

Année universitaire 2024-2025



L'industrie lithique en obsidienne du Néolithique récent de Basì (Corse) : acquisition, production, usage

Tome 2

Présenté par Mathilde Papot



Sous la co-direction de :

Thomas Perrin, directeur de recherche au CNRS, TRACES - UMR 5608
François-Xavier Le Bourdonnec, maître de conférence à l'Université Bordeaux Montaigne

Mémoire présenté le 24/09/2025 devant le jury du Master

Mémoire de **Master 2** mention **Histoire, Art et Archéologie**
Spécialité Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique

Table des matières

Annexe 1 : Résultats, données ED-XRF.....	1
Annexe 2 : Résultats, données LA-ICP-MS.....	25
Annexe 3 : Résultats, données PIXE.....	38
Annexe 4 : Données de référence, LA-ICP-MS.....	50
Annexe 5 : Données de référence, PXE.....	58
Annexe 6 : Tableaux d'effectifs.....	62
Annexe 7 : Mémoire de master 1	

ANNEXE 1 : RÉSULTATS

Données ED-XRF obtenues sur 460 échantillons. Analyses réalisées au laboratoire Archéosciences Bordeaux de l'Université Bordeaux Montaigne. Les teneurs sont en ppm.

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 29	649	13091	79	23	252	30	35	81	SA
n° 77	640	12509	77	23	244	29	36	66	SA
n° 78	1112	12930	82	26	257	31	37	81	SA
n° 106	660	13079	81	26	262	31	37	97	SA
n° 114	643	12751	80	24	254	32	33	80	SA
n° 116	689	13790	85	28	275	33	40	88	SA
n° 122	790	13374	82	26	265	32	37	87	SA
n° 149	657	13124	82	26	263	33	37	83	SA
n° 150	632	12460	76	24	247	29	35	76	SA
n° 152	654	13050	79	24	259	30	36	81	SA
n° 154	681	13456	86	26	267	33	38	83	SA
n° 159	694	13280	81	25	264	31	37	97	SA
n° 164	672	13428	82	27	263	32	40	82	SA
n° 170	645	13326	83	28	271	31	39	81	SA
n° 183	680	13641	83	27	265	32	39	84	SA
n° 275	645	13261	81	26	258	32	35	85	SA
n° 276	666	13060	79	25	262	32	37	86	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 334	682	13671	85	27	268	30	39	93	SA
n° 335	665	13057	80	26	258	31	37	79	SA
n° 338	701	13573	84	27	267	33	36	80	SA
n° 345	677	13486	82	26	268	33	38	88	SA
n° 346	651	12771	78	25	252	30	35	75	SA
n° 348	749	14662	89	29	287	35	42	97	SA
n° 373	733	14059	86	28	283	34	41	87	SA
n° 376	657	12814	79	26	259	31	37	102	SA
n° 378	681	13485	85	28	276	32	37	78	SA
n° 383	642	12744	77	25	254	30	37	78	SA
n° 390	679	13057	82	27	256	30	37	78	SA
n° 391	675	13206	82	28	267	31	37	80	SA
n° 394	653	12909	79	24	259	31	36	81	SA
n° 399	682	13178	83	27	272	33	41	96	SA
n° 411	717	13884	84	27	274	34	36	88	SA
n° 438	652	13187	81	25	258	30	37	79	SA
n° 455	641	12237	74	23	248	30	35	78	SA
n° 464	688	13826	86	26	274	34	38	84	SA
n° 470	723	13992	85	27	273	32	39	89	SA
n° 476	687	12956	80	24	261	32	39	78	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 478	629	12989	80	25	256	32	35	78	SA
n° 480	638	12441	77	23	246	32	35	81	SA
n° 482	702	13835	88	27	270	32	42	86	SA
n° 484	691	13191	82	25	259	32	37	79	SA
n° 494	693	13350	80	26	263	30	37	86	SA
n° 500	697	13785	82	27	269	33	38	90	SA
n° 501	629	13469	84	28	276	32	39	82	SA
n° 511	705	14203	90	30	289	33	41	93	SA
n° 518	651	12853	79	24	256	30	36	83	SA
n° 521	630	12754	79	23	254	31	37	86	SA
n° 525	733	14616	86	27	290	36	44	88	SA
n° 527	635	12741	80	24	261	32	36	79	SA
n° 528	678	13381	84	27	267	32	37	83	SA
n° 531	625	12646	80	25	254	30	36	75	SA
n° 532	657	13123	84	27	259	30	36	80	SA
n° 534	656	12514	78	25	253	30	37	70	SA
n° 539	754	14315	92	29	283	33	43	95	SA
n° 540	632	12839	78	25	258	29	36	84	SA
n° 542	681	13135	84	25	261	31	37	81	SA
n° 551	649	12814	79	24	251	30	38	79	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 560	648	12821	82	27	265	31	36	81	SA
n° 561	654	12606	83	26	259	30	36	85	SA
n° 562	499	14507	54	22	278	38	25	103	SA
n° 571	725	13922	83	27	281	35	41	85	SA
n° 580	655	12659	77	24	252	31	36	76	SA
n° 581	631	12532	78	24	249	29	37	76	SA
n° 600	666	13064	82	27	257	31	39	73	SA
n° 601	727	14383	89	27	276	33	39	82	SA
n° 622	720	13460	82	26	269	33	38	74	SA
n° 629	658	13607	82	25	263	31	37	80	SA
n° 630	691	13784	85	26	272	32	37	81	SA
n° 633	651	13355	84	27	262	32	38	83	SA
n° 638	634	12785	79	24	254	30	36	75	SA
n° 641	622	12742	78	26	251	30	39	82	SA
n° 642	687	13189	79	24	257	32	35	90	SA
n° 644	691	13543	83	24	267	33	38	94	SA
n° 645	656	12780	79	25	253	31	36	79	SA
n° 653	680	13741	86	27	271	33	39	86	SA
n° 661	676	13550	86	28	271	33	39	94	SA
n° 665	702	13847	85	27	271	34	37	79	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 711	686	12829	80	25	251	32	35	87	SA
n° 724	668	13289	82	25	269	32	38	81	SA
n° 734	652	12621	80	24	248	30	34	100	SA
n° 736	644	12673	79	25	245	31	34	71	SA
n° 737	710	13543	84	28	277	34	40	84	SA
n° 741	665	13264	82	25	260	32	35	79	SA
n° 752	633	12599	76	24	251	29	37	94	SA
n° 765	647	12802	81	24	258	29	35	87	SA
n° 775	679	13350	80	25	260	31	38	96	SA
n° 776	661	12654	79	24	256	30	37	82	SA
n° 778	690	13432	84	26	262	32	37	78	SA
n° 780	651	13411	84	25	268	32	38	82	SA
n° 783	626	12919	79	24	251	32	33	80	SA
n° 811	717	13923	86	28	278	34	37	80	SA
n° 812	656	12870	78	23	252	30	38	83	SA
n° 849	647	12634	81	25	253	31	37	79	SA
n° 858	640	12825	79	25	254	30	37	73	SA
n° 859	677	13119	81	27	265	31	38	88	SA
n° 861	665	13144	83	26	263	32	38	82	SA
n° 866	686	13150	81	26	264	32	37	89	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 867	654	13104	80	27	261	31	36	79	SA
n° 868	668	13017	80	26	260	31	37	80	SA
n° 886	665	12878	77	25	251	31	34	79	SA
n° 887	642	12632	78	23	245	31	35	81	SA
n° 903	645	12989	77	23	251	32	35	78	SA
n° 914	661	12878	79	26	257	30	37	77	SA
n° 915	662	12699	78	24	254	30	36	76	SA
n° 916	644	12557	77	24	245	31	35	76	SA
n° 917	665	12973	79	25	256	32	35	84	SA
n° 949	678	13054	82	26	261	33	38	92	SA
n° 954	635	12785	81	25	258	32	37	77	SA
n° 955	658	12971	80	26	260	30	37	81	SA
n° 956	669	12862	82	25	261	31	37	81	SA
n° 962	655	13092	79	25	259	32	37	81	SA
n° 966	679	12968	82	24	262	32	39	80	SA
n° 970	684	13090	81	26	255	31	39	79	SA
n° 976	664	12782	81	24	257	31	37	86	SA
n° 983	682	13354	83	25	269	32	37	78	SA
n° 985	737	13454	82	25	267	32	39	86	SA
n° 989	718	13870	85	27	278	34	38	83	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 995	647	12814	78	25	253	33	36	78	SA
n° 997	696	13632	84	25	270	33	38	98	SA
n° 1002	652	12810	80	25	254	30	37	81	SA
n° 1003	679	12737	81	26	258	31	36	81	SA
n° 1006	631	12998	81	25	259	30	34	79	SA
n° 1010	660	12294	75	23	252	31	37	83	SA
n° 1012	617	12248	77	24	251	30	35	79	SA
n° 1016	667	13211	81	24	266	32	38	79	SA
n° 1020	664	12710	79	25	254	31	35	74	SA
n° 1024	660	12742	80	25	244	28	32	77	SA
n° 1025	645	12757	79	24	253	30	35	73	SA
n° 1026	654	12637	80	24	257	30	37	77	SA
n° 1036	684	13670	82	24	273	33	38	85	SA
n° 1038	674	13215	80	26	264	32	38	85	SA
n° 1043	675	12849	81	25	260	31	35	77	SA
n° 1045	668	12733	78	23	248	30	36	88	SA
n° 1047	648	12378	78	24	249	31	37	78	SA
n° 1049	688	13690	86	27	274	32	38	81	SA
n° 1053	688	12944	80	25	260	30	38	70	SA
n° 1060	692	13877	84	28	274	35	35	88	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 1069	660	13059	81	26	263	31	38	82	SA
n° 1079	687	14134	86	25	266	34	37	87	SA
n° 1080	663	12991	82	24	260	30	35	77	SA
n° 1084	676	13205	79	25	265	31	35	75	SA
BASI 19 - 1039	795	13579	82	28	264	32	39	85	SA
BASI 20 - 1039 - 81	653	13118	83	26	263	31	38	85	SA
BASI 20 - 1039 - 100	641	12547	79	26	255	30	37	98	SA
BASI 20 - 1048 - 28	654	12674	79	25	249	31	34	72	SA
BASI 20 - 1054 - 43	645	13176	84	26	260	31	38	79	SA
BASI 20 - 1054 - 45	633	12548	77	26	248	30	36	79	SA
BASI 20 - 1054 - 47	681	13594	83	27	265	31	39	81	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 4	625	13036	85	27	263	31	37	79	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 7	664	13330	83	27	256	32	37	70	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 15	644	12708	81	27	254	31	37	78	SA
BASI 20 - 1065 - 31	663	12906	81	27	264	32	37	86	SA
BASI 20 - 1065 - 36	680	13157	84	27	268	31	39	87	SA
BASI 21 - 1065 - 63	625	12274	76	25	247	30	36	76	SA
BASI 21 - 1065 - 64	702	13523	83	27	266	33	37	82	SA
BASI 21 - 1065 d2 - 39	642	12531	79	26	248	31	34	77	SA
BASI 21 - 1070 - 2	803	13258	81	25	263	32	39	83	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 21 - 1070 - 3 (n° 443)	685	12963	81	24	260	33	39	83	SA
BASI 21 - 1070 - 3 (n° 444)	946	13898	87	26	268	35	39	84	SA
BASI 21 - 1070 - 8	671	12886	80	25	257	30	40	93	SA
BASI 21 - 1070 - 11	713	12942	79	25	255	31	38	77	SA
BASI 21 - 1070 - 15	679	12720	79	24	254	31	38	77	SA
BASI 21 - 1070 - 16	715	13963	84	27	272	33	41	95	SA
BASI 21 - 1070 - 40	694	13064	82	26	260	31	39	86	SA
BASI 21 - 1071 - 15	694	13103	83	25	258	31	35	81	SA
BASI 21 - 1085 - 02	662	12910	81	27	255	32	37	80	SA
BASI 21 - 1085 - 10	659	12658	83	27	264	32	38	87	SA
BASI 21 - 1085 - 11	649	12661	78	25	250	31	36	87	SA
BASI 22 - 1086 - 7	1437	13344	85	26	265	31	37	89	SA
BASI 22 - 1086 - 17	679	13039	80	24	254	30	38	84	SA
BASI 22 - 1087 - 30	660	13560	83	25	267	32	39	102	SA
BASI 22 - 1088 - 17	644	13578	83	27	275	33	39	83	SA
BASI 22 - 1089 - 55	675	12872	81	26	253	31	36	84	SA
BASI 22 - 1094 - 12	683	13325	84	26	270	33	37	87	SA
BASI 22 - 1094 - 13	643	12746	79	27	262	30	38	80	SA
BASI 22 - 1094 - 94	637	12854	81	26	254	31	36	80	SA
BASI 22 - 1094 - 102	744	15686	92	27	287	36	42	88	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 555	1060	13246	47	19	238	54	20	110	SB2
n° 565	399	12761	48	20	257	37	21	98	SB2
n° 605	429	13608	50	21	269	41	23	108	SB2
n° 615	400	13399	47	21	265	40	22	100	SB2
n° 620	463	14141	53	22	268	41	22	105	SB2
n° 712	401	12651	46	20	248	35	21	96	SB2
n° 747	440	13392	49	19	259	36	20	97	SB2
n° 876	451	13601	53	21	262	33	24	102	SB2
n° 964	377	12185	45	18	242	35	22	98	SB2
n° 2	360	16936	61	22	180	151	25	219	SC
n° 4	375	16930	60	22	183	152	25	220	SC
n° 12	523	18890	68	23	199	162	27	242	SC
n° 15	378	17139	61	20	178	157	25	218	SC
n° 26	359	16401	59	21	173	139	24	207	SC
n° 27	393	16677	57	21	175	142	25	208	SC
n° 65	410	17429	62	21	179	141	25	213	SC
n° 66	394	16802	58	21	171	152	24	216	SC
n° 80	370	17008	58	21	178	147	27	224	SC
n° 87	406	17816	63	21	189	157	25	230	SC
n° 115	405	17443	62	23	184	153	27	226	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 117	386	17659	64	23	186	157	27	227	SC
n° 153	518	18210	63	23	196	163	26	228	SC
n° 148	394	18282	66	22	187	157	26	227	SC
n° 157	420	17830	63	23	182	158	26	228	SC
n° 158	388	18033	62	22	176	156	26	222	SC
n° 161	394	17996	66	23	192	159	26	230	SC
n° 162	406	17699	67	23	175	145	23	206	SC
n° 163	480	17150	61	22	185	151	25	221	SC
n° 171	372	16971	63	22	177	147	24	210	SC
n° 177	337	16281	58	20	169	145	24	209	SC
n° 179	382	16915	60	19	171	148	23	206	SC
n° 180	1062	17521	69	21	186	153	28	230	SC
n° 181	370	16740	60	23	179	146	23	218	SC
n° 205	421	18478	64	23	183	166	23	218	SC
n° 207	405	17855	63	23	182	150	26	216	SC
n° 208	389	16933	60	20	174	143	23	209	SC
n° 226	378	17312	59	21	178	157	24	219	SC
n° 227	389	17352	61	21	176	150	24	216	SC
n° 228	421	17738	64	23	190	157	26	229	SC
n° 271	384	17005	61	21	183	155	24	221	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 278	357	16042	57	19	175	143	22	208	SC
n° 286	395	18129	63	23	184	155	26	224	SC
n° 287	399	17335	60	21	176	151	23	208	SC
n° 333	375	17453	62	22	182	154	26	224	SC
n° 336	394	17268	59	21	176	147	25	215	SC
n° 337	411	17686	61	23	181	149	26	217	SC
n° 339	373	16464	58	21	166	140	22	192	SC
n° 340	381	16899	59	22	178	147	25	220	SC
n° 341	384	17205	62	21	177	144	26	214	SC
n° 342	379	16681	59	21	171	145	24	213	SC
n° 343	409	17723	62	22	182	153	24	216	SC
n° 350	397	17047	58	23	178	151	26	220	SC
n° 354	395	16689	58	22	167	142	23	202	SC
n° 359	412	18335	65	23	189	160	28	237	SC
n° 360	442	18778	68	24	195	162	29	235	SC
n° 364	364	16337	57	20	174	144	23	206	SC
n° 366	370	16989	61	22	184	149	24	223	SC
n° 368	368	16967	60	21	180	152	23	220	SC
n° 369	380	17481	61	23	188	158	26	231	SC
n° 370	398	17520	62	23	181	148	23	214	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 374	410	17390	62	21	177	156	26	223	SC
n° 379	340	17349	58	20	182	148	25	221	SC
n° 392	370	17845	60	22	178	146	24	216	SC
n° 393	408	18538	62	23	183	163	27	230	SC
n° 400	384	18473	63	22	185	159	26	224	SC
n° 402	354	15944	57	21	168	136	25	204	SC
n° 403	383	17360	62	23	179	142	24	201	SC
n° 405	412	18091	65	23	194	157	28	232	SC
n° 406	379	16767	58	21	174	143	25	212	SC
n° 408	354	16508	57	21	169	142	22	198	SC
n° 412	388	17222	61	21	180	145	26	215	SC
n° 413	449	17966	60	22	187	159	27	227	SC
n° 414	345	17312	59	22	177	148	25	219	SC
n° 416	381	17090	60	22	178	147	26	212	SC
n° 417	384	17527	59	22	177	153	26	219	SC
n° 418	354	16329	60	23	168	141	23	201	SC
n° 419	397	17231	65	23	178	148	26	217	SC
n° 421	378	16593	59	22	177	152	26	218	SC
n° 423	368	16535	59	21	174	141	23	210	SC
n° 426	411	17911	62	23	186	152	27	223	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 427	400	17403	61	23	177	151	26	223	SC
n° 428	366	16395	58	21	178	145	24	213	SC
n° 431	385	17041	62	22	173	147	24	210	SC
n° 456	600	16570	61	21	172	146	25	211	SC
n° 460	427	18192	68	22	187	156	27	228	SC
n° 465	380	16925	63	20	179	151	25	215	SC
n° 467	373	17749	64	23	185	164	27	232	SC
n° 473	409	17372	63	23	184	157	28	237	SC
n° 474	392	16406	61	21	174	142	24	209	SC
n° 477	391	17190	60	20	179	151	25	217	SC
n° 479	402	17410	64	22	179	150	27	221	SC
n° 483	365	17102	61	22	176	147	27	218	SC
n° 485	354	16732	57	21	174	150	24	213	SC
n° 487	352	16376	58	20	174	146	23	207	SC
n° 488	365	17053	59	21	175	148	26	217	SC
n° 496	397	17406	61	20	178	153	25	222	SC
n° 497	402	16590	59	20	173	146	25	216	SC
n° 498	359	16601	58	21	177	145	26	222	SC
n° 499	430	18155	64	23	190	158	26	230	SC
n° 504	397	16802	59	22	180	147	25	217	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 506	655	17681	65	22	185	153	25	220	SC
n° 507	1762	20009	74	22	198	167	28	244	SC
n° 508	385	16628	60	21	178	142	24	212	SC
n° 514	398	18051	65	23	185	154	28	229	SC
n° 516	406	17784	63	22	180	162	29	227	SC
n° 522	383	16919	59	20	171	148	26	216	SC
n° 523	409	17347	61	19	182	152	24	217	SC
n° 524	522	18352	70	24	187	163	28	239	SC
n° 529	436	18700	64	23	189	161	27	236	SC
n° 530	371	16593	58	22	176	146	25	217	SC
n° 533	325	15506	55	19	165	135	25	205	SC
n° 535	342	16846	58	22	174	151	24	209	SC
n° 536	394	17157	57	20	171	166	21	204	SC
n° 538	352	17354	60	22	170	153	26	218	SC
n° 541	405	16580	57	20	177	142	23	209	SC
n° 544	391	17821	62	22	182	151	27	225	SC
n° 547	423	17199	62	21	181	142	27	213	SC
n° 550	401	17712	62	21	183	153	26	222	SC
n° 553	432	18050	65	23	188	154	27	229	SC
n° 554	379	16262	59	22	169	143	21	197	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 559	378	17466	63	23	188	144	26	228	SC
n° 564	441	17041	65	23	182	148	27	227	SC
n° 570	589	16995	60	21	179	144	25	212	SC
n° 576	362	16361	56	20	166	141	23	199	SC
n° 585	386	16641	58	22	175	138	25	212	SC
n° 545	386	17464	62	23	181	150	25	218	SC
n° 586	392	17697	64	22	181	151	24	207	SC
n° 595	369	16243	57	21	170	140	22	199	SC
n° 602	397	18164	64	22	183	156	26	228	SC
n° 603	374	16941	62	22	176	152	24	222	SC
n° 607	379	17012	61	22	179	151	25	219	SC
n° 613	384	16489	58	21	173	145	25	210	SC
n° 614	416	19476	70	24	191	170	26	236	SC
n° 621	747	16924	61	23	178	143	25	208	SC
n° 624	410	18114	63	23	179	163	25	220	SC
n° 631	467	17957	62	21	182	159	25	226	SC
n° 632	394	17246	60	23	177	150	26	216	SC
n° 634	380	17237	62	23	171	147	24	198	SC
n° 635	405	17892	63	22	181	150	27	225	SC
n° 637	462	16484	57	20	170	141	22	205	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 639	406	18214	62	23	182	163	26	225	SC
n° 640	407	16904	61	22	179	147	25	218	SC
n° 643	361	17082	57	20	171	150	23	206	SC
n° 656	406	17691	61	21	183	153	25	226	SC
n° 657	360	16668	57	22	178	147	24	213	SC
n° 658	381	17155	60	21	179	149	24	216	SC
n° 659	416	17880	60	21	183	156	25	224	SC
n° 663	388	17178	60	22	184	152	27	228	SC
n° 664	353	17562	59	21	186	158	24	224	SC
n° 687	403	17484	63	22	182	153	25	221	SC
n° 696	388	16658	57	21	170	140	23	194	SC
n° 709	680	17653	64	22	179	160	24	220	SC
n° 713	344	16479	57	22	172	143	26	210	SC
n° 715	455	17652	63	23	190	153	25	227	SC
n° 721	381	17355	61	21	175	161	25	214	SC
n° 728	365	17455	60	22	177	155	23	217	SC
n° 730	388	17583	61	22	181	154	24	217	SC
n° 731	375	17207	58	20	175	148	24	209	SC
n° 733	443	16423	61	22	177	145	24	215	SC
n° 738	384	16690	60	22	180	146	27	219	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 739	365	17140	59	21	180	151	25	219	SC
n° 744	391	17468	62	22	187	156	27	234	SC
n° 745	416	17214	62	21	185	152	28	228	SC
n° 746	393	17688	63	23	186	156	26	226	SC
n° 748	640	18494	63	24	192	157	25	228	SC
n° 749	374	17034	60	22	181	150	25	223	SC
n° 750	354	15897	57	20	172	142	24	209	SC
n° 751	357	16773	61	21	184	163	26	232	SC
n° 753	406	17281	61	22	184	153	26	222	SC
n° 754	392	17236	63	24	184	152	26	221	SC
n° 759	433	19161	68	23	194	174	29	244	SC
n° 761	416	18275	65	24	188	162	26	233	SC
n° 769	408	18310	66	23	190	155	25	225	SC
n° 777	386	17497	65	22	180	150	25	217	SC
n° 784	395	17776	61	22	188	155	24	221	SC
n° 810	350	17048	57	20	170	155	23	207	SC
n° 817	429	17446	62	22	170	144	23	195	SC
n° 824	400	16913	61	23	193	156	25	226	SC
n° 825	4218	18207	88	22	191	157	25	224	SC
n° 828	377	17762	61	21	176	150	21	204	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 831	399	16973	63	21	182	152	25	221	SC
n° 832	524	18206	64	23	189	163	25	232	SC
n° 833	383	16839	61	20	185	151	26	219	SC
n° 844	387	16852	59	22	178	145	25	216	SC
n° 845	358	16754	58	22	177	146	23	212	SC
n° 848	369	17344	59	22	181	159	25	227	SC
n° 850	378	17780	60	22	180	148	25	219	SC
n° 851	378	16741	60	22	175	145	24	204	SC
n° 852	404	17851	61	23	182	161	27	223	SC
n° 853	399	17304	62	23	178	145	25	216	SC
n° 854	393	18274	64	22	188	160	27	229	SC
n° 856	408	17116	64	22	177	147	25	208	SC
n° 864	395	16728	61	22	180	149	25	217	SC
n° 872	368	16871	59	21	177	148	24	215	SC
n° 891	386	18040	65	22	185	153	25	221	SC
n° 892	403	16015	56	20	162	140	23	194	SC
n° 893	1549	18153	64	23	177	161	24	221	SC
n° 897	407	17143	62	21	186	152	29	230	SC
n° 898	369	17314	57	22	177	153	26	227	SC
n° 904	371	17408	61	22	184	151	23	214	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 906	446	16843	57	20	170	141	23	203	SC
n° 907	489	17628	61	23	184	155	26	223	SC
n° 908	389	17285	62	21	177	150	25	221	SC
n° 912	397	16660	57	18	170	147	25	213	SC
n° 950	362	16164	59	22	176	146	25	215	SC
n° 953	367	16698	60	20	172	140	24	208	SC
n° 958	448	18253	62	23	182	162	23	224	SC
n° 959	416	18665	63	22	182	163	26	231	SC
n° 960	408	17548	61	21	173	154	22	209	SC
n° 965	369	16359	54	20	172	145	26	214	SC
n° 972	382	16892	60	22	176	149	26	218	SC
n° 974	402	18491	66	25	190	181	30	254	SC
n° 975	414	17287	61	21	171	148	25	214	SC
n° 979	517	16555	58	20	170	145	23	210	SC
n° 987	428	17845	62	21	181	151	23	206	SC
n° 991	388	16683	58	21	164	139	18	178	SC
n° 993	406	17310	61	22	183	151	26	219	SC
n° 999	398	17308	62	22	185	150	25	218	SC
n° 1000	363	17561	61	21	183	155	25	222	SC
n° 1001	380	17027	58	21	177	149	23	215	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 1005	359	17078	61	23	175	160	26	218	SC
n° 1007	386	16497	59	21	172	142	24	205	SC
n° 1011	396	17473	61	23	185	149	24	216	SC
n° 1013	364	16018	58	21	175	141	24	207	SC
n° 1014	347	15994	52	21	169	140	22	197	SC
n° 1015	391	16078	58	20	174	140	22	205	SC
n° 1021	717	18384	65	23	194	158	28	234	SC
n° 1022	381	17370	63	22	185	150	24	218	SC
n° 1023	370	16576	59	22	176	145	25	216	SC
n° 1029	375	17680	63	23	182	152	25	226	SC
n° 1031	403	16455	60	21	170	143	25	212	SC
n° 1033	562	17632	64	23	185	154	26	227	SC
n° 1034	384	17056	60	22	179	142	23	200	SC
n° 1039	428	17991	64	22	193	159	26	237	SC
n° 1040	371	17323	60	21	172	151	22	210	SC
n° 1041	390	16966	62	23	177	145	25	214	SC
n° 1044	455	17741	62	22	184	154	26	224	SC
n° 1046	408	18023	64	23	193	160	27	230	SC
n° 1050	372	16428	59	23	171	148	25	212	SC
n° 1052	421	17955	62	23	189	164	26	244	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 1066	394	17167	58	21	177	151	25	220	SC
n° 1068	361	16492	57	21	171	149	23	211	SC
n° 1078	387	16776	55	20	172	151	22	211	SC
n° 1085	377	16519	56	21	169	141	24	207	SC
BASI 20 - 1039 - 78	394	16521	57	23	177	146	24	208	SC
BASI 20 - 1039 - 97	511	16937	62	20	174	146	25	219	SC
BASI 20 - 1039 d4 - Vrac	1531	17117	64	21	180	149	26	222	SC
BASI 20 - 1048 - 08	403	16344	59	22	173	148	25	218	SC
BASI 20 - 1048 - 11	517	17084	61	21	174	151	24	212	SC
BASI 20 - 1048 - 26	387	18424	63	24	186	155	26	232	SC
BASI 20 - 1048 d3 - 32	644	18199	68	23	196	157	26	233	SC
BASI 20 - 1054 d1 - 05	396	17795	63	21	184	155	25	228	SC
BASI 21 - 1064 - 8	358	16779	60	22	175	151	26	217	SC
BASI 21 - 1064 d2	410	16961	58	20	164	149	22	193	SC
BASI 21 - 1065 - 46	379	17627	64	21	181	153	27	219	SC
BASI 21 - 1065 - 57	519	16445	61	22	173	149	24	216	SC
BASI 21 - 1065 - 65	402	17413	61	21	181	159	26	233	SC
BASI 21 - 1065 - 70	364	16522	56	23	178	146	24	216	SC
BASI 21 - 1070 - 17	407	16848	59	20	179	146	26	220	SC
BASI 21 - 1070 - 4	401	17072	62	22	172	146	25	203	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 21 - 1070 - 5	366	16634	57	21	173	147	26	212	SC
BASI 21 - 1070 - 6	393	16690	60	21	174	147	25	213	SC
BASI 21 - 1071 - 29	411	17674	61	23	184	151	27	225	SC
BASI 21 - 1071 - 33	573	18834	76	24	193	162	28	234	SC
BASI 21 - 1071 - 34	381	17237	60	23	184	153	25	225	SC
BASI 21 - 1085 - 14	397	17747	65	23	186	158	26	229	SC
BASI 21 - 1085 d1	344	15865	55	20	167	145	23	212	SC
BASI 21 - 1085 d2	376	16587	58	22	174	153	24	219	SC
BASI 22 - 1086 - 18	421	17948	65	23	185	151	27	222	SC
BASI 22 - 1087 - 18	382	17807	62	23	183	157	24	221	SC
BASI 22 - 1087 - 31	374	16937	61	21	178	145	25	217	SC
BASI 22 - 1087 - 33	348	16323	58	21	172	144	25	215	SC
BASI 22 - 1087 - 34	493	16966	61	22	174	149	25	215	SC
BASI 22 - 1089 - 01	409	18722	67	23	185	171	27	236	SC
BASI 22 - 1089 - 52	387	16308	58	20	170	144	25	213	SC
BASI 22 - 1089 - 57	395	16809	60	22	181	145	23	217	SC
BASI 22 - 1089 - 60	404	17752	60	23	182	153	26	221	SC
BASI 22 - 1094 - 14	373	17912	61	23	181	157	24	216	SC
BASI 22 - 1094 - 33	446	16385	58	22	168	151	23	205	SC
BASI 22 - 1094 - 85	394	18014	63	23	180	152	24	210	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 22 - 1094 - 89	388	16783	60	23	176	144	24	212	SC
BASI 22 - 1094 - 93	394	17495	60	22	179	148	25	215	SC
BASI 22 - 1094 - 95	428	18017	64	22	182	157	26	227	SC

ANNEXE 2 : RÉSULTATS

Données LA-ICP-MS obtenues sur 122 échantillons. Analyses réalisées à l'IRAMAT d'Orléans.

Les teneurs sont en ppm.

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 14 a	7,9	92	271	22	31	75	42	4,1	112	24	6,8	16	5,5	SA
n° 14 b	8,0	94	274	21	32	77	41	4,1	122	23	6,4	16	5,6	SA
n° 28 a	11,4	95	261	23	31	75	41	4,0	111	23	6,8	16	5,3	SA
n° 28 b	11,5	88	264	23	31	74	41	4,0	108	23	6,7	16	5,5	SA
n° 74 a	7,8	91	265	25	31	74	41	4,0	118	23	6,5	16	5,3	SA
n° 74 b	7,9	87	266	22	31	75	42	3,9	110	23	6,4	16	5,4	SA
n° 81 a	8,0	88	271	23	32	75	41	4,1	114	23	7,0	16	5,6	SA
n° 81 b	7,8	84	259	30	31	75	40	3,9	129	24	6,4	16	5,3	SA
n° 83 a	7,6	87	265	26	32	74	41	4,2	119	25	6,9	16	5,5	SA
n° 83 b	7,8	82	269	27	31	74	41	4,0	123	23	6,5	16	5,5	SA
n° 105 a	8,6	98	267	25	31	75	44	4,1	119	23	6,9	16	5,3	SA
n° 105 b	8,3	89	267	25	31	75	42	4,1	114	24	6,9	16	5,5	SA
n° 173 a	12,5	81	264	24	32	74	41	4,1	113	24	6,8	15	5,5	SA
n° 173 b	12,3	91	264	24	31	74	41	4,1	113	23	6,8	16	5,4	SA
n° 174 a	11,9	93	273	20	31	75	42	4,1	94	23	6,7	16	5,5	SA
n° 174 b	12,3	92	271	20	37	75	42	4,1	98	38	10,6	19	5,9	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 209 a	8,1	88	262	27	31	75	41	4,1	135	23	6,5	16	5,5	SA
n° 209 b	9,8	120	278	22	31	72	55	3,9	130	26	7,2	16	5,3	SA
n° 274 a	11,3	85	262	23	32	75	41	3,9	99	23	6,6	16	5,4	SA
n° 274 b	11,4	88	259	23	32	76	41	4,0	108	24	6,8	16	5,4	SA
n° 321 a	10,9	80	242	39	29	70	38	3,7	184	22	6,0	15	5,1	SA
n° 321 b	11,2	97	262	21	33	75	41	4,0	93	31	8,4	19	5,5	SA
n° 322 a	11,5	89	263	25	31	73	41	4,0	110	23	6,5	16	5,3	SA
n° 322 b	11,0	87	259	28	30	72	40	3,8	127	23	6,4	15	5,2	SA
n° 353 a	9,2	89	264	25	31	73	40	4,0	110	23	6,8	16	5,4	SA
n° 353 b	9,0	88	267	21	31	75	41	4,1	85	23	6,6	16	5,6	SA
n° 389 a	9,3	87	266	27	31	74	41	3,9	118	23	6,7	16	5,5	SA
n° 389 b	9,3	91	265	25	31	74	41	3,8	115	23	6,5	16	5,3	SA
n° 404 a	11,1	87	260	29	31	74	41	4,0	143	23	6,3	16	5,2	SA
n° 404 b	10,9	79	249	30	31	74	39	4,1	124	23	6,7	16	5,4	SA
n° 420 a	11,1	91	270	23	32	75	42	4,1	109	23	6,7	16	5,5	SA
n° 420 b	10,8	79	251	37	29	71	39	3,9	153	22	6,2	15	5,1	SA
n° 429 a	9,2	106	277	21	31	75	51	4,1	113	23	6,8	16	5,7	SA
n° 429 b	9,2	106	277	21	31	75	51	4,1	113	23	6,8	16	5,7	SA
n° 457 a	11,0	90	267	24	31	75	41	4,0	113	23	6,6	16	5,3	SA
n° 457 b	11,0	90	268	22	31	74	41	4,0	104	23	6,7	16	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 459 a	8,1	91	271	22	32	76	42	4,2	113	25	7,1	16	5,5	SA
n° 459 b	8,3	89	267	29	31	75	42	4,1	128	23	6,6	16	5,4	SA
n° 469 a	9,1	88	260	30	31	74	40	4,0	124	23	6,4	16	5,3	SA
n° 469 b	9,4	98	262	23	32	76	42	4,1	108	24	6,7	16	5,4	SA
n° 481 a	12,4	85	267	25	32	74	41	4,0	116	24	6,9	15	5,5	SA
n° 481 b	13,0	100	263	26	30	71	46	3,8	125	23	6,6	15	5,3	SA
n° 513 a	9,4	97	273	23	32	77	43	4,1	111	23	6,6	16	5,5	SA
n° 513 b	9,3	90	269	22	33	77	42	4,2	108	24	7,0	17	5,6	SA
n° 537 a	10,4	85	253	36	30	73	40	3,9	139	21	6,1	15	5,2	SA
n° 537 b	10,5	92	269	21	32	77	41	4,1	94	22	6,3	16	5,6	SA
n° 543 a	9,1	87	269	33	31	74	41	4,0	157	22	6,6	16	5,3	SA
n° 543 b	9,1	93	266	25	32	76	42	4,0	116	31	8,4	19	5,4	SA
n° 599 a	9,3	109	273	23	32	77	43	4,1	110	24	6,7	16	5,4	SA
n° 599 b	9,3	104	272	23	33	76	43	4,2	113	26	7,0	17	5,4	SA
n° 623 a	10,8	91	263	33	31	74	41	3,9	167	22	6,2	16	5,3	SA
n° 623 b	10,4	94	269	22	32	76	42	4,0	111	25	7,0	17	5,5	SA
n° 648 a	10,3	91	273	23	32	77	43	4,2	113	23	6,6	17	5,5	SA
n° 648 b	10,7	93	269	21	32	76	42	4,1	107	23	6,6	17	5,5	SA
n° 674 a	7,9	86	273	22	30	75	40	4,2	104	23	6,7	16	5,4	SA
n° 674 b	8,1	91	267	25	32	73	43	3,9	116	26	7,7	16	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 675 a	10,3	133	282	24	29	72	58	4,0	135	22	6,3	15	5,2	SA
n° 675 b	9,8	121	282	24	29	70	53	4,0	134	21	6,2	15	5,2	SA
n° 677 a	9,3	89	269	22	31	74	41	3,9	107	23	6,8	16	5,4	SA
n° 677 b	9,1	86	262	28	30	73	40	3,7	136	23	6,5	16	5,3	SA
n° 680 a	10,3	89	272	19	32	78	41	4,1	87	22	6,4	16	5,5	SA
n° 680 b	10,3	85	263	28	32	75	40	4,0	130	23	6,4	16	5,4	SA
n° 682 a	10,2	89	264	25	32	78	41	4,2	111	24	6,5	17	5,5	SA
n° 682 b	10,8	102	274	25	31	74	47	4,1	120	22	6,5	17	5,5	SA
n° 684 a	12,2	83	264	25	30	73	41	3,9	116	23	6,8	15	5,4	SA
n° 684 b	12,4	85	266	24	31	74	41	4,0	113	25	7,1	16	5,4	SA
n° 686 a	9,4	91	271	29	33	77	42	4,1	130	24	6,9	16	5,4	SA
n° 686 b	8,8	96	254	38	30	70	41	3,7	173	24	6,3	16	5,0	SA
n° 698 a	11,9	79	255	30	30	74	40	4,0	124	23	6,7	15	5,4	SA
n° 698 b	12,1	86	272	22	31	73	42	4,0	104	24	6,9	16	5,5	SA
n° 707 a	8,3	90	270	23	31	75	43	4,1	115	23	6,6	16	5,5	SA
n° 707 b	8,3	92	268	24	31	75	41	4,2	116	23	6,7	16	5,4	SA
n° 716 a	7,0	66	232	61	25	61	32	3,4	342	17	5,2	13	4,4	SA
n° 716 b	8,5	93	278	19	34	79	45	4,2	91	34	8,9	22	5,7	SA
n° 718 a	10,1	89	261	26	31	74	41	3,9	117	22	6,2	16	5,3	SA
n° 718 b	10,5	90	262	25	32	76	42	4,0	112	23	6,4	17	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 760 a	10,2	93	265	22	32	76	42	4,0	103	25	6,8	18	5,4	SA
n° 760 b	9,8	94	276	21	32	78	43	4,1	103	23	6,5	17	5,5	SA
n° 762 a	8,0	87	274	24	32	75	42	4,1	114	23	6,7	16	5,6	SA
n° 762 b	7,9	88	270	24	32	76	42	4,1	115	24	6,5	16	5,5	SA
n° 771 a	9,3	97	260	27	32	78	41	3,9	123	22	6,4	16	5,4	SA
n° 771 b	9,2	88	278	21	32	77	42	4,0	97	23	6,4	16	5,5	SA
n° 779 b	10,2	99	268	26	32	76	42	4,0	109	23	6,3	17	5,5	SA
n° 782 a	10,0	91	266	21	32	78	41	4,1	99	23	6,2	17	5,4	SA
n° 782 b	9,8	95	278	22	33	78	43	4,1	105	22	6,3	17	5,6	SA
n° 786 a	9,1	94	273	25	32	79	42	4,2	113	24	6,9	16	5,4	SA
n° 786 b	9,2	99	273	21	32	75	42	4,1	104	23	6,4	16	5,5	SA
n° 799 a	15,0	156	289	19	29	68	65	3,7	144	23	6,5	15	5,0	SA
n° 799 b	12,3	84	264	23	31	75	41	3,9	110	23	6,9	15	5,4	SA
n° 801 a	12,4	84	271	20	31	75	41	4,1	95	23	6,7	15	5,6	SA
n° 801 b	11,9	85	260	24	31	73	40	4,0	113	24	7,1	16	5,4	SA
n° 808 a	9,8	88	267	28	32	77	41	4,0	135	22	6,1	17	5,4	SA
n° 808 b	9,9	96	279	20	33	79	43	4,1	97	23	6,6	17	5,5	SA
n° 809 a	9,6	89	264	23	32	77	41	4,1	96	22	6,0	17	5,5	SA
n° 809 b	10,1	88	257	35	30	74	41	3,9	125	24	6,7	16	5,1	SA
n° 813 a	8,0	87	268	21	37	77	40	4,1	93	33	8,9	18	5,8	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 813 b	8,0	91	259	23	32	76	40	4,0	106	23	6,5	16	5,6	SA
n° 814 a	9,3	84	246	40	29	71	38	3,6	185	20	5,6	15	4,9	SA
n° 814 b	10,0	90	264	27	31	75	41	3,9	117	22	6,2	17	5,3	SA
n° 815 a	10,0	93	274	24	32	79	43	4,0	109	23	6,5	17	5,4	SA
n° 815 b	9,7	93	272	24	33	77	43	4,1	108	26	7,0	18	5,6	SA
n° 826 a	10,1	98	265	20	32	78	44	4,1	84	23	6,6	17	5,6	SA
n° 826 b	10,0	94	269	23	31	76	41	3,9	102	22	6,4	17	5,4	SA
n° 827 a	9,3	93	277	23	33	78	43	4,1	104	24	6,7	17	5,5	SA
n° 827 b	9,2	96	268	24	32	75	42	4,1	114	23	6,5	16	5,3	SA
n° 869 a	11,2	74	247	47	28	67	36	3,6	252	21	6,1	14	5,0	SA
n° 869 b	11,7	91	265	22	32	75	41	4,0	99	23	6,8	16	5,6	SA
n° 899 a	10,5	97	276	23	32	77	43	4,0	109	22	6,5	17	5,6	SA
n° 899 b	10,2	94	279	21	32	81	43	4,1	100	23	6,6	18	5,6	SA
n° 900 a	7,9	87	267	23	31	76	42	4,0	109	24	7,0	16	5,6	SA
n° 900 b	7,8	87	267	23	32	76	42	4,0	105	24	6,4	16	5,4	SA
n° 931 a	9,0	93	265	23	31	77	42	4,0	111	23	6,4	16	5,5	SA
n° 931 b	9,4	97	271	25	33	78	43	4,0	119	23	6,6	17	5,4	SA
n° 922 a	9,4	96	278	19	32	79	43	4,1	90	24	6,7	16	5,6	SA
n° 922 b	8,6	95	262	37	30	72	39	3,8	166	22	6,2	16	5,3	SA
n° 963 a	9,8	93	272	22	33	79	41	4,1	104	21	6,3	17	5,5	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 963 b	9,3	79	251	45	29	74	38	3,6	224	20	5,2	15	5,0	SA
n° 1030 a	9,7	91	276	23	31	76	43	3,9	111	22	6,5	17	5,5	SA
n° 1030 b	9,9	89	271	24	31	75	41	3,9	115	22	6,4	17	5,4	SA
n° 1032 a	9,7	98	268	24	32	77	42	4,0	120	22	6,3	17	5,4	SA
n° 1032 b	9,9	98	273	24	32	77	42	3,9	111	24	7,0	18	5,6	SA
n° 1057 a	8,2	88	273	26	31	75	41	4,1	118	23	6,5	16	5,3	SA
n° 1057 b	8,0	92	274	27	32	77	41	4,3	122	25	7,3	17	5,3	SA
n° 1063 a	9,8	96	265	24	32	77	41	3,9	108	22	5,9	17	5,3	SA
n° 1063 b	9,9	88	261	33	31	74	41	3,9	163	23	6,5	16	5,3	SA
n° 1061 a	9,2	52	269	29	20	99	24	6,9	130	23	5,0	18	5,6	SB2
n° 1061 b	9,0	45	264	29	20	100	24	6,9	127	23	5,0	19	5,6	SB2
n° 13 a	7,4	57	173	137	21	211	22	2,0	804	50	9,3	23	3,3	SC
n° 13 b	7,6	66	186	98	21	224	24	2,0	816	51	9,4	24	3,3	SC
n° 31 a	9,2	66	178	118	21	220	23	1,8	887	56	10,3	26	3,3	SC
n° 31 b	8,8	67	181	110	21	220	24	1,8	853	52	9,7	24	3,3	SC
n° 88 a	10,9	62	188	77	22	236	23	2,0	698	49	9,3	24	3,4	SC
n° 88 b	11,2	62	185	96	21	229	22	2,0	820	47	9,5	23	3,4	SC
n° 119 a	9,1	63	189	89	23	230	23	2,0	727	52	10,1	24	3,4	SC
n° 119 b	8,9	68	182	111	21	223	23	1,8	815	52	9,8	24	3,2	SC
n° 120 a	10,4	89	192	84	21	217	28	1,9	1004	53	9,9	25	3,2	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 120 b	9,2	72	184	91	21	223	24	1,8	822	50	9,7	24	3,3	SC
n° 178 a	9,3	71	188	83	22	230	24	1,9	793	52	10,0	24	3,4	SC
n° 178 b	8,6	54	172	169	21	232	21	1,6	1677	44	8,6	21	3,2	SC
n° 185 a	9,1	71	180	122	22	230	24	1,8	831	51	9,7	25	3,4	SC
n° 185 b	9,1	70	187	91	21	224	24	1,8	888	52	9,6	24	3,3	SC
n° 204 a	11,5	72	179	98	21	219	23	1,9	821	51	9,3	23	3,2	SC
n° 204 b	11,5	68	183	100	22	228	23	2,0	853	52	9,9	24	3,3	SC
n° 279 a	11,6	66	176	116	22	226	25	1,9	848	53	10,1	24	3,3	SC
n° 279 b	11,4	63	178	113	21	223	23	1,9	912	52	9,7	24	3,2	SC
n° 281 a	8,8	62	170	164	20	213	22	1,6	834	49	9,3	23	3,1	SC
n° 281 b	9,2	69	187	82	22	237	23	1,8	856	51	9,8	25	3,3	SC
n° 282 a	12,3	65	182	97	21	222	23	2,0	799	50	9,7	23	3,3	SC
n° 282 b	11,8	56	172	122	20	216	22	1,9	907	44	8,6	21	3,2	SC
n° 283 a	11,0	61	183	102	21	223	23	2,0	833	48	9,3	23	3,3	SC
n° 283 b	11,1	67	182	96	22	229	25	1,9	798	51	9,7	24	3,3	SC
n° 349 a	9,2	68	188	91	23	234	24	1,9	793	51	9,7	24	3,4	SC
n° 349 b	9,1	66	191	84	22	233	24	1,9	727	49	9,7	24	3,4	SC
n° 357 a	8,7	70	187	86	23	226	23	1,9	748	52	10,1	24	3,4	SC
n° 357 b	8,7	62	187	87	22	223	23	1,9	802	62	11,0	29	3,3	SC
n° 361 a	8,6	60	168	169	20	208	21	1,7	848	45	8,8	22	3,1	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 361 b	9,1	64	184	105	21	221	23	1,8	756	47	8,8	23	3,3	SC
n° 375 a	10,5	64	179	128	21	225	23	1,9	813	47	9,0	23	3,3	SC
n° 375 b	11,0	67	188	87	22	228	24	2,0	775	56	10,6	26	3,4	SC
n° 407 a	10,5	69	184	102	22	223	23	2,0	848	52	9,5	24	3,2	SC
n° 407 b	10,6	74	184	108	25	232	24	1,9	874	114	17,5	44	3,4	SC
n° 409 a	10,8	64	186	98	21	226	23	2,0	826	52	9,8	24	3,3	SC
n° 409 b	11,0	68	184	98	23	231	29	2,0	779	55	10,5	26	3,3	SC
n° 422 a	10,5	62	180	94	23	227	23	2,0	638	59	10,8	29	3,4	SC
n° 422 b	10,4	69	188	74	23	236	24	2,1	666	48	9,5	24	3,4	SC
n° 430 a	10,5	62	180	123	21	219	23	2,1	923	49	9,4	23	3,3	SC
n° 430 b	10,6	66	184	93	23	226	23	2,0	790	56	10,4	25	3,3	SC
n° 432 a	11,8	61	183	87	24	225	24	2,0	658	69	12,8	29	3,4	SC
n° 432 b	12,5	73	185	84	24	233	30	2,0	767	77	13,7	34	3,5	SC
n° 578 a	8,1	72	187	92	22	229	25	2,1	812	48	9,0	24	3,4	SC
n° 578 b	7,9	62	187	90	24	236	25	2,1	716	55	10,3	27	3,4	SC
n° 582 a	11,7	65	186	83	22	229	23	2,0	717	48	9,6	23	3,4	SC
n° 582 b	11,5	65	181	117	22	226	23	1,9	909	56	10,3	25	3,2	SC
n° 583 a	9,0	63	188	94	23	240	23	2,0	804	53	9,9	25	3,5	SC
n° 583 b	9,0	66	171	166	21	226	23	1,9	779	49	9,1	24	3,2	SC
n° 584 a	11,2	77	187	88	25	227	26	2,0	868	110	16,9	43	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 584 b	10,2	69	191	75	23	239	23	2,1	716	48	9,6	25	3,4	SC
n° 588 b	9,7	59	179	135	21	223	22	1,9	843	48	8,8	23	3,2	SC
n° 588 a	10,1	57	174	158	21	222	22	1,9	1175	46	8,7	24	3,2	SC
n° 669 a	8,8	77	187	114	22	227	24	1,9	844	52	9,4	25	3,2	SC
n° 669 b	8,8	61	178	162	20	221	22	1,8	1091	46	8,8	23	3,3	SC
n° 670 a	9,1	73	188	118	22	231	24	1,9	912	53	9,8	25	3,3	SC
n° 670 b	8,6	71	184	118	22	230	24	1,9	896	53	9,8	25	3,2	SC
n° 671 a	7,5	61	168	207	20	202	23	1,9	899	50	9,2	23	3,1	SC
n° 671 b	8,1	68	184	108	22	224	24	2,0	844	53	9,6	24	3,2	SC
n° 673 a	10,0	60	176	156	22	217	23	1,9	966	50	9,3	23	3,2	SC
n° 673 b	9,8	64	190	90	23	239	23	2,1	807	61	10,7	31	3,5	SC
n° 676 a	10,1	67	191	94	22	249	23	2,1	1125	49	9,2	25	4,2	SC
n° 676 b	9,7	56	185	105	21	241	22	2,0	1053	41	8,0	22	3,4	SC
n° 679 a	9,2	71	187	105	22	230	24	2,0	852	54	9,9	25	3,4	SC
n° 679 b	9,2	75	188	113	22	229	25	2,0	942	52	9,7	25	3,3	SC
n° 685 a	10,0	67	187	94	24	233	23	2,1	762	73	12,1	30	3,4	SC
n° 685 b	10,0	70	186	91	23	242	25	2,0	699	51	9,8	25	3,5	SC
n° 704 a	10,8	78	193	88	22	226	27	2,0	943	50	9,2	24	3,3	SC
n° 704 b	9,9	66	184	95	22	228	23	2,0	727	48	9,3	24	3,3	SC
n° 714 a	10,3	75	186	85	22	225	25	2,0	801	51	9,8	26	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 714 b	9,4	62	154	209	19	200	21	1,7	793	44	8,0	21	2,9	SC
n° 732 a	11,6	60	185	111	22	226	23	2,0	862	54	10,2	24	3,3	SC
n° 732 b	11,7	65	177	126	21	228	23	1,9	845	51	9,9	24	3,3	SC
n° 735 a	8,2	69	184	117	22	231	24	2,0	877	53	9,9	25	3,2	SC
n° 735 b	8,1	69	185	115	22	233	23	2,0	896	52	9,1	24	3,3	SC
n° 757 a	10,0	67	185	100	21	232	23	2,0	784	50	8,9	25	3,4	SC
n° 757 b	10,5	80	189	93	23	219	25	2,0	968	62	11,1	28	3,3	SC
n° 770 a	9,9	69	180	116	22	225	24	2,0	849	51	9,5	25	3,3	SC
n° 770 b	10,1	70	187	114	22	227	25	2,0	860	53	9,8	27	3,3	SC
n° 785 a	9,7	74	192	83	23	235	24	2,1	856	52	9,7	26	3,4	SC
n° 785 b	9,7	65	189	114	23	238	24	2,0	823	59	10,6	29	3,4	SC
n° 800 a	9,1	68	169	136	22	233	24	1,8	1083	52	10,1	25	3,4	SC
n° 800 b	7,9	50	172	210	20	198	20	1,7	1049	46	8,7	22	3,0	SC
n° 807 a	8,8	74	194	97	22	232	24	2,0	880	52	9,7	25	3,4	SC
n° 807 b	8,7	70	177	137	21	225	23	1,9	874	50	9,2	24	3,2	SC
n° 819 a	9,8	69	184	119	23	234	24	1,9	891	53	9,9	27	3,3	SC
n° 819 b	9,6	70	184	111	22	224	25	1,9	851	52	9,4	26	3,2	SC
n° 846 a	7,7	67	182	133	22	225	24	2,0	886	51	10,4	24	3,2	SC
n° 846 b	8,0	72	184	110	22	232	24	2,0	864	53	9,6	24	3,3	SC
n° 857 a	9,8	68	182	122	22	235	24	1,9	870	50	9,1	25	3,2	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 857 b	12,5	135	206	81	18	204	33	1,8	2095	43	8,1	21	2,8	SC
n° 873 a	9,0	74	184	109	24	236	29	1,9	882	65	11,5	29	3,2	SC
n° 873 b	9,1	69	179	127	23	245	24	1,8	906	65	11,7	32	3,4	SC
n° 874 a	9,8	79	185	104	24	221	27	2,0	799	59	10,5	28	3,4	SC
n° 874 b	9,9	72	189	103	23	233	25	2,0	815	53	9,8	26	3,3	SC
n° 878 a	8,7	70	185	111	22	229	24	1,9	851	51	9,4	24	3,2	SC
n° 878 b	8,8	73	187	109	22	229	24	1,9	857	52	10,1	25	3,2	SC
n° 921 a	11,6	65	181	114	21	224	23	1,9	878	53	10,1	23	3,3	SC
n° 921 b	12,3	76	181	107	22	220	30	1,8	972	56	10,7	24	3,2	SC
n° 923 a	7,8	70	187	106	22	221	24	2,0	881	53	9,7	24	3,3	SC
n° 923 b	8,0	64	189	111	22	217	24	2,0	814	50	9,7	24	3,3	SC
n° 932 a	9,1	68	187	96	22	233	23	2,0	770	48	9,4	24	3,4	SC
n° 932 b	10,7	106	195	74	22	249	30	1,9	1173	56	10,1	26	3,2	SC
n° 934 a	8,8	68	187	100	23	243	24	2,0	818	50	9,6	25	3,3	SC
n° 934 b	8,4	65	188	110	22	234	24	2,0	834	50	9,4	25	3,3	SC
n° 980 a	9,3	88	189	108	23	233	24	2,1	852	50	9,3	27	3,5	SC
n° 980 b	9,5	77	179	117	22	229	25	2,0	832	49	9,4	26	3,4	SC
n° 990 a	9,3	67	187	93	22	244	23	2,0	722	47	8,8	25	3,3	SC
n° 990 b	9,4	69	182	101	22	232	23	1,9	818	48	8,9	26	3,2	SC
n° 998 b	8,9	67	197	79	23	250	24	2,0	765	66	11,0	31	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 998 a	8,3	68	186	148	21	228	22	1,9	1225	48	9,0	24	3,3	SC
n° 1051 a	11,0	60	176	122	21	219	22	1,9	976	46	9,3	22	3,2	SC
n° 1051 b	11,4	63	184	87	21	225	23	2,0	768	49	9,3	23	3,4	SC
n° 1056 a	8,9	69	189	109	23	226	25	1,9	831	55	9,7	26	3,2	SC
n° 1056 b	8,8	75	189	106	23	232	25	2,0	854	54	9,7	25	3,3	SC
n° 1064 a	8,7	71	186	132	22	224	24	1,9	894	52	9,5	25	3,3	SC
n° 1064 b	8,5	73	184	114	22	231	24	1,9	903	52	10,0	25	3,2	SC

