



**HAL**  
open science

# Chronologie de l'éruption et des cultures archéologiques associées par le logiciel de statistique bayésienne ChronoModel

Philippe Lanos, Jean-Claude Lefèvre, Christine Oberlin, Claude Albore Livadie, Philippe Dufresne

## ► To cite this version:

Philippe Lanos, Jean-Claude Lefèvre, Christine Oberlin, Claude Albore Livadie, Philippe Dufresne. Chronologie de l'éruption et des cultures archéologiques associées par le logiciel de statistique bayésienne ChronoModel. C. Albore Livadie; G. Vecchio. Nola Croce del Papa. Un villaggio sepolto dall'eruzione vesuviana delle Pomici di Avellino, Centre Jean Bérard, pp.71-87, 2020, Collection du Centre Jean Bérard, 54, 978-2-38050-026-4. hal-03508881

**HAL Id: hal-03508881**

**<https://hal.science/hal-03508881>**

Submitted on 6 Jan 2022

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

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

# Chronologie de l'éruption et des cultures archéologiques associées par le logiciel de statistique bayésienne ChronoModel

Philippe Lanos, Jean-Claude Lefèvre, Christine Oberlin, Claude Albore Livadie, Philippe Dufresne

Nous nous proposons dans cette note d'établir, au moyen du logiciel ChronoModel, les chronologies de la phase éruptive dite "des Ponces d'Avellino", des deux premières éruptions pliniennes protohistoriques (AP1, AP2) et des *facies* culturels : Palma Campania, Palma Campania tardif, Protoapenninique.

## 1 – Le logiciel Chronomodel

"ChronoModel" est un logiciel de modélisation chronologique reposant sur la statistique bayésienne. Il permet de construire des scénarios chronologiques à partir d'un grand nombre de données de datation mises en relation selon des modèles plus ou moins complexes. Les données de datation (radio-carbone, luminescence, archéomagnétisme, etc., mais aussi typo-chronologie et données historiques peuvent être combinées de façon robuste (au sens statistique) au sein du modèle chronologique d'Événement (*Event* en anglais) dans le but de dater un événement cible choisi (la mort d'un individu, la chauffe d'une structure, la construction d'un bâtiment, etc.). Les différentes sources d'incertitudes intervenant au niveau des méthodes de datation sont prises en compte selon une structure hiérarchique bayésienne (Lanos, Philippe 2017 ; *idem* 2018). De plus, les événements peuvent être contraints par des relations d'ordre temporel imposés par la stratigraphie, ce qui permet généralement d'améliorer la précision de la chronologie. Des phases chronologiques peuvent être définies par des groupes, des ensembles d'événements (faits) sur la base d'un ou de plusieurs critères choisis : couche archéologique, ensemble de sites d'une phase culturelle donnée, etc. Il est donc possible d'estimer les débuts, fins et

durées de phase sous la forme de densités de probabilité de dates et d'intervalles de crédibilité.

ChronoModel est un logiciel gratuit, open-source et multi-plateforme (Mac, Windows, Linux). La dernière version 2.0 (Lanos, Dufresne 2019a ; *idem* 2019b) est téléchargeable sur le site : <http://www.chronomodel.fr/home>. Une interface résolument conviviale a été développée en suivant au plus près le raisonnement archéologique et bayésien, séparant les informations *a priori* d'un côté (période d'étude, événements, phases, contraintes stratigraphiques, durée de phase ou hiatus entre phases), et les données (mesures) issues des méthodes de datation de l'autre. Le logiciel permet ainsi une mise en place rapide et intuitive des modèles chronologiques (Lanos, Philippe 2017 ; *idem* 2018). Les calculs numériques des densités *a posteriori* utilisent les méthodes MCMC (Monte Carlo par Chaîne de Markov) dont les résultats peuvent être inspectés en détail. Des calculs complémentaires peuvent être effectués grâce au package ArchaeoPhases : < <https://cran.r-project.org/web/packages/ArchaeoPhases/ArchaeoPhases.pdf> >.

Ce package fournit une liste de fonctions d'analyse statistique et de post-traitement des chaînes de Markov MCMC simulées par ChronoModel.

## 2 – Les données chronologiques

Les datations radiocarbone sont exprimées en âge BP (Before Present)  $1\sigma$ , d'incertitude et, une fois calibrées par la courbe de calibration Intcal13, (Bronk Ramsey *et al.* 2001; Reimer *et al.* 2013), par des intervalles de date calendaire donnés à un niveau de confiance de 95% (fig. 1).

