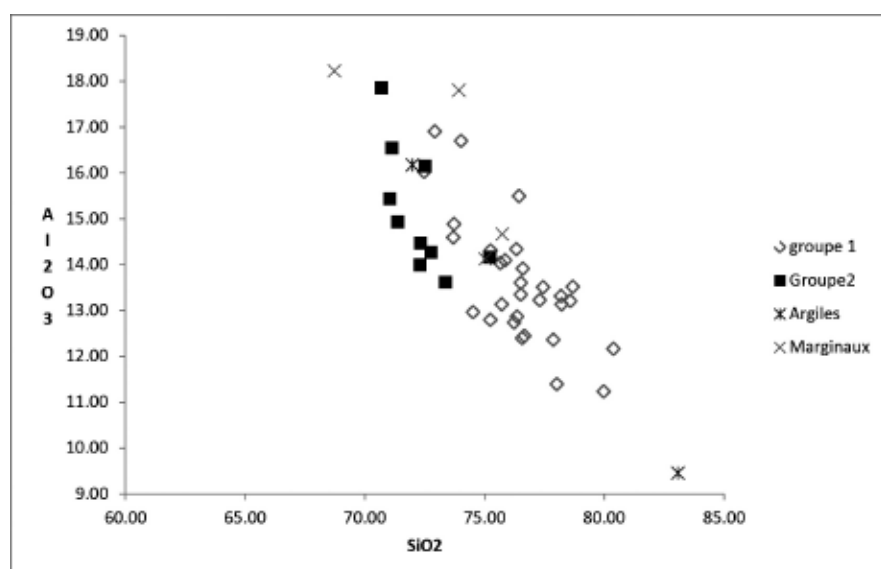


Fig.3 - Diagramme de corrélation entre les taux de silicium et d'aluminium.

pâte céramique composée à partir de l'argile fine non calcaire présente sur le site et contenant une fraction sableuse assez importante mais variable selon les exemplaires. Les taux de silicium et d'aluminium notamment sont assez dispersés. Deux groupes de compositions se dégagent ainsi que des exemplaires marginaux.

Pour comparer les compositions chimiques, il faut tenir compte des variations de tous les constituants chimiques mesurés. On fait appel pour cela à diverses méthodes d'analyses statistiques. Les méthodes de statistique descriptive sont souvent suffisantes pour répondre à la question du nombre de groupes de pâte. L'étude de la dispersion des différents constituants chimiques en calculant des moyennes et des écarts par rapport à la moyenne (écart-type), et en visualisant la distribution des valeurs en construisant un histogramme, est le premier pas nécessaire au dépouillement des données chimiques. On peut ensuite chercher les relations existantes entre les différents constituants en construisant des diagrammes binaires qui permettent de calculer les coefficients de corrélations

entre les divers constituants et de visualiser la nature des relations entre les groupes.

Ce travail a été réalisé pour analyser les relations entre les taux d'aluminium et de silicium des exemplaires de Ponta da Passadeira (fig. 3). Le silicium et l'aluminium sont en effet les constituants principaux des argiles et leur étude permet de vérifier l'homogénéité d'un lot et de comprendre la variabilité des argiles de même origine géologique. Le graphique montre que les exemplaires se répartissent globalement en deux groupes alignés selon une corrélation positive. Cette répartition peut s'expliquer par la variabilité de la phase sableuse au sein d'une même matrice argileuse. Si les deux pâtes ne provenaient pas du même contexte elles seraient beaucoup mieux séparées sur le diagramme. Les deux exemplaires d'argiles prélevées à proximité des fours se placent d'ailleurs aux deux extrémités, donnant ainsi une idée de la variabilité naturelle des compositions chimiques au sein de l'argile en place.

Mais, lorsque pour travailler sur plus de deux constituants chimiques à la fois, il est nécessaire d'utiliser des méthodes de traitement plus poussées