ANNEXE 3 : RÉSULTATS

Données PIXE obtenues sur 232 échantillons. Analyses réalisées à Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF). Les oxydes sont wt% et les éléments traces en ppm.

Les éléments en rouge sont au dessus du seuil de détection mais en dessous du seuil de quantification défini par GUPIX (= 3,3 fois la limite de détection), et c'est alors à l'utilisateur de prendre la décision de garder ou non la mesure (Campbell *et al.*, 2010 ; Pichon *et al.*, 2015)

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 1	2,8	13,8	75,3	5,2	0,70	0,116	0,064	1,54	90	22	265	26	85	SA
n° 68	2,6	13,7	75,8	5,2	0,68	0,101	0,062	1,41	82	22	227	27	73	SA
n° 75	2,8	14,0	75,3	5,1	0,67	0,107	0,063	1,45	80	25	248	29	68	SA
n° 82	2,8	13,8	75,6	5,2	0,70	0,105	0,063	1,50	86	25	260	25	77	SA
n° 147	2,9	14,0	75,4	5,2	0,64	0,104	0,059	1,44	83	26	249	22	77	SA
n° 155	2,8	13,9	75,8	5,0	0,68	0,108	0,063	1,48	78	20	261	20	104	SA
n° 165	2,6	13,9	75,8	5,2	0,70	0,095	0,065	1,52	89	30	261	36	100	SA
n° 166	2,7	13,9	75,5	5,1	0,71	0,095	0,058	1,55	91	26	270	32	92	SA
n° 176	1,3	13,6	74,6	8,0	0,68	0,108	0,059	1,47	83	23	257	16	100	SA
n° 233	2,9	13,8	75,3	5,1	0,76	0,112	0,060	1,46	82	24	246	29	74	SA
n° 234	2,7	13,9	75,5	5,2	0,71	0,111	0,068	1,47	85	22	253	26	74	SA
n° 277	2,8	13,8	75,7	5,2	0,69	0,112	0,062	1,52	85	26	258	26	90	SA
n° 323	2,8	13,8	76,0	5,1	0,64	0,105	0,058	1,38	78	23	253	29	77	SA
n° 355	2,9	13,6	75,9	5,1	0,65	0,106	0,058	1,43	81	19	248	40	55	SA
n° 363	2,6	14,2	75,4	5,1	0,69	0,096	0,060	1,50	87	24	247	38	59	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 367	2,8	13,9	75,6	5,2	0,65	0,113	0,062	1,50	86	26	267	34	79	SA
n° 371	2,8	13,8	75,9	5,1	0,66	0,110	0,058	1,43	81	25	247	26	73	SA
n° 377	2,7	13,7	75,9	5,2	0,66	0,104	0,061	1,49	86	25	247	25	80	SA
n° 382	2,5	14,1	75,6	5,2	0,77	0,124	0,059	1,55	92	24	272	38	96	SA
n° 386	2,6	14,2	75,7	5,1	0,66	0,109	0,058	1,43	86	25	242	20	86	SA
n° 397	2,6	14,2	74,9	5,2	0,73	0,124	0,063	1,57	89	25	260	30	81	SA
n° 398	2,8	13,9	75,4	5,2	0,68	0,117	0,065	1,58	87	25	273	26	80	SA
n° 401	2,8	14,0	75,8	5,1	0,65	0,101	0,058	1,32	74	20	225	20	78	SA
n° 415	2,8	13,7	75,3	5,3	0,72	0,118	0,064	1,53	91	27	280	29	90	SA
n° 435	2,6	14,0	75,3	5,4	0,68	0,107	0,059	1,42	80	22	245	26	77	SA
n° 436	2,0	14,1	75,3	5,9	0,65	0,124	0,059	1,50	83	24	263	28	101	SA
n° 437	2,7	14,0	75,8	5,1	0,67	0,103	0,062	1,48	91	22	234	31	58	SA
n° 440	2,6	13,8	76,1	5,1	0,65	0,0993	0,051	1,23	73	18	246	40	90	SA
n° 441	2,8	13,8	76,0	5,1	0,64	0,100	0,058	1,40	78	32	263	37	94	SA
n° 461	2,6	13,9	75,7	5,2	0,66	0,103	0,055	1,47	78	27	243	36	83	SA
n° 462	2,4	13,9	75,8	5,2	0,80	0,112	0,062	1,59	91	22	291	27	75	SA
n° 471	2,8	13,8	75,9	5,1	0,67	0,100	0,061	1,47	80	22	221	27	63	SA
n° 472	2,5	13,7	75,4	5,3	0,74	0,119	0,067	1,64	95	30	291	34	82	SA
n° 490	2,1	13,8	75,4	6,1	0,67	0,115	0,068	1,57	87	26	285	37	95	SA
n° 492	2,7	14,0	75,9	5,1	0,67	0,100	0,061	1,39	88	22	233	24	72	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 493	2,2	13,7	75,8	5,9	0,67	0,89	0,057	1,39	69	22	233	25	95	SA
n° 502	1,5	13,5	74,7	7,3	0,82	0,121	0,065	1,44	80	24	258	36	96	SA
n° 512	2,3	13,8	76,0	5,2	0,75	0,107	0,062	1,54	89	24	279	29	80	SA
n° 515	1,4	13,7	74,6	8,1	0,63	0,109	0,054	1,29	74	23	245	22	67	SA
n° 526	2,7	13,8	76,0	5,1	0,64	0,090	0,057	1,40	77	26	248	21	61	SA
n° 548	2,6	13,9	75,9	5,2	0,65	0,180	0,058	1,39	76	16	254	19	62	SA
n° 558	2,2	13,7	75,2	6,2	0,86	0,099	0,063	1,50	78	25	255	23	71	SA
n° 563	2,8	13,9	75,8	5,1	0,64	0,108	0,059	1,41	78	24	244	29	82	SA
n° 569	2,9	13,7	75,3	5,8	0,52	0,113	0,060	1,43	80	23	251	21	82	SA
n° 577	2,6	13,9	75,6	5,2	0,68	0,112	0,060	1,57	92	22	253	37	95	SA
n° 589	2,9	13,8	75,6	5,2	0,68	0,115	0,065	1,54	87	27	254	33	89	SA
n° 591	2,6	13,9	75,9	5,1	0,67	0,102	0,055	1,45	83	28	257	29	89	SA
n° 596	2,7	13,9	76,0	5,1	0,63	0,091	0,056	1,37	70	24	233	25	55	SA
n° 678	2,7	13,8	75,9	5,1	0,67	0,105	0,065	1,47	83	27	266	40	90	SA
n° 699	2,6	13,8	76,0	5,1	0,69	0,100	0,061	1,47	86	23	298	20	89	SA
n° 700	1,5	13,7	75,2	7,2	0,70	0,095	0,059	1,45	80	22	270	26	54	SA
n° 701	2,8	13,6	75,3	6,3	0,52	0,103	0,053	1,33	84	27	224	30	41	SA
n° 703	2,6	13,8	76,0	5,2	0,66	0,092	0,057	1,37	75	23	261	24	71	SA
n° 706	2,6	13,8	75,9	5,2	0,67	0,084	0,058	1,50	89	23	261	28	75	SA
n° 708	2,7	14,0	75,9	5,1	0,62	0,092	0,055	1,46	83	25	238	28	43	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 710	2,8	13,8	75,9	5,1	0,62	0,100	0,060	1,43	76	22	260	22	73	SA
n° 720	2,7	13,7	75,8	5,2	0,73	0,099	0,064	1,55	85	25	276	22	94	SA
n° 725	2,6	13,9	75,9	5,2	0,67	0,110	0,059	1,47	90	25	247	30	49	SA
n° 727	2,8	13,8	75,6	5,2	0,69	0,108	0,061	1,51	85	26	245	33	90	SA
n° 755	2,8	14,0	75,6	5,2	0,65	0,090	0,060	1,47	86	25	275	28	98	SA
n° 763	2,9	13,8	75,6	5,1	0,65	0,106	0,061	1,47	84	27	255	22	90	SA
n° 764	2,7	13,7	75,8	5,1	0,68	0,120	0,067	1,68	98	32	297	47	78	SA
n° 766	2,6	14,0	75,8	5,2	0,73	0,113	0,058	1,43	80	31	248	24	65	SA
n° 767	2,4	14,1	75,2	5,3	0,77	0,121	0,075	1,86	113	37	325	64	91	SA ?*
n° 768	2,8	13,9	75,8	5,1	0,68	0,116	0,058	1,41	85	25	247	25	70	SA
n° 781	2,7	14,0	75,9	5,1	0,65	0,104	0,057	1,42	74	25	243	35	71	SA
n° 798	2,4	13,8	75,8	5,5	0,86	0,109	0,057	1,39	79	30	258	17	85	SA
n° 806	2,7	13,9	76,0	5,1	0,66	0,087	0,060	1,34	76	21	230	28	49	SA
n° 829	2,7	13,8	75,4	5,8	0,61	0,104	0,058	1,35	76	21	239	24	79	SA
n° 840	1,9	13,8	74,5	6,8	0,76	0,129	0,066	1,59	89	27	264	34	83	SA
n° 843	2,6	13,8	75,5	5,3	0,88	0,097	0,060	1,55	87	25	287	33	104	SA
n° 860	2,9	13,9	75,4	5,1	0,68	0,105	0,060	1,42	82	22	249	32	79	SA
n° 865	2,6	13,8	76,0	5,1	0,64	0,125	0,061	1,57	89	24	277	33	83	SA
n° 871	2,8	14,1	75,0	5,1	0,71	0,120	0,059	1,44	82	23	227	25	76	SA
n° 888	2,6	13,9	75,5	5,1	0,73	0,110	0,061	1,49	82	26	271	18	79	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 894	2,8	13,8	76,0	5,0	0,63	0,110	0,056	1,38	73	23	243	23	79	SA
n° 895	2,7	13,7	75,8	5,2	0,67	0,087	0,067	1,61	91	30	309	36	105	SA
n° 910	2,7	13,8	75,8	5,0	0,63	0,095	0,057	1,42	84	26	279	22	65	SA
n° 911	2,6	14,1	75,0	5,3	0,73	0,095	0,060	1,52	82	26	248	30	83	SA
n° 913	2,3	13,9	75,4	5,9	0,62	0,104	0,061	1,50	88	26	271	41	111	SA
n° 918	2,8	14,0	75,7	5,0	0,71	0,090	0,064	1,47	81	19	248	29	72	SA
n° 924	2,6	13,9	75,9	5,1	0,67	0,094	0,056	1,45	82	25	240	20	80	SA
n° 951	2,7	13,8	76,0	5,1	0,63	0,103	0,060	1,48	84	25	281	32	80	SA
n° 967	2,2	13,7	75,2	6,5	0,65	0,110	0,059	1,43	82	24	243	27	78	SA
n° 968	2,7	13,7	75,3	5,4	0,66	0,121	0,068	1,62	92	27	283	32	92	SA
n° 978	2,7	13,7	76,0	5,2	0,67	0,108	0,055	1,35	82	27	233	24	58	SA
n° 981	2,7	13,9	75,9	5,1	0,65	0,100	0,061	1,43	86	25	239	27	60	SA
n° 982	2,7	13,9	75,9	5,1	0,66	0,098	0,061	1,50	71	19	250	20	71	SA
n° 986	2,8	13,8	76,0	5,1	0,62	0,105	0,055	1,38	76	23	249	29	94	SA
n° 994	2,2	13,7	75,4	5,4	0,71	0,128	0,081	1,60	82	25	247	31	87	SA
n° 1009	2,5	13,7	75,5	5,3	0,71	0,118	0,063	1,57	90	23	287	35	108	SA
n° 1017	2,9	13,8	75,6	5,2	0,65	0,111	0,066	1,53	82	25	274	29	90	SA
n° 1028	2,7	13,9	75,9	5,2	0,66	0,106	0,058	1,45	81	21	251	24	68	SA
n° 1035	2,3	13,9	75,9	5,5	0,67	0,099	0,062	1,50	92	26	243	22	91	SA
n° 1067	2,6	13,9	76,0	5,1	0,67	0,097	0,062	1,42	73	25	250	30	70	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
BASI 22 - 1086 - 14	2,2	13,6	75,3	6,2	0,68	0,128	0,070	1,62	92	27	302	34	91	SA
BASI 22 - 1088 - 16	2,5	14,4	74,4	5,4	0,79	0,120	0,058	1,45	76	21	228	28	82	SA
BASI 22 - 1094 - 87	2,8	13,8	75,3	5,2	0,79	0,118	0,065	1,52	86	26	264	33	85	SA
BASI 22 - 1094 - 97	2,6	14,0	75,1	5,2	0,71	0,130	0,065	1,62	89	27	259	28	79	SA
BASI 22 - 1094 - 101	3,0	13,7	75,3	5,6	0,64	0,108	0,063	1,49	83	29	263	26	79	SA
n° 556	2,6	13,3	76,2	5,3	0,65	0,148	0,040	1,46	53	19	268	31	97	SB2
n° 557	2,5	13,4	76,4	5,3	0,64	0,137	0,040	1,38	45	19	239	37	118	SB2
n° 855	1,4	13,7	74,3	8,0	0,68	0,188	0,031	1,36	42	18	210	39	110	SB2
n° 889	2,6	13,7	74,9	5,6	0,72	0,216	0,042	1,74	51	21	278	50	139	SB2
n° 984	2,6	13,4	76,4	5,4	0,59	0,143	0,035	1,41	41	19	247	35	92	SB2
n° 3	2,6	14,7	72,9	5,9	0,99	0,375	0,037	2,03	70	19	190	124	241	SC
n° 5	2,4	14,7	72,6	6,1	1,07	0,368	0,093	2,01	68	20	188	129	278	SC
n° 16	2,6	14,2	72,4	5,9	1,87	0,390	0,037	2,10	67	23	196	137	260	SC
n° 30	2,5	14,7	72,6	5,8	1,12	0,373	0,048	2,12	70	23	174	124	247	SC
n° 31	2,6	14,6	72,9	5,8	1,08	0,386	0,038	2,01	68	20	182	128	244	SC
n° 67	2,2	14,9	72,1	6,0	1,08	0,373	0,044	2,27	155	22	191	147	230	SC ?*
n° 76	2,4	14,6	72,5	6,3	1,14	0,399	0,035	2,05	72	26	189	145	268	SC
n° 79	2,6	14,3	73,0	5,9	1,05	0,380	0,040	2,18	75	23	199	139	270	SC
n° 84	2,6	14,4	73,2	5,8	1,01	0,366	0,037	2,01	66	21	186	129	226	SC
n° 85	2,8	14,4	73,2	5,8	1,04	0,356	0,036	1,96	68	23	191	123	275	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 86	2,7	14,8	72,3	5,7	1,08	0,403	0,058	2,17	74	26	201	140	277	SC
n° 118	2,4	14,3	73,5	6,2	0,99	0,331	0,033	1,86	59	20	166	142	250	SC
n° 121	2,4	14,4	73,6	5,7	1,11	0,329	0,098	1,98	79	17	176	120	252	SC
n° 151	2,6	14,7	73,0	5,8	1,09	0,312	0,032	1,79	58	22	176	116	221	SC
n° 156	2,5	14,5	73,7	5,7	1,01	0,350	0,031	1,86	57	20	195	101	257	SC
n° 160	2,4	14,7	73,5	5,9	1,09	0,327	0,034	1,98	55	31	191	132	326	SC
n° 167	2,6	14,8	72,9	5,5	1,07	0,334	0,040	1,93	66	24	165	126	273	SC
n° 172	2,6	14,3	73,4	5,7	1,02	0,326	0,033	1,98	60	22	207	124	184	SC
n° 175	2,6	14,4	73,7	5,6	0,97	0,344	0,034	1,92	65	27	148	108	287	SC
n° 182	2,6	14,4	73,3	5,8	0,98	0,321	0,035	1,86	61	17	192	111	208	SC
n° 229	2,5	14,3	73,3	5,8	0,98	0,356	0,039	2,00	66	20	180	144	253	SC
n° 230	2,4	14,2	73,7	5,8	1,04	0,334	0,035	2,00	64	22	193	94	265	SC
n° 231	2,6	14,5	73,3	5,7	0,98	0,353	0,034	2,10	71	22	193	119	259	SC
n° 232	1,8	14,9	72,4	7,0	1,06	0,338	0,031	2,07	68	24	179	128	276	SC
n° 272	2,8	14,7	72,9	5,5	1,17	0,390	0,043	1,95	61	15	160	137	259	SC
n° 284	2,5	14,2	73,6	5,8	0,99	0,342	0,034	1,84	62	17	187	126	280	SC
n° 344	2,5	14,7	73,0	5,7	1,01	0,350	0,036	1,92	61	20	168	112	182	SC
n° 347	2,6	14,6	73,5	5,7	1,02	0,321	0,030	1,79	64	19	163	140	244	SC
n° 351	2,7	14,4	73,4	5,8	1,03	0,304	0,034	1,85	58	20	174	116	243	SC
n° 356	1,1	14,7	72,2	8,7	1,04	0,323	0,025	1,53	48	15	165	113	206	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 358	2,4	14,6	73,4	5,7	1,00	0,330	0,033	1,91	66	21	168	134	265	SC
n° 362	2,5	14,5	73,6	5,7	1,03	0,362	0,032	1,85	65	19	166	95	239	SC
n° 365	2,7	14,4	73,5	5,8	1,01	0,318	0,034	1,82	60	24	169	116	236	SC
n° 366	2,6	14,3	73,1	5,8	1,39	0,341	0,036	1,90	64	22	178	127	248	SC
n° 385	2,5	14,6	73,2	5,6	1,06	0,338	0,034	1,91	55	22	203	108	301	SC
n° 395	2,5	14,5	73,4	5,7	1,10	0,339	0,033	1,99	72	16	190	126	257	SC
n° 396	2,7	14,7	73,2	5,6	0,99	0,357	0,032	1,82	59	18	165	114	247	SC
n° 410	2,5	14,5	73,2	5,7	1,02	0,337	0,039	2,04	66	21	165	142	294	SC
n° 424	2,6	14,3	73,7	5,7	1,05	0,323	0,037	1,94	65	21	204	119	227	SC
n° 425	2,5	14,6	73,8	5,7	1,02	0,307	0,033	1,95	71	25	194	130	283	SC
n° 433	2,7	14,4	73,3	5,7	1,06	0,333	0,033	1,91	62	21	170	122	218	SC
n° 439	2,9	14,5	73,5	5,4	1,08	0,356	0,031	1,90	59	20	185	137	243	SC
n° 463	2,6	14,3	73,3	5,9	1,01	0,336	0,035	1,90	62	19	186	127	228	SC
n° 466	2,7	14,4	73,1	5,8	1,02	0,357	0,036	1,96	62	21	187	127	258	SC
n° 475	2,5	14,3	73,5	5,7	1,05	0,333	0,035	1,92	58	18	172	121	237	SC
n° 486	2,1	14,5	73,1	5,6	1,28	0,389	0,038	2,14	62	23	202	144	231	SC
n° 495	2,1	14,3	72,6	6,1	1,23	0,374	0,040	2,22	73	24	201	147	269	SC
n° 503	1,4	14,0	71,5	8,2	1,18	0,338	0,034	1,99	71	23	174	118	264	SC
n° 505	2,7	14,5	73,6	5,6	0,96	0,329	0,032	1,84	59	24	174	111	239	SC
n° 509	2,3	14,5	73,9	5,8	1,04	0,308	0,030	1,80	56	20	179	132	225	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 519	2,5	14,4	73,3	5,8	1,08	0,329	0,035	1,84	58	21	171	116	227	SC
n° 520	2,3	14,2	73,5	6,1	1,05	0,338	0,035	1,91	61	19	174	119	237	SC
n° 549	2,5	14,5	74,0	5,7	0,94	0,305	0,033	1,72	53	19	174	102	270	SC
n° 552	2,5	15,1	72,4	5,8	1,04	0,372	0,047	2,06	72	22	179	133	250	SC
n° 566	2,5	14,4	73,6	5,8	0,99	0,337	0,036	2,01	57	13	176	133	230	SC
n° 567	2,1	14,1	73,5	5,8	1,23	0,353	0,039	2,09	70	24	188	114	237	SC
n° 568	2,6	14,4	73,6	5,7	1,00	0,342	0,032	1,90	60	21	168	126	254	SC
n° 572	2,5	14,4	72,8	5,9	1,16	0,387	0,039	2,15	67	24	207	140	256	SC
n° 573	2,2	14,3	73,6	5,7	1,23	0,328	0,033	1,92	55	19	168	116	222	SC
n° 574	2,3	14,4	74,0	5,7	1,13	0,348	0,033	1,93	69	22	163	119	238	SC
n° 575	2,4	14,2	73,3	5,7	1,16	0,343	0,036	1,91	67	20	164	135	249	SC
n° 590	2,5	14,5	73,2	5,7	1,01	0,343	0,032	1,98	60	19	187	126	267	SC
n° 592	2,8	14,5	73,4	5,7	0,96	0,339	0,030	1,85	60	18	133	124	200	SC
n° 604	2,3	14,9	73,3	5,8	1,06	0,319	0,033	1,86	54	19	139	118	205	SC
n° 616	2,7	14,5	73,2	5,8	1,04	0,340	0,035	1,91	60	23	165	122	238	SC
n° 617	2,4	14,4	73,3	6,3	0,97	0,313	0,033	1,72	55	20	165	105	207	SC
n° 619	2,6	14,5	73,4	5,8	0,98	0,328	0,036	1,88	61	19	176	120	231	SC
n° 625	2,6	14,5	73,4	5,8	0,95	0,344	0,030	1,85	60	25	179	124	183	SC
n° 626	2,5	14,6	74,1	5,7	0,99	0,337	0,028	1,64	57	21	185	122	210	SC
n° 627	2,7	14,5	73,3	5,7	1,01	0,343	0,036	1,91	62	20	182	122	228	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 628	1,2	14,3	72,8	8,6	1,00	0,295	0,029	1,69	56	20	189	115	210	SC
n° 636	2,5	14,5	73,3	5,9	1,02	0,350	0,038	2,19	78	26	219	135	313	SC
n° 646	2,6	14,5	73,4	5,7	0,98	0,349	0,031	1,81	60	20	160	111	249	SC
n° 655	2,4	14,5	73,7	5,7	0,96	0,345	0,030	1,83	59	21	181	103	203	SC
n° 681	2,5	14,6	73,2	5,7	1,02	0,325	0,032	1,83	60	20	167	135	241	SC
n° 683	2,6	14,6	73,8	5,7	1,01	0,314	0,030	1,84	62	18	161	130	203	SC
n° 697	2,5	14,4	73,4	5,8	0,99	0,309	0,037	1,90	66	24	184	153	289	SC
n° 702	2,3	14,5	73,9	6,2	1,01	0,324	0,031	1,70	52	17	165	143	189	SC
n° 705	2,6	14,4	73,3	5,8	1,00	0,383	0,031	1,94	64	21	187	113	253	SC
n° 717	2,4	14,6	73,0	5,8	1,01	0,369	0,039	2,25	76	18	204	116	301	SC
n° 719	2,4	14,4	73,6	5,9	0,93	0,330	0,033	1,81	62	19	183	122	237	SC
n° 722	2,3	14,5	73,5	6,0	1,04	0,331	0,034	1,93	57	22	164	130	219	SC
n° 729	2,3	14,4	72,4	7,2	0,63	0,355	0,042	1,97	61	18	208	100	213	SC
n° 740	2,4	14,2	73,9	5,7	1,07	0,343	0,039	2,21	76	22	209	149	280	SC
n° 742	2,6	14,6	73,1	5,7	0,99	0,357	0,036	2,03	68	21	179	135	244	SC
n° 743	2,6	14,4	73,2	5,7	1,00	0,361	0,035	1,99	63	28	189	140	220	SC
n° 758	2,8	14,5	73,3	5,7	0,99	0,331	0,032	1,82	60	20	176	111	232	SC
n° 774	2,7	14,9	73,4	5,6	0,95	0,318	0,028	1,61	54	15	152	111	198	SC
n° 804	2,6	14,4	73,4	5,8	0,94	0,338	0,032	1,92	56	16	195	99	232	SC
n° 816	2,5	14,5	73,2	5,8	1,00	0,340	0,036	1,92	58	18	175	126	245	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 818	2,8	14,4	73,3	5,7	0,97	0,342	0,034	1,89	59	21	172	107	227	SC
n° 830	2,6	14,5	73,2	5,7	1,00	0,360	0,048	2,02	70	21	179	122	248	SC
n° 841	1,0	14,3	71,4	9,3	0,95	0,337	0,035	1,89	67	20	176	112	238	SC
n° 842	2,5	14,5	73,2	5,9	1,04	0,355	0,033	1,95	66	23	182	138	260	SC
n° 847	2,7	14,4	74,1	5,7	0,95	0,314	0,030	1,73	55	20	162	106	267	SC
n° 870	2,4	14,8	72,9	5,6	1,06	0,357	0,038	2,08	66	17	178	139	244	SC
n° 890	1,1	14,1	71,7	9,2	0,90	0,332	0,029	1,84	63	23	156	124	210	SC
n° 896	2,8	14,5	73,8	5,7	0,93	0,306	0,031	1,63	54	16	162	89	238	SC
n° 902	2,6	14,5	73,4	5,6	1,00	0,359	0,031	1,85	54	21	158	127	277	SC
n° 905	2,3	14,4	73,8	5,8	1,01	0,335	0,032	1,94	64	18	188	132	229	SC
n° 909	2,5	14,4	73,6	5,7	0,99	0,347	0,037	1,98	69	26	198	134	254	SC
n° 920	2,6	14,4	73,5	5,8	0,97	0,344	0,033	1,91	67	20	164	140	235	SC
n° 926	2,6	14,4	73,3	5,7	0,97	0,334	0,033	1,91	61	17	184	124	168	SC
n° 952	2,9	14,1	71,0	6,6	1,44	0,344	0,037	2,02	76	24	177	135	244	SC
n° 961	2,7	14,4	73,6	5,5	1,06	0,342	0,033	1,98	63	20	172	131	278	SC
n° 969	2,7	14,4	73,5	5,8	0,95	0,316	0,036	1,73	55	18	166	98	214	SC
n° 971	2,3	14,6	71,4	5,8	2,41	0,371	0,037	2,07	70	20	202	135	276	SC
n° 973	2,5	14,4	73,7	5,7	1,01	0,319	0,033	1,84	57	21	171	119	251	SC
n° 996	2,4	14,4	73,0	6,0	1,08	0,378	0,039	2,13	69	22	198	139	261	SC
n° 1004	2,3	14,2	73,8	6,0	0,94	0,341	0,029	1,84	71	20	182	139	206	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 1008	2,5	14,3	73,9	5,7	1,03	0,334	0,032	1,82	62	20	172	126	219	SC
n° 1018	2,7	14,9	72,2	5,9	1,09	0,373	0,036	2,06	72	24	191	141	256	SC
n° 1019	2,6	14,9	72,3	5,9	1,03	0,388	0,037	2,04	64	24	173	130	234	SC
n° 1027	2,5	14,7	72,8	6,0	1,08	0,353	0,034	1,95	68	22	182	131	260	SC
n° 1037	2,5	14,7	73,3	5,8	1,01	0,346	0,030	1,85	63	24	176	121	247	SC
n° 1042	2,7	14,7	72,9	5,7	1,01	0,362	0,035	1,92	61	22	164	124	221	SC
n° 1054	2,5	14,3	72,9	5,9	1,06	0,407	0,038	2,18	74	23	204	136	270	SC
n° 1055	2,5	15,1	72,2	5,8	1,07	0,386	0,037	2,09	72	22	193	140	248	SC
n° 1062	2,3	14,6	73,1	5,7	1,01	0,339	0,037	2,05	69	23	208	136	257	SC
n° 1065	2,7	14,5	73,1	5,7	0,98	0,320	0,037	1,98	67	25	170	118	264	SC
BASI 21 - 1070 - 12	2,5	14,2	73,6	5,9	1,09	0,322	0,034	1,88	65	24	181	118	271	SC
BASI 21 - 1071 - 10	2,4	14,8	71,9	6,0	1,15	0,418	0,042	2,33	79	23	216	153	299	SC
BASI 21 - 1071 - 33	2,3	14,0	72,1	6,0	2,53	0,372	0,039	2,08	68	22	191	122	235	SC
BASI 22 - 1087 - 8	2,5	14,5	73,4	5,9	0,98	0,322	0,032	1,80	62	19	182	122	213	SC
BASI 22 - 1089 - 51	2,6	14,5	72,5	5,9	1,25	0,386	0,038	2,15	71	25	189	140	271	SC
n° 723	8,9	12,8	69,5	4,6	1,40	0,112	0,091	1,50	250	22	178	24	61	?
n° 168	2,5	14,2	75,2	4,3	0,41	0,177	0,023	2,04	93	24	187	10	482	?

*Pièces qui sont probablement des roches siliceuses qui s'apparentent à des rhyolithes, des analyses complémentaires pourraient le confirmer

Références

- CAMPBELL, J.L., BOYD, N.I., GRASSI, N., BONNICK, P., MAXWELL, J.A. (2010) - The Guelph PIXE software package IV, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 268, p.3356-3363.
- PICHON, L., CALLIGARO, T., LEMASSON, Q., MOIGNARD, B., PACHECO, C. (2015) - Programs for visualization, handling and quantification of PIXE maps at the AGLAE facility, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 363, p.48-54.

ANNEXE 4 : DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Résultats LA-ICP-MS obtenus sur 144 échantillons géologiques de la Méditerranée occidentale : Pantelleria (Balata dei Turchi et Lago di Venere), Lipari, Palmarola et Sardaigne (SA, SB1, SB2, SC). Les valeurs sont en ppm.

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.107	3	499	185	4	191	1960	378	3	24	191	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.113	3	508	192	4	192	2072	391	3	25	197	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.114	3	496	191	4	190	1963	382	3	24	185	38	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.115	3	513	186	4	187	1986	375	3	23	181	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.116	3	541	192	4	187	1932	383	3	24	198	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.117	3	542	193	4	190	1953	382	3	24	194	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.118	3	529	185	4	184	1948	370	3	24	192	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.119	4	546	200	4	188	1978	379	3	24	189	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.120	2	525	181	4	182	1951	370	2	22	185	37	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.121	2	515	191	4	183	1912	364	3	23	186	37	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.122	2	516	182	4	178	1890	361	2	23	181	36	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.123	3	523	186	4	185	1970	379	3	24	193	38	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.124	3	503	188	4	176	1880	377	2	24	183	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.125	3	514	183	4	180	1892	369	3	23	188	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.126	3	518	185	4	183	1944	369	3	23	185	36	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.127	3	512	187	4	184	1909	375	3	24	188	37	36	11

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.128	2	521	183	4	176	1879	379	3	23	179	36	35	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.129	2	545	191	4	185	1951	380	3	24	192	39	38	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.131	2	514	180	4	175	1863	377	2	23	176	36	34	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.132	2	533	190	5	184	1928	379	3	24	186	37	35	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.133	2	530	186	5	183	1936	378	3	24	188	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.109	2	540	193	4	165	1843	376	3	23	175	35	34	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.110	2	528	189	4	168	1885	375	3	24	176	35	34	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.111	2	532	188	4	168	1862	373	3	23	175	35	34	11
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.106	7	350	135	2	120	1509	288	1	52	118	24	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.112	7	360	144	2	124	1532	301	1	55	121	24	27	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.134	5	400	136	1	111	1192	261	2	23	116	24	21	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.135	5	401	135	1	107	1138	250	1	23	113	23	20	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.136	7	345	139	2	121	1503	284	1	52	118	23	25	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.137	5	397	135	2	120	1289	263	1	24	124	25	22	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.138	5	400	139	1	114	1196	248	1	24	120	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.139	5	397	143	1	119	1246	273	2	24	120	25	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.140	4	399	135	1	105	1145	252	1	23	113	23	20	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.141	5	410	134	1	113	1206	260	1	23	113	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.142	5	411	137	1	115	1249	267	1	24	120	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.143	5	408	134	1	115	1258	270	1	24	121	24	21	6

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.144	5	416	140	2	111	1209	266	1	23	112	22	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.145	5	411	134	1	121	1298	261	1	23	124	25	21	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.146	5	407	136	2	119	1282	260	1	24	124	25	22	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.147	5	414	137	2	112	1199	266	2	24	117	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.108	6	369	146	2	118	1466	289	1	56	121	23	27	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.148	4	408	137	1	107	1154	248	1	24	114	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.149	4	421	136	1	106	1170	252	1	24	116	23	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.150	6	368	139	2	117	1456	281	1	55	115	23	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.151	6	363	140	2	117	1441	291	1	56	119	23	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.152	4	415	137	1	104	1139	250	1	23	115	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.153	4	411	134	1	112	1202	256	2	24	119	24	21	7
Lipari	SCU.GEOL.100	2	53	290	15	35	150	32	15	14	35	7	45	15
Lipari	SCU.GEOL.101	2	58	289	16	36	164	33	15	16	39	8	49	15
Lipari	SCU.GEOL.102	2	54	285	15	36	151	32	15	14	35	7	44	15
Lipari	SCU.GEOL.103	2	54	283	15	36	154	32	15	14	36	7	47	15
Lipari	SCU.GEOL.104	2	53	286	15	35	149	32	15	14	36	7	45	15
Lipari	SCU.GEOL.105	2	54	279	15	36	153	32	15	14	35	7	44	14
Lipari	SCU.GEOL.99	2	57	285	15	35	158	33	15	16	38	8	47	15
Palmarola	SCU.GEOL.186	2	50	430	5	39	214	59	45	8	42	8	56	18
Palmarola	SCU.GEOL.187	2	51	452	5	38	213	59	46	8	42	8	56	18

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Palmarola	SCU.GEOL.188	3	50	444	6	41	226	60	45	9	44	8	60	18
Palmarola	SCU.GEOL.189	2	52	441	6	49	272	64	47	9	51	10	68	18
Palmarola	SCU.GEOL.190	2	52	435	6	46	250	64	46	9	49	9	65	19
Palmarola	SCU.GEOL.191	2	51	444	5	43	238	60	44	9	46	9	60	18
Palmarola	SCU.GEOL.192	2	53	446	6	48	262	62	46	9	52	10	70	19
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.170	4	89	231	22	28	67	43	4	111	20	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.60	7	90	259	28	32	77	48	4	134	23	7	17	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.61	6	89	264	25	30	70	47	4	131	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.62	7	91	262	29	36	83	50	4	143	25	7	18	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.63	7	86	252	28	35	80	48	4	135	24	7	17	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.64	7	87	261	27	34	84	51	4	130	24	7	18	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.32	6	86	247	24	31	73	45	4	121	22	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.33	6	83	242	24	30	72	43	4	112	22	6	16	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.34	5	89	250	21	28	67	46	4	103	19	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.35	5	88	262	24	30	72	48	4	117	20	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.36	5	89	249	25	31	72	47	4	118	21	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.37	5	92	265	24	30	73	49	4	123	22	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.38	5	89	261	25	29	69	47	4	118	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.39	5	89	240	23	29	69	45	4	119	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.40	5	84	227	24	29	67	45	4	115	19	6	14	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.41	5	93	252	23	27	68	45	4	120	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.42	5	84	235	23	28	66	43	4	114	19	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.65	5	85	248	24	29	71	46	4	123	21	6	15	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.66	5	86	253	26	32	78	49	4	128	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.67	5	85	253	26	31	75	49	4	129	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.68	5	88	254	23	32	78	49	4	120	23	7	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.69	5	87	251	18	29	71	46	4	93	20	6	15	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.81	6	84	250	58	28	115	41	4	277	28	7	19	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.83	6	87	250	63	32	134	44	4	312	32	8	20	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.16	6	68	239	73	21	140	33	4	474	34	7	20	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.17	6	68	243	77	22	146	32	4	479	34	7	21	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.18	6	71	249	71	21	138	32	4	458	32	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.19	6	70	231	70	20	135	32	4	445	31	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.20	7	71	242	73	20	137	32	4	446	31	6	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.21	6	71	231	70	19	124	31	4	433	29	6	18	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.22	6	69	234	71	19	129	31	4	444	30	6	18	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.23	6	68	236	72	20	134	31	4	449	31	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.24	5	70	220	63	18	119	28	3	403	28	6	16	4
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.77	4	87	232	50	24	101	39	4	249	24	6	16	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.78	4	83	228	51	22	98	37	4	249	24	6	15	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.79	4	80	222	49	21	94	36	3	245	22	5	14	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.80	4	86	227	44	21	89	36	3	227	22	6	14	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.71	6	79	251	62	32	130	44	4	288	31	8	21	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.72	5	77	248	58	30	122	42	4	286	29	7	20	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.82	5	52	255	52	21	124	27	7	298	30	6	21	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.84	5	52	243	39	20	110	27	7	210	26	6	19	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.85	5	49	235	50	20	119	28	7	304	28	6	20	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.86	5	53	244	40	21	110	27	7	211	25	6	19	6
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.87	5	53	251	35	18	97	26	6	190	22	5	17	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.88	5	54	237	48	18	111	27	6	282	26	5	18	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.97	5	54	241	26	18	89	26	7	124	21	5	16	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.25	5	51	225	45	18	108	25	6	262	26	5	18	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.27	5	48	225	44	17	97	24	6	264	24	5	17	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.28	5	51	235	24	19	87	25	7	109	20	5	16	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.29	5	50	306	20	16	86	25	7	130	20	4	15	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.30	4	52	248	26	18	90	26	7	119	20	5	15	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.31	4	53	247	51	20	121	28	7	296	27	6	19	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.75	4	53	230	29	16	82	24	6	144	19	4	14	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.76	4	54	228	36	15	87	24	6	205	21	4	14	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.70	4	48	237	38	19	100	26	7	201	24	5	17	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.73	5	46	247	30	22	103	27	7	133	25	6	19	6
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.74	5	48	238	45	22	122	28	7	240	29	6	21	6
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.94	5	71	181	104	23	233	27	2	917	53	10	26	4
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.95	5	66	178	123	21	230	27	2	970	49	10	24	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.96	5	72	172	111	21	214	27	2	908	47	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.98	5	69	176	108	20	213	26	2	944	48	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.43	4	65	167	102	18	197	25	2	851	42	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.44	4	60	166	86	20	209	25	2	753	42	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.45	4	69	163	86	18	190	25	2	770	41	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.46	5	81	179	109	19	203	27	2	925	45	9	22	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.47	4	62	160	89	17	174	26	2	755	40	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.48	4	67	166	90	18	173	25	2	784	41	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.49	4	66	170	85	20	211	25	2	721	42	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.50	4	71	162	102	18	187	26	2	815	43	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.51	5	66	175	94	21	212	28	2	812	46	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.52	4	72	160	93	18	179	26	2	935	44	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.53	4	59	172	80	21	224	24	2	672	43	8	22	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.54	4	76	167	98	19	194	26	2	850	44	9	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.55	4	68	167	84	18	190	25	2	763	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.56	4	70	167	98	19	197	26	2	852	43	8	21	3

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.57	4	65	174	89	19	209	25	2	754	40	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.58	4	75	170	75	18	205	27	2	804	40	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.59	4	71	164	86	19	192	24	2	777	43	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.89	4	71	170	106	17	186	25	2	855	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.90	4	68	169	102	17	184	25	2	860	42	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.91	4	71	165	97	17	184	25	2	817	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.92	4	63	160	75	17	180	24	2	764	38	7	18	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.93	4	64	170	79	19	194	25	2	795	42	8	20	3

Référence

ORANGE, M., LE BOURDONNEC, F.-X., SCHEFFERS, A., JOANNES-BOYAU, R. (2016) - Sourcing obsidian: a new optimized LA-ICP-MS protocol, *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 2 (2), p.192-202.