Code	Date <sup>14</sup> C BP	Erreur	Intervalle 2σ ( 95%)		Intervalle sup 90%		Site	Détail	Nature	Références
<b>Post AP2</b>										
Typochronologie			1350	1300			Pomigliano d'Arco/Visciano	Bronze moyen 1/2	tasse d'impasto	16, 2
DSH-154	3380	23	1741	1623			San Paolo Belsito	US85	os	5, 20, 21
DSA-52	3142	27	1497	1308			San Paolo Belsito	US85/125	os	6
<b>AP2</b>										
W-6329	3150	100	1657	1128	1644	1157	Somma Vesuviana		charbons de bois	25
WW-256	3250	70	1728	1396	1692	1396	Somma Vesuviana		charbons de bois	25
WW-257	3280	70	1737	1422	1696	1422	Somma Vesuviana		charbons de bois	25
n.d.	3000	200	1691	801			n.d.		paléosol	26
RIIDDL-1338	3300	80	1771	1414			Carrière Pozzelle	Avellino-devenue-AP2	petits charbons de bois	32, 27
NA-325	3400	160	2189	1306	2142	1380	Carrière Pozzelle	Avellino-devenue-AP2	paléosol	29, 27
<b>Fin Protoapenninique</b>										
Rome-339	3200	60	1621	1306	1621	1380	Coppa Nevigata Foggia	Ca3	os	36
Rome-342	3260	70	1731	1409	1693	1409	Coppa Nevigata Foggia	Cg3	os	36
Rome-344	3265	65	1689	1417			Coppa Nevigata Foggia	US5	os	36
<b>Protoapenninique</b>										
DSA-49H	3253	24	1611	1456			San Paolo Belsito		os	5
DSA-48H	3283	23	1616	1506			San Paolo Belsito		os	5
DSH-105	3361	20	1731	1615	1693	1615	San Paolo Belsito	US150	os	6, 20
DSH-160	3368	47	1860	1527	1771	1527	San Paolo Belsito	US150	os	6, 20, 21
DSH-53	3368	19	1734	1620			Napoli, Piazzale Tecchio	US264	charbons de bois	20
DSH-159	3399	37	1871	1613	1776	1613	San Paolo Belsito	US150	os	6, 20, 21
BO230	3520	70	2032	1666	2032	1682	Coppa Nevigata Foggia	n.d.	graines carbonisées	36
BO229	3540	60	2032	1696	2032	1737	Coppa Nevigata Foggia	n.d.	graines carbonisées	36
<b>AP1</b>										
Rome-507	3220	65	1658	1311	1645	1384	n.d.		acide humique	10
AA	3270	50	1660	1437			n.d.		charbons de bois	27
Teledyne	3279	60	1690	1432			Somma Vesuviana		charbons de bois	25
WW-517	3480	60	1947	1644			Somma Vesuviana		charbons de bois	25
WW-255	3500	60	2010	1667	1977	1667	Somma Vesuviana		charbons de bois	25
<b>Palma Campania Tardif</b>										
NA294	3060	100	1521	1016			La Starza Ariano Irpino	US B	charbons de bois	29
DSA-216	3080	54	1493	1135	1454	1207	San Paolo Belsito	US25	os	4
DSA-202	3116	88	1608	1127	1562	1127	San Paolo Belsito	US6	charbons de bois	4
DSA-159	3248	67	1688	1404			Nola - via Cimitile	US24	os, crâne humain	5, 20, 21
NA293	3250	170	1961	1084			La Starza Ariano Irpino	US A	charbons de bois	29
DSA-121	3252	95	1752	1292			Nola - via Cimitile	US20	charbons de bois	5
DSA-331	3293	69	1741	1431	1699	1431	La Starza Ariano Irpino	US166	charbons de bois	5
DSA-336	3315	52	1740	1461	1698	1496	La Starza Ariano Irpino	US224a	charbons de bois	22