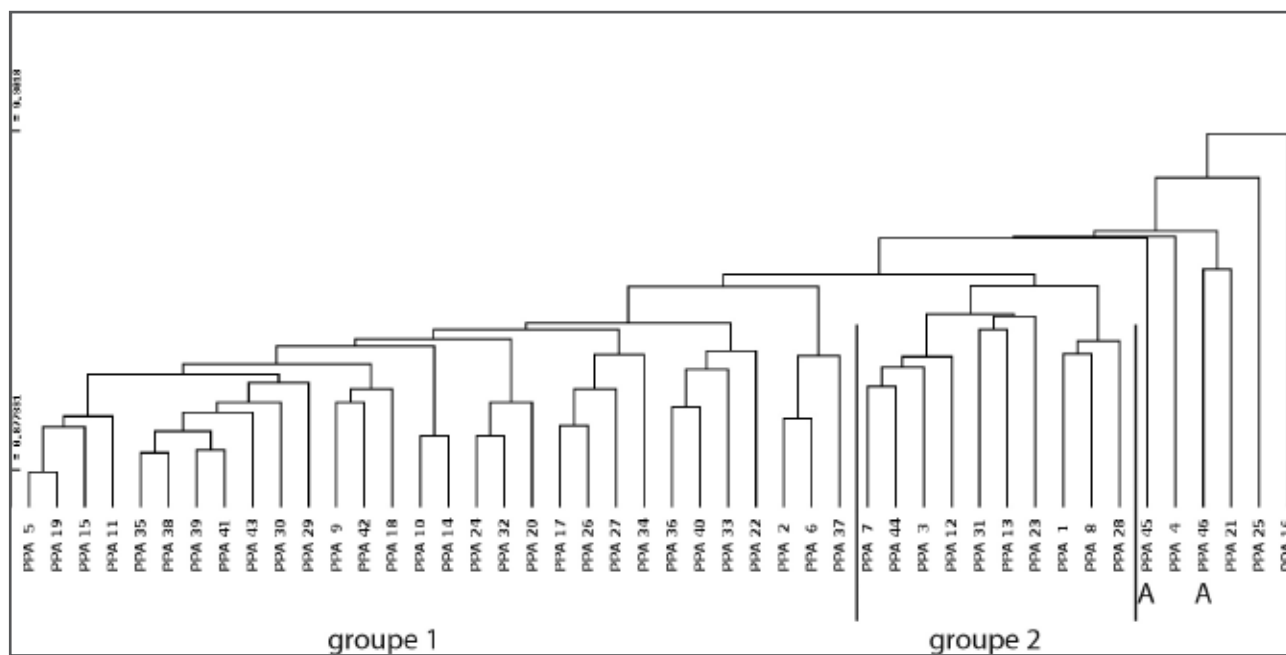


Fig. 4 - Classification par analyse de grappes (cluster analysis) des céramiques de Ponta de Passadeira. Calcul en affinité moyennes non pondérées relatives aux 17 constituants chimiques suivants: CaO, Fe₂O₃, TiO₂, K₂O, SiO₂, Al₂O₃, MgO, MnO, Zr, Sr, Rb, Zn, Cr, Ni, Ba, Ce.

faisant appel à une mesure des ressemblances entre individus qui tient compte de tous les constituants chimiques en leur donnant un poids équivalent, ce sont les analyses statistiques multivariées. La méthode la plus classique est celle de la classification ascendante hiérarchique (familièrement appelée: analyse de grappes).

Le but des méthodes de classification statistique est de grouper des objets similaires au sein de leurs catégories respectives. Une des méthodes les plus employées est celle de la classification ascendante hiérarchique (*cluster analysis*), elle a le mérite de représenter simplement les relations de ressemblance entre individus. Dans le cas des analyses de céramiques, on utilise la mesure de la différence de composition de chaque tesson par rapport aux autres grâce à un calcul de distances euclidiennes. On regroupe alors les individus les plus ressemblants et l'on compare leur moyenne par rapport aux autres exemplaires. De proche en proche, on regroupe ainsi les exemplaires les plus ressemblants. Le résultat de la classification se schématise par un arbre de classification appelé dendrogramme.

Il consiste à regrouper les deux individus les plus proches en les reliant par un trait dont la hauteur est proportionnelle à la distance entre leurs compositions chimiques puis ces deux individus sont considérés comme un groupe que l'on compare à tous les autres individus. On procède par itérations successives pour obtenir l'arbre complet des relations de ressemblance. La difficulté de l'interprétation du graphique obtenu réside dans la définition du niveau de séparation entre les différentes branches.

La classification des exemplaires de Ponta da Passadeira confirme l'existence de deux groupes. La majorité des exemplaires au dégraissant abondant et grossier se classent dans le groupe 2. Ces groupes ne correspondent pas aux groupes observés d'après les critères techniques et les différences de compositions sont somme toute assez faibles et porte essentiellement sur le fer, le silicium et l'aluminium, composants principaux des argiles dont les teneurs peuvent fluctuer a sein du gisement et aussi au sein des pâtes céramiques en fonction de l'abondance de la phase sableuse. Ces deux groupes appartiennent donc bien au même contexte.

Tableau 1 - Moyennes des compositions chimiques des deux groupes (m : moyenne, s : écart-type, s% : écart type réduit). En gras les deux argiles prélevées à proximité du four.