ANNEXE 5 : DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Résultats PIXE obtenus sur 55 échantillons géologiques de la Méditerranée occidentale : Sardaigne (SA, SB1, SB2, SC), Lipari, Palmarola et Pantelleria (Balata dei Turchi et Lago di Venere). Les oxydes sont wt% et les éléments traces en ppm.

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SA	ARC-URS	3,4	13,8	75,7	4,8	0,59	0,0917	0,054	1,28	80	25	259	31	80
Monte Arci - SA	SA44	3,5	13,8	75,4	4,8	0,59	0,0925	0,051	1,34	80	25	270	34	78
Monte Arci - SA	SA47	3,3	13,5	75,7	5,2	0,63	0,0878	0,049	1,23	72	23	227	24	71
Monte Arci - SA	SA49	3,4	13,7	75,8	4,9	0,60	0,0821	0,052	1,24	76	24	246	29	78
Monte Arci - SA	SA55	3,4	13,6	75,8	4,9	0,60	0,0898	0,051	1,23	73	23	243	30	71
Monte Arci - SA	SA66	3,4	13,5	75,8	4,9	0,62	0,0792	0,054	1,31	78	23	253	22	90
Monte Arci - SA	SA67	3,5	13,6	75,8	4,9	0,60	0,0866	0,053	1,26	76	22	257	28	68
Monte Arci - SA	429	3,1	13,9	75,7	4,9	0,59	0,0982	0,057	1,42	86	25	267	28	85
Monte Arci - SB1	SB 201	3,5	14,0	74,8	5,0	0,73	0,1380	0,046	1,43	75	24	253	69	124
Monte Arci - SB1	SB 213B	3,5	14,0	74,9	4,9	0,70	0,1318	0,046	1,51	74	24	255	64	123
Monte Arci - SB1	SB1-08	3,3	14,0	74,8	5,1	0,72	0,1360	0,044	1,50	73	23	259	70	127
Monte Arci - SB1	SB1-52	3,4	13,8	75,0	5,1	0,76	0,1298	0,047	1,43	73	23	255	67	124
Monte Arci - SB1	SB1-64B	3,4	13,8	75,1	5,1	0,74	0,1431	0,042	1,34	68	24	231	58	111
Monte Arci - SB1	SB1-65	3,4	13,8	75,1	5,1	0,74	0,1540	0,046	1,41	71	25	251	65	116
Monte Arci - SB1	SB 113	3,3	13,4	75,9	5,1	0,55	0,1189	0,032	1,29	47	20	263	33	99
Monte Arci - SB2	SB 114	3,2	13,2	76,0	5,3	0,59	0,1186	0,030	1,19	43	18	232	40	113

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SB2	SB 115	3,2	13,1	76,3	5,2	0,59	0,0997	0,028	1,09	39	16	214	30	83
Monte Arci - SB2	SB2-48B	3,2	13,2	75,7	5,5	0,64	0,1579	0,030	1,25	43	18	230	48	117
Monte Arci - SB2	SB2-26B	3,4	13,5	75,7	5,1	0,58	0,1297	0,031	1,26	45	19	249	47	108
Monte Arci - SB2	SB2-74B	3,4	13,2	75,6	5,1	0,74	0,1406	0,033	1,33	47	20	238	51	124
Monte Arci - SB2	SB2-75B	3,0	13,3	75,7	5,6	0,60	0,1245	0,031	1,25	44	19	232	46	111
Monte Arci - SB2	442	3,2	13,3	76,0	4,9	0,55	0,1165	0,033	1,46	48	20	251	30	104
Monte Arci - SB2	SB1_06	3,2	13,4	76,2	4,9	0,58	0,1329	0,031	1,23	39	21	250	53	120
Monte Arci - SB2	SB2_50B	3,1	13,5	76,2	4,9	0,55	0,1144	0,031	1,17	47	14	229	47	104
Monte Arci - SC	SC01	3,2	14,2	73,7	5,5	0,85	0,2683	0,031	1,89	64	21	198	137	256
Monte Arci - SC	SC02	3,3	14,4	73,5	5,4	0,90	0,2964	0,028	1,73	59	22	189	150	243
Monte Arci - SC	SC7A	3,4	14,2	73,9	5,4	0,89	0,2522	0,027	1,55	52	19	160	108	216
Monte Arci - SC	SC9	3,2	14,1	73,8	5,6	0,83	0,2603	0,031	1,71	57	23	167	113	239
Monte Arci - SC	428	3,1	14,4	73,6	5,3	0,94	0,3050	0,032	1,79	64	21	180	150	216
Monte Arci - SC	430	3,0	14,5	73,6	5,4	0,94	0,3033	0,031	1,81	62	22	185	155	226
Monte Arci - SC	431	3,1	14,6	73,1	5,3	1,09	0,3602	0,031	2,00	65	23	182	195	230
Monte Arci - SC	432	3,0	14,5	73,6	5,4	0,91	0,2994	0,030	1,81	63	22	180	151	229
Monte Arci - SC	433	3,0	14,3	73,6	5,4	0,85	0,3202	0,030	1,97	68	21	189	148	226
Monte Arci - SC	435	3,1	14,5	73,5	5,4	0,91	0,2957	0,030	1,77	62	21	187	152	229
Monte Arci - SC	436	3,1	14,5	73,5	5,3	0,97	0,2830	0,031	1,76	62	22	185	154	223
Monte Arci - SC	437	3,0	14,4	73,7	5,5	0,86	0,2752	0,030	1,78	64	21	185	138	241

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SC	438	3,2	14,5	73,5	5,0	1,06	0,2912	0,033	1,88	62	21	168	174	228
Monte Arci - SC	444	3,1	14,1	73,9	5,4	0,86	0,3161	0,029	1,65	56	20	174	148	252
Monte Arci - SC	449	3,5	14,3	73,2	5,1	1,23	0,3425	0,032	1,72	60	21	174	148	199
Monte Arci - SC	CL191	3,0	14,6	73,5	5,2	1,03	0,2497	0,029	1,59	54	22	163	166	275
Monte Arci - SC	CL193	3,1	14,3	73,5	5,3	0,87	0,2519	0,031	1,63	58	24	191	141	271
Monte Arci - SC	SCgp1	3,0	14,3	73,6	5,4	0,87	0,2528	0,031	1,67	62	23	179	144	267
Monte Arci - SC	SCgp2	2,9	14,4	74,0	5,2	0,88	0,2568	0,029	1,55	59	26	175	139	291
Monte Arci - SC	SCgp3	3,0	14,4	73,8	5,3	0,89	0,2452	0,029	1,58	59	24	173	144	259
Lipari	LIP 2	4,1	13,3	74,9	4,6	0,68	0,0655	0,056	1,65	53	21	335	22	215
Lipari	Lip. F.V.	4,2	13,2	74,9	4,7	0,70	0,0657	0,057	1,61	52	21	342	20	206
Palmarola	Palmarola	4,8	13,5	74,5	4,4	0,44	0,0806	0,071	1,62	43	21	510	10	405
Palmarola	Pta. Var.	4,8	13,4	74,5	4,4	0,44	0,0759	0,071	1,61	46	23	517	11	309
Pantelleria - BDT	Balt13	7,7	7,3	71,1	3,6	0,27	0,1618	0,292	7,98	440	36	159	<LOD*	1986
Pantelleria - BDT	Balt10	6,5	7,4	71,2	3,9	0,27	0,1687	0,301	8,41	466	35	157	<LOD	2005
Pantelleria - BDT	PAN-BTO	6,8	7,8	71,9	3,8	0,26	0,1569	0,236	8,44	362	25	118	<LOD	1950
Pantelleria - BDT	Balt21	7,1	7,6	72,3	3,8	0,24	0,1687	0,228	8,12	357	25	115	<LOD	1783
Pantelleria - LDV	Lagv19	7,1	9,7	67,2	4,1	0,49	0,4486	0,331	8,59	299	35	93	<LOD	1154
Pantelleria - LDV	Lagv20	7,2	9,9	67,7	4,0	0,47	0,4337	0,268	8,98	246	31	86	<LOD	1181
Pantelleria - LDV	Lagv15	7,5	9,9	67,8	4,0	0,47	0,4522	0,267	8,95	264	25	40	<LOD	1217

*Limit of Detection

Références

- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., ATZENI, E., DUBERNET, S., MORETTO, P., SERANI, L. (2007) – Early Neolithic obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case, *Journal of Archaeological Science*, 34, 3, p.428-439.
- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., CONGIA, C., MORETTO, P., CALLIGARO, T., SANNA, I., DUBERNET, S. (2008) - Obsidians in the Rio Saboccu (Sardinia, Italy) Campsite: Provenance, Reduction and Relations with the wider Early Neolithic Tyrrhenian area, *C. R. Palevol*, 7, p.249-258.
- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., CONGIA, C., MORETTO, P., CALLIGARO, T., SANNA, I., DUBERNET, S. (2009) - Obsidian Economy in the Rio Saboccu Open-Air Early Neolithic Site (Sardinia, Italy). In : F. Sternke, L.-J. Costa et L. Eigeland (dir.), *Non-flint Raw Material Use in Prehistory: Old Prejudices and New Directions. Acts of the XVth Congress of the UISPP*, Oxford, Archaeopress, BAR International Series, p. 203-216.
- MULAZZANI, S., LE BOUDONNEC, F.-X., BELHOUCHET, L., POUPEAU, G., ZOUGHLAMI, J., DUBERNET, S., TUFANO, E., LEFRAIS, Y., KHEDHAIER, R. (2010) - Obsidians from the Epipalaeolithic and Neolithic Eastern Maghreb. A View from the Hergla Context (Tunisia), *Journal of Archaeological Science*, 37, p.2529-2537.
- POUPEAU, G., BELLOT-GURLET, L., BRISOTTO, V., DORIGHEL, O. (2000) - Nouvelles données sur la provenance de l'obsidienne des sites néolithiques du sud-est de la France, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (2a)*, 330, 4, p.297-303.

ANEXE 6 : INVENTAIRE DES SUPPORTS

- Bâtiment 1037

US 1037	SA	SC	Total
Éclats	-	1/4	1/4
Complets	-	-	-
Fragments proximaux	-	-	-
Fragment d'éclat	-	1	1
Lamelles	1/4	2/4	3/4
Completes	-	-	-
Fragments proximaux	-	-	-
Fragments mésiaux	-	2	2
Fragments distaux	1	-	1
Nucléus	-	-	-
Sous-total	1	3	4
<i>Esquilles</i>	-	1	1
<i>Débris</i>	-	-	-
Total	1	4	5

US 1039	SA	SC	Total
Éclats	1/11	2/11	3/11
Complets	-	-	-
Fragments proximaux	-	-	-
Fragment d'éclat	1	2	3
Lamelles	3/11	5/11	8/11
Completes	-	-	-
Fragments proximaux	1	1	2
Fragments mésiaux	2	4	6
Fragments distaux	-	-	-
Nucléus	-	-	-
Total	4	7	11
<i>Débris de prélèvement (non analysés)</i>			<u>9</u>

US 1040	SA	SC	Total
Éclats	-	1/6	1/6
Complets	-	-	-
Fragments proximaux	-	-	-
Fragment d'éclat	-	1	1
Lamelles	2/6	3/6	5/6
Completes	-	-	-
Fragments proximaux	-	2	2
Fragments mésiaux	1	1	2
Fragments distaux	1	-	1
Nucléus	-	-	-
Total	2	4	6
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>			<u>33</u>

US 1047	SA	SC	Total
Éclats	1/4	1/4	2/4
Complets	1	-	1
Fragments proximaux	-	-	-
Fragment d'éclat	-	1	1
Lamelles	-	2/4	2/4
Completes	-	-	-
Fragments proximaux	-	-	-
Fragments mésiaux	-	2	2
Fragments distaux	-	-	-
Nucléus	-	-	-
Total	1	3	4

US 1048	SA	SC	Total
Éclats	2/17	8/17	10/17
Complets	-	2	2
Fragments proximaux	1	1	2
Fragment d'éclat	1	5	6
Lamelles	4/17	3/17	7/17
Complètes	-	-	-
Fragments proximaux	1	2	3
Fragments mésiaux	3	-	3
Fragments distaux	-	1	1
Nucléus	-	-	-
Sous-total	6	11	17
<i>Esquilles</i>	1	1	2
<i>Débris</i>	1	-	1
Total	8	12	20
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>			<u>13</u>

US 1053	SA	Total
Éclats	1/2	1/2
Complets	-	-
Fragments proximaux	1	1
Fragment d'éclat	-	-
Lamelles	1/2	1/2
Complètes	-	-
Fragments proximaux	-	-
Fragments mésiaux	1	1
Fragments distaux	-	-
Nucléus	-	-
Total	2	2

US 1054	SA		SC		Non analysés		Total
	N	%	N	%	N	%	
Éclats	7	9,3 %	10	13,3 %	1	1,3 %	24 % (18)
Complets	1	1,3 %	1	1,3 %	-	-	2
Fragsents proximaux	-	-	2	2,7 %	-	-	2
Fragment d'éclat	6	8 %	7	9,3 %	1	1,3 %	14
Lamelles	21	28 %	33	44 %	3	4 %	76 % (57)
Complètes	-	-	-	-	-	-	-
Fragsents proximaux	3	4 %	4	5,3 %	-	-	7
Fragsents mésiaux	17	22,7 %	25	33,3 %	1	1,3 %	43
Fragsents distaux	1	1,3 %	4	5,3 %	2	2,7 %	7
Nucléus	-	-	-	-	-	-	-
Sous-total	28	37,3 %	43	57,3 %	4	5,3 %	75
<i>Esquilles</i>	1	-	2	-	1	-	4
<i>Débris</i>	2	-	3	-	1	-	6
Total	31		48		6		85
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>							<u>126</u>

- Bâtiment 1084

US 1064	SA	SC	Total
Éclats	-	-	-
Lamelles	3/5	2/5	5/5
Complètes	-	-	-
Fragments proximaux	2	1	3/5
Fragments mésiaux	1	1	2/5
Fragments distaux	-	-	-
Nucléus	-	-	-
Total	3	2	5

US 1071	SA		SC		SB2		Non analysés		Total
	N	%	N	%	N	%	N	%	
Éclats	11	9,2 %	20	16,7 %	3	2,5 %	5	4,1 %	32,5 % (39)
Complets	1	0,8 %	1	0,8 %	-	-	2	1,7 %	4
Fragments proximaux	3	2,5 %	3	2,5 %	1	0,8 %	-	-	7
Fragment d'éclat	7	5,8 %	16	13,3 %	2	1,7 %	3	2,5 %	28
Lamelles	30	25 %	44	36,7 %	1	0,8 %	5	4,2 %	66,7 % (80)
Complètes	1	0,8 %	-	-	-	-	1	0,8 %	2
Fragments proximaux	8	6,7 %	12	10 %	-	-	2	1,7 %	22
Fragments mésiaux	18	15 %	25	20,8 %	-	-	-	-	43
Fragments distaux	3	2,5 %	7	5,8 %	1	0,8 %	2	1,7 %	13
Nucléus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indéterminés	-	-	1	0,8 %	-	-	-	-	0,8 % (1)
Sous-total	41	34,2 %	65	54,2 %	4	3,3 %	10	8,3 %	120
<i>Esquilles</i>	1	-	5	-	-	-	1	-	7
<i>Débris</i>	3	-	6	-	-	-	1	-	10
Total	45	-	76	-	4	-	12	-	137
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>									12

US 1081	SC	Total
Éclats	1/2	1/2
Complets	-	-
Fragments proximaux	-	-
Fragment d'éclat	1	1
Lamelles	1/2	1/2
Complètes	-	-
Fragments proximaux	-	-
Fragments mésiaux	1	1
Fragments distaux	-	-
Nucléus	-	-
Total	2	2

US 1083	SA	SC	Total
Éclats	-	-	-
Lamelles	2/3	1/3	3/3
Complètes	-	-	-
Fragments proximaux	1	-	1
Fragments mésiaux	1	-	1
Fragments distaux	-	1	1
Nucléus	-	-	-
Total	2	1	3

US 1084	SA	SC	Non analysés	Total
Éclats	5/20	1/20	-	6/20
Complets	2	-	-	2
Fragments proximaux	-	-	-	-
Fragment d'éclat	3	1	-	4
Lamelles	10/20	3/20	1/20	14/20
Complètes	-	-	-	-
Fragments proximaux	3	1	1	5
Fragments mésiaux	5	2	-	7
Fragments distaux	1	-	-	1
Indéterminées	1	-	-	1
Nucléus	-	-	-	-
Sous-total	15	4	1	20
<i>Esquilles</i>	1	-	1	2
<i>Débris</i>	-	1	1	2
Total	16	5	3	24
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>				<u>5</u>

US 1085	SA	SC	Total
Éclats	1/15	1/15	2/15
Complets	1	-	1
Fragments proximaux	-	-	-
Fragment d'éclat	-	1	1
Lamelles	9/15	4/15	13/15
Complètes	-	1	1
Fragments proximaux	3	1	4
Fragments mésiaux	6	2	8
Fragments distaux	-	-	-
Nucléus	-	-	-
Sous-total	10	5	15
<i>Esquilles</i>	3	1	4
<i>Débris</i>	-	-	-
Total	13	6	19
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>			<u>4</u>

US 1086	SA	SC	Total
Éclats	2/14	4/14	6/14
Complets	-	-	-
Frags proximaux	-	1	1
Fragment d'éclat	2	3	5
Lamelles	3/14	4/14	7/14
Complètes	-	-	-
Frags proximaux	1	2	3
Frags mésiaux	2	1	3
Frags distaux	-	1	1
Nucléus	-	-	-
Indéterminés	-	1/14	1/14
Sous-total	5	9	14
<i>Esquilles</i>	1	-	1
<i>Débris</i>	-	1	1
Total	6	10	16

US 1088	SA	SC	SB2	Non analysés	Total
Éclats	4/16	1/16	-	1/16	6/16
Complets	2	-	-	-	2
Frags proximaux	-	-	-	-	-
Fragment d'éclat	2	1	-	1	4
Lamelles	6/16	3/16	1/16	-	10/16
Complètes	1	-	-	-	1
Frags proximaux	1	2	-	-	3
Frags mésiaux	2	-	1	-	3
Frags distaux	2	1	-	-	3
Nucléus	-	-	-	-	-
Sous-total	10	4	1	1	16
<i>Esquilles</i>	-	2	-	1	3
<i>Débris</i>	-	-	-	-	-
Total	10	6	1	2	19
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>					<u>1</u>

- Extérieur

US 1065	SA		SC		Non analysés		Total N
	N	%	N	%	N	%	
Éclats	10	9,5 %	5	4,8 %	4	3,8 %	18,1 % (19)
Complets	5	4,8 %	2	1,9 %	1	1 %	8
Fragments proximaux	-	-	-	-	-	-	-
Fragment d'éclat	5	4,8 %	3	2,9 %	3	2,9 %	11
Lamelles	31	29,5 %	54	51,4 %	1	1 %	81,9 % (86)
Complètes	3	2,9 %	-	-	-	-	3
Fragments proximaux	8	7,6 %	10	9,5 %	1	1 %	19
Fragments mésiaux	14	13,3 %	32	30,5 %	-	-	46
Fragments distaux	5	4,8 %	11	10,5 %	-	-	16
Indéterminées	1	1 %	1	1 %	-	-	2
Nucléus	-	-	-	-	-	-	-
Sous-total	41	39 %	59	56,2 %	5	4,8 %	105
<i>Esquilles</i>	2	-	2	-	2	-	6
<i>Débris</i>	4	-	3	-	-	-	7
Total	47	-	64	-	7	-	118

US 1070	SA		SC		SB2		Non analysés		Total N
	N	%	N	%	N	%	N	%	
Éclats	19	12,3 %	18	11,7 %	3	1,9 %	4	2,6 %	28,6 % (44)
Complets	4	2,6 %	4	2,6 %	-	-	1	0,6 %	9
Fragments proximaux	2	1,3 %	3	1,9 %	-	-	-	-	5
Fragment d'éclat	13	8,4 %	11	7,1 %	3	1,9 %	3	1,9 %	30
Lamelles	44	28,6 %	57	37 %	1	0,6 %	6	3,9 %	70,1 % (108)
Complètes	1	0,6 %	1	0,6 %	-	-	1	0,6 %	3
Fragments proximaux	6	3,9 %	16	10,4 %	1	0,6 %	4	2,6 %	27
Fragments mésiaux	30	19,5 %	30	19,5 %	-	-	-	-	60
Fragments distaux	6	3,9 %	9	5,8 %	-	-	1	0,6 %	16
Indéterminées	1	0,6 %	1	0,6 %	-	-	-	-	2
Nucléus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indéterminés	1	0,6 %	1	0,6 %	-	-	-	-	1,3 % (2)
Sous-total	64	41,6 %	76	49,4 %	4	2,6 %	10	6,5 %	154
<i>Esquilles</i>	2	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Débris</i>	2	-	3	-	-	-	2	-	7
Total	68	-	80	-	4	-	12	-	164

US 1087	SA	SC	SB2	Total
Éclats	1/28	10/28	-	11/28
Complets	1	2	-	3
Fragments proximaux	-	1	-	1
Fragment d'éclat	-	7	-	7
Lamelles	6/28	11/28	-	17/28
Complètes	-	1	-	1
Fragments proximaux	2	4	-	6
Fragments mésiaux	2	6	-	8
Fragments distaux	2	-	-	2
Nucléus	-	-	-	-
Sous-total	7	21	-	28
<i>Esquilles</i>	-	-	-	-
<i>Débris</i>	-	-	1	1
Total	7	21	1	29

US 1089	SA		SC		SB2		Non analysés		Total
	N	%	N	%	N	%	N	%	N
Éclats	3	6 %	4	8 %	1	2 %	-	-	16 % (8)
Complets	3	6 %	1	2 %	-	-	-	-	4
Fragments proximaux	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fragment d'éclat	-	-	3	6 %	1	2 %	-	-	4
Lamelles	20	40 %	18	36 %	-	-	4	8 %	84 % (42)
Complètes	-	-	1	2 %	-	-	-	-	1
Fragments proximaux	4	8 %	7	14 %	-	-	-	-	11
Fragments mésiaux	10	20 %	7	14 %	-	-	2	4 %	19
Fragments distaux	5	10 %	4	8 %	-	-	2	4 %	11
Nucléus	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sous-total	23	46 %	22	44 %	1	2 %	4	8 %	50
<i>Esquilles</i>	-	-	1	-	-	-	1	-	2
<i>Débris</i>	1	-	3	-	-	-	2	-	6
Total	24	-	26	-	1	-	7	-	58
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>									<u>8</u>

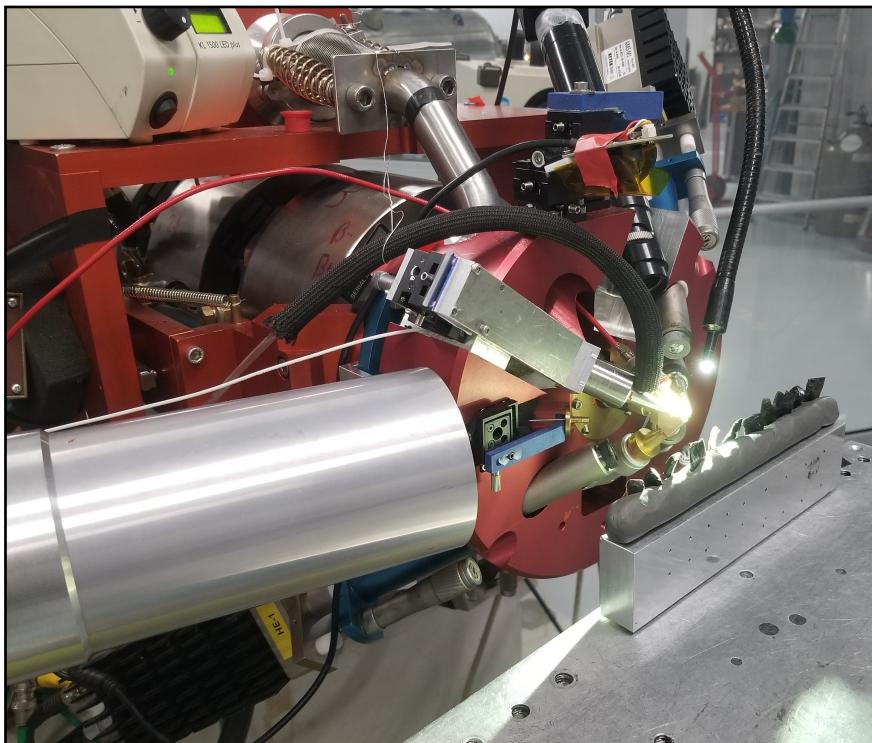
US 1094	SA	SC	SB2	Non analysés	Total
Éclats	16	13,2 %	18	14,9 %	1
Complets	5	4,1 %	4	3,3 %	-
Fragments proximaux	1	0,8 %	2	1,7 %	-
Fragment d'éclat	10	8,3 %	12	9,9 %	1
Lamelles	36	29,8 %	42	34,7 %	1
Completes	3	2,5 %	2	1,7 %	-
Fragments proximaux	15	12,4 %	7	5,8 %	1
Fragments mésiaux	14	11,6 %	28	23,1 %	-
Fragments distaux	4	3,3 %	4	3,3 %	-
Indéterminées	-	-	1	0,8 %	-
Nucléus	-	-	-	-	-
Indéterminés	-	-	2	1,7 %	-
Sous-total	52	43 %	62	51,2 %	2
<i>Esquilles</i>	-	-	1	-	1
<i>Débris</i>	4	-	2	-	-
Total	56	-	65	-	3
<i>Débris de prélèvements (non analysés)</i>					<u>9</u>

Année universitaire 2023-2024

L'industrie lithique en obsidienne du Néolithique récent de Basì (Corse) : acquisition, production, usage

ANALYSE DE PROVENANCE

Présenté par Mathilde Papot



Sous la co-direction de :

Thomas Perrin, directeur de recherche au CNRS, TRACES - UMR 5608
François-Xavier Le Bourdonnec, maître de conférence à l'Université Bordeaux Montaigne

Mémoire présenté le 22/07/2024 devant un jury composé de :

Thomas Perrin, directeur de recherche au CNRS, TRACES - UMR 5608
François-Xavier Le Bourdonnec, maître de conférence à l'Université Bordeaux Montaigne
Bernard Gratuze, directeur de recherche au CNRS, IRAMAT - UMR 7065

Mémoire de Master 1 mention Histoire de l'art et archéologie
Spécialité Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique

Illustration de couverture : Accélérateur de particules New AGLAE au C2RMF

Crédits des images : Sauf mention contraire, les figures et photographies ont été réalisées par l'auteure

Remerciements

Mes premiers remerciements vont naturellement à Thomas Perrin pour avoir accepté de m'encadrer, et pour m'avoir permis de choisir un sujet de mémoire aussi intéressant. Sa disponibilité, sa rigueur, sa bienveillance et ses précieux conseils tout au long de cette année auront été essentiels pour moi.

Mes remerciements vont également à François-Xavier Le Bourdonnec qui a accepté avec enthousiasme la co-direction de ce mémoire. Sans lui je n'aurais jamais eu l'incroyable chance de faire autant d'expérimentations, et je n'aurais probablement pas pu obtenir des résultats aussi riches.

Je tiens à remercier chaleureusement Bernard Gratuze d'avoir accepté de faire partie du jury, ainsi que pour son accueil pendant deux jours à l'IRAMAT d'Orléans, pour la découverte des analyses au LA-ICP-MS et pour tout ce que j'ai pu apprendre en si peu de temps.

Je remercie également grandement le C2RMF, notamment le groupe Aglae+, de m'avoir permis de faire des analyses au sein de leur laboratoire, de leur patience suite aux nombreuses sessions repoussées, et de leur gentillesse une fois sur place. Je remercie sincèrement Quentin Lemasson d'avoir organisé et supervisé les deux journées de manipulation.

Ce travail a été en partie financé par un projet PSE de l'Université Bordeaux Montaigne (Politique Scientifique d'Établissement / Le Bourdonnec / 2024), et je souhaite vivement remercier Ourida Gaucher pour la gestion administrative de mes missions.

Enfin, je remercie ma promotion pour le soutien mutuel que nous nous sommes apportés pendant cette année, et je remercie profondément ma famille et mes proches pour les relectures de ce mémoire, mais surtout pour m'avoir toujours soutenue et respectée dans mes choix.

Table des matières

Introduction	1
I. Contexte chrono-culturel	2
1. Le Néolithique en Méditerranée occidentale	2
2. La Corse et la Sardaigne	3
3. Le Basien et l’Ozieri, un Néolithique récent propre aux deux îles	5
4. La technologie lithique en obsidienne : un réseau d’échange	7
II. Le site de Basì	9
1. Situation géographique	9
2. Historique des fouilles	10
3. Chronologie du site	11
3.1 <i>Datations radiocarbonées</i>	11
3.2 <i>Évolution de l’industrie lithique</i>	13
4. Focus sur le Basien	14
5. Présentation du corpus	16
5.1. <i>Localisation et datation</i>	16
5.2. <i>Étude techno-typologique de la collection</i>	18
III. Problématique	20
IV. Cadre méthodologique : l’étude de provenance	21
1. Qu’est-ce qu’une étude de provenance ?	21
2. Caractérisation physico-chimique de l’obsidienne	22
3. Historique des méthodes utilisées pour les études de provenance des obsidiennes	23
3.1 <i>Caractérisation par analyse élémentaire</i>	23
3.2. <i>Caractérisation par l’âge de formation et par les propriétés physiques</i>	25
4. L’obsidienne en Méditerranée occidentale	26
4.1. <i>Types et sources d’obsidienne, circulation</i>	26
4.2. <i>La Méditerranée : une zone d’étude idéale</i>	29
5. L’importance d’inclure les analyses de provenance dans une étude complète	30
V. Étude de la collection	31
1. Stratégie analytique	31
1.1. <i>Définition d’une stratégie analytique</i>	31
1.2. <i>Choix des méthodes</i>	31

<i>1.3 Avantages et contraintes</i>	32
2. Analyses XRF	34
3. Analyses LA-ICP-MS	35
4. Analyses PIXE	38
VI. Premiers résultats	40
1. Des données brutes aux résultats exploitables	40
2. Résultats	40
<i>2.1. ED-XRF</i>	40
<i>2.2. LA-ICP-MS</i>	42
<i>2.3 PIXE</i>	44
3. Conclusion des analyses pour la collection : une tendance qui se dessine	45
VII. Perspectives	47
Bibliographie	48
Annexes	53

Introduction

L'obsidienne est une roche volcanique majeure de la Préhistoire. Très tôt dans l'histoire de l'humanité ce matériau est travaillé et acquiert une valeur importante grâce à ses propriétés physiques (facilité de taille et de polissage permettant la production d'une grande variété d'objets). N'étant présente que sur certains gisements autour du globe, sa circulation est un phénomène majeur et permet, ici pour la Méditerranée, d'aborder les dynamiques et échanges des populations du passé.

L'industrie lithique en obsidienne est également un excellent support pour étudier l'ensemble de sa chaîne opératoire, allant de l'origine de la matière première jusqu'à l'usage et l'abandon des outils produits. Les études de provenance se sont bien développées depuis les travaux fondateurs de 1964, et les gisements d'obsidiennes exploités, d'un nombre assez limité, sont désormais bien connus. L'analyse d'un grand nombre de pièces, facilement attribuables à leur source (sauf exceptions), peut aujourd'hui s'effectuer grâce à un large panel de méthodes physico-chimiques.

La Corse est une île située au sud de la mer Ligurienne, très en contact avec la Sardaigne dont proviennent toutes les obsidiennes de l'île de Beauté. Les fouilles du site archéologique de Basì, depuis une dizaine d'années, ont permis de mettre au jour un mobilier conséquent qui offre l'opportunité de rédiger un mémoire sur ce matériau abondant au Néolithique récent. A l'origine, ce mémoire de Master 1 devait se centrer sur une double étude d'une collection lithique : une étude techno-typologique en parallèle d'une étude de provenance. La quantité de mobilier sélectionnée s'est finalement avérée trop importante et ce mémoire ne portera donc que sur les analyses de provenance, dont la méthode a été bien acquise au cours de cette année. Lors du master 2 ces résultats seront associés à l'étude techno-typologique afin de présenter une étude complète d'une collection archéologique.

Ce mémoire présentera ainsi les analyses effectuées tout au long de l'année sur une partie de la collection archéologique, et les premiers résultats obtenus.

I. Contexte chrono-culturel

1. Le Néolithique en Méditerranée occidentale

La néolithisation est un processus complexe, une lente mutation où l'Homme abandonne progressivement son mode de vie de chasseur-collecteur nomade pour développer l'agriculture et l'élevage, le plus souvent dans un mode de vie sédentaire. Il apparaît dans différentes zones du monde, en toute indépendance, chacune ayant son propre contexte socio-économique. Le Néolithique en Europe occidentale est le résultat d'une diffusion de ce mode de vie depuis le Proche-Orient, foyer primaire où « la sédentarisation apparaît dès le XIV^e millénaire avant notre ère et l'agriculture dès le X^e millénaire » (Perrin *et al.*, 2022, p. 23).

Les premières attestations du Néolithique dans le bassin méditerranéen datent du début du VI^e millénaire av. n.è., en Italie du Sud et sur les côtes adriatiques (Manen *et al.*, 2019). Ces populations de la culture *Ceramica impressa* s'implantent rapidement le long des côtes de la Méditerranée occidentale, atteignant le Languedoc méditerranéen seulement un siècle plus tard. C'est une phase pionnière de la néolithisation méditerranéenne, une colonisation qui s'est faite en grande partie par voies maritimes.

Dans un second temps, le Néolithique ancien (5500-5200 av. n.è.) « est marqué [...] par la constitution d'entités culturelles plus réduites » (Vaquer, 2007, p. 103). La plus connue est la culture Cardial, tirant son nom des céramiques décorées à l'aide de coquilles de *cardium*, la technique décorative la plus présente. Vecteur important de la néolithisation dans les terres (Guilaine et Manen, 2007), il se retrouve principalement en France et en Espagne (Cardial franco-ibérique) et autour de la mer Tyrrhénienne (Cardial tyrrhénien). Les dynamiques de mise en place et de développement du Cardial ne sont pas encore bien établies, toutefois quelques grandes caractéristiques générales peuvent être citées. L'industrie lithique cardiale est constituée à la fois d'une production laminaire obtenue par percussion indirecte et d'une industrie sur éclats. On obtient ainsi des outils tels que des fauilles, des couteaux ou encore des grattoirs robustes (*ibid.*). La céramique est représentée principalement par un style « conjuguant fréquemment cannelures et impressions disposées en bandes, faisceaux ou guirlandes » (*ibid.*, p. 317). Vers 5300-5000 av. n.è., le Cardial évolue petit à petit vers l'Épicardial qui le remplace totalement à la fin du IV^e millénaire.

C'est alors le début Néolithique moyen, daté d'environ 4900 à 3400 av. n.è. (Van Willigen, 2020). Période de « recomposition des entités culturelles [dans] l'ensemble de la Méditerranée nord-occidentale » (Vaquer, 2007), le Néolithique moyen est souvent résumé au Chasséen uniquement, situé dans le midi de la France. Pourtant de nombreuses cultures se développent, notamment en Italie. A cette période, de grands réseaux d'échange sont mis en

place pour les matières premières (silex et obsidiennes) mais aussi pour les objets (haches polies, céramiques, parures ; *ibid*). L'industrie lithique est souvent caractérisée par une majorité de silex (locaux ou importés) débités par percussion indirecte pour obtenir des éclats et des lames. Le quartz et l'obsidienne sont également présents mais dans une moindre mesure, pour la production de lamelles uniquement (Van Willigen, 2020).

A partir de 4200 à 3500 av. n.è, c'est le début du Néolithique récent dans l'aire italique, et la seconde partie du Néolithique moyen en France. A cette période, les réseaux d'échange sont à leur apogée, en parallèle d'une nouvelle « recomposition des entités culturelles » (Vaquer, 2007, p. 108). C'est à cette période que les obsidiennes sardes prennent de l'ampleur dans le nord-ouest de la Méditerranée, et est omniprésente dans le sud de la Corse. Nous allons donc plus en détail nous intéresser à ces deux îles qui sont au cœur de ce mémoire.

2. La Corse et la Sardaigne

Les îles de Méditerranée occidentale telles que la Corse et la Sardaigne sont restées vierges de toute occupation humaine pendant le Pléistocène. Même lors de la dernière glaciation, quand le niveau de la mer se situait 130 m plus bas qu'aujourd'hui, la Corse et la Sardaigne n'ont jamais été liées au continent. Ces deux îles ne formaient d'ailleurs qu'une seule « entité cohérente et réelle : le bloc corso-sarde » (Perrin *et al.*, 2022). Ce n'est que vers le X^e millénaire av. n.è. que la remontée progressive des eaux sépare la Corse et la Sardaigne, créant le détroit de Bonifacio.

Le peuplement de ces deux îles est assez récent. Même si certains chercheurs font remonter l'arrivée de l'Homme dès le Pléistocène final aucune preuve concrète, aucun mobilier préhistorique ne permet d'appuyer cette hypothèse. Les premières traces d'occupation de la Corse et de la Sardaigne remontent au Mésolithique, vers 8500 av. n.è. Seule une dizaine de gisements sont connus pour le moment, principalement en Corse, qui ne sont localisés qu'au nord et au sud des deux îles. A l'exception du site de plein air de Punta di Caniscione, « tous [...] correspondent à des implantations en grotte, abri ou pied de falaise » (Perrin *et al.*, 2022). Ces occupations mésolithiques s'étendent de 8600-8500 à 6600-6500 environ. Après ces deux millénaires d'occupation, aucune présence humaine n'est observée pendant plusieurs siècles et il faut attendre l'arrivée des premières populations néolithiques pour observer à nouveau une présence humaine. La question se pose quant à la nature de ce hiatus observé en Corse et en Sardaigne : réel abandon des îles ou absence de données ?

La chronologie du Néolithique de la Corse et de la Sardaigne s'est construite progressivement, en commençant par les travaux de R. Grosjean, G. Bailloud et G. Camps, entre les années 1960 et 1980 (Tramoni et D'Anna, 2016). A la toute fin du XX^e siècle, Gabriel Camps publie un ouvrage de synthèse sur le Néolithique corse (Camps, 1988) qui est alors divisé en trois phases (fig 1) : le Néolithique ancien s'étendant sur la deuxième partie du VI^e millénaire, le Néolithique moyen appelé Basien couvrant tout le IV^e millénaire et le Terrinien (Néolithique récent) qui couvre le III^e millénaire. En Sardaigne la situation est assez similaire, le Néolithique moyen est appelé Ozieri et les dates de l'Enéolitico sont très proches du Terrinien. Mais cette chronologie laisse un hiatus majeur entre le Néolithique ancien et moyen, ce qui pousse les chercheurs à la repenser. Les études sur le mégalithisme et le funéraire, ainsi que sur les habitats de plein air, ont fourni de nouvelles données mises en relation avec les anciennes qui ont pu être réinterprétées.

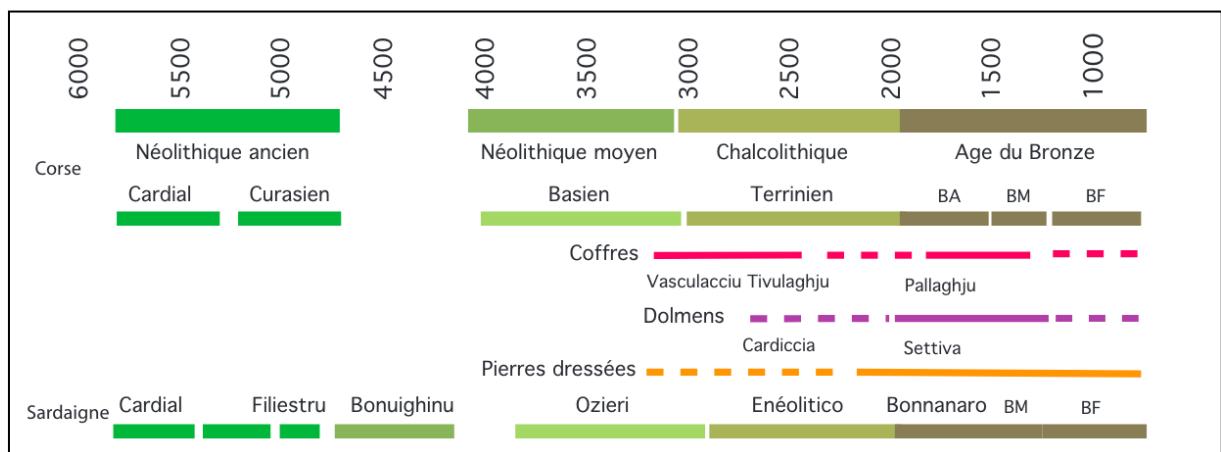


Figure 1. Chronologie du Néolithique en Corse et Sardaigne, état des connaissances vers 1995-2000 (Tramoni et D'Anna, 2016, fig. 1, p. 61).

La nouvelle chronologie proposée en 2016 (Tramoni et D'Anna, 2016) complexifie le Néolithique corse et sarde, découpé dans les deux cas en quatre phases (fig. 2) : Néolithique ancien, moyen, récent et final. Les implantations de populations *impressa* n'étaient pas encore visibles sur les deux îles, mais leur présence, qui se place pendant le VI^e millénaire av. n.è, est aujourd'hui attestée par de rares vestiges. En Corse, quelques-uns ont été mis au jour en 2023 sur le site de Basì, tandis que le site de Campu Stefanu a livré un des seuls niveaux fiables de cette période. En Sardaigne, seuls deux sites attestent d'une présence humaine *impressa* (Perrin *et al.*, 2022). À ce moment-là, pourtant, les premières obsidiennes sardes font leur apparition en Italie et sur le littoral Languedocien, ainsi qu'en Corse. Ces échanges de matière première sont un autre témoin de la réelle fréquentation des deux îles par les populations *impressa*.

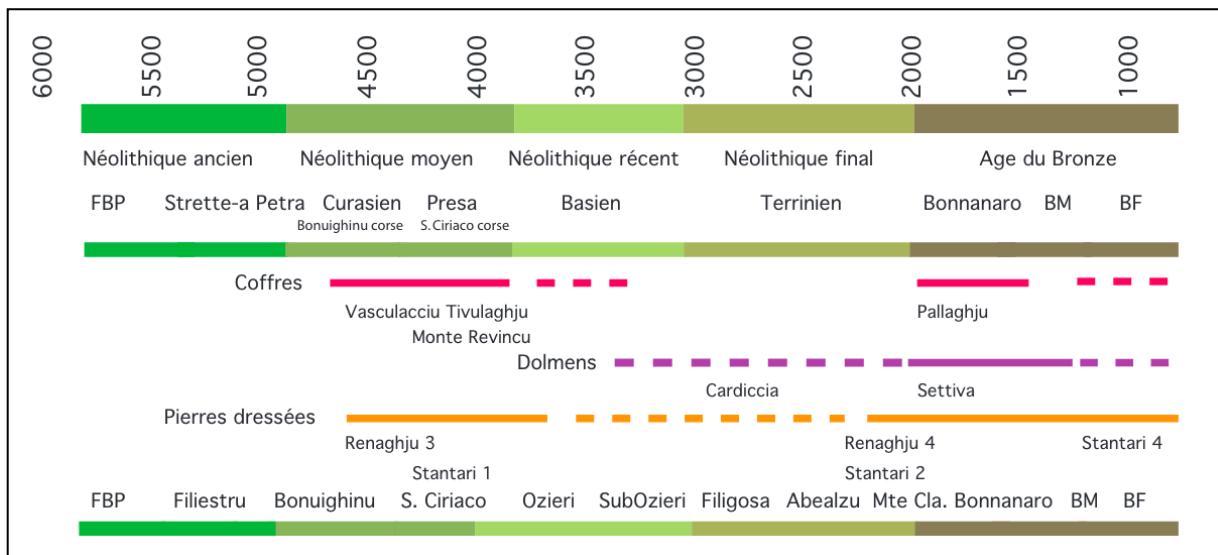


Figure 2. Chronologie du Néolithique en Corse et Sardaigne, d'après Tramoni et D'Anna (Tramoni et D'Anna, 2016, fig. 7, p. 69).

A partir de 5600/5500 av. n.è., la *ceramica impressa* laisse la place au Cardial tyrrhénien jusque vers 5000 av. n.è. (Perrin *et al.*, 2022). A cette époque, toute la Corse est fréquentée, les occupations sont variées, les premiers agriculteurs-éleveurs de l'île amènent avec eux des animaux domestiques et des céréales et de vrais habitats sont construits. Même si les liens restent forts, c'est à cette période que la Corse et la Sardaigne commencent à s'individualiser et à développer des cultures distinctes.

Enfin, le Néolithique moyen corse (4900-3900 av. n.è.) divisé en deux périodes « peut être mis en parallèle avec celui de la Sardaigne » (Tramoni et D'Anna, 2016, p. 69). Longtemps source de confusion, il permet de compléter la chronologie des deux îles en y intégrant correctement des phénomènes majeurs tel que le développement du mégalithisme. En Corse, le Curasien daté entre 4900 et 4400 av. n.è. environ et le Presa entre 4400 et 3900 possèdent de nombreuses affinités avec les deux périodes sardes contemporaines. Le début du mégalithisme y est très similaire jusqu'à la fin du Néolithique moyen, où de réelles différences s'observent. Les céramiques sont également très proches et la circulation de matières premières (obsidiennes et silex) renforce le lien entre les deux îles.

3. Le Basien et l'Ozieri, un Néolithique récent propre aux deux îles

Le terme de Basien apparaît pour la première fois dans les publications de Gérard Bailloud lors de ses fouilles sur le site éponyme de Basì (Bailloud, 1969a ; Bailloud, 1969b). Considéré dans un premier temps comme le Néolithique moyen de la Corse, en partie à cause

de ses ressemblances avec le Chasséen (Tramoni et D'Anna, 2016), il faudra du temps avant qu'il ne soit admis comme le Néolithique récent corse. Il s'étend « entre le dernier tiers du Ve et le premier tiers du IV^e millénaire » (Leandri, 2020, p. 30), ces dates étant susceptibles de légèrement évoluer. Le Basien n'est pas la seule culture corse du Néolithique récent, mais la plus connue. Il semble restreint au sud de l'île, du golfe d'Ajaccio à Sotta-Figari, et les faciès du nord de l'île sont plus difficiles à appréhender.

De véritables villages se développent à cette période où l'on observe un essor démographique (Leandri, 2020). L'industrie lithique, principalement en obsidiennes, est composée en majorité de lames et lamelles débitées par pression ou par percussion indirecte, et utilisées brutes (cf. Annexe 6). On y retrouve aussi des silex et des rhyolites en quantité moindre. La céramique se caractérise par une pâte sombre, polie, des fonds annulaires et la présence de décors de cordons en relief verticaux ou curvilignes (*ibid.*).

Avec l'essor démographique au IV^e millénaire, la période basienne est marquée par un vrai développement des sociétés agro-pastorales. On retrouve sur les sites archéologiques de nombreuses meules témoignant de la production agricole importante, et un changement dans le régime alimentaire carné s'observe.

Le terme Ozieri, de son nom complet culture de San Michel de Ozieri, provient de la grotte éponyme San Michele située sur la commune d'Ozieri, découverte en 1914. Sa position dans la chronologie sarde est un peu plus complexe que le Basien en Corse. Même s'il est bien placé entre les cultures de San Ciriaco et de Sub-Ozieri, certains positionnent cet horizon culturel au « Néolithique récent, final ou, encore, Énéolithique » (Melosu, 2013, p. 88). Il est daté autour de -4000/-3500 BC (Leandri, 2020).