Code	Date <sup>14</sup> C BP	Erreur	Intervalle 2σ ( 95%)		Intervalle sup 90%		Site	Détail	Nature	Références
DSA-554	3351	28	1737	1535	1737	1544	La Starza Ariano Irpino	US590	charbons de bois	24
n.d.	3373	82	1888	1465			Nola - via Cimitile	US28	charbons de bois	5
DSA-51H	3399	26	1751	1627			San Paolo Belsito	n.d.	os	11
DSA-552	3403	29	1767	1626			La Starza Ariano Irpino	US203a	charbons de bois	5
DSA-554	3409	43	1877	1616			La Starza Ariano Irpino	US590	charbons de bois	23
DSA-553	3413	28	1863	1632	1772	1632	La Starza Ariano Irpino	US225L	charbons de bois	24
DSH-77	3423	25	1870	1643	1776	1643	La Starza Ariano Irpino	US203b	charbons de bois	20
DSH-156	3426	48	1880	1627			San Paolo Belsito	US25	os	20
DSA-556	3463	28	1881	1693			La Starza Ariano Irpino	US629	charbons de bois	24
DSH-142	3465	19	1880	1697	1880	1737	San Paolo Belsito	US6	charbons de bois	21
DSH-76	3466	20	1880	1697	1880	1737	La Starza Ariano Irpino	US633L	charbons de bois	20
DSA-338	3466	43	1896	1665	1896	1681	La Starza Ariano Irpino	US203	charbons de bois	5
DSH-78	3470	24	1881	1698			La Starza Ariano Irpino	US629	charbons de bois	20
LTL14005A	3472	45	1913	1683			Posta Rivolta Foggia	n.d.	os	30
LTL14007A	3475	45	1916	1686			Posta Rivolta Foggia	n.d.	os	30
DSA-555	3485	28	1888	1700	1888	1741	La Starza Ariano Irpino	US203b	charbons de bois	24
DSH -138	3492	23	1886	1747			Nola - via Cimitile	US24	os, crâne humain	5
NA-327	3500	150	2278	1455	2211	1494	La Starza Ariano Irpino	US164	charbons de bois	29
DSH-153	3513	20	1901	1758			San Paolo Belsito	US30	os	6, 20, 21
DSA-337	3675	71	2286	1884	2235	1884	La Starza Ariano Irpino	US203a	os	22
DSA-582	3706	32					La Starza Ariano Irpino	US633L	os	19
DSA-557	3707	39	2201	1983	2201	2020	La Starza Ariano Irpino	US633L	charbons de bois	19
DSA-334	3884	63	2564	2149	2495	2197	La Starza Ariano Irpino	US633	charbons de bois	23
NA258	4020	230	3324	1922	3117	1922	La Starza Ariano Irpino	US224a	charbons de bois	29
<b>Post Avellino</b>										
Gif-5264	3530	70	2113	1686	2036	1686	Cava Primavera PFSV 300		paléosol	13
n.d.	3590	25	2022	1887			n.d.		n.d.	10
GrA-46210	3610	30	2110	1889	2036	1889	Campo inferiore		bois	28
GrN-32454	3635	40	2135	1896			Campo inferiore		bois	28
GrA-45206,208	3635	25	2126	1923			Migliara		tourbe	28
GrA-46203,205	3685	25	2189	1978			Migliara		tourbe	28
CAMS 12,612	3920	50	2568	2214	2568	2281	Lago di Monticchio		<i>Pinus Abies</i> (graines)	33
<b>Avellino</b>										
Télédyne, n.d.	3240	100	1751	1266			Ottaviano		matériel organique vase	25