Nom	CaO	Fe2O3	TiO2	K2O	SiO2	Al2O3	MgO	MnO	Zr	Sr	Rb	Zn	Cr	Ni	Ba	V	Ce	Y	Th	Pb	Cu
groupe 1																					
m	0.37	3.86	0.558	2.91	76.40	13.62	0.82	0.0181	200	102	147	40	50	20	378	67	59	21	15	32	7
s	0.17	0.58	0.063	0.58	1.89	1.34	0.15	0.0128	45	60	17	17	7	5	85	10	17	4	4	9	12
s%	45	15	11	20	2	10	18	71	23	59	12	43	15	27	23	16	29	18	25	27	175
groupe 2																					
m	0.58	5.61	0.611	3.25	72.28	15.14	1.01	0.0224	221	104	165	53	70	28	365	97	70	25	19	34	5
s	0.20	0.53	0.167	0.52	1.28	1.27	0.24	0.0076	39	41	19	22	8	9	80	18	15	6	3	8	3
s%	34	9	27	16	2	8	24	34	18	39	11	43	12	32	22	19	22	23	18	25	62
Marginaux																					
PPA 45	0.31	2.42	0.350	2.43	83.08	9.45	1.00	0.0166	104	67	132	43	31	14	311	40	41	14	10	38	1
PPA 4	0.83	3.03	0.439	2.02	73.93	17.80	1.09	0.0296	179	154	77	35	39	7	361	47	45	16	11	55	13
PPA 46	0.20	5.18	0.647	3.18	71.99	16.17	1.63	0.0280	144	66	184	224	64	24	371	95	56	24	14	53	55
PPA 21	0.61	4.34	0.439	2.65	75.74	14.66	0.72	0.0522	199	127	169	237	53	21	351	66	67	16	20	43	6
PPA 25	0.43	5.37	1.057	2.63	75.03	14.12	0.67	0.0354	274	113	124	51	119	50	368	110	108	30	18	33	5
PPA 16	0.90	5.20	0.665	3.34	68.73	18.22	0.79	0.0902	251	194	148	62	28	57	261	75	141	43	27	51	5

Conclusion

Les céramiques de Ponta da Passadeira ont bien été réalisées avec les argiles locales. Ces argiles présentent naturellement une grande variabilité liée à la nature du dépôt et à l'existence de mélanges naturels avec des niveaux sableux. La variabilité des compositions et les deux groupes se situent dans la rang de la variabilité naturelle des argiles du

site. Nous disposons donc maintenant de références fiables pour caractériser cet atelier. Ceci permettra de comparer des céramiques de même époque et de même typologie trouvées sur des sites de l'intérieur des terres avec cet atelier afin de vérifier les hypothèses de routes commerciales.