Une des caractéristiques majeures de l'Ozieri est la *domus de janas*, un type de sépulture original qui se retrouve beaucoup en Sardaigne (plus de 3000 sont aujourd'hui recensées). Il s'agit de véritables grottes artificielles, des hypogées creusés au sein de la roche, parfois décorés (D'Anna *et al.*, 2010). On en compte plus de 3500 exemplaires sur l'île, à l'inverse de la Corse où les sépultures, presque toujours individuelles, sont rares.

L'industrie lithique de l'Ozieri se compose principalement d'obsidiennes, la ressource majeure de l'île, véritable « or noir de la Préhistoire » (Contu, 2015, p.15). C'est au Néolithique moyen que commence l'exploitation des gisements pour que cette matière première soit ensuite exportée. Ce phénomène est à son apogée au Néolithique récent. Les premiers ateliers de taille se développent à la fin du Ve millénaire av. n.è., pour être des éléments majeurs de la Sardaigne durant l'Ozieri, et la production est centrée sur le débitage par pression de lames. A la fin de la période la diffusion semble diminuer, à l'exception de certains sites proches du

complexe volcanique. En parallèle de l'exploitation des obsidiennes, le silex provenant du bassin de Perfugas, une région au nord de l'île, circule sur tout le territoire (Melosu, 2013). Les lames sont elles aussi débitées par pression.

Les céramiques quant à elles sont principalement grises ou brunes, décorées avec des thèmes géométriques, parfois des figures anthropomorphes et leur surface est polie et brillante. La production peut être répartie en trois classes : une grossière pour les formes de grande taille telles que les gros récipients de stockage, une production fine pour le quotidien et une très fine peut-être à vocation culturelle (Guilaine, 1997). On observe une multiplication morphologique, des formes très variées allant des vases aux pyxides en passant par des bols, cruches, coupes, ... (Contu, 2015).

Le Basien et l'Ozieri comportent de nombreuses similitudes, notamment le développement du mégalithisme. Dans les deux îles, ce phénomène majeur a très tôt suscité l'intérêt des chercheurs. Les menhirs sardes se développent au Néolithique moyen, pour évoluer progressivement vers des statues-menhirs durant l'Ozieri, représentant parfois de véritables visages et corps humains accompagnés d'objets (Leandri, 2020). En Corse également dolmens et menhirs occupent plusieurs zones de l'îles, notamment le long de la côte sud-ouest et dans une petite région du nord. Le mégalithisme y est plus simple, sans allées couvertes et hypogées que l'on retrouve beaucoup en Sardaigne.

4. La technologie lithique en obsidienne : un réseau d'échange

L'obsidienne est une roche utilisée par l'Homme dès le Paléolithique ancien. C'est un matériau qui se taille très facilement, peut être très tranchant et a eu une forte valeur symbolique. C'est pourquoi il se retrouve tout au long de la Préhistoire sous forme d'outils mais aussi d'ornements, de miroirs une fois poli et même de vaisselle (Poupeau *et al.*, 2014). L'exemple le plus ancien connu d'utilisation de l'obsidienne se situe sur le site de Melka Kunture en Éthiopie et date d'il y a environ 1,7 millions d'années, époque d'*Homo Habilis* (Piperno *et al.*, 2009).

L'obsidienne est connue pour être une roche qui circule beaucoup. Elle est un témoin des mouvements, contacts et échanges des populations du passé. Retrouver une obsidienne éloignée de son gisement d'origine implique le transport de cette ressource, notamment une navigation hauturière en Méditerranée occidentale. En effet, toutes les sources d'obsidienne de la région sont sur des îles : Lipari, Pantelleria, Palmarola et la Sardaigne. Lorsqu'on

retrouve assez d'obsidiennes sur un site archéologique, la question du réseau d'échange peut se poser, ainsi que toutes les perspectives que cela induit (Vaquer, 2007). Sa présence, notamment au Néolithique, n'est pas anodine et ne résulte pas d'une simple position géographique favorable. Dès les années 1990 « l'hypothèse de réseaux hiérarchisés de distribution et redistribution est vraisemblable » (Binder et Courtin, 1994).

Les plus anciennes traces de circulation de l'obsidienne remontent à environ 200 000 ans, sur le site kényan de Sibilo School Road (Blegen, 2017). Dès le Paléolithique cette roche n'est plus seulement une ressource locale ou semi-locale mais se transporte déjà sur de longues distances (Carter, 2014). En Méditerranée occidentale, les premières obsidiennes insulaires se retrouvent en Italie dès le début du Néolithique ancien (6200-5500 av. J.-C.). Il s'agit principalement des obsidiennes de Palmarola et du Monte Arci, néanmoins présentes en faible quantité dans les assemblages lithiques. La zone nord-tyrrhénienne semble avoir eu un rôle majeur dans la circulation de l'obsidienne de Sardaigne mais également des trois autres îles (Vaquer, 2007). La circulation de cette roche au sein de la Méditerranée sera abordée plus loin dans ce mémoire.

II. Le site de Basi

1. Situation géographique

Le site archéologique de Basi est situé au sud-ouest de la Corse, sur la commune de Serra-di-Ferro, sur une petite colline située dans la vallée du Taravo (fig. 3). C'est un gisement de plein air, à environ 6 km de la mer, mais le niveau des eaux n'étant plus celui d'aujourd'hui, le paysage préhistorique devait être bien différent et la mer parfois plus lointaine, parfois plus proche. La petite butte sur laquelle le site est localisé est constituée de blocs de granodiorite de grande taille, certains étant érodés et formant des cavités naturelles appelées *tafoni* (Perrin, 2015). La présence d'eau et de beaucoup d'abris naturels, ainsi que l'accès direct à la mer rendent ce site très intéressant pour les populations préhistoriques. Selon G. Bailloud, c'est un gisement archéologique très étendu (Bailloud, 1969b) dont les vestiges se retrouvent sur quatre hectares (Perrin, 2017).

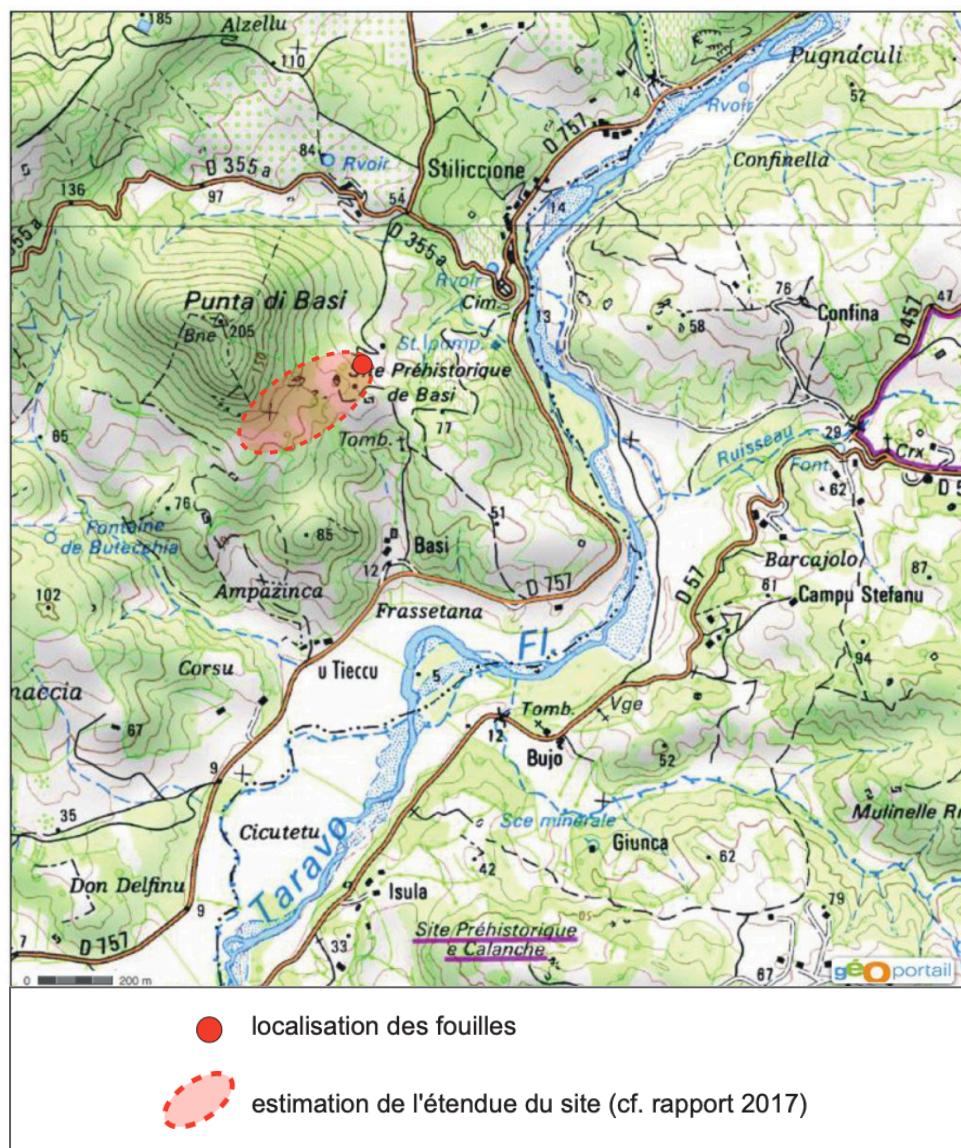


Figure 3. Situation géographique du site de Basi (Perrin, 2017).

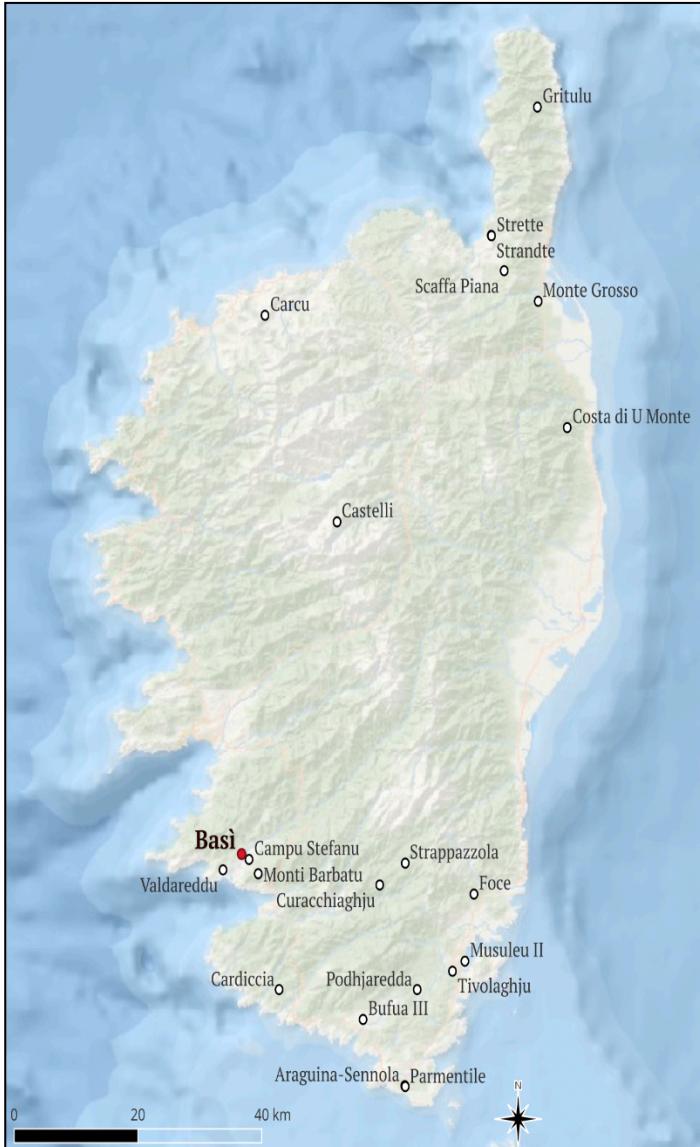


Figure 4. Carte des principaux sites corses du Néolithique récent (fond de carte ESRI).

fois visité par Enrico Atzeni et René Grosjean qui confirment la découverte et en 1968 et 1969 les premières fouilles sont effectuées par Gérard Bailloud et sa femme (Bailloud, 1969a). Il s'agit de deux sondages nommés « chantier 1 » et « chantier 2 », séparés d'une cinquantaine de mètres et effectués chacun sur une surface de 2 m². L'emplacement du chantier 1 a été motivé par la présence d'une couche archéologique dans une coupe de carrière, qui semblait contenir de nombreux vestiges. Une fois fouillé, le sondage a livré 1,5 m de stratigraphie et un très riche mobilier, qui a permis de caractériser une nouvelle culture originale : le Basien, qui correspond au Néolithique récent corse. Le chantier 2 quant à lui a permis de préciser la stratigraphie qui posait quelques problèmes liés à des remaniements, principalement dans les couches de l'âge du Bronze. En 1971, la fouille du chantier 1 est reprise.

Basì n'est pas le seul site préhistorique du secteur (fig. 4). A quelques kilomètres seulement, sur la rive gauche du Tarravo, on retrouve trois gisements préhistoriques importants : Filitosa, I Calanchi et Campu Stefanu. Ils sont tous les trois visibles depuis Basì et ont été en partie contemporains avec ce dernier. Plus largement on retrouve encore plusieurs sites dans la région, une des plus riches zones archéologiques de la Corse (Perrin, 2019¹).

2. Historique des fouilles

En 1965, le site de Basì est découvert suite à l'ouverture de carrières visant à exploiter le granit local. Du mobilier lithique et céramique, attribué principalement au Néolithique, est mis au jour et récolté par quelques habitants du hameau voisin. Le site est plusieurs

¹ <https://bda.huma-num.fr>

Après ces fouilles le site de Basì n'est plus étudié pendant 40 ans, jusqu'en 2011 où un diagnostic archéologique est réalisé sous la direction d'Anne Hasler, ingénierie chargée de recherches à l'INRAP, suite à un projet de constructions de bungalows sur la colline (Hasler, 2014). Six tranchées ont été ouvertes jusqu'aux niveaux archéologiques et la stratigraphie a été étudiée grâce à deux sondages manuels dans la tranchée 5. Ce diagnostic archéologique a permis « d'alimenter la réflexion sur cette question d'un éventuel faciès de transition entre Néolithique récent et Néolithique final dans le sud de la Corse » (*ibid.*, p. 291).

En 2015, dans le cadre d'un programme sur le Néolithique ancien corse, une évaluation du potentiel archéologique du site a été réalisée sous la direction de Thomas Perrin (Perrin, 2015). L'année suivante une campagne de fouilles se déroule en mai, toujours sous la direction de T. Perrin, et en 2017 l'autorisation d'une première triennale permet de mettre en place des fouilles chaque été qui continuent encore aujourd'hui dans la partie nord du site. Les huit campagnes actuelles (2016-2023) ont eu « pour objectif de documenter l'habitat et le mode de vie des premières populations agro-pastorales de l'île » (Perrin, 2021, p. 9) et ont montré que la chronologie du site s'étend du Mésolithique à l'âge du Bronze. A l'issue de ces huit premières années de fouille, le potentiel de Basì ne fait alors plus de doute grâce à sa stratigraphie aussi longue et complète et devient une référence pour la Préhistoire récente corse et plus largement méditerranéenne.

3. Chronologie du site

3.1 *Datations radiocarbonées*

Dès les campagnes de fouilles de G. Bailloud, le Basien est daté par radiocarbone à l'articulation entre le V^e et le IV^e millénaire tandis que l'âge du Bronze est situé dans la première moitié du II^e millénaire. Par la suite, vingt-et-une mesures radiocarbonées ont été effectuées depuis le début des fouilles actuelles (Perrin, 2024). Deux mesures archéomagnétiques ont également été réalisées sur des soles foyères de l'âge du Bronze. Une fois que toutes les dates ont été calibrées, on observe que les occupations du site s'étendent sur sept millénaires (fig. 5). Il s'agit d'occupations disjointes dans le temps mais qui s'étendent toutes sur de longues durées. Les fouilles et les datations radiocarbone nous permettent de recréer une chronologie dans l'état des connaissances.

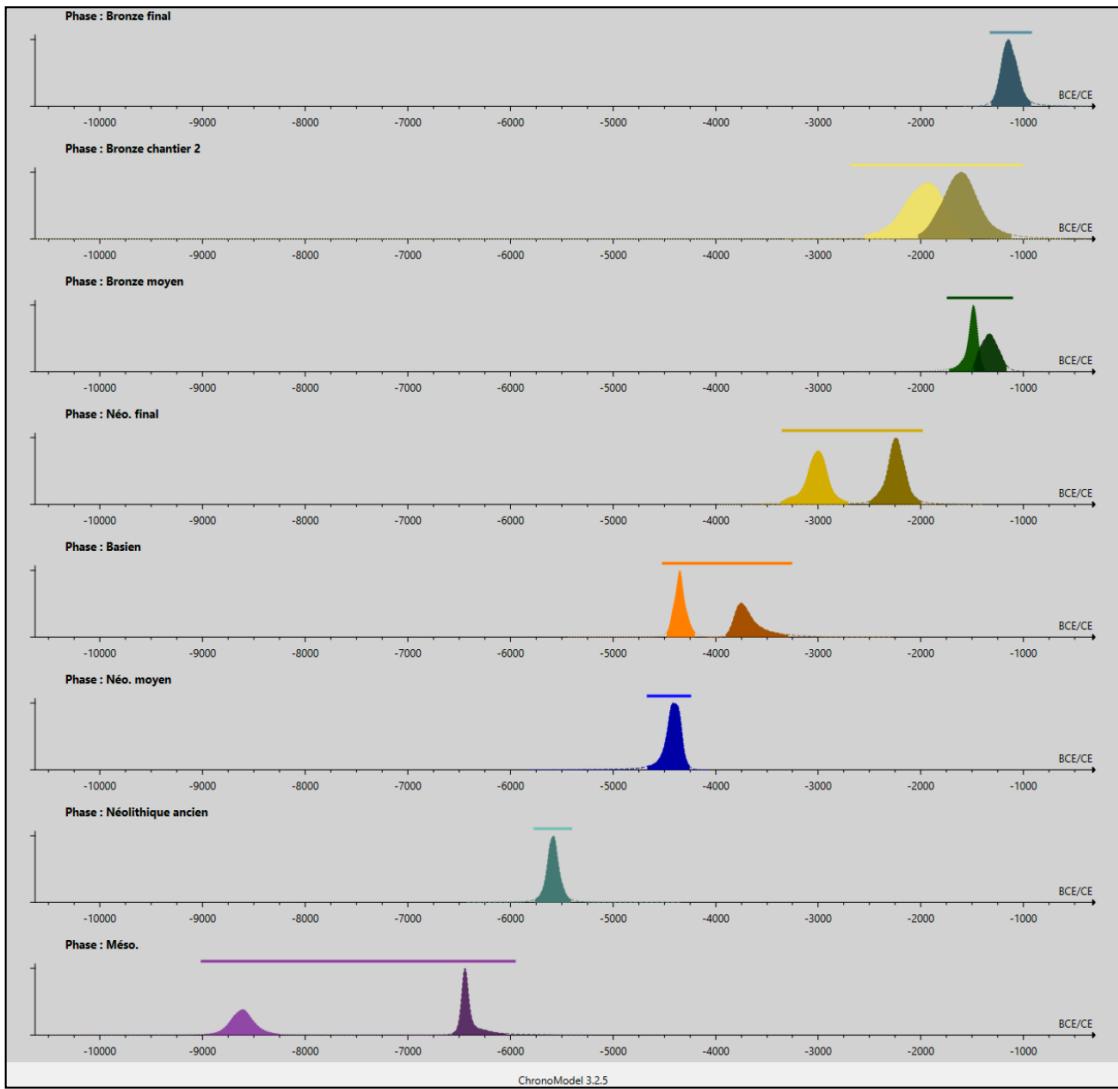


Figure 5. Résultats de la modélisation bayésienne des datations absolues de Basì, état janvier 2024 (Perrin, 2024, fig. 99, p. 152).

Si la séquence du Néolithique ancien à l'âge du Bronze avait été mise au jour dès la première campagne, c'est en 2021 que les fouilles permettent de découvrir les premières occupations du site datées du Mésolithique, qui se confirment en 2022 et 2023. Les chasseurs-cueilleurs présents sur l'île sont en effet venus à Basì à plusieurs reprises entre 8610 et 6440 cal.BCE d'après les dates radiocarbone (Perrin, 2024), ce qui, après confirmation, pourrait représenter l'ensemble de la séquence mésolithique de la Corse.

Comme indiqué au début de ce mémoire, la Corse et la Sardaigne connaissent à la fin du Mésolithique un hiatus de près de mille ans durant lequel aucune trace de présence humaine n'a été découverte. A Basì, l'occupation suivant celles du Mésolithique est datée autour de 5600 cal.BCE. Il s'agit du Néolithique ancien, la période pour l'instant la plus floue d'un point de vue chronologique. Un Néolithique moyen, inconnu jusque là, est daté en 2024 par une mesure situant cette occupation « autour du quarante-cinquième siècle avant notre

ère, entre 4670 et 4250 cal.BCE. » (Perrin, 2024, p. 152). Vient ensuite le Basien que nous déroulerons un peu plus loin, et après lui une ou plusieurs occupations au Néolithique final avec deux datations assez éloignées (3260 et 2900 cal.BCE pour la première, 2400 et 2150 cal.BCE pour la seconde). Enfin, l'âge du Bronze, principalement daté pour la phase du Bronze moyen, semble s'étendre sur plusieurs siècles mais manque encore de précision dans sa chronologie.

3.2 Évolution de l'industrie lithique

Le mobilier mis au jour sur le site est conséquent pour quasiment chaque période et l'industrie lithique ne fait pas exception. Les productions matérielles lithiques de Basèti commencent au Mésolithique avec l'utilisation de ressources locales telles que des microgranites, des rhyolites ou des quartz. La Corse manquant de roches de bonne qualité pour la taille, ce sont les seules ressources disponibles. Au Néolithique en revanche, les assemblages sont majoritairement constitués de silex et d'obsidiennes en grande partie importés. La Corse est en effet dépourvue de sources d'obsidienne et ne possède aucun gisement de silex de bonne qualité. Ces deux ressources proviennent de Sardaigne, l'obsidienne se retrouvant au niveau du Monte Arci tandis que les silex proviennent de différentes régions sardes (fig. 6). Les roches locales sont quant à elles quasiment absentes de l'industrie lithique du Néolithique récent. Les contextes Impresso-cardial se reconnaissent par la production de lames en silex ainsi que des armatures trapézoïdales et tranchantes. Le Basien quant à lui est caractérisé par des lamelles en obsidienne débitées par pression et par percussion indirecte et par des armatures percantes qui possèdent un pédoncule (Perrin, 2023a ; cf. Annexe 6, fig. 7).

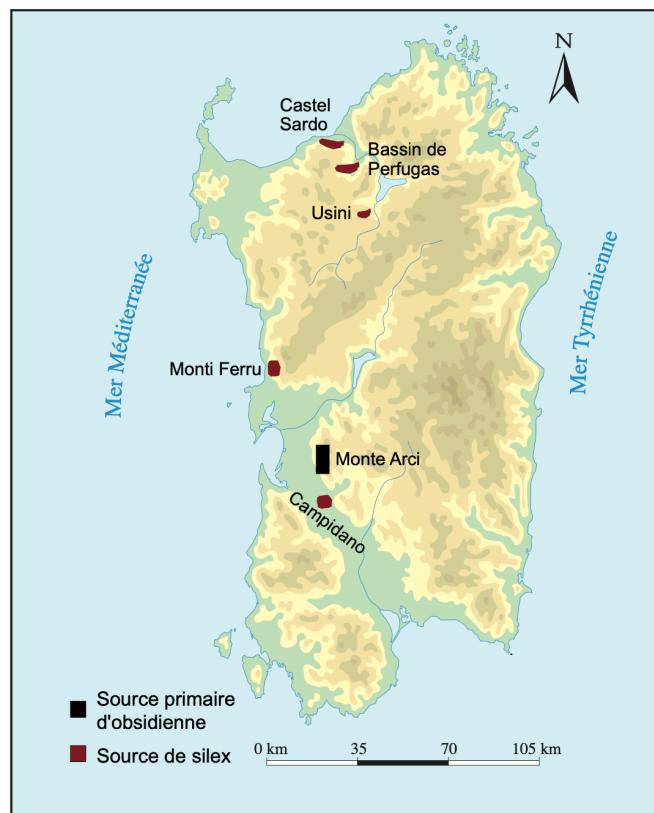


Figure 6. Localisation des sources d'obsidienne et de silex en Sardaigne (Bressy-Leandri, 2016, fig.1, p. 278).

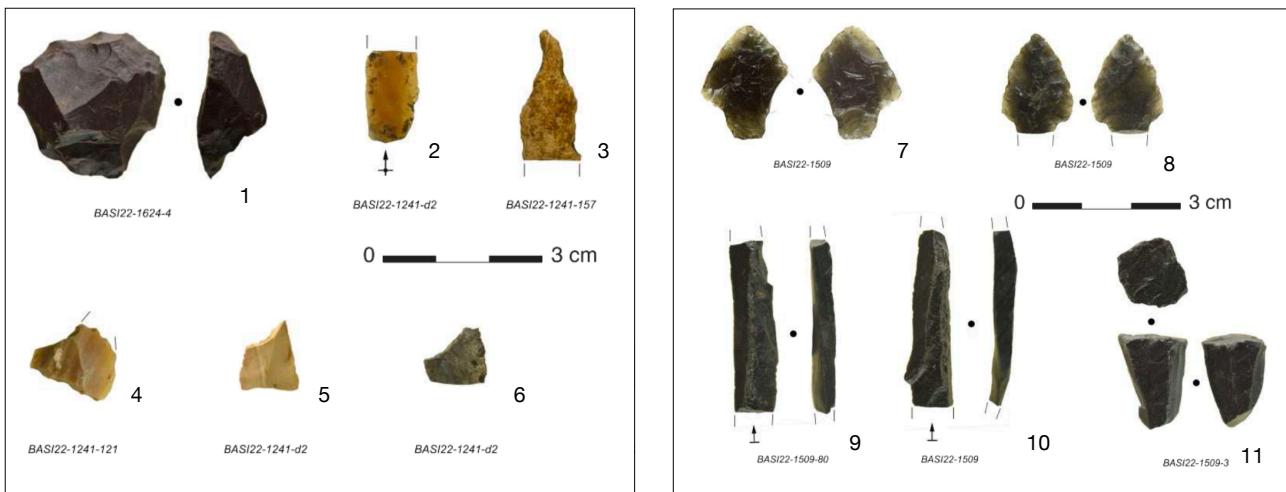


Figure 7. Exemple de production lithique sur le site de Basì. A gauche les productions en silex du Néolithique ancien, à droite les productions en obsidienne du Néolithique récent (Perrin, 2023, fig. 49 et 50, p. 61-62).

1. Grattoir sur éclat épais ; 2. Fragment proximal de lamelle débitée par pression ; 3. Perçoir ; 4 à 6. Armatures tranchantes réalisées sur des lames larges.

7 et 8. Fragments et pointes de flèches perçantes, à retouches bifaciales ; 9 et 10. Fragments de lamelles en obsidienne à surface corticale, débitées par pression ; 11 Très petit nucléus en obsidienne débité par pression.

L'approvisionnement des matières premières montre un « renversement dans la représentation des silicites et des obsidiennes au cours du temps » (Martinet, 2022, p. 192). Si le silex est majoritaire au Néolithique ancien, un changement s'opère et l'obsidienne domine largement les industries lithiques basiennes, comme l'avait très tôt remarqué G. Bailloud. Il est à noter que cette domination des roches allochtones au Néolithique récent n'est pas observée partout en Corse : le nord de l'île se caractérise à l'inverse par une majorité de roches locales telles que le quartz et la rhyolite (Bressy-Leandri, 2016).

4. Focus sur le Basien

Lors de la fouille du chantier 1 en 1968, Gérard Bailloud identifie sept couches archéologiques allant du Néolithique ancien à l'âge du Bronze. Les couches 5 et 6 ont permis de mettre au jour un faciès culturel inédit semblant associé au Néolithique récent, qui n'avait jamais été documenté jusque-là, à l'exception de rares vestiges trouvés dans quelques sites autour de Sartène (Bailloud, 1969b). G. Bailloud proposa de nommer cette période culture de Basì ou Basien. D'après ses fouilles, la céramique est originale dans la forme et les motifs décoratifs notamment. L'industrie lithique est dominée par l'obsidienne et il ne s'agit quasiment que de lamelles non retouchées.

Depuis, les fouilles actuelles se sont fortement concentrées sur cette période datée par neuf mesures qui la situent entre 4400 et 3800 cal. BCE (Perrin, 2023b). Plusieurs maisons et constructions se sont succédé durant le Basien et ont été mises au jour sur le site. Il s'agit ici d'un vrai village, dont les bâtiments s'organisent sur les terrasses naturelles du site (Perrin, 2023a). De nombreux restes de grains d'orge ainsi que des légumineuses ont été retrouvés. Associés à un macro-outillage (meules, broyeurs, pilons, molettes ... ; Hamon, 2023), ils sont la preuve d'une activité agricole importante. La succession de trois voire quatre phases, bien identifiée dans le secteur 1, n'est pas illogique étant donnée la longue durée du Basien estimée à environ six siècles.

Les bâtiments sont le plus souvent de plan ovalaire avec la base des murs en pierre et de la terre crue pour les élévations. L'architecture est principalement en bois écorcé et des poteaux jointifs distants de quelques millimètres constituaient parfois la structure des murs qui n'avaient quasiment jamais de traitement de finition, sauf exception (Baudouin, 2023). L'utilisation importante de la terre crue semble être une des caractéristiques majeures de l'architecture basienne, très variée même au sein d'une seule phase d'habitat.

Les productions céramiques basiennes ont été observées et documentées dès les premières fouilles de G. Bailloud, qui décrit un faciès culturel que l'on retrouve toujours sur le site. Les céramiques sont caractérisées par une pâte contenant des inclusions fines, des parois principalement fines et des fonds plats à socle annulaire. La surface soignée et travaillée présente des décors de cordons rectilignes et curvilignes mais peu de décors en creux. Les formes segmentées dominent (Caro, 2023).

L'industrie lithique basienne, comme nous l'avons déjà évoqué, est constituée très majoritairement d'obsidiennes provenant toutes de Sardaigne. Elle aussi avait été repérée par G. Bailloud dès la première fouille et depuis, plusieurs milliers de vestiges ont été mis au jour.

Des vestiges plus exceptionnels ont également été retrouvés à Basì, comme des fragments de vases en pierre décorés qui posent de nombreuses questions. Bien qu'il ne s'agisse pas de vestiges inédits pour cette période, ils pourraient être un témoin de plus des liens entre la Corse et la Sardaigne et doivent être étudiés avec attention (Tramoni *et al.*, 2023). En 2022, un menhir-stèle est mis au jour dans la partie sud du secteur 4 et quatre autres pierres pouvant également être des menhirs-stèles sont alors examinées avec plus d'attention. Elles ne sont finalement pas de la période basienne mais datées du Néolithique moyen, toutefois elles sont en lien avec le développement du mégalithisme corse à cette période. Enfin, un objet en cuivre a été découvert en 2021 au sein d'une US basienne.

La période se termine avec un abandon de quelques siècles, avant de nouvelles occupations au Néolithique final et durant tout l'âge du Bronze.

5. Présentation du corpus

5.1. Localisation et datation

Les pièces sélectionnées pour former la collection proviennent de la partie sud du secteur 1 (fig. 8). Ici, le Basien a été fouillé en intégralité et on y retrouve plusieurs occupations.

Le corpus est constitué des pièces de vingt US fouillées entre 2018 et 2022, toutes datées du Basien. L'épaisseur totale des couches est d'environ 1 m. Seule l'US 1070, une US technique de rectification d'une coupe stratigraphique, pour laquelle il faudra être prudent, s'étend également sur les niveaux du Néolithique ancien à partir des décapages 6 et 7. Ces US correspondent à deux ensembles d'habitat, deux niveaux d'occupations successives séparées par un temps encore inconnu (fig. 9). On peut envisager que l'étude de la collection d'un point de vue techno-typologique montrera une éventuelle évolution entre ces deux occupations et donc une évolution au sein du Basien.

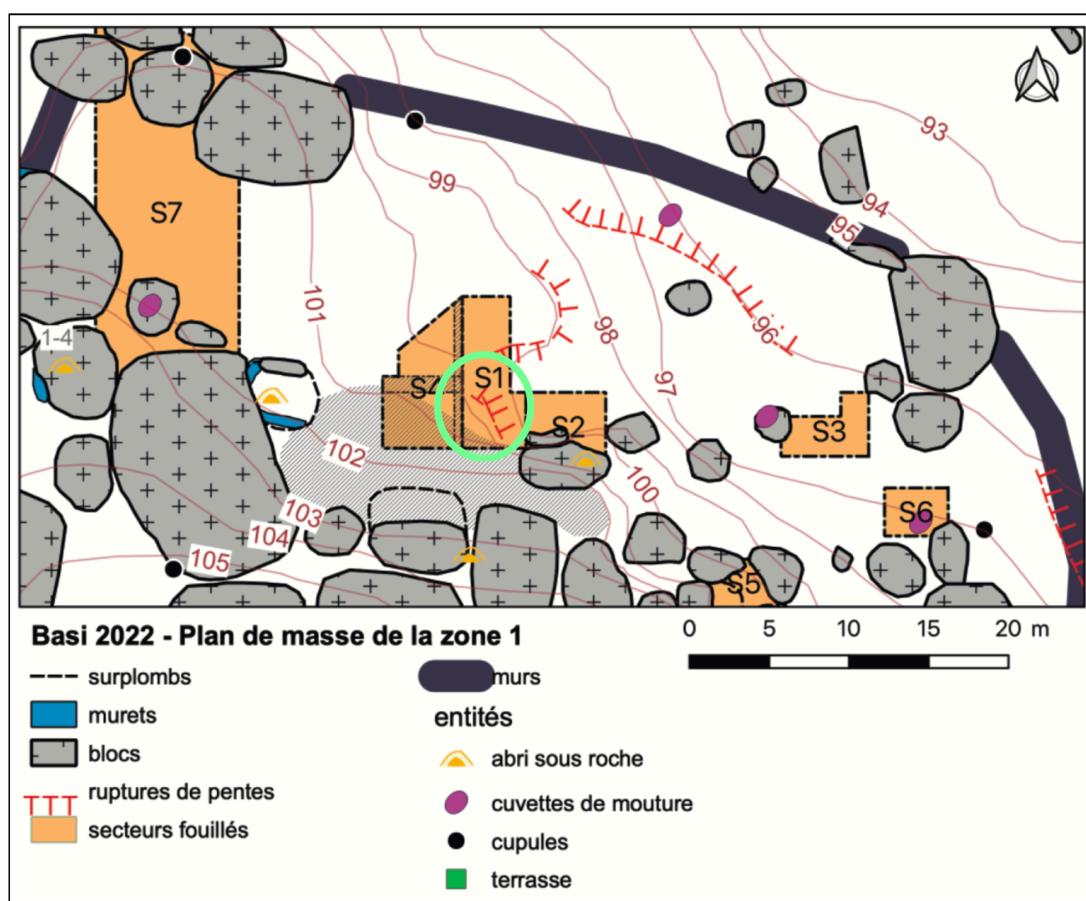
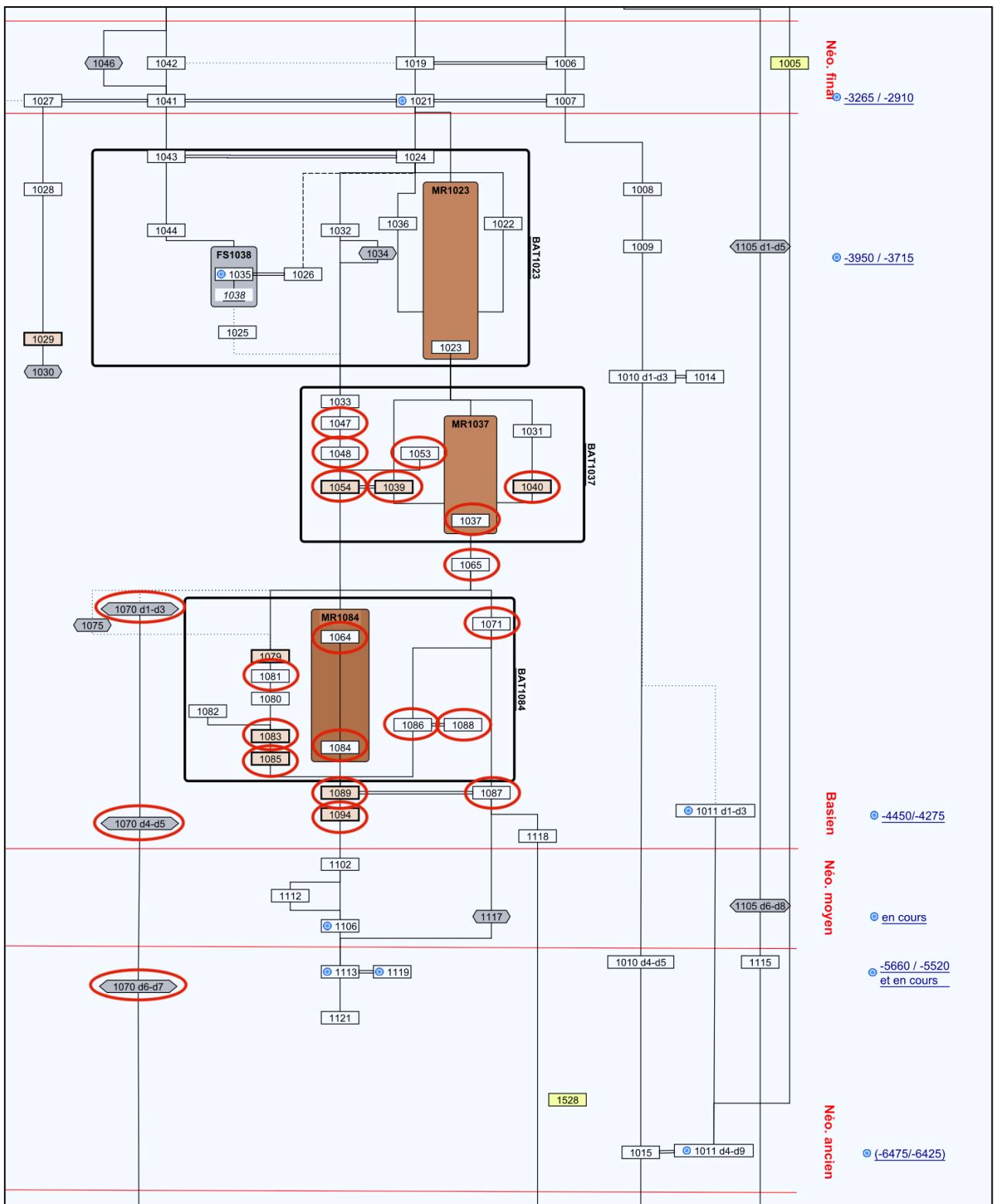


Figure 8. Plan de la zone 1 du site de Basì (Perrin, 2023b, fig. 1, p. 27). En vert la zone d'où provient le mobilier étudié.



5.2. Étude techno-typologique de la collection

La collection archéologique a été enregistrée dans une base de données afin de pouvoir l'étudier d'un point de vue techno-typologique, mais aussi et surtout pour pouvoir rigoureusement documenter l'avancée des études de provenance. Le choix des critères descriptifs s'est fait en lien avec les travaux de Thomas Perrin. L'étude techno-typologique n'est pas terminée (il s'agira du cœur du mémoire de Master 2), mais les premiers résultats permettent de décrire succinctement le corpus. Il se compose de 1084 pièces, certaines US ne présentant que quelques pièces tandis que d'autres en comptent plus de 100 (fig. 10).

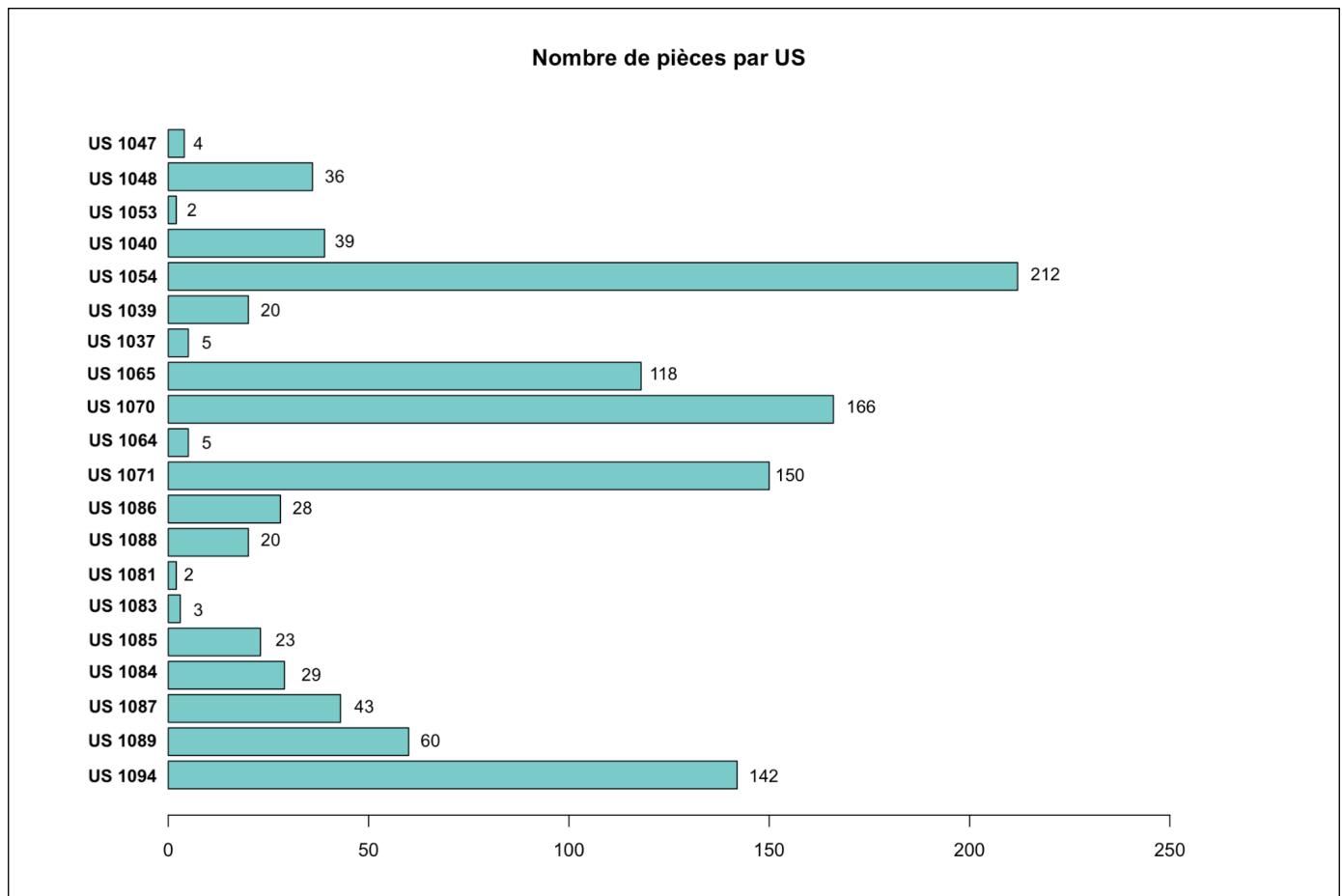


Figure 10. Quantité de pièces au sein des différentes US.

On peut séparer les obsidiennes en plusieurs types : les lamelles, les éclats, les esquilles et les débris. Si on exclut les débris qui n'ont pas été priorisés cette année, le reste de la collection (851 pièces) est composé à moitié de lamelles, à moitié d'éclats et d'esquilles. Toutefois, les quantités varient énormément d'une US à l'autre. Les dix US traitées pour l'instant permettent de visualiser cette hétérogénéité (fig. 11).

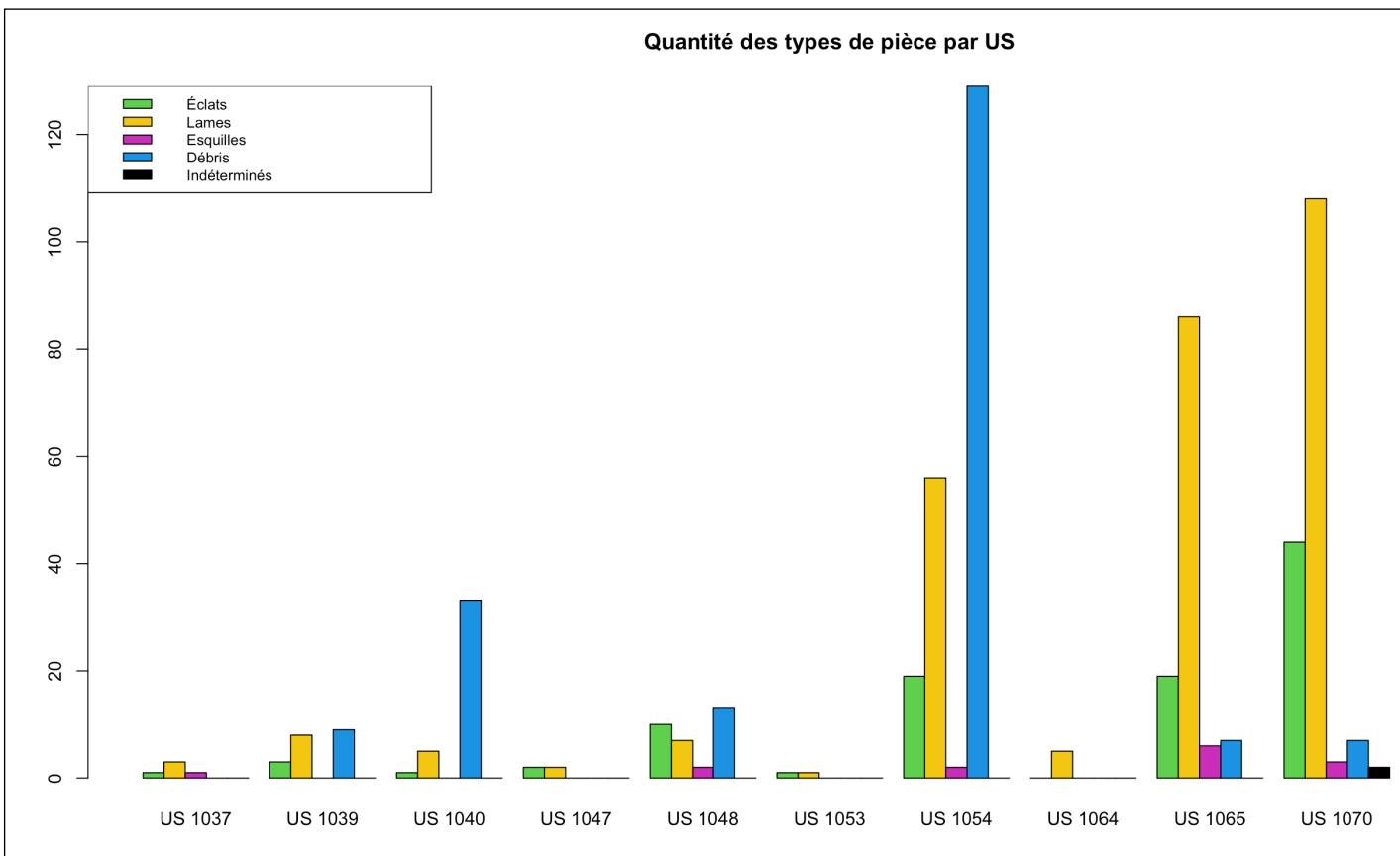


Figure 11. Répartition du nombre d'éclats, lames, esquilles et débris par US (pour les dix US étudiées).

Une partie des pièces présente des traces d'utilisation, et beaucoup de lamelles semblent être des éléments de fauilles. Les pièces retouchées (un peu plus de 5 %) sont généralement des outils ou restes d'outils comme des grattoirs, des racloirs ou des armatures (cf. Annexe 6).

III. Problématique

Jusqu'à récemment, les études de provenance et les analyses techno-typologiques étaient très souvent déconnectées, ne s'inscrivant que très rarement dans une problématique globale. Pourtant, la provenance est parmi les premières étapes de la chaîne opératoire du mobilier archéologique. Elle ne peut pas être envisagée sans une étude techno-typologique, tout comme une étude techno-typologique n'aura pas de profondeur si l'origine du matériau étudié est inconnue. C'est grâce à cette double approche mise en place pour l'étude de notre collection que l'on peut tenter de répondre à la problématique de ce qui circule véritablement. Les obsidiennes importées en Corse sont-elles sous forme de blocs bruts, de produits finis, de lames ? Les populations sardes viennent-elles en Corse avec leurs savoir-faire, ou y a-t-il un savoir-faire déjà présent sur l'île et un commerce sur place ? Quelle est la dynamique de ces réseaux d'échange ?

Ce mémoire de Master 1 présente la méthodologie acquise pour les études de provenance ainsi que les premiers résultats obtenus. Ces derniers seront repris dans le cadre du Master 2 afin que l'étude de la collection archéologique soit complète et que la chaîne opératoire soit étudiée dans son ensemble, afin d'aborder les questions évoquées ci-dessus.

IV. Cadre méthodologique : l'étude de provenance

1. Qu'est-ce qu'une étude de provenance ?

Les études de provenance en archéologie ont pour objectif de retrouver l'origine de la matière première d'un artefact. Qu'il s'agisse des métaux, des objets lithiques, ou encore des céramiques, la connaissance des sources (plus ou moins éloignées des sites archéologiques) est essentielle et constitue la première étape de l'étude. Les informations recensées pour chaque source sont généralement les « conditions d'accessibilité, [...] la disponibilité, la morphologie et la qualité des matériaux, et un échantillonnage représentatif de leur variabilité » (Bressy-Leandri *et al.*, 2022, p. 56). Bien évidemment ces critères doivent être adaptés au matériau et à la problématique. Pour les matières premières minérales, le référentiel obtenu est appelé lithothèque ou matériauthèque.

Une fois ce référentiel créé, les objets archéologiques sont caractérisés et comparés à ces ressources. Pour reprendre l'article fondateur de J.R. Cann et C. Renfrew (voir sous-partie *Historique des recherches sur l'étude de provenance des obsidiennes*), la caractérisation d'un matériau, ici l'obsidienne, ne peut se faire qu'en identifiant une ou des propriété(s) commune(s) pour les pièces d'une même source, mais différente(s) entre chaque source, « c'est-à-dire, homogènes à l'intérieur des sources et hétérogènes entre elles. » (Cann et Renfrew, 1964, p. 113). Pour l'obsidienne, la caractérisation se fait généralement par composition élémentaire, mais il peut y avoir dans de rares cas des convergences de composition chimique entre deux sources (Bellot-Gurlet *et al.*, 1999). Il est alors nécessaire de se tourner vers l'âge de formation, ou encore les propriétés physiques pour discriminer toutes les sources d'une région. Dans ce mémoire les méthodes utilisées sont des méthodes de caractérisation par composition élémentaire. Très efficaces pour le contexte de la Méditerranée occidentale, ce sont celles retenues dans la stratégie analytique développée plus bas.

Pour la Méditerranée occidentale, une caractérisation visuelle peut être envisagée au départ afin de faire un premier tri. Cela fonctionne pour discriminer les obsidiennes brutes mais lorsqu'il s'agit d'objets taillés les choses sont moins aisées (Lugliè *et al.*, 2006). Pour ne prendre que l'exemple de la Sardaigne, qui possède plusieurs types d'obsidiennes assez distincts, l'attribution d'un artefact à une source sans analyses est correcte au mieux dans 85 % des cas (Lugliè *et al.*, 2007) mais généralement cela ne dépasse pas 70 %. Ainsi, la caractérisation visuelle ne suffit pas pour déterminer la source d'une obsidienne et il faudra toujours avoir recours à une méthode d'analyse.

2. Caractérisation physico-chimique de l'obsidienne

L'obsidienne est une roche volcanique formée à partir de coulées de laves très visqueuses qui contiennent beaucoup de silice (Cann et Renfrew, 1964). Les conditions de refroidissement de ce magma, mais surtout sa composition, vont influer sur la forme de la roche obtenue qui peut aller de la rhyolite, la forme cristalline, à l'obsidienne, la forme vitreuse. Cette dernière ne comporte que très peu de cristaux, parfois jusqu'à moins de 0,1 %. La composition rhyolitique de son magma (teneur en silice supérieure à 65 %) fait de l'obsidienne une roche très siliceuse et c'est la seule roche volcanique vitreuse à être présente sur Terre dans des volumes importants (Poupeau *et al.*, 2014). C'est une roche métastable qui perd au cours du temps sa transparence sous l'effet de la dévitrification, en se recristallisant progressivement. La datation des obsidiennes ne les fait remonter au plus loin qu'à 80 Ma.

L'obsidienne se retrouve sous des formes variées, très rarement dans des coulées massives. Elle est plus fréquemment présente au sein d'une rhyolite « en ségrégations plus ou moins litées [...], plus rarement en filons, dans des projections clastiques, sous forme d'inclusions dans des tufs ignimbritiques ou en faciès de bordure de coulées » (Poupeau *et al.*, p.12-13 ; fig. 12).

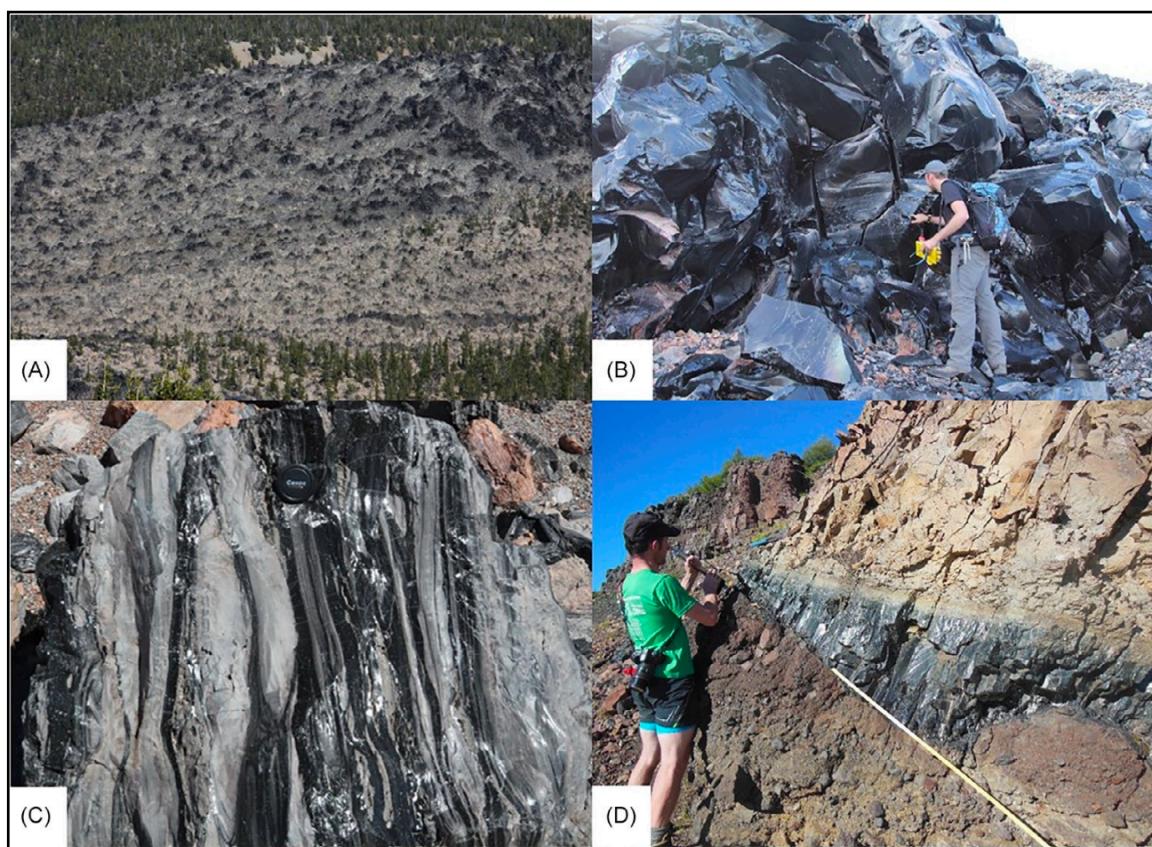


Figure 12 . Différents types d'obsidienne (Tuffen *et al.*, 2021, fig. 1, p.2)

A : Coulée de lave rhyolitique (coulée de Big Obsidian Flow, Newberry, États-Unis)

B : Obsidienne rhyolitique (Big Glass Mountain, Medicine Lake, États-Unis)

C : Classe d'obsidienne pyroclastique (caldeira de Chaitén, Chili)

D : Marge vitreuse d'une intrusion rhyolitique (volcan central d'Húsafell, Islande)

La composition d'une obsidienne, du moins pour ses éléments majeurs, varie peu (Le Bourdonnec, 2007) : SiO₂ (silice) à plus de 70 %, Al₂O₃ entre 10 et 15 %, Na₂O entre 3 et 5 %, K₂O et Fe₂O₃ de l'ordre de quelques pourcents. Les éléments mineurs et traces, présents à moins de 1%, sont ceux pouvant le plus varier selon les gisements et sont ainsi les éléments discriminants utilisés pour les études de provenance. Pour les obsidiennes méditerranéennes, certains éléments sont plus utilisés que d'autres pour identifier une source, comme le Zinc (Zn), le Zirconium (Zr), le Rubidium (Rb), le Strontium (Sr), le Niobium (Nb) ou encore le Césium (Cs). Ces différents éléments majeurs, mineurs et traces, sont répartis de manière homogène au sein de la matière. Les rares minéraux présents dans la matrice vitreuse sous forme de cristaux sont le plus fréquemment des feldspaths, des micas et des opaques et parfois des zircons, des apatites ou des pyroxènes.

Une obsidienne ne se retrouve pas uniquement au sein de sa roche mère, ce qu'on appelle gîte primaire. Lorsque ces roches se désagrègent sous l'effet de l'érosion, on parle de gîtes sub-primaires, qui restent généralement proches des roches mères. Les blocs et galets d'obsidiennes des environs, éloignés sous l'effet du ruissellement du terrain sont quant à eux des gîtes secondaires (Lugliè *et al.*, 2006 ; Le Bourdonnec, 2007). Toutefois, tous les gîtes ne sont pas aptes à la taille, si les obsidiennes sont trop petites ou de trop mauvaise qualité. C'est pourquoi on parle de sources pour les gîtes exploités par l'Homme, ce terme n'incluant pas tous les gîtes d'obsidienne.

3. Historique des méthodes utilisées pour les études de provenance des obsidiennes

3.1 *Caractérisation par analyse élémentaire*

Jusqu'aux années 1960, l'étude des obsidiennes s'est limitée à la caractérisation visuelle - à l'œil nu et au microscope -, ainsi qu'à l'étude des propriétés physiques. L'article de Cann et Renfrew publié en 1964 constitue le point de départ des études de provenance de l'obsidienne, montrant qu'il s'agit d'un matériau idéal pour réaliser ce type d'étude, notamment en Méditerranée et au Proche-Orient (Cann et Renfrew, 1964). Dans leurs premiers travaux, ils proposent une méthode qu'ils espèrent applicable aux autres régions du globe, en utilisant une technique de spectrométrie d'émission optique (OES = *Optical Emission Spectroscopy*) qui a permis de déterminer la valeur quantitative de 16 éléments chimiques (Cann et Renfrew, 1964). Ils montrèrent ainsi que l'on pouvait retrouver la source d'un artefact en analysant les éléments traces de ce dernier (Le Bourdonnec *et al.*, 2015). Comme

cité précédemment, l'idée d'une composition homogène par source, différente à chaque fois, devient « le moyen communément utilisé pour la recherche de la provenance des obsidiennes » (*ibid.*, p.23).

Rapidement, cette technique est abandonnée pour être remplacée principalement par l'activation par neutrons thermiques (INAA = *Instrumental Neutron Activation Analysis*) et la fluorescence X (EDXRF = *Energy Dispersion X-Ray Fluorescence*). L'INAA permet de mesurer jusqu'à vingt-sept éléments (Le Bourdonnec, 2007), mais nécessite la destruction de 100 mg de matière. L'EDXRF en revanche peut être utilisé en mode non destructif et mesure suffisamment d'éléments pour être très efficace pour les études sur la Méditerranée occidentale (Poupeau *et al.*, 2014).

Dans les années 1990, la technique du plasma inductif (ICP = *Inductively Coupled Plasma*) s'est développée sous différentes formes, par voie humide tout d'abord. Cela nécessite la destruction d'un fragment de l'échantillon qui est mis en solution avant d'être analysé soit par spectroscopie d'émission optique (ICP-AES = *Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*) soit par spectrométrie de masse (ICP-MS = *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) (Poupeau *et al.*, 2014). Par la suite, le LA-ICP-MS (*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) a permis de faire des prélèvements minimes grâce à l'ablation laser, devenant une méthode quasi non-destructive très efficace pour l'étude des obsidiennes.

Enfin, la méthode du PIXE (*Particle Induced X-Ray Emission*) a beaucoup été utilisée pour les études de provenance des obsidiennes de Nouvelle-Zélande dès la fin des années 1970 (voir par exemple Ambrose *et al.*, 1981), avant de s'étendre au début du XXI^e siècle à l'Amérique, la Méditerranée occidentale ou encore le Proche-Orient (Poupeau *et al.*, 2007). Non destructif, il permet de mesurer la teneur des éléments majeurs, mineurs et traces.

Pour les cas où la teneur des éléments majeurs suffit à discriminer les sources, l'utilisation d'un microscope électronique à balayage (SEM-EDS = *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray Spectrometry*) ou encore d'un EMP-WDS (*Electron Microprobe-Wavelength Dispersive X-Ray Spectrometry*) peut être envisageable.

Aujourd'hui, les études de provenance sont de plus en plus accessibles et démocratisées, notamment avec le développement d'appareils portables qui permettent de faire des mesures directement sur le terrain. C'est le cas par exemple de l'XRF portable. Moins cher, simple d'utilisation, il peut s'avérer très pratique et efficace dans certains cas, mais possède également ses limites (Le Bourdonnec *et al.*, 2015 ; Tykot, 2017).

Méthodes non destructives (ou avec prélèvements minimes)	Méthodes destructives
ED-XRF	
PIXE	INNA (100 mg)
SEM-EDS	ICP-MS (100 mg)
LA-ICP-MS (<10 ⁻⁴ mm ³)	
EMP-WDS (frag. millimétrique)	ICP-AES (100 mg)

Légende :

● Mesure des éléments majeurs et traces

● Mesure des éléments majeurs uniquement

Tableau 1. Résumé des différentes méthodes de caractérisation par analyse élémentaire citées dans ce mémoire.

3.2. Caractérisation par l'âge de formation et par les propriétés physiques

Lorsque, dans de rares cas de convergence chimique, la caractérisation par analyse élémentaire ne permet pas de différencier les gisements d'obsidienne, il est possible de se tourner vers des méthodes de caractérisation par l'âge de formation, ou par les propriétés physiques. L'âge de formation d'une obsidienne peut être déterminé par traces de fission (TF) ou par potassium-argon ($^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$), mais ce sont des méthodes longues et coûteuses qui nécessitent en outre un prélèvement de matière. La caractérisation par les propriétés physiques est plus intéressante mais n'a pas fait l'objet d'autant d'études que la caractérisation par analyse élémentaire. Spectroscopie Mössbauer du ^{57}Fe , résonance Paramagnétique Électronique (RPE) ou encore magnétométrie SQUID ont été testées. Pour la première méthode les résultats sont limités, mais les deux autres ont un potentiel pour certaines régions, notamment les Andes équatoriales (Poupeau *et al.*, 2014). Enfin, la spectroscopie Raman, seule méthode non-destructive, pourrait être une alternative intéressante aux techniques de caractérisation élémentaire, malgré quelques contraintes (Bellot-Gurlet *et al.*, 2004).

Dès le début, les études de provenance de l'obsidienne se sont orientées vers la recherche d'une méthode parfaite, non destructive, peu coûteuse, sans limite (De Francesco *et al.*, 2008), ce qui a conduit à cette multiplication des techniques. Au fil des années le but n'a finalement plus été de trouver la méthode idéale, mais plutôt de savoir adapter toutes ces techniques à la problématique de recherche.

4. L'obsidienne en Méditerranée occidentale

4.1. Types et sources d'obsidienne, circulation

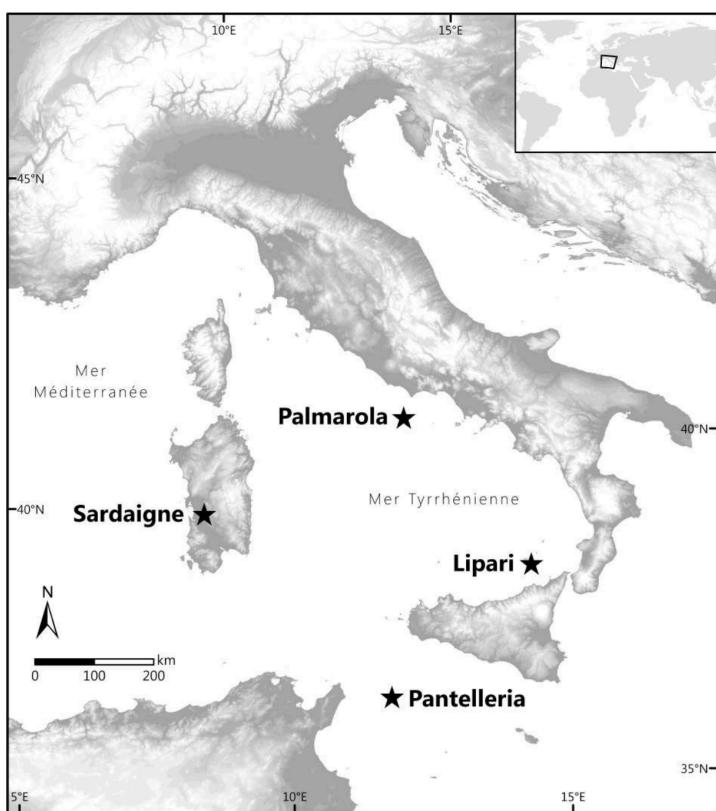


Figure 13. Carte des sources d'obsidienne de Méditerranée occidentale (Le Bourdonnec *et al.*, 2015, fig. 1, p.5).

Les gisements d'obsidienne ne se retrouvent pas partout dans le monde et seuls certains ont une exploitation par l'Homme attestée. Les objets archéologiques en obsidienne présents en Méditerranée occidentale au Néolithique ont beaucoup été étudiés, et les résultats depuis les années 1960 montrent qu'ils proviennent tous de huit sources réparties sur quatre îles (Le Bourdonnec *et al.*, 2011) : Lipari, Palmarola, Pantelleria et la Sardaigne (fig. 13).

L'île de Lipari possède plusieurs coulées d'obsidiennes mais seule celle de Gabelotto a été exploitée par l'Homme pendant le

Néolithique (De Francesco *et al.*, 2008). L'obsidienne de Lipari est translucide, noire et parfaitement vitreuse (Vaquer, 2007). À Palmarola, on retrouve une source primaire et une source secondaire, à Monte Tramontana pour la première et à Punta Vardella pour la seconde (De Francesco *et al.*, 2008). Elles possèdent donc la même composition chimique, les obsidiennes étant présentes soit sous forme de coulées, soit sous forme de blocs. Les obsidiennes sont également noires et vitreuses, mais semi-opaques et avec des inclusions (Vaquer, 2007). L'île de Pantelleria présente quant à elle deux sources (Poupeau *et al.*, 2014) : Balata dei Turchi (BDT) et Lago di Venere (LDV), qui donnent des obsidiennes peu translucides de couleur verdâtre (Vaquer, 2007). Enfin, les gisements de Sardaigne associés aux coulées du Monte Arci peuvent être séparés en quatre types géologiquement distinguables : SA, SB1, SB2 et SC. Les datations des gisements de Méditerranée occidentale ont été réalisées entre les années 1960 et 1990, principalement par traces de fissions mais également par $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ et sont résumées dans le tableau 2 extrait de l'article de Lugliè, 2009.

Ile	Zone-source	D* (km)	Age (Ma)	Méthode	Référence
Lipari	Coulée de Pomiciazzo (= Gabelotto)	<1	0,0114 ± 0,0018	TF**	Bigazzi et Bonnadonna, 1973
	"	"	0,0086 ± 0,0015	"	Wagner et al., 1976
	"	"	0,0086 ± 0,0016	"	Arias et al., 1986
Palmarola	Monte Tramontana	"	1,60 ± 0,20	"	Belluomini et al., 1970
	"	"	1,57 ± 0,21	"	Bellot-Gurlet et al., 1999
	Punta Vardella	"	1,69 ± 0,10	"	Bellot-Gurlet et al., 1999
Pantelleria	Balata dei Turchi	"	0,127 ± 0,015	"	
	"	"	0,141 ± 0,017	"	Arias-Radi et al., 1972 and Arias et al., 1986
	Fossa della Pernice	"	0,071 ± 0,008	"	
	"	"	0,073 ± 0,009	"	
Sardaigne	Monte Arci	≈18	3,24 - 3,16	⁴⁰ Ar/ ³⁹ Ar	Montanini et Villa, 1993
	"	"	3,59 ± 0,22	TF	Bellot-Gurlet et al., 1999
	"	"	3,50 ± 0,21	"	Bellot-Gurlet et al., 1999

* Plus courte distance à la côte

** TF = Traces de Fission

Tableau 2. Datation des sources d'obsidienne de Méditerranée occidentale (Lugliè, 2009, tableau 1, p.215).

De nombreux gisements préhistoriques de Méditerranée occidentale présentent des obsidiennes, « le long d'un arc s'étendant des rivages du Maghreb oriental à l'Italie péninsulaire, au sud de la France et à l'orient catalan, ainsi que dans les îles qu'il sous-tend, notamment la Corse, la Sardaigne, la Sicile, Malte et les archipels éolien et toscan » (Poupeau *et al.*, 2010, p.185). Quelques obsidiennes ont été retrouvées sur des sites de Méditerranée occidentale, dans des niveaux épipaléolithiques ou mésolithiques, en Italie, en Corse mais aussi dans le bassin languedocien et même à l'intérieur des terres (Perrin, 2024b). Toutefois, c'est au Néolithique ancien que l'obsidienne commence à réellement se diffuser en Méditerranée occidentale (*ibid.*). L'obsidienne de Lipari se retrouve tout d'abord au sud de l'Italie et en Sicile, tout comme celle de Palmarola qui remonte jusqu'au sud de la France. L'obsidienne de Pantelleria a une aire de diffusion plus restreinte, tout au long du Néolithique, se limitant aux îles voisines et au Maghreb oriental. Enfin, l'obsidienne sarde se retrouve en France, en Italie et beaucoup en Corse, et prend de l'ampleur au Néolithique récent (tout comme l'obsidienne de Lipari ; fig. 14)

En Corse, toutes les obsidiennes, sauf très rares exceptions (Salotti *et al.*, 2000 ; Le Bourdonnec *et al.*, 2010), proviennent des sources sardes. La définition d'une source, en géologie, est principalement liée à une notion de lieu, de distribution spatiale, ce qui n'est pas adapté aux études de provenance de l'obsidienne pour lesquelles une source est définie d'un point de vue chimique grâce à sa composition (Hughes, 1998). On peut également parler de groupe ou de type chimique.

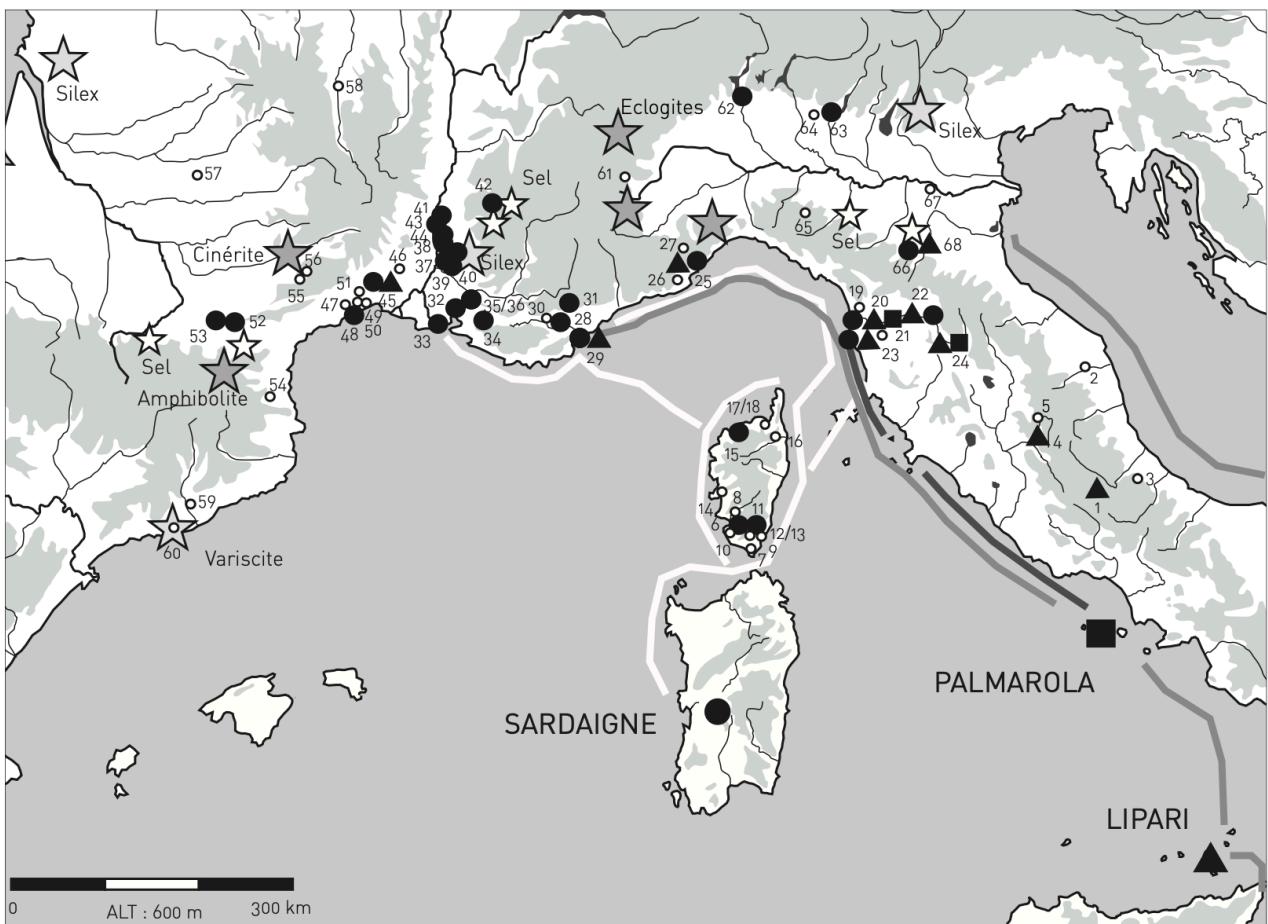


Figure 14. Carte de la répartition des obsidiennes de Méditerranée entre 4200 et 3500 av. J.-C. (Vaquer, 2007, fig. 5, p. 109).

Le Monte Arci, le complexe volcanique sarde où se trouvent les gisements d'obsidiennes, est situé au centre-ouest de l'île. Il existe en réalité neuf sources primaires d'obsidiennes sur ce volcan (Lugliè *et al.*, 2006) mais, pour les études de provenance, elles peuvent être regroupées en quatre types : SA, SB1, SB2 et SC. La cartographie du Monte Arci (fig. 15) réalisée en 2006 puis en 2011 (Lugliè *et al.*, 2006 ; Lugliè *et al.*, 2011), permet de connaître la situation des sources primaires, mais aussi sub-primaires et secondaires et ainsi de mieux les prendre en compte dans les études de provenance. Les types SB2 et SC sont par exemple très étalés et sont retrouvés en dehors du massif, à l'inverse du type SA dont la zone d'épandage est très réduite. Les obsidiennes des sources secondaires des types SC et SB2 sont par ailleurs nombreuses et aptes à la taille, et peuvent ainsi être considérées comme une source de matière première (Lugliè *et al.*, 2006).

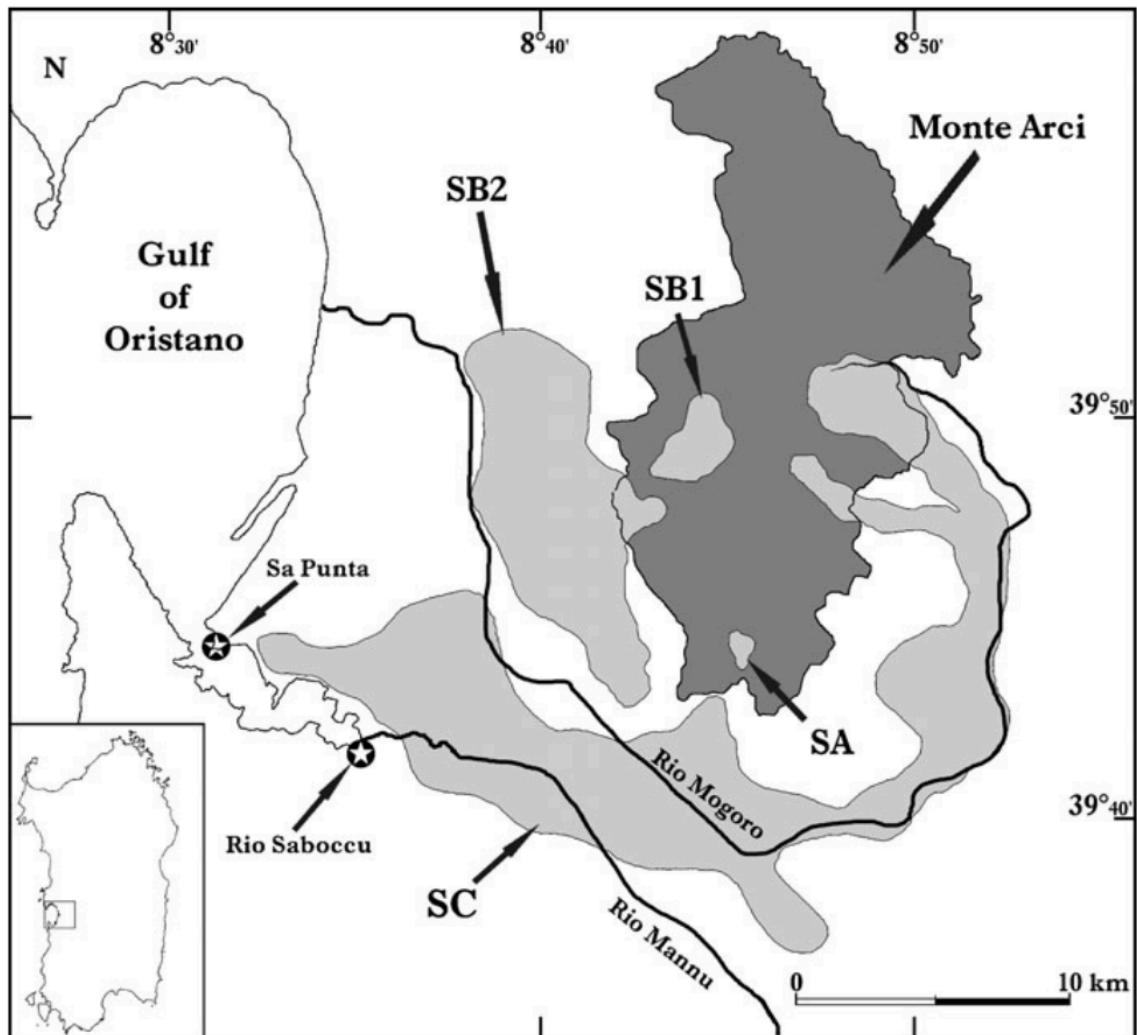


Figure 15. Carte de la région du Monte Arci et des sources d'obsidienne (Lugliè et al., 2011, p.257, fig. 1). Les sources primaires et sub-primaires sont situées dans la zone du Monte Arci (zone sombre) tandis que les sources secondaires s'étendent au-delà (zones en gris claire)

4.2. La Méditerranée : une zone d'étude idéale

Les sources d'obsidienne autour du globe ne sont pas toutes facilement discernables. Pour prendre l'exemple du Caucase, lorsque les études de provenance sont réalisées à l'aide de la fluorescence X (XRF) les résultats peuvent parfois se chevaucher, et il faut se tourner vers d'autres méthodes d'analyse. Dans la région du Rift africain, énormément soumise aux éruptions, même les analyses en LA-ICP-MS ne permettent pas de faire une étude de provenance sur les obsidiennes retrouvées sur le terrain. Leur composition chimique n'a en effet rien à voir avec les sources connues. Les analyses donnent toujours des résultats incohérents, à cause de la composition particulière du matériau à la limite entre l'obsidienne et la rhyolite (Gratuze, comm. orale).

Les différentes sources d'obsidienne de Méditerranée occidentale en revanche sont très facilement identifiables et ne présentent pas de difficultés particulières lors de leur caractérisation par analyse élémentaire. Tous les gisements sont différentiables sans difficulté, et avec des méthodes comme le SEM-EDS qui ne détermine pourtant que les éléments majeurs il est possible de faire rapidement un premier tri dans les sources et d'obtenir des résultats très intéressants (Acquafredda *et al.*, 1999 ; Poupeau *et al.*, 2007 ; Le Bourdonnec *et al.*, 2010).

5. L'importance d'inclure les analyses de provenance dans une étude complète

Comme évoqué au début de ce mémoire, l'industrie lithique du Néolithique corse est en grande partie importée. Au Néolithique récent, l'obsidienne se retrouve sur les sites archéologiques à la fois sous forme de blocs bruts, de produits semi-finis ou finis. Ces assemblages de pièces proviennent des différentes sources de Sardaigne, et le lien entre la source et le site consommateur est complexe à appréhender. Les ateliers du Monte Arci n'ont pas encore été beaucoup étudiés, et s'ils constituent la première étape de la chaîne opératoire des obsidiennes (l'approvisionnement), toute la question est de savoir si les autres étapes se font sur place ou en Corse, et si cela varie selon les sources d'obsidienne.

Ces questionnements sont en lien étroit avec la problématique principale de cette étude de mobilier : qu'est-ce qui circule ? Certains sites archéologiques viennent apporter quelques éléments de réponse, comme le site de la Caserne Montlaur à Bonifacio. Grâce aux données stratigraphiques et au mobilier mis au jour pour le Néolithique récent (première moitié du IV^e millénaire av. n.è.), deux ou trois phases d'occupation attribuées à l'Ozieri ont été identifiées. Aucun site de l'Ozieri n'a encore été mis au jour en Corse, et la présence d'établissements basiens à proximité suggère l'hypothèse d'un comptoir sarde au sein d'un ensemble corse plutôt qu'un site à part entière (Ranché, 2023). Cela ouvrirait alors de nombreuses perspectives.

La question des sources sub-primaires et secondaires, abordée précédemment, est également un point important à soulever. Si les obsidiennes des sources secondaires ont des dimensions assez importantes pour être taillées et qu'elles sont présentes en grand nombre, elles deviennent de véritables sources de matières premières et ne peuvent donc pas être négligées dans les études de provenance. Il ne suffit pas de connaître le type géochimique, il faut aussi tenter de remonter à l'origine géographique grâce à une observation visuelle, la présence ou non de cortex résiduel pouvant par exemple nous permettre de déterminer le type de source (Lugliè *et al.*, 2006).

V. Étude de la collection

1. Stratégie analytique

1.1. *Définition d'une stratégie analytique*

Au début des études de provenance de l'obsidienne, beaucoup de chercheurs se sont concentrés sur la recherche d'une méthode parfaite, « universelle », ce qui a permis le développement de nombreuses techniques mais qui, en contrepartie, a empêché d'avoir des données facilement comparables. Par la suite les études se sont recentrées sur l'intérêt d'une étude de provenance, celui d'apporter des résultats qui s'inscrivent dans une problématique archéologique en lien avec une étude spécifique (Orange *et al.*, 2017). Ainsi, le choix de la (des) méthode(s) se fait selon la problématique d'étude et selon le mobilier archéologique à analyser (nombre de pièces, taille, disponibilité des échantillons, ...). C'est le principe de la stratégie analytique (*ibid.*).

Une étude de provenance, ici des obsidiennes, doit pouvoir répondre à plusieurs contraintes comme la préservation des échantillons si ce sont des objets archéologiques, ou encore la possibilité de faire une analyse exhaustive d'une collection si cela entre dans l'étude. Une stratégie analytique est donc unique, propre à chaque assemblage et à chaque problématique (Orange *et al.*, 2017). Mais il faut garder à l'esprit que l'accessibilité aux appareils, le coût ou encore le temps disponible pour réaliser l'étude sont parmi les paramètres supplémentaires qui viennent influencer le choix des méthodes d'analyses. La stratégie analytique, en réponse à l'impossibilité de trouver une méthode parfaite pour l'analyse de provenance de l'obsidienne, doit être réfléchie et proposée pour chaque étude afin de les optimiser.

1.2. *Choix des méthodes*

Notre collection est composée comme nous l'avons vu précédemment de 1084 artefacts - principalement des lamelles - qui ne mesurent généralement pas plus de 5cm de long et une quinzaine de millimètres de large. Toutefois, le corpus est varié et comporte aussi bien des petites esquilles, voire des débris, que des fragments de nucléus et des pièces présentant encore de la surface naturelle. Étant donné cette hétérogénéité, une seule méthode d'analyse était difficile à envisager. De plus, ce mémoire ayant pour objectif une formation aux bases des analyses de provenance, le choix de varier les méthodes semblait le plus logique. La stratégie analytique choisie est donc la suivante :

- Les débris (un peu plus de 200 pièces) ont été pour le moment écartés des analyses de provenance, ils ne présentent pas un intérêt majeur et leur petite taille complexifie les manipulations.
- Les pièces plates mesurant plus de 3mm de large et d'épaisseur ont été analysées par ED-XRF en mode non destructif au sein du laboratoire Archéosciences Bordeaux de l'Université Bordeaux Montaigne. Au total, 376 pièces ont pu être analysées par cette méthode.
- L'analyse des pièces les plus fines s'est effectuée pendant deux jours au laboratoire IRAMAT d'Orléans grâce à un LA-ICP-MS. Cela représente un total de 122 pièces.
- Enfin, 88 pièces ont pu être analysées par PIXE au C2RMF à Paris. Il s'agissait ici des pièces n'ayant pas pu être analysées par les deux précédentes méthodes, notamment des pièces avec un relief important.

Au total donc, 586 pièces ont été analysées sur les 1084 de la collection (54 %).

1.3 Avantages et contraintes

Avant la mise en place d'une stratégie analytique, la première préoccupation est celle de la destruction ou non de l'échantillon analysé. Les méthodes choisies dans le cadre de ce mémoire sont non destructives, à l'exception du LA-ICP-MS qui ne nécessite qu'une quantité infime de matière, inférieure à 10^{-4} mm³.

La seconde préoccupation est liée aux éléments mesurés par chaque appareil. Les trois méthodes retenues pour ce mémoire peuvent doser plus d'une vingtaine d'éléments (c'est notamment le cas du LA-ICP-MS), ce qui ne laisse aucun doute possible pour la détermination des sources.

Au-delà de ces deux aspects, il est important de prendre en compte pour chaque appareil la surface et la profondeur d'analyse. Le PIXE et l'ED-XRF analysent sur des profondeurs ne dépassant pas le micron, mais sur une surface de 1,5 mm² pour le premier (même si cette surface peut varier), et 9 mm² pour le second. De plus, les rayons X utilisés pour l'ED-XRF traversent les pièces de moins de 3 ou 4 mm d'épaisseur du fait de la composition riche en silice de l'obsidienne qui ne doit donc pas être trop fine pour l'analyse. Le LA-ICP-MS en revanche fait des analyses sur une surface de quelques microns, mais sur une profondeur beaucoup plus importante que les deux autres méthodes (entre 150 et 250 µm). Cela le rend particulièrement sensible aux minéraux présents dans l'obsidienne, qui dans

certains cas peuvent interférer dans les proportions d'autres éléments (voir la partie *Résultats*).

Le choix d'une méthode d'analyse se fait enfin et surtout en fonction de la collection étudiée. Ici, l'objectif de ce mémoire est la caractérisation de la totalité des artefacts d'une collection, ce qui ne peut se faire sans adapter au mieux la stratégie analytique au corpus (fig. 16) et sans choisir différentes méthodes accessibles qui optimisent le temps et le coût d'analyse.

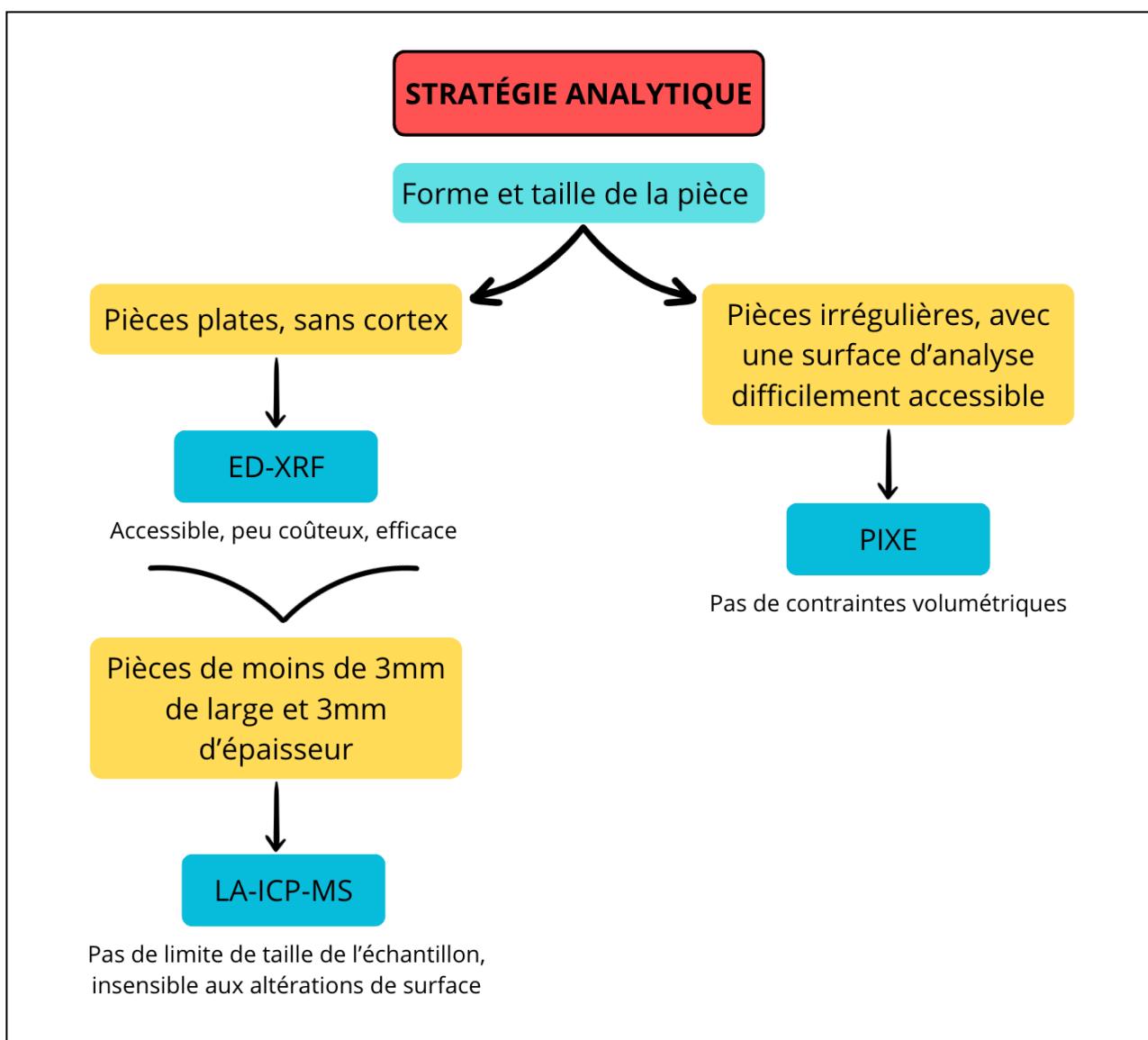


Figure 16. Stratégie analytique mise en place pour ce mémoire, d'après Orange et al., 2017.

2. Analyses XRF

Le premier appareil utilisé pour étudier la provenance de la collection a été l'ED-XRF du laboratoire Archeosciences Bordeaux de l'Université Bordeaux Montaigne. Les analyses ont été réalisées sous la supervision de François-Xavier Le Bourdonnec, puis en autonomie, en novembre 2023, février et avril 2024.

Le fonctionnement de l'ED-XRF repose sur la fluorescence X. L'échantillon est irradié par des rayons X, ce qui excite les éléments chimiques présents dans l'obsidienne qui vont renvoyer des rayons X secondaires. Ces derniers sont détectés par dispersion d'énergie, et leur intensité permet de connaître la concentration des éléments chimiques (De Francesco *et al.*, 2008).

Comme évoqué précédemment, les pièces sélectionnées pour cet appareil sont des pièces plates, d'au moins 3 mm de large et 3 mm d'épaisseur. Ainsi, ce sont principalement les lames qui ont été analysées par cette méthode, mais également des éclats d'une taille assez importante. Au total, durant dix jours, 376 pièces ont été analysées.

Chaque matin, l'appareil est calibré à l'aide d'une obsidienne de référence (obsidienne de type SA), un standard dont la composition est parfaitement connue. Le fichier recette obtenu est utilisé tout au long de la journée.

Ensuite, les obsidiennes de la collection sont analysées en mode routine par session d'environ 20/30 pièces, en commençant et en finissant toujours par une analyse du standard afin de vérifier l'étalonnage de l'appareil. Les pièces sont posées sur une plaque (fig. 17) de manière à ce qu'elles soient sur un même plan afin que le laser puisse toutes les analyser correctement. La zone d'analyse (3x3 mm) est choisie grâce à une caméra en direct. Une pièce est analysée en exactement 6 minutes, et une plaque de 30 pièces en trois heures.

Pour chaque obsidienne on obtient trois spectres, ainsi qu'un fichier Excel synthétisant tous les résultats. Si les résultats sont corrects les pièces ne sont analysées qu'une seule fois, mais il est arrivé que certaines posent problème (surfaces mal lavées, mauvais choix de la zone d'analyse, ...) et soient réanalysées deux voire trois ou quatre fois.



Figure 17. Exemple d'une plaque sur laquelle sont disposées les obsidiennes et le standard de référence (ARC-URS), avant analyse.

3. Analyses LA-ICP-MS

Au début du mois de mai 2024, une session d'analyse au sein du laboratoire IRAMAT d'Orléans a été organisée. Pendant deux jours, sous la supervision de Bernard Gratuze, 122 pièces ont été analysées par LA-ICP-MS. Il s'agissait comme énoncé plus haut des plus petites pièces de la collection, qui ne pouvaient pas être analysées par ED-XRF.