Liste des données brutes
Constituants majeurs en %

nom	CaO	Fe2O3	TiO2	K2O	SiO2	Al2O3	MgO	MnO	Zr	Sr	Rb	Zn	Cr	Ni	Ba	V	Ce
PPA 1	0.87	5.29	0.360	2.94	72.52	16.15	0.79	0.0127	171	142	155	38	65	20	286	96	59
PPA 2	0.41	3.51	0.593	3.86	76.57	12.39	0.90	0.0103	241	242	142	15	51	11	529	73	77
PPA 3	0.63	5.65	0.481	4.01	71.05	15.43	0.86	0.0210	276	158	176	30	70	20	424	86	81
PPA 4	0.83	3.03	0.439	2.02	73.93	17.80	1.09	0.0296	179	154	77	35	39	7	361	47	45
PPA 5	0.55	4.40	0.622	2.59	76.24	12.73	1.02	0.0124	246	85	136	34	53	20	345	71	64
PPA 6	0.66	3.90	0.618	3.95	74.52	12.96	0.98	0.0193	232	180	140	25	57	14	505	81	61
PPA 7	0.58	5.03	0.687	4.02	72.33	14.47	1.09	0.0226	255	70	162	44	64	25	367	79	68
PPA 8	0.33	5.17	0.503	2.51	75.22	14.16	0.85	0.0319	162	72	154	39	73	28	252	101	55
PPA 9	0.43	2.26	0.543	3.39	75.72	13.13	0.86	0.0269	231	82	146	13	45	14	395	56	78
PPA 10	0.44	4.56	0.535	2.56	75.26	14.30	0.98	0.0662	184	71	170	44	40	31	434	58	71
PPA 11	0.28	4.12	0.602	2.41	77.87	12.36	0.90	0.0205	227	81	132	41	60	26	388	69	57
PPA 12	0.27	5.12	0.728	3.58	71.14	16.54	1.05	0.0180	259	68	206	62	59	22	497	82	80
PPA 13	0.76	5.50	0.913	3.33	73.37	13.62	1.24	0.0284	210	98	148	38	86	47	463	104	78
PPA 14	0.31	4.25	0.503	2.66	76.52	13.60	0.84	0.0543	190	81	157	41	40	23	462	54	65
PPA 15	0.64	4.49	0.650	2.95	75.25	12.79	1.04	0.0163	222	105	144	36	62	27	384	84	69
PPA 16	0.90	5.20	0.665	3.34	68.73	18.22	0.79	0.0902	251	194	148	62	28	57	261	75	141
PPA 17	0.19	3.62	0.548	2.16	78.69	13.51	0.74	0.0138	144	65	133	30	52	12	275	59	40
PPA 18	0.48	3.14	0.446	3.40	78.02	11.39	0.79	0.0305	180	185	147	30	35	9	389	50	66
PPA 19	0.52	4.32	0.602	2.61	76.67	12.44	1.03	0.0121	250	74	140	31	55	18	300	63	69
PPA 20	0.52	3.48	0.636	2.45	79.98	11.23	0.70	0.0167	290	60	123	47	43	25	271	50	83
PPA 21	0.61	4.34	0.439	2.65	75.74	14.66	0.72	0.0522	199	127	169	237	53	21	351	66	67
PPA 22	0.63	3.72	0.639	2.51	74.02	16.69	1.03	0.0112	145	146	170	32	57	16	390	89	26
PPA 23	0.87	6.32	0.588	3.25	72.31	13.99	1.59	0.0346	233	161	161	59	62	21	411	96	62
PPA 24	0.36	3.23	0.543	2.60	78.20	13.31	0.55	0.0149	308	86	135	68	50	22	316	56	77
PPA 25	0.43	5.37	1.057	2.63	75.03	14.12	0.67	0.0354	274	113	124	51	119	50	368	110	108
PPA 26	0.22	3.03	0.628	2.12	80.39	12.16	0.62	0.0109	168	74	123	67	43	17	309	58	35
PPA 27	0.18	3.47	0.565	2.28	76.44	15.49	0.83	0.0119	152	52	160	36	57	10	311	80	35
PPA 28	0.42	5.87	0.404	2.66	70.69	17.85	0.81	0.0090	168	146	181	48	75	29	267	145	55
PPA 29	0.69	3.83	0.374	2.84	76.33	14.33	0.68	0.0090	160	126	147	28	50	23	341	60	46
PPA 30	0.34	3.46	0.454	2.61	78.23	13.13	0.71	0.0132	212	93	157	33	53	27	309	68	76
PPA 31	0.55	6.76	0.663	2.69	72.77	14.27	0.94	0.0208	224	81	135	113	63	40	368	78	60
PPA 32	0.30	3.24	0.552	2.48	78.59	13.20	0.65	0.0152	298	73	145	104	51	16	361	59	101
PPA 33	0.22	3.82	0.644	3.23	72.93	16.90	0.81	0.0108	150	88	131	52	69	23	547	74	49
PPA 34	0.11	5.16	0.558	1.59	77.45	13.50	0.49	0.0181	147	28	95	50	55	24	238	77	33
PPA 35	0.22	3.71	0.552	3.10	76.60	13.91	0.96	0.0162	174	50	159	49	44	22	307	59	61
PPA 36	0.18	3.93	0.571	3.99	72.48	16.02	0.91	0.0070	175	82	175	46	55	24	379	74	65
PPA 37	0.59	4.20	0.562	3.88	73.70	14.59	0.68	0.0132	189	324	167	21	45	19	594	76	42
PPA 38	0.22	4.00	0.487	3.23	75.86	14.09	0.95	0.0143	161	51	167	44	44	21	327	72	43
PPA 39	0.23	4.25	0.535	3.09	76.52	13.34	0.71	0.0099	190	64	161	37	43	21	343	61	47
PPA 40	0.23	4.84	0.600	3.26	73.73	14.88	0.92	0.0113	208	130	159	52	53	20	395	84	45
PPA 41	0.19	4.14	0.520	3.54	75.66	14.03	0.65	0.0085	181	84	156	36	47	16	375	64	60
PPA 42	0.37	3.46	0.512	3.15	76.36	12.86	0.91	0.0161	169	119	157	27	49	18	493	61	67
PPA 43	0.40	4.25	0.531	2.68	77.31	13.22	0.72	0.0317	179	86	143	42	45	22	327	65	47
PPA 44	0.55	5.40	0.785	3.53	71.38	14.93	0.86	0.0248	250	48	167	55	81	23	311	99	106
PPA 45	0.31	2.42	0.350	2.43	83.08	9.45	1.00	0.0166	104	67	132	43	31	14	311	40	41
PPA 46	0.20	5.18	0.647	3.18	71.99	16.17	1.63	0.0280	144	66	184	224	64	24	371	95	56