Le LA-ICP-MS (*Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry*) est un spectromètre de masse à plasma inductif, utilisé avec un laser permettant de faire un échantillonnage sur l'objet analysé. Le prélèvement est envoyé grâce à un flux d'argon dans la torche à plasma qui le dissocie, l'atomise et le ionise. Le spectromètre de masse sépare ensuite les ions selon leur rapport masse/charge, pour qu'ils puissent être collectés et analysés (Gratuze, 1999 ; Gratuze, 2014). Plus d'une trentaine d'éléments ont pu être dosés avec cet appareil.

Avant l'analyse, l'appareil est réglé et calibré grâce à des étalons, qui sont ici des verres artificiels permettant d'évaluer le coefficient de réponse pour tous les éléments chimiques souhaités. Ceux utilisés sont le Corning B et le Corning D, créés par la société *Corning Gass*. Leur composition proche des verres anciens permet d'évaluer le coefficient de réponse pour Na, Mg, Al, P, K, Ca, Mn, Fe, Co, Cu, Sb et Pb. Le Corning B est un verre sodo-calcique de type soude végétale, tandis que le Corning D est un verre calao-potassique. Le n610, un verre de référence commercialisé par le NIST (*National Institute of Standard and Technology*), a également été utilisé. C'est un verre silico-sodo-calcique enrichi en éléments traces, qui permet de calculer les coefficients de réponse de tous les éléments chimiques sauf Mg, Cl, P, K, Fe et Al (Gratuze, 2014).

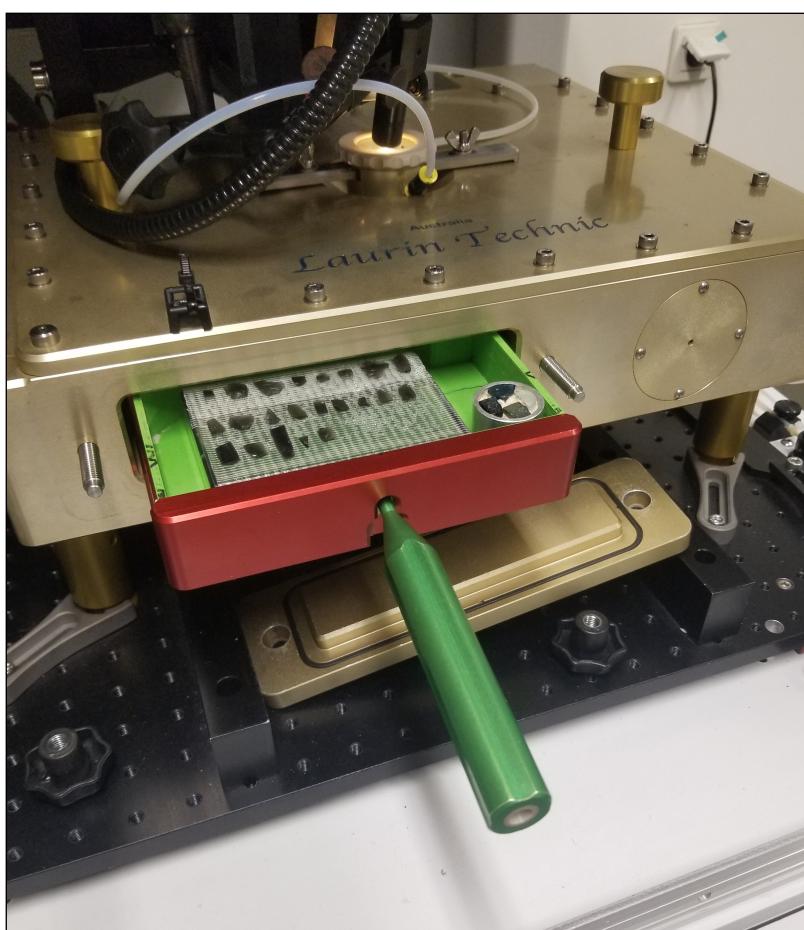


Figure 18. Cellule d'ablation contenant une boîte sur laquelle sont disposées les obsidiennes ainsi que les trois étalons.

Les échantillons sont ici aussi placés sur un même plan pour être analysés. Pour plus de sûreté les pièces ont été collées sur trois boîtes : une pour les pièces de 0,6 à 1 mm d'épaisseur, une pour celles entre 1 et 1,5 mm et une pour les pièces comprises entre 1,6 et 2mm. Pour réaliser les analyses, une boîte est placée dans une cellule d'ablation avec les trois étalons : Corning B, Corning D et n610 (fig. 18). Les échantillons sont visibles en temps réel grâce à une caméra afin de choisir le point de prélèvement. Ici, la taille des échantillons et le temps disponible ont permis pour chaque pièce de faire deux prélèvements.

Ces prélèvements ont un diamètre de 100 µm et une profondeur de 150 µm (fig. 19). Ils ont été effectués grâce au laser avec une énergie de 15 mJ et un taux de répétition de 10 Hz. Une pièce est analysée en 40 secondes, avec un temps de pré-ablation pour éliminer une potentielle corrosion de la surface. L'acquisition se fait en temps réel, ce qui permet de

reconstituer la concentration des éléments de la surface vers l'intérieur de la pièce, et ainsi de prendre en compte les inclusions potentielles (voir la partie *Résultats*).

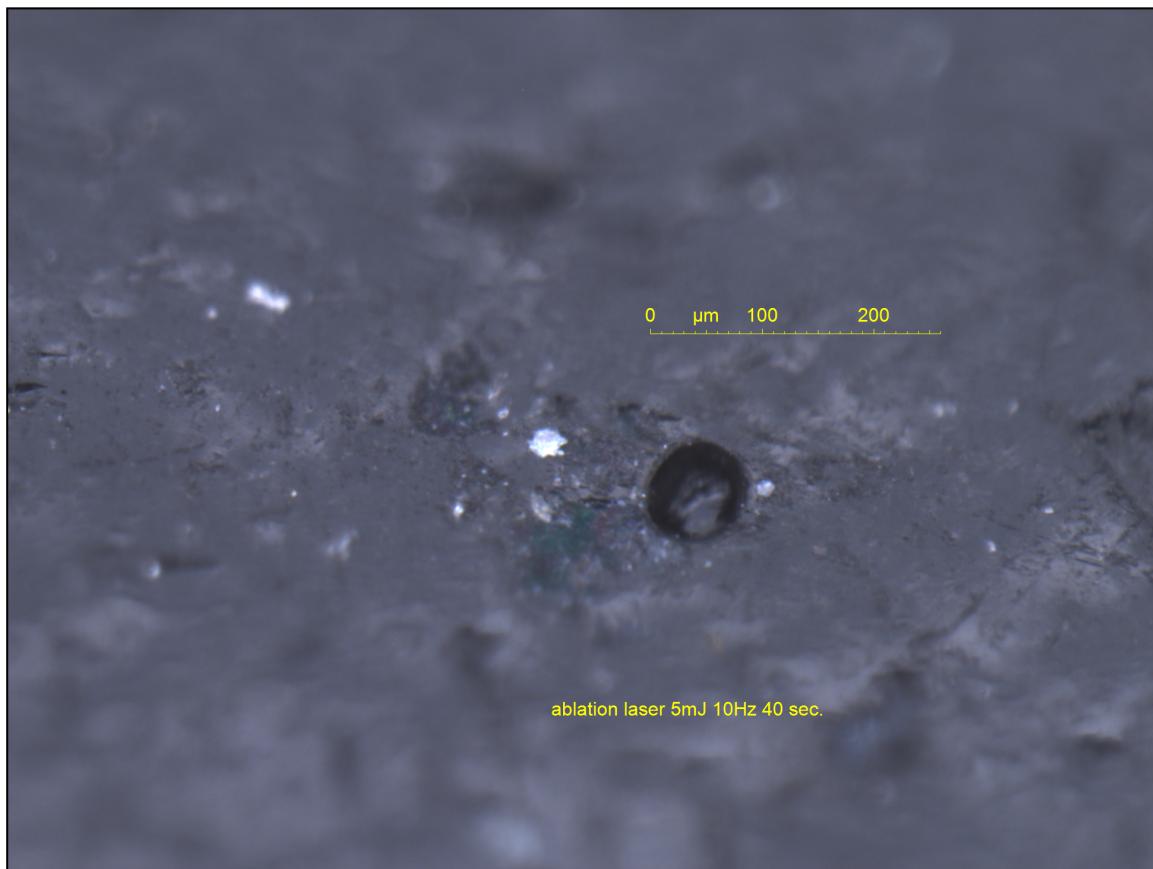


Figure 19. Prélèvement sur l'échantillon n°819 observé à la loupe binoculaire. Grossissement x120.

Toutes les dix pièces environ, une mesure à vide (mesure du bruit de fond) est effectuée afin de vérifier l'absence de pollution du flux gazeux. Les verres de référence, analysés au début, sont également mesurés tous les 10 échantillons environ pour éviter de potentielles dérives de l'appareil (Gratuze, 2014).

4. Analyses PIXE

Enfin, une session d'analyse par PIXE a pu être réalisée pendant deux jours au laboratoire C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) à Paris les 4 et 5 juin 2024, session durant laquelle 88 pièces ont été analysées.

Le PIXE (*Particle Induced X- ray Emission spectroscopy*) est une méthode utilisant une excitation par faisceau d'ions. Ici, l'accélérateur de particule New Aglae du C2RMF permet de générer un faisceau de protons accélérés à 30 000 km/s. Lorsque les protons entrent en contact avec l'échantillon analysé, les électrons de ce dernier sont stimulés et renvoient un rayonnement X. Ce dernier est récupéré par un détecteur de rayonnement pour être converti en spectres d'énergie (fig. 20). La méthode PIXE permet de quantifier de manière plus ou moins certaine une dizaine d'oxydes et plus d'une quinzaine d'éléments chimiques.

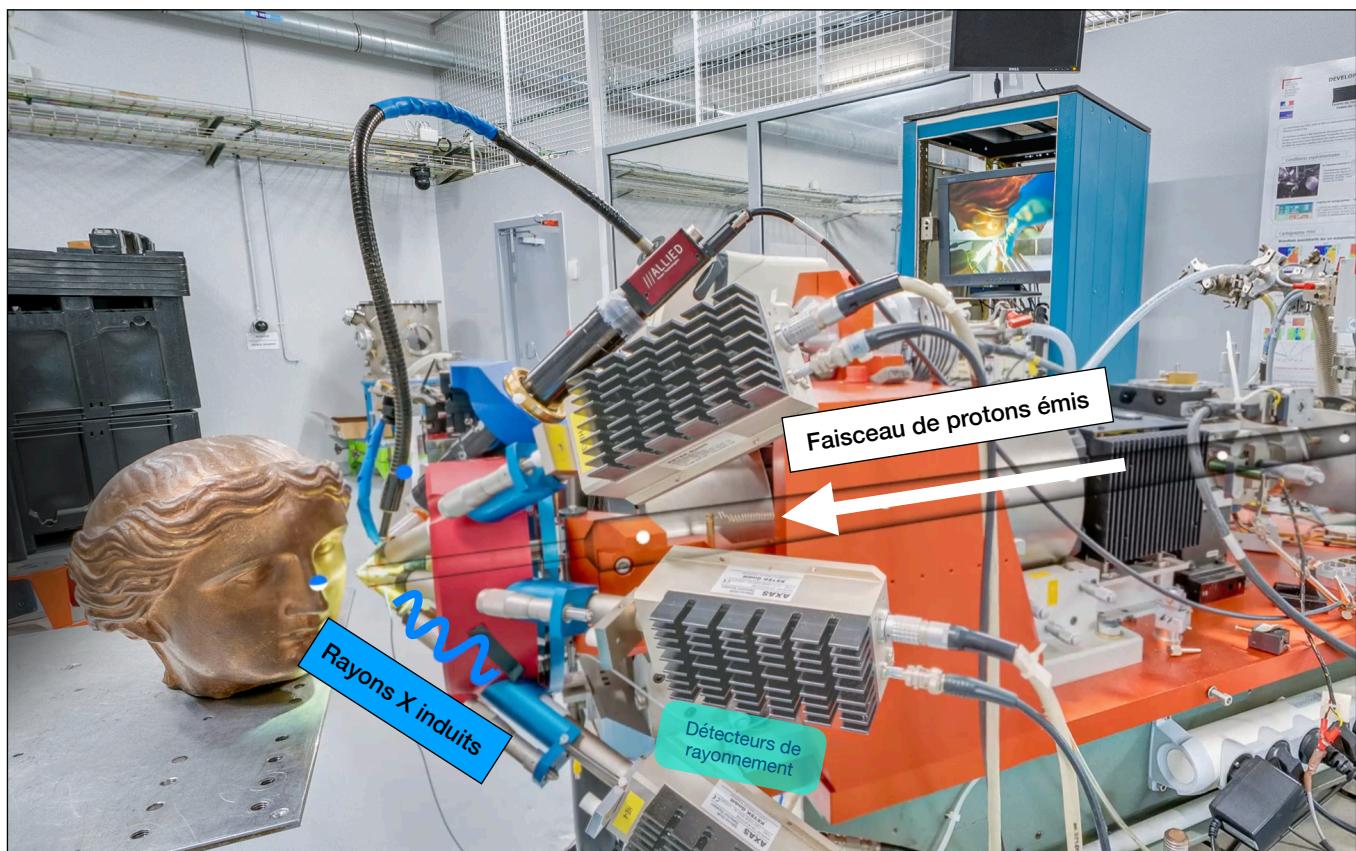


Figure 20. Zone d'expérimentation d'Aglae+. Ici le faisceau de protons est reçu par la pièce analysée, qui renvoie en réponse un rayonnement X capté par un détecteur de rayonnement et enregistré (image : <https://www.v36.fr/visite-virtuelle/220619-C2RMF/>).

Pour une bonne analyse, l'objet étudié doit être placé perpendiculairement au faisceau de protons, et à une distance fixe tout au long de la manipulation. Le système informatique développé au C2RMF permet de choisir les paramètres de l'expérience (durée de l'analyse et localisation de la zone d'analyse notamment). Dans l'optique d'être le plus efficace, les pièces ont été disposées à la verticale dans un même plan sur de la plastiline, afin de présenter à chaque fois une surface plate (fig. 21). La zone d'analyse ($1,5 \text{ mm}^2$) est sélectionnée grâce à une caméra en direct.

Chaque série commence par la mesure du standard (obsidienne SA), avant l'analyse des pièces une par une. Ici aussi les résultats pouvaient ne pas être satisfaisants à cause d'une surface altérée, d'une inclinaison de la pièce, ... Dans ce cas, une nouvelle zone d'analyse est choisie et la pièce est parfois repositionnée.



Figure 21. Exemple d'une série de pièces prêtes à être analysées.

Le système d'acquisition développé au sein du groupe de recherche Aglae+ convertit les différents rayonnements émis par l'échantillon en spectres d'énergie. Grâce à la synchronisation de la position du faisceau sur l'échantillon lors de l'analyse et les spectres récupérés, il est également possible de réaliser des cartographies de répartition des éléments chimiques (répartition spatiale des éléments présents sur la zone analysée)².

² <https://www.v36.fr/visite-virtuelle/220619-C2RMF/>

VI. Premiers résultats

1. Des données brutes aux résultats exploitables

L'obsidienne a l'avantage d'être un matériau idéal pour les études de provenance. Sa signature élémentaire est comme nous l'avons vu propre à chacune de ses sources et contrairement à d'autres matériaux, de simples diagrammes permettent de discerner les différents gisements (Le Bourdonnec *et al.*, 2015). Les éléments Zr, Zn, Rb et Sr suffisent généralement à discriminer les sources de Méditerranée grâce à des diagrammes 3D et la simple comparaison des teneurs en Zinc et de Zirconium permet de différencier les sources de Sardaigne. Toutefois dans sa thèse, Marie Orange a testé de nombreux diagrammes afin de voir quels éléments pouvaient être les plus discriminants (Orange, 2016). Le Nb et le Cs sont également des éléments significatifs souvent utilisés pour l'attribution des artefacts en Méditerranée occidentale (Orange *et al.*, 2018) et en comparant les rapports $\log(^{133}\text{Cs}/^{93}\text{Nb})$ et $\log(^{90}\text{Zr}/^{93}\text{Nb})$, les différentes pièces analysée par LA-ICP-MS sont immédiatement attribuées à leurs sources.

Il est à noter qu'une obsidienne peut avoir été affectée par différents éléments qui faussent les résultats. Outre les inclusions déjà évoquées pour les analyses LA-ICP-MS, l'eau ou la chaleur (exposition au feu notamment) peuvent modifier la composition de la pièce sur les premiers microns (Chataigner *et al.*, 2020). Cela pourrait poser problème pour les appareils effectuant des analyses de surface mais ces altérations n'affectent heureusement pas les éléments traces.

2. Résultats

Les résultats pour chaque pièce analysée sont présentés dans les annexes (cf. Annexes 1, 2 et 3).

2.1. ED-XRF

Avec cet appareil il a été possible de doser le Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Nb et Th.

A l'issue des trois sessions, 434 analyses ont été effectuées pour 376 pièces. Le standard, nommé ARC-URS dans les fichiers Excel obtenus, a été au total analysé 37 fois. Pour chaque plaque (19 au total), les résultats obtenus étaient vérifiés sur le moment et s'ils étaient incorrects les pièces posant problème étaient réanalysées sur la plaque suivante. Ainsi, 13 pièces ont été analysées deux fois, une pièce trois fois et deux pièces quatre fois.

Afin de faciliter la vision globale de tous les résultats, ces derniers sont comparés avec des mesures de référence de F.X. Le Bourdonnec. Elles ne sont pas encore publiées mais sont utilisées pour plusieurs articles (Lugliè *et al.*, 2014 ; Orange *et al.*, 2017 ; Nicod *et al.*, 2019 ; Zilhão *et al.*, 2021). Toutes ces données sont exportées dans le logiciel de statistiques CoDaPack qui permet de générer de nombreux graphes. Celui utilisé ici est le CLR (*centered log-ratio transformation*) plot (fig. 22). Il permet de mettre en évidence les différences de composition entre les échantillons et ainsi de séparer les huit sources. Les pièces de notre collection se placent logiquement dans l'une ou l'autre.

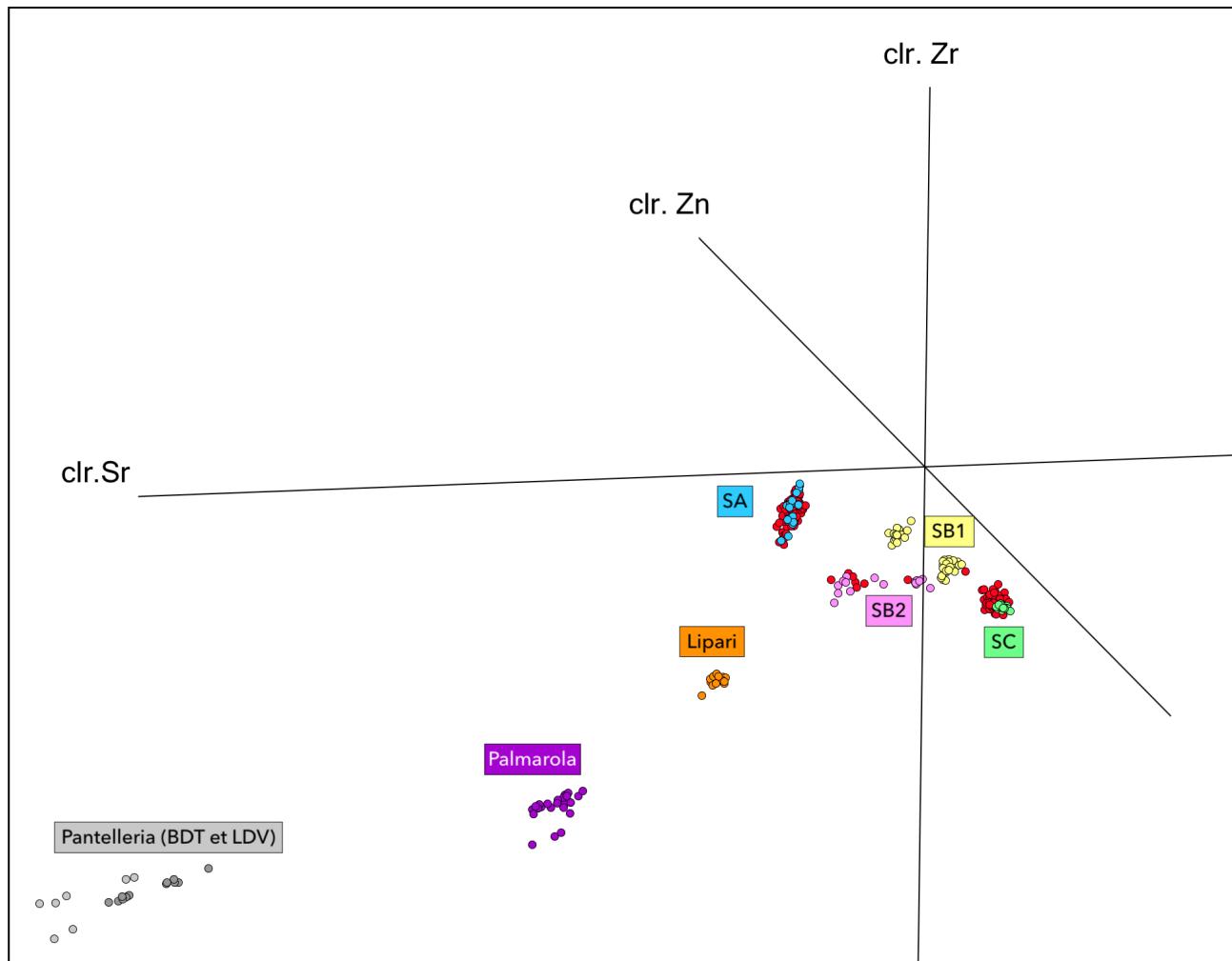


Figure 22. CLR plot réalisé avec les teneurs en Zinc, Zirconium et Strontium des mesures de référence et les échantillons analysés (en rouge).

Pour nos 376 pièces analysées par ED-XRF, 140 sont de type SA, six sont de type SB2 et 229 sont de type SC (et un silex a été analysé par erreur). On remarque sur la figure 21 qu'une pièce semble appartenir au groupe SB1. Cette dernière (n°825) présente en effet une teneur en MnO particulière (cf. Annexe 1) et sera réanalysée pour être vérifiée.

2.2. LA-ICP-MS

Pour les analyses au LA-ICP-MS, B. Gratuze s'est occupé de traiter les résultats et de les synthétiser dans un tableur Excel. Les éléments chimiques mesurés par LA-ICP-MS sont très nombreux et seules les teneurs en Sc, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Cs, Ba, Nd, SM, Th et U sont présentées dans les résultats (cf. Annexe 2).

Le prélèvement s'est parfois effectué au niveau d'un minéral présent dans la matière, ce qui influe sur les teneurs de certains éléments chimiques. Treize prélèvements ont ainsi été affectés par une inclusion (n° 209 b ; 429 b ; 481 b ; 675 a ; 675 b ; 716 a ; 779 a ; 869 a ; 120 a ; 178 b ; 857 b ; 932 b). Il s'agissait le plus souvent de minéraux ferro-magnésiens, parfois de minéraux riches en baryum, et d'un zircon (fig. 23).



Figure 23. Pièce n°779 observée à la loupe binoculaire. Le zircon ayant impacté le prélèvement est entouré en rouge.

Grossissement x120.

Heureusement, chaque pièce étant analysée deux fois, un des deux prélèvements s'est toujours avéré correct (fig. 24). Une seule pièce (n°675) a été affectée les deux fois par un minéral ferro-magnésien (fig. 25), ce qui n'empêche pas de déterminer le type d'obsidienne. Seule la pièce présentant une inclusion de zircon (n°779 a) a été retirée des résultats en annexes car les teneurs étaient trop faussées.

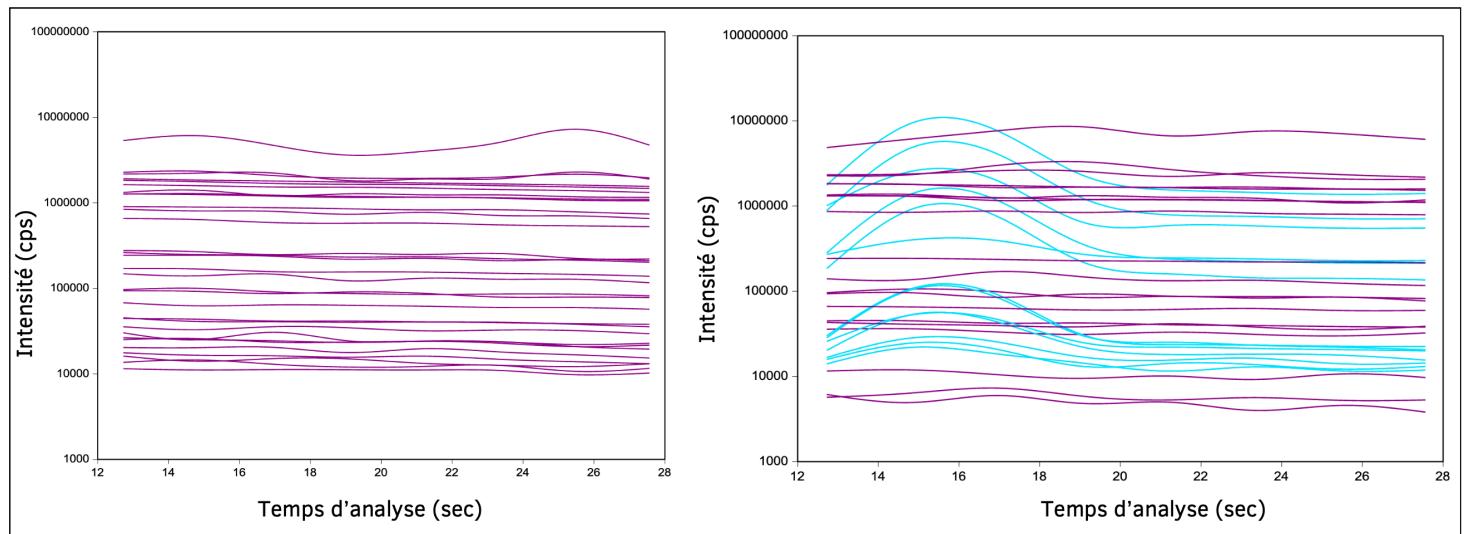


Figure 24. Une même pièce analysée à deux endroits différents par LA-ICP-MS. Les éléments en bleu (ici les terres rares) ont été affectés par une inclusion lors de la deuxième analyse (Graphes : B. Gratuze).

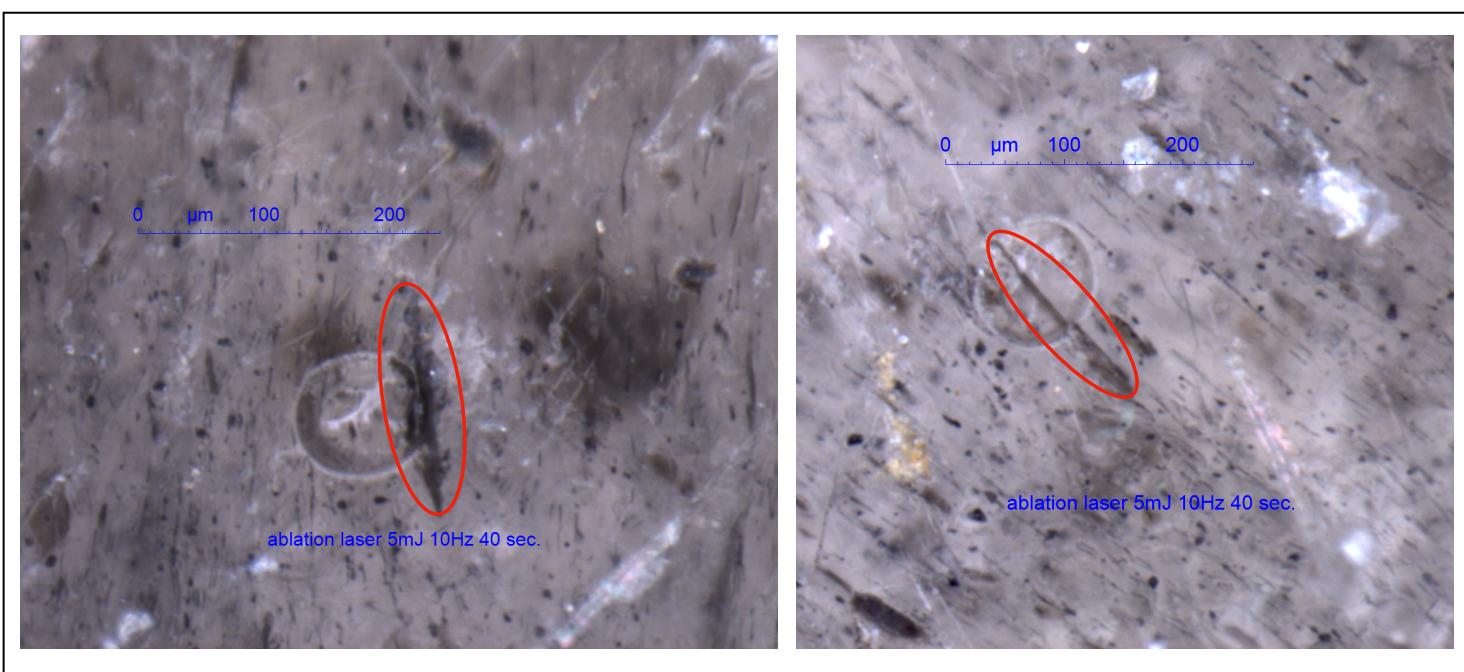


Figure 25. Prélèvements de la pièce n°675, tous deux affectés par des minéraux ferro-magnésiens, entourés en rouge. Loupe binoculaire, grossissement x 135.

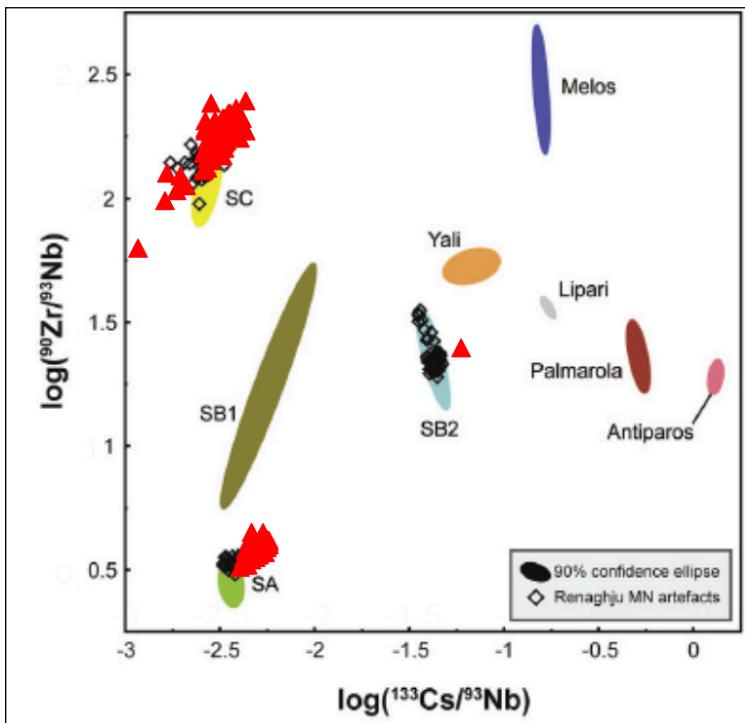


Figure 26. Comparaison des rapports $\log(⁹⁰\text{Zr}/⁹³\text{Nb})$ et $\log(¹³³\text{Cs}/⁹³\text{Nb})$ obtenus sur les 122 pièces analysées, superposée à un diagramme de référence (Orange et al., 2018, fig. 5, p. 328). Les pièces de la collection sont en rouge (Calculs : B. Gratuze).

En comparant des rapports $\log(⁹⁰\text{Zr}/⁹³\text{Nb})$ et $\log(¹³³\text{Cs}/⁹³\text{Nb})$, on obtient trois groupes de points que l'on peut superposer aux diagrammes de références issus des travaux de Marie Orange *et al.*, 2018 (fig. 26). Ici aussi l'attribution des pièces aux sources de Sardaigne se fait sans difficulté. Sur les 122 pièces analysées par LA-ICP-MS, 63 sont de type SA, une est de type SB2 et 58 sont de type SC.

2.3 PIXE

Les éléments quantifiés grâce au PIXE sont nombreux. Les résultats (cf. Annexe 3) ne présentent que les teneurs en Na_2O , Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO et Fe_2O_3 pour les oxydes et Zn , Ga , Rb , Sr et Zr pour les éléments traces.

A l'issue des deux journées au C2RMF, 120 analyses ont été effectuées pour 88 pièces. Le standard DrN a été analysé quatre fois tandis que l'obsidienne de référence ARC-URS a été analysée six fois. Pour ce qui est des échantillons, ici aussi douze pièces ont dû être réanalysées une deuxième fois, deux pièces trois fois et deux autres pièces quatre fois. Comme pour les résultats ED-XRF, ces mesures fausses ont été retirées des annexes.

Les logiciels de traitement des données, développés pour l'accélérateur de particule Aglae+, s'appuient sur des moteurs de calcul de physique nucléaire et permettent de facilement visualiser, traiter et comparer les cartographies obtenues. Les résultats sont alors plus rapidement interprétables.

Pour les 88 obsidiennes analysées, 33 sont de type SA, 3 sont de type SB2 et 52 sont de type SC. Les résultats ont été comparés à des données de référence (cf. Annexe 5) pour réaliser

le graphe suivant (fig. 27). Cette fois-ci le CLR plot a été réalisé à partir des teneurs en Zinc, Zirconium et Rubidium, simplement car les sources se différenciaient mieux ainsi.

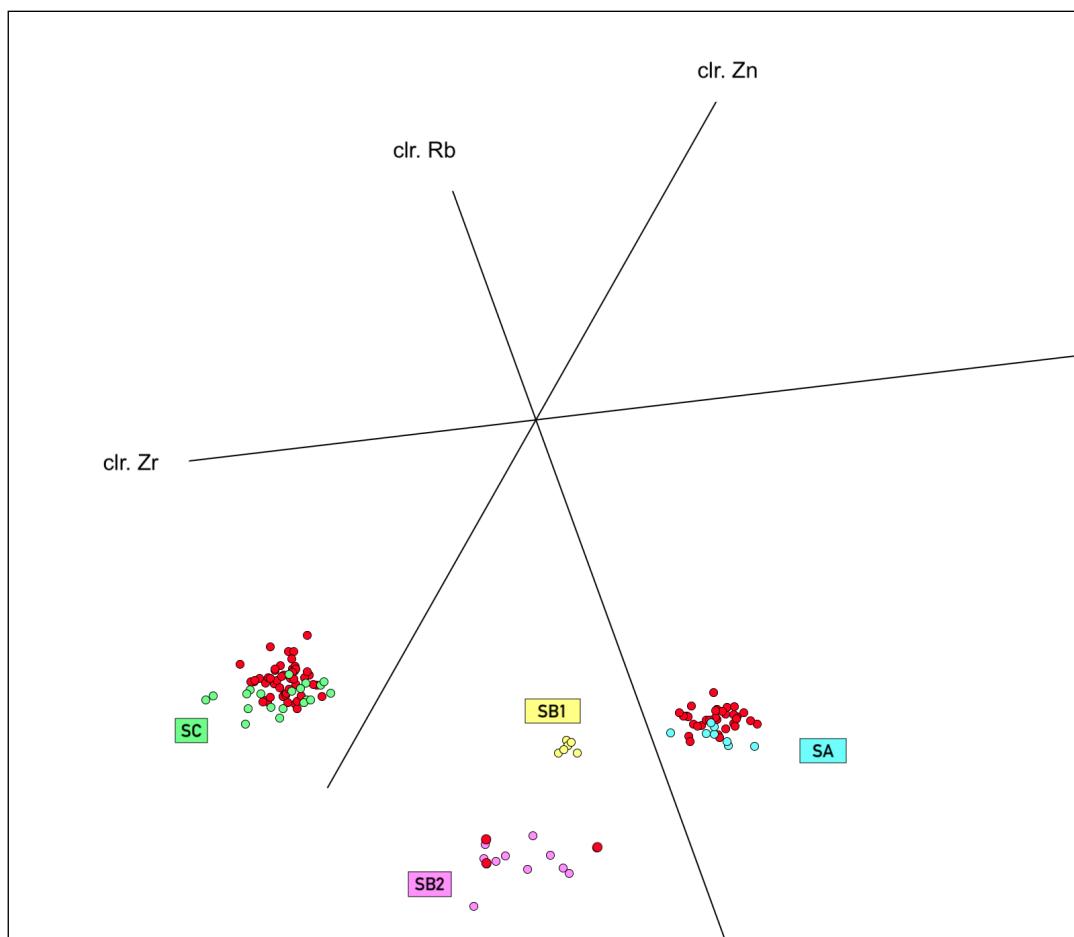


Figure 27. CLR plot réalisé avec les teneurs en Zinc, Zirconium et Rubidium des mesures de référence et les échantillons analysés (en rouge).

3. Conclusion des analyses pour la collection : une tendance qui se dessine

Les résultats présentés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

	ED-XRF	LA-ICP-MS	PIXE
SA	140	63	33
SB2	6	1	3
SC	229	58	52
Total	375	122	88

Tableau 3. Récapitulatif des résultats obtenus sur l'ensemble des obsidiennes analysées.

Toutes les obsidiennes analysées pour le moment dans ce mémoire proviennent de Sardaigne. Tous les échantillons ont pu être attribués sans ambiguïté à leurs sources : sur les 585 obsidiennes, 40,3 % sont issues du gisement SA, 57,9 % sont de type SC et quelques obsidiennes sont de type SB2 (1,7 %). On remarque donc une nette prédominance pour les gisements SA et SC et une absence d'obsidiennes SB1 (fig. 28). Ces résultats sont parfaitement cohérents avec les données précédemment obtenues pour la Corse au Néolithique récent (Le Bourdonnec *et al.*, 2011).

Au Néolithique ancien, les différents types d'obsidiennes sardes sont présents en Corse sans réelle préférence pour une des quatre sources (Poupeau *et al.*, 2010 ; Bressy-Leandri *et al.*, 2022). C'est au Néolithique moyen qu'on observe une prédominance du type SB2 en parallèle de la baisse du type SA. Toutefois, au Néolithique récent la proportion d'obsidienne SB2 diminue fortement, les assemblages lithiques étant dominés par les types SA et SC (Bressy-Leandri *et al.*, 2022). Le type SB1 est, quant à lui, quasiment toujours absent (Le Bourdonnec *et al.*, 2011).

Au Néolithique moyen, l'obsidienne importée en Corse provient souvent de blocs des sources secondaires sardes, d'où la présence plus importante du type SB2 qui se retrouve bien au-delà du Monte Arci. Durant l'Ozieri, on observe le développement de « vastes ateliers de taille à proximité des roches mères » (Lugliè *et al.*, 2006, p.997), et cette exploitation des sources primaires et sub-primaires explique pourquoi au Basien les obsidiennes des gîtes secondaires deviennent anecdotiques en Corse. Cela permet aussi de comprendre la proportion importante du type SA dans les sites archéologiques, ce dernier étant très peu étendu.

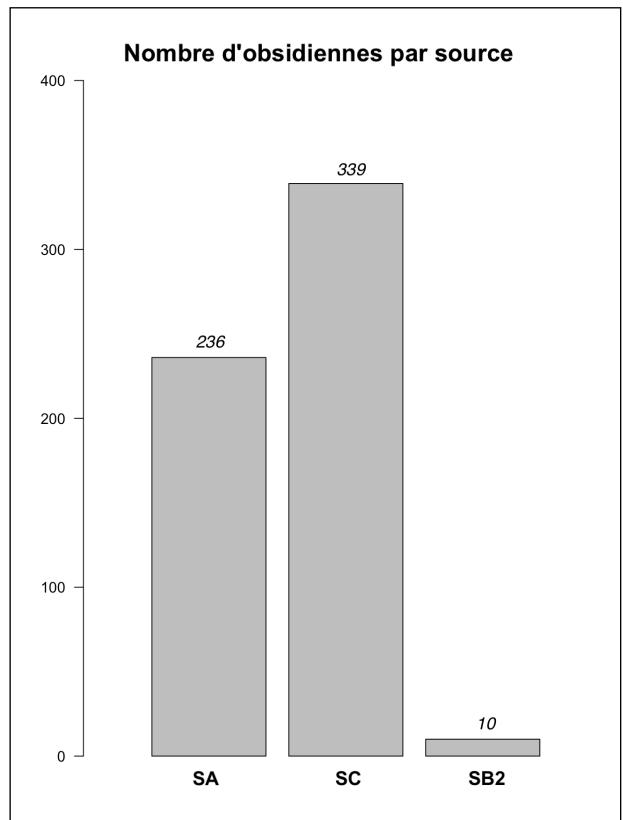


Figure 28. Histogramme représentant la proportion d'obsidiennes SA, SC et SB2 dans les pièces analysées.

VII. Perspectives

Les résultats présentés dans ce mémoire permettent d'avoir une première approche de la proportion des sources d'obsidiennes au sein de la collection, mais il reste encore 266 pièces à analyser (en dehors des débris) pour avoir une vision complète. Une deuxième session d'analyse au C2RMF est prévue à l'automne 2024 et une quatrième session d'analyse par XRF sera probablement nécessaire afin d'atteindre cet objectif.

Une fois l'ensemble de la collection analysée, l'enjeu sera d'étudier cette dernière d'un point de vue techno-typologique afin d'y intégrer les résultats de ce premier mémoire. Ainsi, lorsque toute la chaîne opératoire des obsidiennes aura été caractérisée, il sera possible d'aborder des problématiques plus larges. Les observations seront incluses dans une perspective globale d'étude des relations entre Corse et Sardaigne et plus généralement de la place de la Corse dans la Méditerranée occidentale.

Bibliographie

- AMBROSE, W. R., DUERDEN, P., BIRD, J. R. (1981) – An archaeological application of PIXE-PIGME analysis to Admiralty Islands obsidians, *Nuclear Instruments and Methods*, 191, p.397-402.
- BAILLOUD, G. (1969a) – Fouille d'un habitat néolithique et torréen à Basi (Serra-di-Ferro, Corse). Premiers résultats, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 66, 1, p.367-384.
- BAILLOUD, G. (1969b) – Fouilles de Basi (Serra-di-Ferro) - Campagne 1968, *Corse historique*, IX, 33, p.49-64.
- BAUDOUIN, E. (2023) – Étude de l'architecture de terre à Basi, in T. Perrin (dir.), *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport final (2022) d'opération programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, p.83-98.
- BELLOT-GURLET, L., BIGAZZI, G., DORIGHEL, O., ODDONE, M., POUPEAU, G., YEGINGIL, Z. (1999) – The fission-track analysis: An alternative technique for provenance studies of prehistoric obsidian artefacts, *Radiation Measurements*, 31, p. 639-644.
- BELLOT-GURLET, L., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., DUBERNET, S. (2004) - Raman micro-spectroscopy of western Mediterranean obsidian glass: one step towards provenance studies?, *Journal of Raman spectroscopy*, 35, p.671-677.
- BINDER D., COURTIN J. (1994) – Un point sur la circulation de l'obsidienne dans le domaine provençal, *Gallia Préhistoire*, 36, 1, p.310-322.
- BLEGEN, N. (2017) – The earliest long-distance obsidian transport: Evidence from the ~200 ka Middle Stone Age Sibilo School Road Site, Baringo, Kenya, 103, p. 1-19.
- BRESSY-LEANDRI, C. (2016) – Caractérisation et provenance des silex de sites néolithiques corses, in A. Tomasso, D. Binder, G. Martino, G. Porraz, P. Simon et N. Naudinot (dir.), *Ressources lithiques, productions et transferts entre Alpes et Méditerranée, actes de la séance de la Société Préhistorique Française (Nice, 28-29 mars 2013)*, Société Préhistorique Française, 5, p. 277-288.
- BRESSY-LEANDRI, C., AMEZIANE-FEDERZONI, N., LE BOURDONNEC, F.-X., COLONNA, A., PAOLINI-SAEZ, H., BELLOT-GURLET, L., CONVERTINI, F., DUBAR, M., ERRERA, M., FERNANDES, P., GABRIELE, M., LECK, A., LUGLIÈ, C., MELOSU, B., ORANGE, M., OTTAVIANI-SPELLA, M.-M., QUILICHINI, Y., TRAMONI, P. (2022) – Territoires et échanges préhistoriques en Corse : l'apport des recherches sur les matières premières minérales, in F. Leandri et C. Leandri (dir.), *Archéologie en Corse, vingt années de recherche*, Arles, Errance, p.55-71.
- BRESSY-LEANDRI, C., D'ANNA, A., POUPEAU, G., LE BOURDONNEC, F.-X., BELLOT-GURLET, L., LEANDRI, F., TRAMONI, P., DEMOUCHE, F. (2008) – Chert and obsidian procurement of three Corsican sites during the 6th and 5th millenniums BC, *Comptes Rendus Palevol*, 7, 4, p. 237-248.
- CAMPS, G. (1988) – *Préhistoire d'une île. Les origines de la Corse*, Editions Errance, 284 p.
- CANN, J.R., RENFREW, C. (1964) – The characterization of obsidian and its application to the Mediterranean Region, *The Prehistoric Society*, 8, p.111-133.
- CARO, J. (2023) – Les productions céramiques du Néolithique récent de Basi (Serra-di-Ferro) : inventaire 2022 et étude du mobilier du secteur 2, in T. Perrin (dir.), *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport final (2022) d'opération programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, p.111-129.

CARTER, T. (2014) – The Contribution of obsidian characterization studies to early prehistoric archaeology, in M. Yamada et A. Ono (dir.), *Lithic raw material exploitation and circulation in Préhistory. A comparative perspective in diverse palaeoenvironments*, Liège, ERAUL 138 p.23-33.

CHATAIGNER, C., GRATUZE, B., TARDY, N., ABBÈS, F., KALANTARYAN, I., HOVSEPYAN, R., CHAHOUD, J., PERELLO, B. (2020) – Diachronic variability in obsidian procurement patterns and the role of the cave-sheepfold of Getahovit-2 (NE Armenia) during the Chalcolithic period, *Quaternary International*, 550, p.1-19.

CONTU, E., CICILLONI, R. (2015) – La preistoria della Sardegna con particolare riguardo alla Sicilia, *Archivio storico sardo*, L, p. 9-54.

D'ANNA, A., GUENDON, J.-L., SOULA, F. (2010) – La nécropole de S'Elighe Entosu dans son espace, in M. G. Melis (dir.), *Usini. Ricostruire il passato: una ricerca internazionale a S'Elighe Entosu, Sassari*, , Sassari, Carlo Delfino p.57-72.

DE FRANCESCO, A.M., CRISCI, G.M., BOCCI, M. (2008) – Non-destructive analytic method using XRF for determination of provenance of archaeological obsidians from the Mediterranean area : a comparison with traditional XRF methods, *Archaeometry*, 50, 2, p.337-350.

GRATUZE, B. (2014) – Application de la spectrométrie de masse à plasma avec prélèvement par ablation laser (LA-ICP-MS) à l'étude des recettes de fabrication et de la circulation des verres anciens, in P. Dillmann et L. Bellot-Gurlet (dir.), *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, , Paris (coll. « Sciences Archéologiques »), p.243-272.

GRATUZE, B. (1999) – Obsidian Characterization by Laser Ablation ICP-MS and its Application to Prehistoric Trade in the Mediterranean and the Near East: Sources and Distribution of Obsidian within the Aegean and Anatolia, *Journal of Archaeological Science*, 26, p. 869-881.

GUILAINE, J. (1997) – Ozieri et le Néolithique français, in L, Campus (éd) *La Cultura di Ozieri. La Sardegna e il Mediterraneo nel IV e III millennio a.C.*, Atti del II Convegno di studi (Ozieri 15-17 ottobre 1990), Ozieri, p. 165-181.

GUILAINE, J. (dir.) (2003) – *De la vague à la tombe : La conquête néolithique de la Méditerranée (8000-2000 avant J.-C.)*, Paris, Editions du Seuil, 375 p.

GUILAINE, J., MANEN, C. (2007) – Du Mésolithique au Néolithique en Méditerranée de l'Ouest: aspects culturels, in J. Guilaine, C. Manen, J.D. Vigne (dir.), *Pont de Roque-Haute (Portiragnes, Hérault). Nouveaux regards sur la néolithisation de la France méditerranéenne*, Toulouse, Archives d'Ecologie préhistorique, pp.303-322.

HAMON, C. (2023) – Le macro-outillage de Basi. Analyse du mobilier des campagnes 2016-2021, in T. Perrin (dir.), *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport final (2022) d'opération programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, p.111-129.

HASLER, A. (2014) – Nouvelle intervention archéologique sur le site de Basi (Serra-di-Ferro, Corse-du-sud), in I. Sénépart, F. Leandri, J. Cauliez, T. Perrin, et E. Thirault (dir.), *Chronologie de la Préhistoire récente dans le Sud de la France. Acquis 1992-2012. Actualité de la recherche. Actes des 10e Rencontres méridionales de Préhistoire récente Porticcio (20) - 18 au 20 octobre 2012*, Toulouse, Archives d'Ecologie Préhistorique p.289-307.

HUGHES, R.E. (1998) – What is a source? Geological, geochemical, and archaeological considerations, *International Association for Obsidian Studies Bulletin*, 22, p. 1998.

LEANDRI, F. (2020) – *Le mégalithisme de la Corse. Monuments, essai chronologique, catalogue*, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse Jean Jaurès, Toulouse, 250 p.

LE BOURDONNEC F.-X. (2007) – *Aspects archéométriques de la circulation de l'obsidienne préhistorique : développements analytiques et applications en Corse, Sardaigne et Ethiopie*, Thèse de Doctorat, Université Michel de Montaigne - Bordeaux III, Pessac, 310p.

LE BOURDONNEC, F.-X., BELLOT-GURLET, L., LUGLIÈ, C., BRESSY-LEANDRI, C. (2015) - Archéométrie de l'obsidienne : déchiffrer la circulation d'une matière première, *Les nouvelles de l'archéologie*, 138, p.23-27.

LE BOURDONNEC, F.-X., BONTEMPI, J.-M., MARINI, N., MAZET, S., NEUVILLE, P.F., POUPEAU, G., SICURANI, J. (2010) – SEM-EDS characterization of western Mediterranean obsidians and the Neolithic site of A Fuata (Corsica), *Journal of Archaeological Science*, 37, p. 92-106.

LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., LUGLIÈ, C., D'AANNA, A., BELLOT-GURLET, L., BRESSY, C., PASQUET, A., TRAMONI, P. (2011) – New data and provenance of obsidian blocks from Middle Neolithic contexts on Corsica (western Mediterranean), *Comptes Rendu Palevol*, 10, p.259-269.

LUGLIÈ, C. (2009) – L'obsidienne néolithique en Méditerranée occidentale, in M.-H. Moncel et F. Fröhlich (dir.), *L'homme et le précieux. Matières minérales précieuses*, p.213-224.

LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G. (2011) – Neolithic Obsidian Economy Around the Monte Arci Source (Sardinia, Italy): The Importance of Integrated Provenance/Technology Analyses, in I. Turbanti-Memmi (dir.), *Proceedings of the 37th International Symposium on Archaeometry. 12th-16th may 2008*, Siena, Springer p.255-260.

LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G. (2014) - Caratterizzazione elementare e provenienza delle ossidiane mediante analisi non distruttiva PIXE e EDXRF, in M. Venturino Gambari (ed.), *La memoria del passato. Castello di Annone tra archeologia e storia*, LineLab Edizioni, Alessandria, p.333-336

LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., ATZENI, E., DUBERNET, S., MORETTO, P., SERANI, L. (2007) – Early Neolithic obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case, *Journal of Archaeological Science*, 34, 3, p.428-439.

LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., BOHN, M., MELONI, S., ODDONE, M., TANDA, G. (2006) – A map of the Monte Arci (Sardinia Island, Western Mediterranean) obsidian primary to secondary sources. Implications for Neolithic provenance studies, *Comptes Rendus Palevol*, 5, 8, p.995-1003.

MANEN, C., PERRIN, T., RAUX, A., BINDER, D., LE BOURDONNEC, F.-X., BRIOIS, F., CONVERTINI, F., DUBERNET, S., ESCALLON, G., GOMART, L., GUILAINE, J., HAMON, C., PHILIBERT, S., QUEFFELEC, A. (2019) – Le sommet de l'iceberg ? Colonisation pionnière et néolithisation de la France méditerranéenne, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 116, 2, p. 317-361.

MARTINET, L. (2016) – Étude techno-économique des industries de l'Impresso-Cardial de Basi, in T. Perrin (dir.), *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport final (2022) d'opération programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, p.111-129.

MELOSU, B. (2013) – *Les industries lithiques en silex de Sardaigne au Néolithique : approvisionnements, circulations et productions. Premières approches*, Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille, Aix-en-Provence, 400 p.

NICOD, P.-Y., PERRIN, T., LE BOURDONNEC, F.-X., PHILIBERT, S., OBERLIN, C. & M. BESSE, M. (2019) - First obsidian in the Northern French Alps during the Early Neolithic, *Journal of Field Archaeology*, 44, p.180-194.

ORANGE, M. (2016) – *Between islands : an overview of obsidian paths in the Western Mediterranean (Corsica, Middle Neolithic)*, Thèse de Doctorat, Southern Cross University, Lismore, 230p.

ORANGE, M., LE BOURDONNEC, F.-X., BELLOT-GURLET, L., LUGLIÈ, C., DUBERNET, S., BRESSY-LEANDRI, C., SCHEFFERS, A., JOANNES-BOYAU, R (2017) - On Sourcing Obsidian Assemblages from the Mediterranean Area: Analytical Strategies for their Exhaustive Geochemical Characterisation, *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, p.834-844.

ORANGE, M., LE BOURDONNEC, F.-X., D'ANNA, A., TRAMONI, P., LUGLIÈ, C., BELLOT-GURLET, L., SCHEFFERS, A., MARCHESI, H., GUENDON, J.-L., JOANNES-BOYAU, R. (2018) - Obsidian economy on the Cauria Plateau (South Corsica, Middle Neolithic): New evidence from Renaghju and I Stantari, *Quaternary International*, 467, p. 323-331.

PERRIN, T. (2015) – *Le gisement préhistorique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport d'évaluation archéologique 2015*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, 29p.

PERRIN, T. (2021) – *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse du Sud). Premier rapport intermédiaire (2020) de fouille programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, 164p.

PERRIN T. (2023a) – Basi (Serra-di-Ferro, Corse-du-Sud) : 7 000 ans d'occupations préhistoriques en plein air, *l'Archéologue*, 166, p. 39-43.

PERRIN, T. (2023b) – *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Rapport final (2022) d'opération programmée triennale 2020-2022*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, 304p.

PERRIN, T. (2024a) – *Fouille archéologique de Basi à Serra-di-Ferro (Corse-du-Sud). Premier rapport intermédiaire (2023) d'opération programmée triennale 2023-2025*, Ajaccio, Service Régional de l'Archéologie de Corse, 236p.

PERRIN, T. (2024b) – *Roquemissou 2023. Rapport de fouille programmée triennale 2020-2023*, Toulouse, Service Régional de l'Archéologie, 274p.

PERRIN, T., VIGNE, J.-D., PICAVET, R. (2022) – Récents acquis sur les premiers peuplements de l'île, in F. Leandri et C. Leandri (dir.), *Archéologie en Corse, vingt années de recherche*, Arles, Errance, p.18-27.

PIPERNO, M., COLLINA, C., GALLOTTI, R., RAYNAL, J.-P., KIEFFER, G., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., GERRADS, D. (2009) – Obsidian exploitation and utilization during the Oldowan at Melka Kunture (Ethiopia), in E. Hovers et D. R. Braun (dir.), *Interdisciplinary Approaches to the Oldowan*, Dordrecht, Springer Netherlands, p.111-128.

POUPEAU, G., LE BOURDONNEC, F.-X., BELLOT-GURLET, L. (2014) - Caractérisation et circulation de l'obsidienne , in Ph. Dillmann et L. Bellot-Gurlec (dir.), *Circulation des matériaux et des objets dans les sociétés anciennes*, Paris, éditions des archives contemporaines, (Sciences Archéologiques), p.9-33.

POUPEAU, G., LE BOURDONNEC, F.-X., DUBERNET, S., SCORZELLI, R.B., DUTTINE, M., CARTER, T. (2007) – Tendances actuelles dans la caractérisation des obsidiennes pour les études de provenance, *ArcheoSciences, revue d'archéologie*, 31, p.79-86.

POUPEAU G., LUGLIÈ C., D'ANNA A., CARTER T., LE BOURDONNEC F.-X., BELLOT-GURLET L., BRESSY-LEANDRI C. (2010) – Circulation et origine de l'obsidienne préhistorique en Méditerranée. Un bilan de cinquante années de recherches, *in* X. Delestre et H. Marchesi (dir.), *Archéologie des rivages méditerranéens : 50 ans de recherche. Actes du colloque d'Arles, 28-29-30 octobre 2009*, , Paris, Errance p.183-191.

SALOTTI, M., BELLOT-GURLET, L., COURTOIS, J.-Y., DUBOIS, J.-N., LOUCHART, A., MOURER-CHAUVIRÉ, C., OBERLIN, C., PEREIRA, E., POUPEAU, G., TRAMONI, P. (2000) – La fin du Pléistocène supérieur et le début de l'Holocène en Corse : apports paléontologique et archéologique du site de Castiglione (Oletta, Haute-Corse), *Quaternaire*, 11, p. 219-230.

TRAMONI, P., D'ANNA, A. (2016) – Le Néolithique moyen de la Corse revisité : nouvelles données, nouvelles perceptions, *in* T. Perrin, P. Chambon, J. F. Gibaja, et G. Goude (dir.), *Le Chasséen, des Chasséens... Retour sur une culture nationale et ses parallèles, Sepulcres de fossa, Cortaillod, Lagozza. Actes du colloque international tenu à Paris (France) du 18 au 20 novembre 2014*, , Toulouse, Archives d'Ecologie Préhistorique p.59-72.

TRAMONI, P., PERRIN, T., BORDES, L., BALEUX, F., GRAZIANI, J., OTTAVIANI-SPELLA, M.- M., QUEFFELEC, A. (2023) – Exceptionnels vases en pierre de la transition 5e - 4e millénaires avant notre ère à Basì (Serra-di-Ferro, Corse-du-Sud), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 120, 4, p.625-628.

TUFFEN, H., FLUDE, S., BERLO, K., WADSWORTH, F., CASTRO, J. (2021) – Obsidian, *in* D. Alderton et S. A. Elias (dir.), *Encyclopedia of Geology (Second Edition)*, p.196-208.

TYKOT, R.H. (2017) – A Decade of Portable (Hand-Held) X-Ray Fluorescence Spectrometer Analysis of Obsidian in the Mediterranean: Many Advantages and Few Limitations, *MRS Advances*, 2, 33, p.1769-1784.

VAQUER, J. (2007) – Le rôle de la zone nord-tyrrhénienne dans la diffusion de l'obsidienne en Méditerranée nord-occidentale au Néolithique, *in* A. D'Anna, J. Cesari, L. Ogel, et J. Vaquer (dir.), *Corse et Sardaigne préhistoriques*, Paris, Comité des Travaux historiques et scientifiques - Association des Chercheurs en Sciences humaines - Domaine corse, p.99-119.

VAN WILLIGEN, S. (2020) – Le Néolithique moyen méditerranéen : état des connaissances et problématiques du projet, *in* S. Van Willigen, M. Bailly, B. Röder, J. Schibler, A. Schmitt (dir.), *Les Bagnoles à L'Isle-sur-la-Sorgue*, Presses universitaires de Provence, p. 15-36.

ZILHÃO, J., ANGELUCCI, D.E., LE BOURDONNEC, F.-X., LUCENA, A., MARTÍN-LERMA, I., MARTÍNEZ, S., MATIAS, H., VILLAVERDE, V., ZAPATA, J. (2021) - Obsidian in the upper palaeolithic of iberia, *Antiquity*, 95, p.865-884.

Annexes

Annexe 1 : Résultats ED-XRF	p. 54
Annexe 2 : Résultats LA-ICP-MS	p. 73
Annexe 3 : Résultats PIXE	p. 86
Annexe 4 : Données de référence LA-ICP-MS	p. 91
Annexe 5 : Données de référence PIXE	p. 99
Annexe 6 : Planche photographique	p. 103

ANNEXE 1 : RÉSULTATS

Données ED-XRF obtenues sur 376 échantillons. Analyses réalisées au laboratoire Archéosciences Bordeaux de l'Université Bordeaux Montaigne.

Les teneurs sont en ppm.

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 29	649	13091	79	23	252	30	35	81	SA
n° 77	640	12509	77	23	244	29	36	66	SA
n° 78	1112	12930	82	26	257	31	37	81	SA
n° 106	660	13079	81	26	262	31	37	97	SA
n° 114	643	12751	80	24	254	32	33	80	SA
n° 149	657	13124	82	26	263	33	37	83	SA
n° 150	632	12460	76	24	247	29	35	76	SA
n° 152	654	13050	79	24	259	30	36	81	SA
n° 170	645	13326	83	28	271	31	39	81	SA
n° 334	682	13671	85	27	268	30	39	93	SA
n° 335	665	13057	80	26	258	31	37	79	SA
n° 346	651	12771	78	25	252	30	35	75	SA
n° 373	733	14059	86	28	283	34	41	87	SA
n° 376	657	12814	79	26	259	31	37	102	SA
n° 378	681	13485	85	28	276	32	37	78	SA
n° 383	642	12744	77	25	254	30	37	78	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 390	679	13057	82	27	256	30	37	78	SA
n° 438	652	13187	81	25	258	30	37	79	SA
n° 455	641	12237	74	23	248	30	35	78	SA
n° 464	688	13826	86	26	274	34	38	84	SA
n° 470	723	13992	85	27	273	32	39	89	SA
n° 476	687	12956	80	24	261	32	39	78	SA
n° 478	629	12989	80	25	256	32	35	78	SA
n° 480	638	12441	77	23	246	32	35	81	SA
n° 482	702	13835	88	27	270	32	42	86	SA
n° 484	691	13191	82	25	259	32	37	79	SA
n° 494	693	13350	80	26	263	30	37	86	SA
n° 500	697	13785	82	27	269	33	38	90	SA
n° 501	629	13469	84	28	276	32	39	82	SA
n° 511	705	14203	90	30	289	33	41	93	SA
n° 518	651	12853	79	24	256	30	36	83	SA
n° 521	630	12754	79	23	254	31	37	86	SA
n° 525	733	14616	86	27	290	36	44	88	SA
n° 528	678	13381	84	27	267	32	37	83	SA
n° 531	625	12646	80	25	254	30	36	75	SA
n° 532	657	13123	84	27	259	30	36	80	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 534	656	12514	78	25	253	30	37	70	SA
n° 540	632	12839	78	25	258	29	36	84	SA
n° 542	681	13135	84	25	261	31	37	81	SA
n° 551	649	12814	79	24	251	30	38	79	SA
n° 560	648	12821	82	27	265	31	36	81	SA
n° 561	654	12606	83	26	259	30	36	85	SA
n° 562	499	14507	54	22	278	38	25	103	SA
n° 580	655	12659	77	24	252	31	36	76	SA
n° 581	631	12532	78	24	249	29	37	76	SA
n° 601	727	14383	89	27	276	33	39	82	SA
n° 629	658	13607	82	25	263	31	37	80	SA
n° 633	651	13355	84	27	262	32	38	83	SA
n° 638	634	12785	79	24	254	30	36	75	SA
n° 642	687	13189	79	24	257	32	35	90	SA
n° 644	691	13543	83	24	267	33	38	94	SA
n° 645	656	12780	79	25	253	31	36	79	SA
n° 711	686	12829	80	25	251	32	35	87	SA
n° 724	668	13289	82	25	269	32	38	81	SA
n° 734	652	12621	80	24	248	30	34	100	SA
n° 736	644	12673	79	25	245	31	34	71	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 737	710	13543	84	28	277	34	40	84	SA
n° 741	665	13264	82	25	260	32	35	79	SA
n° 752	633	12599	76	24	251	29	37	94	SA
n° 765	647	12802	81	24	258	29	35	87	SA
n° 775	679	13350	80	25	260	31	38	96	SA
n° 776	661	12654	79	24	256	30	37	82	SA
n° 778	690	13432	84	26	262	32	37	78	SA
n° 780	651	13411	84	25	268	32	38	82	SA
n° 812	656	12870	78	23	252	30	38	83	SA
n° 849	647	12634	81	25	253	31	37	79	SA
n° 858	640	12825	79	25	254	30	37	73	SA
n° 859	677	13119	81	27	265	31	38	88	SA
n° 861	665	13144	83	26	263	32	38	82	SA
n° 866	686	13150	81	26	264	32	37	89	SA
n° 867	654	13104	80	27	261	31	36	79	SA
n° 868	668	13017	80	26	260	31	37	80	SA
n° 886	665	12878	77	25	251	31	34	79	SA
n° 887	642	12632	78	23	245	31	35	81	SA
n° 903	645	12989	77	23	251	32	35	78	SA
n° 914	661	12878	79	26	257	30	37	77	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 915	662	12699	78	24	254	30	36	76	SA
n° 916	644	12557	77	24	245	31	35	76	SA
n° 917	665	12973	79	25	256	32	35	84	SA
n° 954	635	12785	81	25	258	32	37	77	SA
n° 955	658	12971	80	26	260	30	37	81	SA
n° 956	669	12862	82	25	261	31	37	81	SA
n° 966	679	12968	82	24	262	32	39	80	SA
n° 976	664	12782	81	24	257	31	37	86	SA
n° 985	737	13454	82	25	267	32	39	86	SA
n° 995	647	12814	78	25	253	33	36	78	SA
n° 1002	652	12810	80	25	254	30	37	81	SA
n° 1003	679	12737	81	26	258	31	36	81	SA
n° 1006	631	12998	81	25	259	30	34	79	SA
n° 1010	660	12294	75	23	252	31	37	83	SA
n° 1012	617	12248	77	24	251	30	35	79	SA
n° 1020	664	12710	79	25	254	31	35	74	SA
n° 1024	660	12742	80	25	244	28	32	77	SA
n° 1025	645	12757	79	24	253	30	35	73	SA
n° 1026	654	12637	80	24	257	30	37	77	SA
n° 1043	675	12849	81	25	260	31	35	77	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 1045	668	12733	78	23	248	30	36	88	SA
n° 1047	648	12378	78	24	249	31	37	78	SA
n° 1049	688	13690	86	27	274	32	38	81	SA
n° 1053	688	12944	80	25	260	30	38	70	SA
n° 1069	660	13059	81	26	263	31	38	82	SA
n° 1079	687	14134	86	25	266	34	37	87	SA
n° 1080	663	12991	82	24	260	30	35	77	SA
n° 1084	676	13205	79	25	265	31	35	75	SA
BASI 19 - 1039	795	13579	82	28	264	32	39	85	SA
BASI 20 - 1039 - 81	653	13118	83	26	263	31	38	85	SA
BASI 20 - 1039 - 100	641	12547	79	26	255	30	37	98	SA
BASI 20 - 1048 - 28	654	12674	79	25	249	31	34	72	SA
BASI 20 - 1054 - 43	645	13176	84	26	260	31	38	79	SA
BASI 20 - 1054 - 45	633	12548	77	26	248	30	36	79	SA
BASI 20 - 1054 - 47	681	13594	83	27	265	31	39	81	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 4	625	13036	85	27	263	31	37	79	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 7	664	13330	83	27	256	32	37	70	SA
BASI 20 - 1054 d1 - 15	644	12708	81	27	254	31	37	78	SA
BASI 20 - 1065 - 31	663	12906	81	27	264	32	37	86	SA
BASI 20 - 1065 - 36	680	13157	84	27	268	31	39	87	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 21 - 1065 - 63	625	12274	76	25	247	30	36	76	SA
BASI 21 - 1065 - 64	702	13523	83	27	266	33	37	82	SA
BASI 21 - 1065 d2 - 39	642	12531	79	26	248	31	34	77	SA
BASI 21 - 1070 - 2	803	13258	81	25	263	32	39	83	SA
BASI 21 - 1070 - 3 (n° 443)	685	12963	81	24	260	33	39	83	SA
BASI 21 - 1070 - 3 (n° 444)	946	13898	87	26	268	35	39	84	SA
BASI 21 - 1070 - 8	671	12886	80	25	257	30	40	93	SA
BASI 21 - 1070 - 11	713	12942	79	25	255	31	38	77	SA
BASI 21 - 1070 - 15	679	12720	79	24	254	31	38	77	SA
BASI 21 - 1070 - 16	715	13963	84	27	272	33	41	95	SA
BASI 21 - 1070 - 40	694	13064	82	26	260	31	39	86	SA
BASI 21 - 1071 - 15	694	13103	83	25	258	31	35	81	SA
BASI 21 - 1085 - 02	662	12910	81	27	255	32	37	80	SA
BASI 21 - 1085 - 10	659	12658	83	27	264	32	38	87	SA
BASI 21 - 1085 - 11	649	12661	78	25	250	31	36	87	SA
BASI 22 - 1086 - 7	1437	13344	85	26	265	31	37	89	SA
BASI 22 - 1086 - 17	679	13039	80	24	254	30	38	84	SA
BASI 22 - 1087 - 30	660	13560	83	25	267	32	39	102	SA
BASI 22 - 1088 - 17	644	13578	83	27	275	33	39	83	SA
BASI 22 - 1089 - 55	675	12872	81	26	253	31	36	84	SA

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 22 - 1094 - 12	683	13325	84	26	270	33	37	87	SA
BASI 22 - 1094 - 13	643	12746	79	27	262	30	38	80	SA
BASI 22 - 1094 - 94	637	12854	81	26	254	31	36	80	SA
BASI 22 - 1094 - 102	744	15686	92	27	287	36	42	88	SA
n° 555	1060	13246	47	19	238	54	20	110	SB2
n° 605	429	13608	50	21	269	41	23	108	SB2
n° 712	401	12651	46	20	248	35	21	96	SB2
n° 747	440	13392	49	19	259	36	20	97	SB2
n° 876	451	13601	53	21	262	33	24	102	SB2
n° 964	377	12185	45	18	242	35	22	98	SB2
n° 2	360	16936	61	22	180	151	25	219	SC
n° 4	375	16930	60	22	183	152	25	220	SC
n° 12	523	18890	68	23	199	162	27	242	SC
n° 15	378	17139	61	20	178	157	25	218	SC
n° 26	359	16401	59	21	173	139	24	207	SC
n° 27	393	16677	57	21	175	142	25	208	SC
n° 65	410	17429	62	21	179	141	25	213	SC
n° 66	394	16802	58	21	171	152	24	216	SC
n° 80	370	17008	58	21	178	147	27	224	SC
n° 87	406	17816	63	21	189	157	25	230	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 115	405	17443	62	23	184	153	27	226	SC
n° 117	386	17659	64	23	186	157	27	227	SC
n° 148	394	18282	66	22	187	157	26	227	SC
n° 157	420	17830	63	23	182	158	26	228	SC
n° 158	388	18033	62	22	176	156	26	222	SC
n° 161	394	17996	66	23	192	159	26	230	SC
n° 162	406	17699	67	23	175	145	23	206	SC
n° 163	480	17150	61	22	185	151	25	221	SC
n° 171	372	16971	63	22	177	147	24	210	SC
n° 177	337	16281	58	20	169	145	24	209	SC
n° 179	382	16915	60	19	171	148	23	206	SC
n° 180	1062	17521	69	21	186	153	28	230	SC
n° 181	370	16740	60	23	179	146	23	218	SC
n° 208	389	16933	60	20	174	143	23	209	SC
n° 226	378	17312	59	21	178	157	24	219	SC
n° 227	389	17352	61	21	176	150	24	216	SC
n° 228	421	17738	64	23	190	157	26	229	SC
n° 271	384	17005	61	21	183	155	24	221	SC
n° 286	395	18129	63	23	184	155	26	224	SC
n° 287	399	17335	60	21	176	151	23	208	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 333	375	17453	62	22	182	154	26	224	SC
n° 336	394	17268	59	21	176	147	25	215	SC
n° 337	411	17686	61	23	181	149	26	217	SC
n° 339	373	16464	58	21	166	140	22	192	SC
n° 340	381	16899	59	22	178	147	25	220	SC
n° 341	384	17205	62	21	177	144	26	214	SC
n° 342	379	16681	59	21	171	145	24	213	SC
n° 343	409	17723	62	22	182	153	24	216	SC
n° 350	397	17047	58	23	178	151	26	220	SC
n° 354	395	16689	58	22	167	142	23	202	SC
n° 360	442	18778	68	24	195	162	29	235	SC
n° 364	364	16337	57	20	174	144	23	206	SC
n° 366	370	16989	61	22	184	149	24	223	SC
n° 370	398	17520	62	23	181	148	23	214	SC
n° 374	410	17390	62	21	177	156	26	223	SC
n° 379	340	17349	58	20	182	148	25	221	SC
n° 392	370	17845	60	22	178	146	24	216	SC
n° 393	408	18538	62	23	183	163	27	230	SC
n° 402	354	15944	57	21	168	136	25	204	SC
n° 403	383	17360	62	23	179	142	24	201	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 405	412	18091	65	23	194	157	28	232	SC
n° 406	379	16767	58	21	174	143	25	212	SC
n° 408	354	16508	57	21	169	142	22	198	SC
n° 412	388	17222	61	21	180	145	26	215	SC
n° 414	345	17312	59	22	177	148	25	219	SC
n° 416	381	17090	60	22	178	147	26	212	SC
n° 417	384	17527	59	22	177	153	26	219	SC
n° 418	354	16329	60	23	168	141	23	201	SC
n° 419	397	17231	65	23	178	148	26	217	SC
n° 421	378	16593	59	22	177	152	26	218	SC
n° 423	368	16535	59	21	174	141	23	210	SC
n° 426	411	17911	62	23	186	152	27	223	SC
n° 428	366	16395	58	21	178	145	24	213	SC
n° 431	385	17041	62	22	173	147	24	210	SC
n° 456	600	16570	61	21	172	146	25	211	SC
n° 460	427	18192	68	22	187	156	27	228	SC
n° 465	380	16925	63	20	179	151	25	215	SC
n° 467	373	17749	64	23	185	164	27	232	SC
n° 473	409	17372	63	23	184	157	28	237	SC
n° 474	392	16406	61	21	174	142	24	209	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 479	402	17410	64	22	179	150	27	221	SC
n° 483	365	17102	61	22	176	147	27	218	SC
n° 485	354	16732	57	21	174	150	24	213	SC
n° 487	352	16376	58	20	174	146	23	207	SC
n° 488	365	17053	59	21	175	148	26	217	SC
n° 496	397	17406	61	20	178	153	25	222	SC
n° 497	402	16590	59	20	173	146	25	216	SC
n° 498	359	16601	58	21	177	145	26	222	SC
n° 499	430	18155	64	23	190	158	26	230	SC
n° 504	397	16802	59	22	180	147	25	217	SC
n° 506	655	17681	65	22	185	153	25	220	SC
n° 507	1762	20009	74	22	198	167	28	244	SC
n° 508	385	16628	60	21	178	142	24	212	SC
n° 516	406	17784	63	22	180	162	29	227	SC
n° 522	383	16919	59	20	171	148	26	216	SC
n° 523	409	17347	61	19	182	152	24	217	SC
n° 529	436	18700	64	23	189	161	27	236	SC
n° 530	371	16593	58	22	176	146	25	217	SC
n° 533	325	15506	55	19	165	135	25	205	SC
n° 535	342	16846	58	22	174	151	24	209	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 538	352	17354	60	22	170	153	26	218	SC
n° 541	405	16580	57	20	177	142	23	209	SC
n° 544	391	17821	62	22	182	151	27	225	SC
n° 547	423	17199	62	21	181	142	27	213	SC
n° 550	401	17712	62	21	183	153	26	222	SC
n° 553	432	18050	65	23	188	154	27	229	SC
n° 554	379	16262	59	22	169	143	21	197	SC
n° 559	378	17466	63	23	188	144	26	228	SC
n° 564	441	17041	65	23	182	148	27	227	SC
n° 576	362	16361	56	20	166	141	23	199	SC
n° 585	386	16641	58	22	175	138	25	212	SC
n° 545	386	17464	62	23	181	150	25	218	SC
n° 586	392	17697	64	22	181	151	24	207	SC
n° 595	369	16243	57	21	170	140	22	199	SC
n° 602	397	18164	64	22	183	156	26	228	SC
n° 603	374	16941	62	22	176	152	24	222	SC
n° 607	379	17012	61	22	179	151	25	219	SC
n° 613	384	16489	58	21	173	145	25	210	SC
n° 614	416	19476	70	24	191	170	26	236	SC
n° 621	747	16924	61	23	178	143	25	208	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 624	410	18114	63	23	179	163	25	220	SC
n° 631	467	17957	62	21	182	159	25	226	SC
n° 632	394	17246	60	23	177	150	26	216	SC
n° 634	380	17237	62	23	171	147	24	198	SC
n° 635	405	17892	63	22	181	150	27	225	SC
n° 637	462	16484	57	20	170	141	22	205	SC
n° 639	406	18214	62	23	182	163	26	225	SC
n° 640	407	16904	61	22	179	147	25	218	SC
n° 656	406	17691	61	21	183	153	25	226	SC
n° 657	360	16668	57	22	178	147	24	213	SC
n° 658	381	17155	60	21	179	149	24	216	SC
n° 659	416	17880	60	21	183	156	25	224	SC
n° 664	353	17562	59	21	186	158	24	224	SC
n° 687	403	17484	63	22	182	153	25	221	SC
n° 696	388	16658	57	21	170	140	23	194	SC
n° 709	680	17653	64	22	179	160	24	220	SC
n° 713	344	16479	57	22	172	143	26	210	SC
n° 721	381	17355	61	21	175	161	25	214	SC
n° 728	365	17455	60	22	177	155	23	217	SC
n° 730	388	17583	61	22	181	154	24	217	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 731	375	17207	58	20	175	148	24	209	SC
n° 733	443	16423	61	22	177	145	24	215	SC
n° 738	384	16690	60	22	180	146	27	219	SC
n° 745	416	17214	62	21	185	152	28	228	SC
n° 746	393	17688	63	23	186	156	26	226	SC
n° 750	354	15897	57	20	172	142	24	209	SC
n° 751	357	16773	61	21	184	163	26	232	SC
n° 753	406	17281	61	22	184	153	26	222	SC
n° 754	392	17236	63	24	184	152	26	221	SC
n° 759	433	19161	68	23	194	174	29	244	SC
n° 761	416	18275	65	24	188	162	26	233	SC
n° 769	408	18310	66	23	190	155	25	225	SC
n° 777	386	17497	65	22	180	150	25	217	SC
n° 784	395	17776	61	22	188	155	24	221	SC
n° 810	350	17048	57	20	170	155	23	207	SC
n° 817	429	17446	62	22	170	144	23	195	SC
n° 824	400	16913	61	23	193	156	25	226	SC
n° 825	4218	18207	88	22	191	157	25	224	SC
n° 828	377	17762	61	21	176	150	21	204	SC
n° 831	399	16973	63	21	182	152	25	221	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 832	524	18206	64	23	189	163	25	232	SC
n° 833	383	16839	61	20	185	151	26	219	SC
n° 845	358	16754	58	22	177	146	23	212	SC
n° 850	378	17780	60	22	180	148	25	219	SC
n° 851	378	16741	60	22	175	145	24	204	SC
n° 853	399	17304	62	23	178	145	25	216	SC
n° 856	408	17116	64	22	177	147	25	208	SC
n° 864	395	16728	61	22	180	149	25	217	SC
n° 872	368	16871	59	21	177	148	24	215	SC
n° 892	403	16015	56	20	162	140	23	194	SC
n° 893	1549	18153	64	23	177	161	24	221	SC
n° 906	446	16843	57	20	170	141	23	203	SC
n° 908	389	17285	62	21	177	150	25	221	SC
n° 912	397	16660	57	18	170	147	25	213	SC
n° 950	362	16164	59	22	176	146	25	215	SC
n° 953	367	16698	60	20	172	140	24	208	SC
n° 959	416	18665	63	22	182	163	26	231	SC
n° 965	369	16359	54	20	172	145	26	214	SC
n° 972	382	16892	60	22	176	149	26	218	SC
n° 975	414	17287	61	21	171	148	25	214	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 979	517	16555	58	20	170	145	23	210	SC
n° 991	388	16683	58	21	164	139	18	178	SC
n° 993	406	17310	61	22	183	151	26	219	SC
n° 1005	359	17078	61	23	175	160	26	218	SC
n° 1007	386	16497	59	21	172	142	24	205	SC
n° 1013	364	16018	58	21	175	141	24	207	SC
n° 1014	347	15994	52	21	169	140	22	197	SC
n° 1015	391	16078	58	20	174	140	22	205	SC
n° 1021	717	18384	65	23	194	158	28	234	SC
n° 1022	381	17370	63	22	185	150	24	218	SC
n° 1023	370	16576	59	22	176	145	25	216	SC
n° 1031	403	16455	60	21	170	143	25	212	SC
n° 1033	562	17632	64	23	185	154	26	227	SC
n° 1034	384	17056	60	22	179	142	23	200	SC
n° 1039	428	17991	64	22	193	159	26	237	SC
n° 1040	371	17323	60	21	172	151	22	210	SC
n° 1041	390	16966	62	23	177	145	25	214	SC
n° 1044	455	17741	62	22	184	154	26	224	SC
n° 1050	372	16428	59	23	171	148	25	212	SC
n° 1066	394	17167	58	21	177	151	25	220	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
n° 1078	387	16776	55	20	172	151	22	211	SC
n° 1085	377	16519	56	21	169	141	24	207	SC
BASI 20 - 1039 - 78	394	16521	57	23	177	146	24	208	SC
BASI 20 - 1039 - 97	511	16937	62	20	174	146	25	219	SC
BASI 20 - 1039 d4 - Vrac	1531	17117	64	21	180	149	26	222	SC
BASI 20 - 1048 - 08	403	16344	59	22	173	148	25	218	SC
BASI 20 - 1048 - 11	517	17084	61	21	174	151	24	212	SC
BASI 20 - 1048 - 26	387	18424	63	24	186	155	26	232	SC
BASI 20 - 1048 d3 - 32	644	18199	68	23	196	157	26	233	SC
BASI 20 - 1054 d1 - 05	396	17795	63	21	184	155	25	228	SC
BASI 21 - 1064 - 8	358	16779	60	22	175	151	26	217	SC
BASI 21 - 1064 d2	410	16961	58	20	164	149	22	193	SC
BASI 21 - 1065 - 46	379	17627	64	21	181	153	27	219	SC
BASI 21 - 1065 - 57	519	16445	61	22	173	149	24	216	SC
BASI 21 - 1065 - 65	402	17413	61	21	181	159	26	233	SC
BASI 21 - 1065 - 70	364	16522	56	23	178	146	24	216	SC
BASI 21 - 1071 - 33	573	18834	76	24	193	162	28	234	SC
BASI 21 - 1071 - 34	381	17237	60	23	184	153	25	225	SC
BASI 21 - 1085 - 14	397	17747	65	23	186	158	26	229	SC
BASI 21 - 1085 d1	344	15865	55	20	167	145	23	212	SC

ÉCHANTILLON	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Y	Zr	PROVENANCE
BASI 21 - 1085 d2	376	16587	58	22	174	153	24	219	SC
BASI 21 - 1070 - 17	407	16848	59	20	179	146	26	220	SC
BASI 21 - 1070 - 4	401	17072	62	22	172	146	25	203	SC
BASI 21 - 1070 - 5	366	16634	57	21	173	147	26	212	SC
BASI 21 - 1070 - 6	393	16690	60	21	174	147	25	213	SC
BASI 22 - 1086 - 18	421	17948	65	23	185	151	27	222	SC
BASI 22 - 1087 - 31	374	16937	61	21	178	145	25	217	SC
BASI 22 - 1087 - 33	348	16323	58	21	172	144	25	215	SC
BASI 22 - 1087 - 34	493	16966	61	22	174	149	25	215	SC
BASI 22 - 1089 - 01	409	18722	67	23	185	171	27	236	SC
BASI 22 - 1089 - 52	387	16308	58	20	170	144	25	213	SC
BASI 22 - 1089 - 57	395	16809	60	22	181	145	23	217	SC
BASI 22 - 1089 - 60	404	17752	60	23	182	153	26	221	SC
BASI 22 - 1094 - 14	373	17912	61	23	181	157	24	216	SC
BASI 22 - 1094 - 33	446	16385	58	22	168	151	23	205	SC
BASI 22 - 1094 - 85	394	18014	63	23	180	152	24	210	SC
BASI 22 - 1094 - 89	388	16783	60	23	176	144	24	212	SC
BASI 22 - 1094 - 93	394	17495	60	22	179	148	25	215	SC
BASI 22 - 1094 - 95	428	18017	64	22	182	157	26	227	SC

ANNEXE 2 : RÉSULTATS

Données LA-ICP-MS obtenues sur 122 échantillons. Analyses réalisées à l'IRAMAT d'Orléans.
Les teneurs sont en ppm.

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 14 a	7,9	92	271	22	31	75	42	4,1	112	24	6,8	16	5,5	SA
n° 14 b	8,0	94	274	21	32	77	41	4,1	122	23	6,4	16	5,6	SA
n° 28 a	11,4	95	261	23	31	75	41	4,0	111	23	6,8	16	5,3	SA
n° 28 b	11,5	88	264	23	31	74	41	4,0	108	23	6,7	16	5,5	SA
n° 74 a	7,8	91	265	25	31	74	41	4,0	118	23	6,5	16	5,3	SA
n° 74 b	7,9	87	266	22	31	75	42	3,9	110	23	6,4	16	5,4	SA
n° 81 a	8,0	88	271	23	32	75	41	4,1	114	23	7,0	16	5,6	SA
n° 81 b	7,8	84	259	30	31	75	40	3,9	129	24	6,4	16	5,3	SA
n° 83 a	7,6	87	265	26	32	74	41	4,2	119	25	6,9	16	5,5	SA
n° 83 b	7,8	82	269	27	31	74	41	4,0	123	23	6,5	16	5,5	SA
n° 105 a	8,6	98	267	25	31	75	44	4,1	119	23	6,9	16	5,3	SA
n° 105 b	8,3	89	267	25	31	75	42	4,1	114	24	6,9	16	5,5	SA
n° 173 a	12,5	81	264	24	32	74	41	4,1	113	24	6,8	15	5,5	SA
n° 173 b	12,3	91	264	24	31	74	41	4,1	113	23	6,8	16	5,4	SA
n° 174 a	11,9	93	273	20	31	75	42	4,1	94	23	6,7	16	5,5	SA
n° 174 b	12,3	92	271	20	37	75	42	4,1	98	38	10,6	19	5,9	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 209 a	8,1	88	262	27	31	75	41	4,1	135	23	6,5	16	5,5	SA
n° 209 b	9,8	120	278	22	31	72	55	3,9	130	26	7,2	16	5,3	SA
n° 274 a	11,3	85	262	23	32	75	41	3,9	99	23	6,6	16	5,4	SA
n° 274 b	11,4	88	259	23	32	76	41	4,0	108	24	6,8	16	5,4	SA
n° 321 a	10,9	80	242	39	29	70	38	3,7	184	22	6,0	15	5,1	SA
n° 321 b	11,2	97	262	21	33	75	41	4,0	93	31	8,4	19	5,5	SA
n° 322 a	11,5	89	263	25	31	73	41	4,0	110	23	6,5	16	5,3	SA
n° 322 b	11,0	87	259	28	30	72	40	3,8	127	23	6,4	15	5,2	SA
n° 353 a	9,2	89	264	25	31	73	40	4,0	110	23	6,8	16	5,4	SA
n° 353 b	9,0	88	267	21	31	75	41	4,1	85	23	6,6	16	5,6	SA
n° 389 a	9,3	87	266	27	31	74	41	3,9	118	23	6,7	16	5,5	SA
n° 389 b	9,3	91	265	25	31	74	41	3,8	115	23	6,5	16	5,3	SA
n° 404 a	11,1	87	260	29	31	74	41	4,0	143	23	6,3	16	5,2	SA
n° 404 b	10,9	79	249	30	31	74	39	4,1	124	23	6,7	16	5,4	SA
n° 420 a	11,1	91	270	23	32	75	42	4,1	109	23	6,7	16	5,5	SA
n° 420 b	10,8	79	251	37	29	71	39	3,9	153	22	6,2	15	5,1	SA
n° 429 a	9,2	106	277	21	31	75	51	4,1	113	23	6,8	16	5,7	SA
n° 429 b	9,2	106	277	21	31	75	51	4,1	113	23	6,8	16	5,7	SA
n° 457 a	11,0	90	267	24	31	75	41	4,0	113	23	6,6	16	5,3	SA
n° 457 b	11,0	90	268	22	31	74	41	4,0	104	23	6,7	16	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 459 a	8,1	91	271	22	32	76	42	4,2	113	25	7,1	16	5,5	SA
n° 459 b	8,3	89	267	29	31	75	42	4,1	128	23	6,6	16	5,4	SA
n° 469 a	9,1	88	260	30	31	74	40	4,0	124	23	6,4	16	5,3	SA
n° 469 b	9,4	98	262	23	32	76	42	4,1	108	24	6,7	16	5,4	SA
n° 481 a	12,4	85	267	25	32	74	41	4,0	116	24	6,9	15	5,5	SA
n° 481 b	13,0	100	263	26	30	71	46	3,8	125	23	6,6	15	5,3	SA
n° 513 a	9,4	97	273	23	32	77	43	4,1	111	23	6,6	16	5,5	SA
n° 513 b	9,3	90	269	22	33	77	42	4,2	108	24	7,0	17	5,6	SA
n° 537 a	10,4	85	253	36	30	73	40	3,9	139	21	6,1	15	5,2	SA
n° 537 b	10,5	92	269	21	32	77	41	4,1	94	22	6,3	16	5,6	SA
n° 543 a	9,1	87	269	33	31	74	41	4,0	157	22	6,6	16	5,3	SA
n° 543 b	9,1	93	266	25	32	76	42	4,0	116	31	8,4	19	5,4	SA
n° 599 a	9,3	109	273	23	32	77	43	4,1	110	24	6,7	16	5,4	SA
n° 599 b	9,3	104	272	23	33	76	43	4,2	113	26	7,0	17	5,4	SA
n° 623 a	10,8	91	263	33	31	74	41	3,9	167	22	6,2	16	5,3	SA
n° 623 b	10,4	94	269	22	32	76	42	4,0	111	25	7,0	17	5,5	SA
n° 648 a	10,3	91	273	23	32	77	43	4,2	113	23	6,6	17	5,5	SA
n° 648 b	10,7	93	269	21	32	76	42	4,1	107	23	6,6	17	5,5	SA
n° 674 a	7,9	86	273	22	30	75	40	4,2	104	23	6,7	16	5,4	SA
n° 674 b	8,1	91	267	25	32	73	43	3,9	116	26	7,7	16	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 675 a	10,3	133	282	24	29	72	58	4,0	135	22	6,3	15	5,2	SA
n° 675 b	9,8	121	282	24	29	70	53	4,0	134	21	6,2	15	5,2	SA
n° 677 a	9,3	89	269	22	31	74	41	3,9	107	23	6,8	16	5,4	SA
n° 677 b	9,1	86	262	28	30	73	40	3,7	136	23	6,5	16	5,3	SA
n° 680 a	10,3	89	272	19	32	78	41	4,1	87	22	6,4	16	5,5	SA
n° 680 b	10,3	85	263	28	32	75	40	4,0	130	23	6,4	16	5,4	SA
n° 682 a	10,2	89	264	25	32	78	41	4,2	111	24	6,5	17	5,5	SA
n° 682 b	10,8	102	274	25	31	74	47	4,1	120	22	6,5	17	5,5	SA
n° 684 a	12,2	83	264	25	30	73	41	3,9	116	23	6,8	15	5,4	SA
n° 684 b	12,4	85	266	24	31	74	41	4,0	113	25	7,1	16	5,4	SA
n° 686 a	9,4	91	271	29	33	77	42	4,1	130	24	6,9	16	5,4	SA
n° 686 b	8,8	96	254	38	30	70	41	3,7	173	24	6,3	16	5,0	SA
n° 698 a	11,9	79	255	30	30	74	40	4,0	124	23	6,7	15	5,4	SA
n° 698 b	12,1	86	272	22	31	73	42	4,0	104	24	6,9	16	5,5	SA
n° 707 a	8,3	90	270	23	31	75	43	4,1	115	23	6,6	16	5,5	SA
n° 707 b	8,3	92	268	24	31	75	41	4,2	116	23	6,7	16	5,4	SA
n° 716 a	7,0	66	232	61	25	61	32	3,4	342	17	5,2	13	4,4	SA
n° 716 b	8,5	93	278	19	34	79	45	4,2	91	34	8,9	22	5,7	SA
n° 718 a	10,1	89	261	26	31	74	41	3,9	117	22	6,2	16	5,3	SA
n° 718 b	10,5	90	262	25	32	76	42	4,0	112	23	6,4	17	5,4	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 760 a	10,2	93	265	22	32	76	42	4,0	103	25	6,8	18	5,4	SA
n° 760 b	9,8	94	276	21	32	78	43	4,1	103	23	6,5	17	5,5	SA
n° 762 a	8,0	87	274	24	32	75	42	4,1	114	23	6,7	16	5,6	SA
n° 762 b	7,9	88	270	24	32	76	42	4,1	115	24	6,5	16	5,5	SA
n° 771 a	9,3	97	260	27	32	78	41	3,9	123	22	6,4	16	5,4	SA
n° 771 b	9,2	88	278	21	32	77	42	4,0	97	23	6,4	16	5,5	SA
n° 779 b	10,2	99	268	26	32	76	42	4,0	109	23	6,3	17	5,5	SA
n° 782 a	10,0	91	266	21	32	78	41	4,1	99	23	6,2	17	5,4	SA
n° 782 b	9,8	95	278	22	33	78	43	4,1	105	22	6,3	17	5,6	SA
n° 786 a	9,1	94	273	25	32	79	42	4,2	113	24	6,9	16	5,4	SA
n° 786 b	9,2	99	273	21	32	75	42	4,1	104	23	6,4	16	5,5	SA
n° 799 a	15,0	156	289	19	29	68	65	3,7	144	23	6,5	15	5,0	SA
n° 799 b	12,3	84	264	23	31	75	41	3,9	110	23	6,9	15	5,4	SA
n° 801 a	12,4	84	271	20	31	75	41	4,1	95	23	6,7	15	5,6	SA
n° 801 b	11,9	85	260	24	31	73	40	4,0	113	24	7,1	16	5,4	SA
n° 808 a	9,8	88	267	28	32	77	41	4,0	135	22	6,1	17	5,4	SA
n° 808 b	9,9	96	279	20	33	79	43	4,1	97	23	6,6	17	5,5	SA
n° 809 a	9,6	89	264	23	32	77	41	4,1	96	22	6,0	17	5,5	SA
n° 809 b	10,1	88	257	35	30	74	41	3,9	125	24	6,7	16	5,1	SA
n° 813 a	8,0	87	268	21	37	77	40	4,1	93	33	8,9	18	5,8	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 813 b	8,0	91	259	23	32	76	40	4,0	106	23	6,5	16	5,6	SA
n° 814 a	9,3	84	246	40	29	71	38	3,6	185	20	5,6	15	4,9	SA
n° 814 b	10,0	90	264	27	31	75	41	3,9	117	22	6,2	17	5,3	SA
n° 815 a	10,0	93	274	24	32	79	43	4,0	109	23	6,5	17	5,4	SA
n° 815 b	9,7	93	272	24	33	77	43	4,1	108	26	7,0	18	5,6	SA
n° 826 a	10,1	98	265	20	32	78	44	4,1	84	23	6,6	17	5,6	SA
n° 826 b	10,0	94	269	23	31	76	41	3,9	102	22	6,4	17	5,4	SA
n° 827 a	9,3	93	277	23	33	78	43	4,1	104	24	6,7	17	5,5	SA
n° 827 b	9,2	96	268	24	32	75	42	4,1	114	23	6,5	16	5,3	SA
n° 869 a	11,2	74	247	47	28	67	36	3,6	252	21	6,1	14	5,0	SA
n° 869 b	11,7	91	265	22	32	75	41	4,0	99	23	6,8	16	5,6	SA
n° 899 a	10,5	97	276	23	32	77	43	4,0	109	22	6,5	17	5,6	SA
n° 899 b	10,2	94	279	21	32	81	43	4,1	100	23	6,6	18	5,6	SA
n° 900 a	7,9	87	267	23	31	76	42	4,0	109	24	7,0	16	5,6	SA
n° 900 b	7,8	87	267	23	32	76	42	4,0	105	24	6,4	16	5,4	SA
n° 931 a	9,0	93	265	23	31	77	42	4,0	111	23	6,4	16	5,5	SA
n° 931 b	9,4	97	271	25	33	78	43	4,0	119	23	6,6	17	5,4	SA
n° 922 a	9,4	96	278	19	32	79	43	4,1	90	24	6,7	16	5,6	SA
n° 922 b	8,6	95	262	37	30	72	39	3,8	166	22	6,2	16	5,3	SA
n° 963 a	9,8	93	272	22	33	79	41	4,1	104	21	6,3	17	5,5	SA

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 963 b	9,3	79	251	45	29	74	38	3,6	224	20	5,2	15	5,0	SA
n° 1030 a	9,7	91	276	23	31	76	43	3,9	111	22	6,5	17	5,5	SA
n° 1030 b	9,9	89	271	24	31	75	41	3,9	115	22	6,4	17	5,4	SA
n° 1032 a	9,7	98	268	24	32	77	42	4,0	120	22	6,3	17	5,4	SA
n° 1032 b	9,9	98	273	24	32	77	42	3,9	111	24	7,0	18	5,6	SA
n° 1057 a	8,2	88	273	26	31	75	41	4,1	118	23	6,5	16	5,3	SA
n° 1057 b	8,0	92	274	27	32	77	41	4,3	122	25	7,3	17	5,3	SA
n° 1063 a	9,8	96	265	24	32	77	41	3,9	108	22	5,9	17	5,3	SA
n° 1063 b	9,9	88	261	33	31	74	41	3,9	163	23	6,5	16	5,3	SA
n° 1061 a	9,2	52	269	29	20	99	24	6,9	130	23	5,0	18	5,6	SB2
n° 1061 b	9,0	45	264	29	20	100	24	6,9	127	23	5,0	19	5,6	SB2
n° 13 a	7,4	57	173	137	21	211	22	2,0	804	50	9,3	23	3,3	SC
n° 13 b	7,6	66	186	98	21	224	24	2,0	816	51	9,4	24	3,3	SC
n° 31 a	9,2	66	178	118	21	220	23	1,8	887	56	10,3	26	3,3	SC
n° 31 b	8,8	67	181	110	21	220	24	1,8	853	52	9,7	24	3,3	SC
n° 88 a	10,9	62	188	77	22	236	23	2,0	698	49	9,3	24	3,4	SC
n° 88 b	11,2	62	185	96	21	229	22	2,0	820	47	9,5	23	3,4	SC
n° 119 a	9,1	63	189	89	23	230	23	2,0	727	52	10,1	24	3,4	SC
n° 119 b	8,9	68	182	111	21	223	23	1,8	815	52	9,8	24	3,2	SC
n° 120 a	10,4	89	192	84	21	217	28	1,9	1004	53	9,9	25	3,2	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 120 b	9,2	72	184	91	21	223	24	1,8	822	50	9,7	24	3,3	SC
n° 178 a	9,3	71	188	83	22	230	24	1,9	793	52	10,0	24	3,4	SC
n° 178 b	8,6	54	172	169	21	232	21	1,6	1677	44	8,6	21	3,2	SC
n° 185 a	9,1	71	180	122	22	230	24	1,8	831	51	9,7	25	3,4	SC
n° 185 b	9,1	70	187	91	21	224	24	1,8	888	52	9,6	24	3,3	SC
n° 204 a	11,5	72	179	98	21	219	23	1,9	821	51	9,3	23	3,2	SC
n° 204 b	11,5	68	183	100	22	228	23	2,0	853	52	9,9	24	3,3	SC
n° 279 a	11,6	66	176	116	22	226	25	1,9	848	53	10,1	24	3,3	SC
n° 279 b	11,4	63	178	113	21	223	23	1,9	912	52	9,7	24	3,2	SC
n° 281 a	8,8	62	170	164	20	213	22	1,6	834	49	9,3	23	3,1	SC
n° 281 b	9,2	69	187	82	22	237	23	1,8	856	51	9,8	25	3,3	SC
n° 282 a	12,3	65	182	97	21	222	23	2,0	799	50	9,7	23	3,3	SC
n° 282 b	11,8	56	172	122	20	216	22	1,9	907	44	8,6	21	3,2	SC
n° 283 a	11,0	61	183	102	21	223	23	2,0	833	48	9,3	23	3,3	SC
n° 283 b	11,1	67	182	96	22	229	25	1,9	798	51	9,7	24	3,3	SC
n° 349 a	9,2	68	188	91	23	234	24	1,9	793	51	9,7	24	3,4	SC
n° 349 b	9,1	66	191	84	22	233	24	1,9	727	49	9,7	24	3,4	SC
n° 357 a	8,7	70	187	86	23	226	23	1,9	748	52	10,1	24	3,4	SC
n° 357 b	8,7	62	187	87	22	223	23	1,9	802	62	11,0	29	3,3	SC
n° 361 a	8,6	60	168	169	20	208	21	1,7	848	45	8,8	22	3,1	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 361 b	9,1	64	184	105	21	221	23	1,8	756	47	8,8	23	3,3	SC
n° 375 a	10,5	64	179	128	21	225	23	1,9	813	47	9,0	23	3,3	SC
n° 375 b	11,0	67	188	87	22	228	24	2,0	775	56	10,6	26	3,4	SC
n° 407 a	10,5	69	184	102	22	223	23	2,0	848	52	9,5	24	3,2	SC
n° 407 b	10,6	74	184	108	25	232	24	1,9	874	114	17,5	44	3,4	SC
n° 409 a	10,8	64	186	98	21	226	23	2,0	826	52	9,8	24	3,3	SC
n° 409 b	11,0	68	184	98	23	231	29	2,0	779	55	10,5	26	3,3	SC
n° 422 a	10,5	62	180	94	23	227	23	2,0	638	59	10,8	29	3,4	SC
n° 422 b	10,4	69	188	74	23	236	24	2,1	666	48	9,5	24	3,4	SC
n° 430 a	10,5	62	180	123	21	219	23	2,1	923	49	9,4	23	3,3	SC
n° 430 b	10,6	66	184	93	23	226	23	2,0	790	56	10,4	25	3,3	SC
n° 432 a	11,8	61	183	87	24	225	24	2,0	658	69	12,8	29	3,4	SC
n° 432 b	12,5	73	185	84	24	233	30	2,0	767	77	13,7	34	3,5	SC
n° 578 a	8,1	72	187	92	22	229	25	2,1	812	48	9,0	24	3,4	SC
n° 578 b	7,9	62	187	90	24	236	25	2,1	716	55	10,3	27	3,4	SC
n° 582 a	11,7	65	186	83	22	229	23	2,0	717	48	9,6	23	3,4	SC
n° 582 b	11,5	65	181	117	22	226	23	1,9	909	56	10,3	25	3,2	SC
n° 583 a	9,0	63	188	94	23	240	23	2,0	804	53	9,9	25	3,5	SC
n° 583 b	9,0	66	171	166	21	226	23	1,9	779	49	9,1	24	3,2	SC
n° 584 a	11,2	77	187	88	25	227	26	2,0	868	110	16,9	43	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 584 b	10,2	69	191	75	23	239	23	2,1	716	48	9,6	25	3,4	SC
n° 588 b	9,7	59	179	135	21	223	22	1,9	843	48	8,8	23	3,2	SC
n° 588 a	10,1	57	174	158	21	222	22	1,9	1175	46	8,7	24	3,2	SC
n° 669 a	8,8	77	187	114	22	227	24	1,9	844	52	9,4	25	3,2	SC
n° 669 b	8,8	61	178	162	20	221	22	1,8	1091	46	8,8	23	3,3	SC
n° 670 a	9,1	73	188	118	22	231	24	1,9	912	53	9,8	25	3,3	SC
n° 670 b	8,6	71	184	118	22	230	24	1,9	896	53	9,8	25	3,2	SC
n° 671 a	7,5	61	168	207	20	202	23	1,9	899	50	9,2	23	3,1	SC
n° 671 b	8,1	68	184	108	22	224	24	2,0	844	53	9,6	24	3,2	SC
n° 673 a	10,0	60	176	156	22	217	23	1,9	966	50	9,3	23	3,2	SC
n° 673 b	9,8	64	190	90	23	239	23	2,1	807	61	10,7	31	3,5	SC
n° 676 a	10,1	67	191	94	22	249	23	2,1	1125	49	9,2	25	4,2	SC
n° 676 b	9,7	56	185	105	21	241	22	2,0	1053	41	8,0	22	3,4	SC
n° 679 a	9,2	71	187	105	22	230	24	2,0	852	54	9,9	25	3,4	SC
n° 679 b	9,2	75	188	113	22	229	25	2,0	942	52	9,7	25	3,3	SC
n° 685 a	10,0	67	187	94	24	233	23	2,1	762	73	12,1	30	3,4	SC
n° 685 b	10,0	70	186	91	23	242	25	2,0	699	51	9,8	25	3,5	SC
n° 704 a	10,8	78	193	88	22	226	27	2,0	943	50	9,2	24	3,3	SC
n° 704 b	9,9	66	184	95	22	228	23	2,0	727	48	9,3	24	3,3	SC
n° 714 a	10,3	75	186	85	22	225	25	2,0	801	51	9,8	26	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 714 b	9,4	62	154	209	19	200	21	1,7	793	44	8,0	21	2,9	SC
n° 732 a	11,6	60	185	111	22	226	23	2,0	862	54	10,2	24	3,3	SC
n° 732 b	11,7	65	177	126	21	228	23	1,9	845	51	9,9	24	3,3	SC
n° 735 a	8,2	69	184	117	22	231	24	2,0	877	53	9,9	25	3,2	SC
n° 735 b	8,1	69	185	115	22	233	23	2,0	896	52	9,1	24	3,3	SC
n° 757 a	10,0	67	185	100	21	232	23	2,0	784	50	8,9	25	3,4	SC
n° 757 b	10,5	80	189	93	23	219	25	2,0	968	62	11,1	28	3,3	SC
n° 770 a	9,9	69	180	116	22	225	24	2,0	849	51	9,5	25	3,3	SC
n° 770 b	10,1	70	187	114	22	227	25	2,0	860	53	9,8	27	3,3	SC
n° 785 a	9,7	74	192	83	23	235	24	2,1	856	52	9,7	26	3,4	SC
n° 785 b	9,7	65	189	114	23	238	24	2,0	823	59	10,6	29	3,4	SC
n° 800 a	9,1	68	169	136	22	233	24	1,8	1083	52	10,1	25	3,4	SC
n° 800 b	7,9	50	172	210	20	198	20	1,7	1049	46	8,7	22	3,0	SC
n° 807 a	8,8	74	194	97	22	232	24	2,0	880	52	9,7	25	3,4	SC
n° 807 b	8,7	70	177	137	21	225	23	1,9	874	50	9,2	24	3,2	SC
n° 819 a	9,8	69	184	119	23	234	24	1,9	891	53	9,9	27	3,3	SC
n° 819 b	9,6	70	184	111	22	224	25	1,9	851	52	9,4	26	3,2	SC
n° 846 a	7,7	67	182	133	22	225	24	2,0	886	51	10,4	24	3,2	SC
n° 846 b	8,0	72	184	110	22	232	24	2,0	864	53	9,6	24	3,3	SC
n° 857 a	9,8	68	182	122	22	235	24	1,9	870	50	9,1	25	3,2	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 857 b	12,5	135	206	81	18	204	33	1,8	2095	43	8,1	21	2,8	SC
n° 873 a	9,0	74	184	109	24	236	29	1,9	882	65	11,5	29	3,2	SC
n° 873 b	9,1	69	179	127	23	245	24	1,8	906	65	11,7	32	3,4	SC
n° 874 a	9,8	79	185	104	24	221	27	2,0	799	59	10,5	28	3,4	SC
n° 874 b	9,9	72	189	103	23	233	25	2,0	815	53	9,8	26	3,3	SC
n° 878 a	8,7	70	185	111	22	229	24	1,9	851	51	9,4	24	3,2	SC
n° 878 b	8,8	73	187	109	22	229	24	1,9	857	52	10,1	25	3,2	SC
n° 921 a	11,6	65	181	114	21	224	23	1,9	878	53	10,1	23	3,3	SC
n° 921 b	12,3	76	181	107	22	220	30	1,8	972	56	10,7	24	3,2	SC
n° 923 a	7,8	70	187	106	22	221	24	2,0	881	53	9,7	24	3,3	SC
n° 923 b	8,0	64	189	111	22	217	24	2,0	814	50	9,7	24	3,3	SC
n° 932 a	9,1	68	187	96	22	233	23	2,0	770	48	9,4	24	3,4	SC
n° 932 b	10,7	106	195	74	22	249	30	1,9	1173	56	10,1	26	3,2	SC
n° 934 a	8,8	68	187	100	23	243	24	2,0	818	50	9,6	25	3,3	SC
n° 934 b	8,4	65	188	110	22	234	24	2,0	834	50	9,4	25	3,3	SC
n° 980 a	9,3	88	189	108	23	233	24	2,1	852	50	9,3	27	3,5	SC
n° 980 b	9,5	77	179	117	22	229	25	2,0	832	49	9,4	26	3,4	SC
n° 990 a	9,3	67	187	93	22	244	23	2,0	722	47	8,8	25	3,3	SC
n° 990 b	9,4	69	182	101	22	232	23	1,9	818	48	8,9	26	3,2	SC
n° 998 b	8,9	67	197	79	23	250	24	2,0	765	66	11,0	31	3,4	SC

ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U	PROVENANCE
n° 998 a	8,3	68	186	148	21	228	22	1,9	1225	48	9,0	24	3,3	SC
n° 1051 a	11,0	60	176	122	21	219	22	1,9	976	46	9,3	22	3,2	SC
n° 1051 b	11,4	63	184	87	21	225	23	2,0	768	49	9,3	23	3,4	SC
n° 1056 a	8,9	69	189	109	23	226	25	1,9	831	55	9,7	26	3,2	SC
n° 1056 b	8,8	75	189	106	23	232	25	2,0	854	54	9,7	25	3,3	SC
n° 1064 a	8,7	71	186	132	22	224	24	1,9	894	52	9,5	25	3,3	SC
n° 1064 b	8,5	73	184	114	22	231	24	1,9	903	52	10,0	25	3,2	SC

ANNEXE 3 : RÉSULTATS

Données PIXE obtenues sur 88 échantillons. Analyses réalisées à Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF). Les oxydes sont wt% et les éléments traces en ppm.

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 1	2,8	13,8	75,3	5,2	0,70	0,116	0,064	1,54	90	22	265	26	85	SA
n° 75	2,8	14,0	75,3	5,1	0,67	0,107	0,063	1,45	80	25	248	29	68	SA
n° 82	2,8	13,8	75,6	5,2	0,70	0,105	0,063	1,50	86	25	260	25	77	SA
n° 147	2,9	14,0	75,4	5,2	0,64	0,104	0,059	1,44	83	26	249	22	77	SA
n° 233	2,9	13,8	75,3	5,1	0,76	0,112	0,060	1,46	82	24	246	29	74	SA
n° 234	2,7	13,9	75,5	5,2	0,71	0,111	0,068	1,47	85	22	253	26	74	SA
n° 277	2,8	13,8	75,7	5,2	0,69	0,112	0,062	1,52	85	26	258	26	90	SA
n° 323	2,8	13,8	76,0	5,1	0,64	0,105	0,058	1,38	78	23	253	29	77	SA
n° 367	2,8	13,9	75,6	5,2	0,65	0,113	0,062	1,50	86	26	267	34	79	SA
n° 371	2,8	13,8	75,9	5,1	0,66	0,110	0,058	1,43	81	25	247	26	73	SA
n° 397	2,6	14,2	74,9	5,2	0,73	0,124	0,063	1,57	89	25	260	30	81	SA
n° 398	2,8	13,9	75,4	5,2	0,68	0,117	0,065	1,58	87	25	273	26	80	SA
n° 401	2,8	14,0	75,8	5,1	0,65	0,101	0,058	1,32	74	20	225	20	78	SA
n° 415	2,8	13,7	75,3	5,3	0,72	0,118	0,064	1,53	91	27	280	29	90	SA
n° 435	2,6	14,0	75,3	5,4	0,68	0,107	0,059	1,42	80	22	245	26	77	SA
n° 472	2,5	13,7	75,4	5,3	0,74	0,119	0,067	1,64	95	30	291	34	82	SA

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 490	2,1	13,8	75,4	6,1	0,67	0,115	0,068	1,57	87	26	285	37	95	SA
n° 563	2,8	13,9	75,8	5,1	0,64	0,108	0,059	1,41	78	24	244	29	82	SA
n° 569	2,9	13,7	75,3	5,8	0,52	0,113	0,060	1,43	80	23	251	21	82	SA
n° 589	2,9	13,8	75,6	5,2	0,68	0,115	0,065	1,54	87	27	254	33	89	SA
n° 763	2,9	13,8	75,6	5,1	0,65	0,106	0,061	1,47	84	27	255	22	90	SA
n° 829	2,7	13,8	75,4	5,8	0,61	0,104	0,058	1,35	76	21	239	24	79	SA
n° 840	1,9	13,8	74,5	6,8	0,76	0,129	0,066	1,59	89	27	264	34	83	SA
n° 860	2,9	13,9	75,4	5,1	0,68	0,105	0,060	1,42	82	22	249	32	79	SA
n° 871	2,8	14,1	75,0	5,1	0,71	0,120	0,059	1,44	82	23	227	25	76	SA
n° 967	2,2	13,7	75,2	6,5	0,65	0,110	0,059	1,43	82	24	243	27	78	SA
n° 968	2,7	13,7	75,3	5,4	0,66	0,121	0,068	1,62	92	27	283	32	92	SA
n° 1017	2,9	13,8	75,6	5,2	0,65	0,111	0,066	1,53	82	25	274	29	90	SA
BASI 22 - 1086 - 14	2,2	13,6	75,3	6,2	0,68	0,128	0,070	1,62	92	27	302	34	91	SA
BASI 22 - 1088 - 16	2,5	14,4	74,4	5,4	0,79	0,120	0,058	1,45	76	21	228	28	82	SA
BASI 22 - 1094 - 87	2,8	13,8	75,3	5,2	0,79	0,118	0,065	1,52	86	26	264	33	85	SA
BASI 22 - 1094 - 97	2,6	14,0	75,1	5,2	0,71	0,130	0,065	1,62	89	27	259	28	79	SA
BASI 22 - 1094 - 101	3,0	13,7	75,3	5,6	0,64	0,108	0,063	1,49	83	29	263	26	79	SA
n° 556	2,6	13,3	76,2	5,3	0,65	0,148	0,040	1,46	53	19	268	31	97	SB2
n° 855	1,4	13,7	74,3	8,0	0,68	0,188	0,031	1,36	42	18	210	39	110	SB2
n° 889	2,6	13,7	74,9	5,6	0,72	0,216	0,042	1,74	51	21	278	50	139	SB2

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 3	2,6	14,7	72,9	5,9	0,99	0,375	0,037	2,03	70	19	190	124	241	SC
n° 5	2,4	14,7	72,6	6,1	1,07	0,368	0,093	2,01	68	20	188	129	278	SC
n° 16	2,6	14,2	72,4	5,9	1,87	0,390	0,037	2,10	67	23	196	137	260	SC
n° 30	2,5	14,7	72,6	5,8	1,12	0,373	0,048	2,12	70	23	174	124	247	SC
n° 31	2,6	14,6	72,9	5,8	1,08	0,386	0,038	2,01	68	20	182	128	244	SC
n° 76	2,4	14,6	72,5	6,3	1,14	0,399	0,035	2,05	72	26	189	145	268	SC
n° 79	2,6	14,3	73,0	5,9	1,05	0,380	0,040	2,18	75	23	199	139	270	SC
n° 84	2,6	14,4	73,2	5,8	1,01	0,366	0,037	2,01	66	21	186	129	226	SC
n° 85	2,8	14,4	73,2	5,8	1,04	0,356	0,036	1,96	68	23	191	123	275	SC
n° 86	2,7	14,8	72,3	5,7	1,08	0,403	0,058	2,17	74	26	201	140	277	SC
n° 151	2,6	14,7	73,0	5,8	1,09	0,312	0,032	1,79	58	22	176	116	221	SC
n° 272	2,8	14,7	72,9	5,5	1,17	0,390	0,043	1,95	61	15	160	137	259	SC
n° 351	2,7	14,4	73,4	5,8	1,03	0,304	0,034	1,85	58	20	174	116	243	SC
n° 365	2,7	14,4	73,5	5,8	1,01	0,318	0,034	1,82	60	24	169	116	236	SC
n° 366	2,6	14,3	73,1	5,8	1,39	0,341	0,036	1,90	64	22	178	127	248	SC
n° 396	2,7	14,7	73,2	5,6	0,99	0,357	0,032	1,82	59	18	165	114	247	SC
n° 433	2,7	14,4	73,3	5,7	1,06	0,333	0,033	1,91	62	21	170	122	218	SC
n° 463	2,6	14,3	73,3	5,9	1,01	0,336	0,035	1,90	62	19	186	127	228	SC
n° 466	2,7	14,4	73,1	5,8	1,02	0,357	0,036	1,96	62	21	187	127	258	SC
n° 475	2,5	14,3	73,5	5,7	1,05	0,333	0,035	1,92	58	18	172	121	237	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 495	2,1	14,3	72,6	6,1	1,23	0,374	0,040	2,22	73	24	201	147	269	SC
n° 519	2,5	14,4	73,3	5,8	1,08	0,329	0,035	1,84	58	21	171	116	227	SC
n° 520	2,3	14,2	73,5	6,1	1,05	0,338	0,035	1,91	61	19	174	119	237	SC
n° 552	2,5	15,1	72,4	5,8	1,04	0,372	0,047	2,06	72	22	179	133	250	SC
n° 568	2,6	14,4	73,6	5,7	1,00	0,342	0,032	1,90	60	21	168	126	254	SC
n° 572	2,5	14,4	72,8	5,9	1,16	0,387	0,039	2,15	67	24	207	140	256	SC
n° 575	2,4	14,2	73,3	5,7	1,16	0,343	0,036	1,91	67	20	164	135	249	SC
n° 616	2,7	14,5	73,2	5,8	1,04	0,340	0,035	1,91	60	23	165	122	238	SC
n° 617	2,4	14,4	73,3	6,3	0,97	0,313	0,033	1,72	55	20	165	105	207	SC
n° 619	2,6	14,5	73,4	5,8	0,98	0,328	0,036	1,88	61	19	176	120	231	SC
n° 627	2,7	14,5	73,3	5,7	1,01	0,343	0,036	1,91	62	20	182	122	228	SC
n° 758	2,8	14,5	73,3	5,7	0,99	0,331	0,032	1,82	60	20	176	111	232	SC
n° 774	2,7	14,9	73,4	5,6	0,95	0,318	0,028	1,61	54	15	152	111	198	SC
n° 816	2,5	14,5	73,2	5,8	1,00	0,340	0,036	1,92	58	18	175	126	245	SC
n° 818	2,8	14,4	73,3	5,7	0,97	0,342	0,034	1,89	59	21	172	107	227	SC
n° 830	2,6	14,5	73,2	5,7	1,00	0,360	0,048	2,02	70	21	179	122	248	SC
n° 841	1,0	14,3	71,4	9,3	0,95	0,337	0,035	1,89	67	20	176	112	238	SC
n° 842	2,5	14,5	73,2	5,9	1,04	0,355	0,033	1,95	66	23	182	138	260	SC
n° 952	2,9	14,1	71,0	6,6	1,44	0,344	0,037	2,02	76	24	177	135	244	SC
n° 969	2,7	14,4	73,5	5,8	0,95	0,316	0,036	1,73	55	18	166	98	214	SC

ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr	PROVENANCE
n° 996	2,4	14,4	73,0	6,0	1,08	0,378	0,039	2,13	69	22	198	139	261	SC
n° 1018	2,7	14,9	72,2	5,9	1,09	0,373	0,036	2,06	72	24	191	141	256	SC
n° 1019	2,6	14,9	72,3	5,9	1,03	0,388	0,037	2,04	64	24	173	130	234	SC
n° 1027	2,5	14,7	72,8	6,0	1,08	0,353	0,034	1,95	68	22	182	131	260	SC
n° 1042	2,7	14,7	72,9	5,7	1,01	0,362	0,035	1,92	61	22	164	124	221	SC
n° 1054	2,5	14,3	72,9	5,9	1,06	0,407	0,038	2,18	74	23	204	136	270	SC
n° 1055	2,5	15,1	72,2	5,8	1,07	0,386	0,037	2,09	72	22	193	140	248	SC
BASI 21 - 1070 - 12	2,5	14,2	73,6	5,9	1,09	0,322	0,034	1,88	65	24	181	118	271	SC
BASI 21 - 1071 - 10	2,4	14,8	71,9	6,0	1,15	0,418	0,042	2,33	79	23	216	153	299	SC
BASI 21 - 1071 - 33	2,3	14,0	72,1	6,0	2,53	0,372	0,039	2,08	68	22	191	122	235	SC
BASI 22 - 1087 - 8	2,5	14,5	73,4	5,9	0,98	0,322	0,032	1,80	62	19	182	122	213	SC
BASI 22 - 1089 - 51	2,6	14,5	72,5	5,9	1,25	0,386	0,038	2,15	71	25	189	140	271	SC

ANNEXE 4 : DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Résultats LA-ICP-MS obtenus sur 144 échantillons géologiques de la Méditerranée occidentale : Pantelleria (Balata dei Turchi et Lago di Venere), Lipari, Palmarola et Sardaigne (SA, SB1, SB2, SC). Les valeurs sont en ppm.

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.107	3	499	185	4	191	1960	378	3	24	191	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.113	3	508	192	4	192	2072	391	3	25	197	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.114	3	496	191	4	190	1963	382	3	24	185	38	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.115	3	513	186	4	187	1986	375	3	23	181	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.116	3	541	192	4	187	1932	383	3	24	198	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.117	3	542	193	4	190	1953	382	3	24	194	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.118	3	529	185	4	184	1948	370	3	24	192	37	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.119	4	546	200	4	188	1978	379	3	24	189	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.120	2	525	181	4	182	1951	370	2	22	185	37	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.121	2	515	191	4	183	1912	364	3	23	186	37	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.122	2	516	182	4	178	1890	361	2	23	181	36	36	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.123	3	523	186	4	185	1970	379	3	24	193	38	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.124	3	503	188	4	176	1880	377	2	24	183	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.125	3	514	183	4	180	1892	369	3	23	188	37	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.126	3	518	185	4	183	1944	369	3	23	185	36	37	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.127	3	512	187	4	184	1909	375	3	24	188	37	36	11

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.128	2	521	183	4	176	1879	379	3	23	179	36	35	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.129	2	545	191	4	185	1951	380	3	24	192	39	38	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.131	2	514	180	4	175	1863	377	2	23	176	36	34	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.132	2	533	190	5	184	1928	379	3	24	186	37	35	10
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.133	2	530	186	5	183	1936	378	3	24	188	38	36	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.109	2	540	193	4	165	1843	376	3	23	175	35	34	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.110	2	528	189	4	168	1885	375	3	24	176	35	34	11
Pantelleria - BDT	SCU.GEOL.111	2	532	188	4	168	1862	373	3	23	175	35	34	11
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.106	7	350	135	2	120	1509	288	1	52	118	24	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.112	7	360	144	2	124	1532	301	1	55	121	24	27	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.134	5	400	136	1	111	1192	261	2	23	116	24	21	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.135	5	401	135	1	107	1138	250	1	23	113	23	20	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.136	7	345	139	2	121	1503	284	1	52	118	23	25	8
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.137	5	397	135	2	120	1289	263	1	24	124	25	22	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.138	5	400	139	1	114	1196	248	1	24	120	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.139	5	397	143	1	119	1246	273	2	24	120	25	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.140	4	399	135	1	105	1145	252	1	23	113	23	20	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.141	5	410	134	1	113	1206	260	1	23	113	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.142	5	411	137	1	115	1249	267	1	24	120	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.143	5	408	134	1	115	1258	270	1	24	121	24	21	6

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.144	5	416	140	2	111	1209	266	1	23	112	22	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.145	5	411	134	1	121	1298	261	1	23	124	25	21	6
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.146	5	407	136	2	119	1282	260	1	24	124	25	22	7
Pantelleria - LDV	SCU.ARCH.147	5	414	137	2	112	1199	266	2	24	117	24	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.108	6	369	146	2	118	1466	289	1	56	121	23	27	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.148	4	408	137	1	107	1154	248	1	24	114	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.149	4	421	136	1	106	1170	252	1	24	116	23	21	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.150	6	368	139	2	117	1456	281	1	55	115	23	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.151	6	363	140	2	117	1441	291	1	56	119	23	26	8
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.152	4	415	137	1	104	1139	250	1	23	115	23	20	7
Pantelleria - LDV	SCU.GEOL.153	4	411	134	1	112	1202	256	2	24	119	24	21	7
Lipari	SCU.GEOL.100	2	53	290	15	35	150	32	15	14	35	7	45	15
Lipari	SCU.GEOL.101	2	58	289	16	36	164	33	15	16	39	8	49	15
Lipari	SCU.GEOL.102	2	54	285	15	36	151	32	15	14	35	7	44	15
Lipari	SCU.GEOL.103	2	54	283	15	36	154	32	15	14	36	7	47	15
Lipari	SCU.GEOL.104	2	53	286	15	35	149	32	15	14	36	7	45	15
Lipari	SCU.GEOL.105	2	54	279	15	36	153	32	15	14	35	7	44	14
Lipari	SCU.GEOL.99	2	57	285	15	35	158	33	15	16	38	8	47	15
Palmarola	SCU.GEOL.186	2	50	430	5	39	214	59	45	8	42	8	56	18
Palmarola	SCU.GEOL.187	2	51	452	5	38	213	59	46	8	42	8	56	18

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Palmarola	SCU.GEOL.188	3	50	444	6	41	226	60	45	9	44	8	60	18
Palmarola	SCU.GEOL.189	2	52	441	6	49	272	64	47	9	51	10	68	18
Palmarola	SCU.GEOL.190	2	52	435	6	46	250	64	46	9	49	9	65	19
Palmarola	SCU.GEOL.191	2	51	444	5	43	238	60	44	9	46	9	60	18
Palmarola	SCU.GEOL.192	2	53	446	6	48	262	62	46	9	52	10	70	19
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.170	4	89	231	22	28	67	43	4	111	20	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.60	7	90	259	28	32	77	48	4	134	23	7	17	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.61	6	89	264	25	30	70	47	4	131	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.62	7	91	262	29	36	83	50	4	143	25	7	18	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.63	7	86	252	28	35	80	48	4	135	24	7	17	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.64	7	87	261	27	34	84	51	4	130	24	7	18	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.32	6	86	247	24	31	73	45	4	121	22	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.33	6	83	242	24	30	72	43	4	112	22	6	16	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.34	5	89	250	21	28	67	46	4	103	19	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.35	5	88	262	24	30	72	48	4	117	20	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.36	5	89	249	25	31	72	47	4	118	21	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.37	5	92	265	24	30	73	49	4	123	22	6	15	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.38	5	89	261	25	29	69	47	4	118	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.39	5	89	240	23	29	69	45	4	119	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.40	5	84	227	24	29	67	45	4	115	19	6	14	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.41	5	93	252	23	27	68	45	4	120	20	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.42	5	84	235	23	28	66	43	4	114	19	6	14	5
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.65	5	85	248	24	29	71	46	4	123	21	6	15	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.66	5	86	253	26	32	78	49	4	128	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.67	5	85	253	26	31	75	49	4	129	22	6	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.68	5	88	254	23	32	78	49	4	120	23	7	16	6
Monte Arci - SA	SCU.GEOL.69	5	87	251	18	29	71	46	4	93	20	6	15	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.81	6	84	250	58	28	115	41	4	277	28	7	19	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.83	6	87	250	63	32	134	44	4	312	32	8	20	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.16	6	68	239	73	21	140	33	4	474	34	7	20	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.17	6	68	243	77	22	146	32	4	479	34	7	21	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.18	6	71	249	71	21	138	32	4	458	32	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.19	6	70	231	70	20	135	32	4	445	31	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.20	7	71	242	73	20	137	32	4	446	31	6	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.21	6	71	231	70	19	124	31	4	433	29	6	18	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.22	6	69	234	71	19	129	31	4	444	30	6	18	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.23	6	68	236	72	20	134	31	4	449	31	7	19	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.24	5	70	220	63	18	119	28	3	403	28	6	16	4
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.77	4	87	232	50	24	101	39	4	249	24	6	16	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.78	4	83	228	51	22	98	37	4	249	24	6	15	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.79	4	80	222	49	21	94	36	3	245	22	5	14	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.80	4	86	227	44	21	89	36	3	227	22	6	14	5
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.71	6	79	251	62	32	130	44	4	288	31	8	21	6
Monte Arci - SB1	SCU.GEOL.72	5	77	248	58	30	122	42	4	286	29	7	20	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.82	5	52	255	52	21	124	27	7	298	30	6	21	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.84	5	52	243	39	20	110	27	7	210	26	6	19	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.85	5	49	235	50	20	119	28	7	304	28	6	20	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.86	5	53	244	40	21	110	27	7	211	25	6	19	6
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.87	5	53	251	35	18	97	26	6	190	22	5	17	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.88	5	54	237	48	18	111	27	6	282	26	5	18	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.97	5	54	241	26	18	89	26	7	124	21	5	16	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.25	5	51	225	45	18	108	25	6	262	26	5	18	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.27	5	48	225	44	17	97	24	6	264	24	5	17	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.28	5	51	235	24	19	87	25	7	109	20	5	16	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.29	5	50	306	20	16	86	25	7	130	20	4	15	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.30	4	52	248	26	18	90	26	7	119	20	5	15	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.31	4	53	247	51	20	121	28	7	296	27	6	19	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.75	4	53	230	29	16	82	24	6	144	19	4	14	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.76	4	54	228	36	15	87	24	6	205	21	4	14	5
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.70	4	48	237	38	19	100	26	7	201	24	5	17	5

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.73	5	46	247	30	22	103	27	7	133	25	6	19	6
Monte Arci - SB2	SCU.GEOL.74	5	48	238	45	22	122	28	7	240	29	6	21	6
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.94	5	71	181	104	23	233	27	2	917	53	10	26	4
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.95	5	66	178	123	21	230	27	2	970	49	10	24	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.96	5	72	172	111	21	214	27	2	908	47	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.98	5	69	176	108	20	213	26	2	944	48	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.43	4	65	167	102	18	197	25	2	851	42	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.44	4	60	166	86	20	209	25	2	753	42	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.45	4	69	163	86	18	190	25	2	770	41	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.46	5	81	179	109	19	203	27	2	925	45	9	22	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.47	4	62	160	89	17	174	26	2	755	40	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.48	4	67	166	90	18	173	25	2	784	41	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.49	4	66	170	85	20	211	25	2	721	42	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.50	4	71	162	102	18	187	26	2	815	43	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.51	5	66	175	94	21	212	28	2	812	46	9	23	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.52	4	72	160	93	18	179	26	2	935	44	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.53	4	59	172	80	21	224	24	2	672	43	8	22	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.54	4	76	167	98	19	194	26	2	850	44	9	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.55	4	68	167	84	18	190	25	2	763	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.56	4	70	167	98	19	197	26	2	852	43	8	21	3

SOURCE	ÉCHANTILLON	Sc	Zn	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Cs	Ba	Nd	Sm	Th	U
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.57	4	65	174	89	19	209	25	2	754	40	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.58	4	75	170	75	18	205	27	2	804	40	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.59	4	71	164	86	19	192	24	2	777	43	8	21	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.89	4	71	170	106	17	186	25	2	855	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.90	4	68	169	102	17	184	25	2	860	42	8	19	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.91	4	71	165	97	17	184	25	2	817	41	8	20	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.92	4	63	160	75	17	180	24	2	764	38	7	18	3
Monte Arci - SC	SCU.GEOL.93	4	64	170	79	19	194	25	2	795	42	8	20	3

Référence

ORANGE, M., LE BOURDONNEC, F.-X., SCHEFFERS, A., JOANNES-BOYAU, R. (2016) - Sourcing obsidian: a new optimized LA-ICP-MS protocol, *STAR: Science & Technology of Archaeological Research*, 2 (2), p.192-202.

ANNEXE 5 : DONNÉES DE RÉFÉRENCE

Résultats PIXE obtenus sur 55 échantillons géologiques de la Méditerranée occidentale : Sardaigne (SA, SB1, SB2, SC), Lipari, Palmarola et Pantelleria (Balata dei Turchi et Lago di Venere). Les oxydes sont wt% et les éléments traces en ppm.

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SA	ARC-URS	3,4	13,8	75,7	4,8	0,59	0,0917	0,054	1,28	80	25	259	31	80
Monte Arci - SA	SA44	3,5	13,8	75,4	4,8	0,59	0,0925	0,051	1,34	80	25	270	34	78
Monte Arci - SA	SA47	3,3	13,5	75,7	5,2	0,63	0,0878	0,049	1,23	72	23	227	24	71
Monte Arci - SA	SA49	3,4	13,7	75,8	4,9	0,60	0,0821	0,052	1,24	76	24	246	29	78
Monte Arci - SA	SA55	3,4	13,6	75,8	4,9	0,60	0,0898	0,051	1,23	73	23	243	30	71
Monte Arci - SA	SA66	3,4	13,5	75,8	4,9	0,62	0,0792	0,054	1,31	78	23	253	22	90
Monte Arci - SA	SA67	3,5	13,6	75,8	4,9	0,60	0,0866	0,053	1,26	76	22	257	28	68
Monte Arci - SA	429	3,1	13,9	75,7	4,9	0,59	0,0982	0,057	1,42	86	25	267	28	85
Monte Arci - SB1	SB 201	3,5	14,0	74,8	5,0	0,73	0,1380	0,046	1,43	75	24	253	69	124
Monte Arci - SB1	SB 213B	3,5	14,0	74,9	4,9	0,70	0,1318	0,046	1,51	74	24	255	64	123
Monte Arci - SB1	SB1-08	3,3	14,0	74,8	5,1	0,72	0,1360	0,044	1,50	73	23	259	70	127
Monte Arci - SB1	SB1-52	3,4	13,8	75,0	5,1	0,76	0,1298	0,047	1,43	73	23	255	67	124
Monte Arci - SB1	SB1-64B	3,4	13,8	75,1	5,1	0,74	0,1431	0,042	1,34	68	24	231	58	111
Monte Arci - SB1	SB1-65	3,4	13,8	75,1	5,1	0,74	0,1540	0,046	1,41	71	25	251	65	116
Monte Arci - SB1	SB 113	3,3	13,4	75,9	5,1	0,55	0,1189	0,032	1,29	47	20	263	33	99
Monte Arci - SB2	SB 114	3,2	13,2	76,0	5,3	0,59	0,1186	0,030	1,19	43	18	232	40	113

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SB2	SB 115	3,2	13,1	76,3	5,2	0,59	0,0997	0,028	1,09	39	16	214	30	83
Monte Arci - SB2	SB2-48B	3,2	13,2	75,7	5,5	0,64	0,1579	0,030	1,25	43	18	230	48	117
Monte Arci - SB2	SB2-26B	3,4	13,5	75,7	5,1	0,58	0,1297	0,031	1,26	45	19	249	47	108
Monte Arci - SB2	SB2-74B	3,4	13,2	75,6	5,1	0,74	0,1406	0,033	1,33	47	20	238	51	124
Monte Arci - SB2	SB2-75B	3,0	13,3	75,7	5,6	0,60	0,1245	0,031	1,25	44	19	232	46	111
Monte Arci - SB2	442	3,2	13,3	76,0	4,9	0,55	0,1165	0,033	1,46	48	20	251	30	104
Monte Arci - SB2	SB1_06	3,2	13,4	76,2	4,9	0,58	0,1329	0,031	1,23	39	21	250	53	120
Monte Arci - SB2	SB2_50B	3,1	13,5	76,2	4,9	0,55	0,1144	0,031	1,17	47	14	229	47	104
Monte Arci - SC	SC01	3,2	14,2	73,7	5,5	0,85	0,2683	0,031	1,89	64	21	198	137	256
Monte Arci - SC	SC02	3,3	14,4	73,5	5,4	0,90	0,2964	0,028	1,73	59	22	189	150	243
Monte Arci - SC	SC7A	3,4	14,2	73,9	5,4	0,89	0,2522	0,027	1,55	52	19	160	108	216
Monte Arci - SC	SC9	3,2	14,1	73,8	5,6	0,83	0,2603	0,031	1,71	57	23	167	113	239
Monte Arci - SC	428	3,1	14,4	73,6	5,3	0,94	0,3050	0,032	1,79	64	21	180	150	216
Monte Arci - SC	430	3,0	14,5	73,6	5,4	0,94	0,3033	0,031	1,81	62	22	185	155	226
Monte Arci - SC	431	3,1	14,6	73,1	5,3	1,09	0,3602	0,031	2,00	65	23	182	195	230
Monte Arci - SC	432	3,0	14,5	73,6	5,4	0,91	0,2994	0,030	1,81	63	22	180	151	229
Monte Arci - SC	433	3,0	14,3	73,6	5,4	0,85	0,3202	0,030	1,97	68	21	189	148	226
Monte Arci - SC	435	3,1	14,5	73,5	5,4	0,91	0,2957	0,030	1,77	62	21	187	152	229
Monte Arci - SC	436	3,1	14,5	73,5	5,3	0,97	0,2830	0,031	1,76	62	22	185	154	223
Monte Arci - SC	437	3,0	14,4	73,7	5,5	0,86	0,2752	0,030	1,78	64	21	185	138	241

SOURCE	ÉCHANTILLON	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Zn	Ga	Rb	Sr	Zr
Monte Arci - SC	438	3,2	14,5	73,5	5,0	1,06	0,2912	0,033	1,88	62	21	168	174	228
Monte Arci - SC	444	3,1	14,1	73,9	5,4	0,86	0,3161	0,029	1,65	56	20	174	148	252
Monte Arci - SC	449	3,5	14,3	73,2	5,1	1,23	0,3425	0,032	1,72	60	21	174	148	199
Monte Arci - SC	CL191	3,0	14,6	73,5	5,2	1,03	0,2497	0,029	1,59	54	22	163	166	275
Monte Arci - SC	CL193	3,1	14,3	73,5	5,3	0,87	0,2519	0,031	1,63	58	24	191	141	271
Monte Arci - SC	SCgp1	3,0	14,3	73,6	5,4	0,87	0,2528	0,031	1,67	62	23	179	144	267
Monte Arci - SC	SCgp2	2,9	14,4	74,0	5,2	0,88	0,2568	0,029	1,55	59	26	175	139	291
Monte Arci - SC	SCgp3	3,0	14,4	73,8	5,3	0,89	0,2452	0,029	1,58	59	24	173	144	259
Lipari	LIP 2	4,1	13,3	74,9	4,6	0,68	0,0655	0,056	1,65	53	21	335	22	215
Lipari	Lip. F.V.	4,2	13,2	74,9	4,7	0,70	0,0657	0,057	1,61	52	21	342	20	206
Palmarola	Palmarola	4,8	13,5	74,5	4,4	0,44	0,0806	0,071	1,62	43	21	510	10	405
Palmarola	Pta. Var.	4,8	13,4	74,5	4,4	0,44	0,0759	0,071	1,61	46	23	517	11	309
Pantelleria - BDT	Balt13	7,7	7,3	71,1	3,6	0,27	0,1618	0,292	7,98	440	36	159	<LOD*	1986
Pantelleria - BDT	Balt10	6,5	7,4	71,2	3,9	0,27	0,1687	0,301	8,41	466	35	157	<LOD	2005
Pantelleria - BDT	PAN-BTO	6,8	7,8	71,9	3,8	0,26	0,1569	0,236	8,44	362	25	118	<LOD	1950
Pantelleria - BDT	Balt21	7,1	7,6	72,3	3,8	0,24	0,1687	0,228	8,12	357	25	115	<LOD	1783
Pantelleria - LDV	Lagv19	7,1	9,7	67,2	4,1	0,49	0,4486	0,331	8,59	299	35	93	<LOD	1154
Pantelleria - LDV	Lagv20	7,2	9,9	67,7	4,0	0,47	0,4337	0,268	8,98	246	31	86	<LOD	1181
Pantelleria - LDV	Lagv15	7,5	9,9	67,8	4,0	0,47	0,4522	0,267	8,95	264	25	40	<LOD	1217

*Limit of Detection

Références

- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., ATZENI, E., DUBERNET, S., MORETTO, P., SERANI, L. (2007) – Early Neolithic obsidians in Sardinia (Western Mediterranean): the Su Carroppu case, *Journal of Archaeological Science*, 34, 3, p.428-439.
- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., CONGIA, C., MORETTO, P., CALLIGARO, T., SANNA, I., DUBERNET, S. (2008) - Obsidians in the Rio Saboccu (Sardinia, Italy) Campsite: Provenance, Reduction and Relations with the wider Early Neolithic Tyrrhenian area, *C. R. Palevol*, 7, p.249-258.
- LUGLIÈ, C., LE BOURDONNEC, F.-X., POUPEAU, G., CONGIA, C., MORETTO, P., CALLIGARO, T., SANNA, I., DUBERNET, S. (2009) - Obsidian Economy in the Rio Saboccu Open-Air Early Neolithic Site (Sardinia, Italy). In : F. Sternke, L.-J. Costa et L. Eigeland (dir.), *Non-flint Raw Material Use in Prehistory: Old Prejudices and New Directions. Acts of the XVth Congress of the UISPP*, Oxford, Archaeopress, BAR International Series, p. 203-216.
- MULAZZANI, S., LE BOUDONNEC, F.-X., BELHOUCHET, L., POUPEAU, G., ZOUGHLAMI, J., DUBERNET, S., TUFANO, E., LEFRAIS, Y., KHEDHAIER, R. (2010) - Obsidians from the Epipalaeolithic and Neolithic Eastern Maghreb. A View from the Hergla Context (Tunisia), *Journal of Archaeological Science*, 37, p.2529-2537.
- POUPEAU, G., BELLOT-GURLET, L., BRISOTTO, V., DORIGHEL, O. (2000) - Nouvelles données sur la provenance de l'obsidienne des sites néolithiques du sud-est de la France, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (2a)*, 330, 4, p.297-303.

ANNEXE 6 : PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE

Photographies de 15 obsidiennes de la collection archéologique étudiée.

3 et 4 : Armatures. 1, 2, 5 à 15 : lamelles