Code	Date <sup>14</sup> C BP	Erreur	Intervalle 2σ ( 95%)		Intervalle sup 90%		Site	Détail	Nature	Références
NA-277	3400	190	2277	1235	2210	1259	Frattaminore		paléosol	29
RIIDDL-1345	3430	50	1882	1628			Carrière Ottaviano		petits charbons de bois	32
NA-331	3450	230	2461	1260			Pratola Serra		os	29
DSA-177	3451	60	1916	1624			Nola Croce del Papa		os, ovins	4, 5
DNF-S.Paolo	3560	110	2203	1627			San Paolo Belsito	squelette humain	os, humain	3
NA-299	3480	100	2118	1532	2040	1596	Somma Vesuviana Lagno Cavone		charbons de bois	29
NA-301	3520	160	2298	1454	2298	1493	Ottaviano loc. Zabatta		paléosol	29
Beta-231272	3530	40	1971	1745			Lagno Grado		petits charbons de bois	35
DSH-146	3533	22	1938	1772			Nola Croce del Papa		os, ovins	20
DSH-6348	3536	30	1951	1765			Nola Croce del Papa		os, chien	12
Télédyne, n.d.	3548	129	2280	1535	2213	1603	Ottaviano Boscoreale		charbons de bois	25
Éruption d'Avellino	3550	20	1952	1778			Nola Croce del Papa		os, ovins	20
DSH-145	3558	20	1963	1781			Nola Croce del Papa		os, ovins	20
DSH-103	3560	20	1971	1782	1971	1877	Nola Croce del Papa		os, ovins	20
89AA	K Ar		2084	1704			Nola Croce del Papa		K-Feldspath	15
89AA	K Ar		1944	1644			Nola Croce del Papa		K-Feldspath	15
89AA	K Ar		1924	1504			Nola Croce del Papa		K-Feldspath	15
89AC	K Ar		1974	1634			Palma Campania, Cava Novesche		K-Feldspath	15
89AC	K Ar		2154	1945			Palma Campania, Cava Novesche		K-Feldspath	15
n.d .			2526	2086			Lago di Monticchio		varves	34
<b>Ante Avellino</b>										
GrA-45134,265,566	3585	20	2016	1886			Campo inferiore		feuilles	28
GrA-45003,006,256,257	3565	20	2009	1828	1975	1878	Campo inferiore		bois	28
GrA-45007,008,259,260	3690	15	2136	2031			Campo inferiore		bois, coeur	28
GrA-45042,032,2544,255	3715	15	2195	2036			Campo inferiore		bois, cernes 2-5	28
GrA-46200,46201	3565	25	2014	1781			Migliara		tourbe	28
R-830A	3510	50	1961	1692			Pomigliano d'Arco		acide humique	9
R-830B	3610	50	2136	1782	2136	1877	Pomigliano d'Arco		acide humique	9
R-938	3870	50	2472	2202			Cava dell'Arciprete 2		acide humique	9
Gif-4486	3600	80	2197	1745	2149	1745	Terzigno PFSV 156		paléosol	13
Gif-4517	3760	70	2456	1978	2408	2012	Palma Campania, PSFV 210		paléosol, os	1, 13

Code	Date <sup>14</sup> C BP	Erreur	Intervalle 2σ ( 95%)		Intervalle sup 90%		Site	Détail	Nature	Références
AA	3960	60	2828	2235	2626	2285	n.d.		matière organique	27
n.d.	3850	55	2469	2146	2469	2146	Pian di Pecore		charbons de bois	18
<b>Palma Campania</b>										
DSA-200	3385	59	1877	1529			Nola Croce del Papa	US132	charbons de bois	11
DSH-174	3422	34	1876	1629	1781	1629	San Paolo Belsito	T1	os	19
DSH-179	3433	34	1878	1643			San Paolo Belsito	T4	os	19
DSA-259	3433	92	1966	1510			San Paolo Belsito	T12	os	8
DSA-214	3436	71	1937	1546	1937	1607	Nola Croce del Papa	QQ AB/5	charbons de bois	31
DSA-238	3436	56	1892	1619			San Paolo Belsito	T1	os	11
DSA-206	3446	45	1885	1644			San Paolo Belsito	T3	os	8
DSH-173	3456	49	1894	1642			San Paolo Belsito	T10	os	19
DSA-258	3464	89	2023	1535	2023	1604	San Paolo Belsito	T10	os	8
DSA-213	3497	164	2287	1442			Palma Campania	US27 sup.	charbons de bois	11
DSA-175	3501	44	1939	1695	1939	1736	San Paolo Belsito	T2	os	19
DSH-6352	3505	26	1901	1748			San Paolo Belsito	T9	os	19
DSH-6351	3509	26	1905	1750			San Paolo Belsito	T6	os	19
Lyon-12289 (SacA 42807)	3510	30	1918	1748			Salerno, Picarielli	T31	os	8
DSA-155	3538	103	2192	1624	2143	1624	Salerno Oliva Torricella	Sondage 2	os	7
DSH-180	3541	61	2033	1695	2033	1736	San Paolo Belsito	T5	os	19
Lyon-12288 (SacA 42806)	3575	30	2026	1782	2026	1877	Salerno, Picarielli	T27	os	8
DSA-240	3528	64	2028	1692			San Paolo Belsito	T2	os	8
DSH-6359	3556	43	2023	1767			San Paolo Belsito	T7	os	19
DSA-255	3565	88	2191	1688	2142	1688	San Paolo Belsito	T6	os	8
DSA-179	3576	105	2266	1643	2206	1643	San Paolo Belsito	T10	os	8
DSA-248	3580	66	2134	1748			San Paolo Belsito	T3	os	8
DSH-161	3597	22	2022	1893			San Paolo Belsito	US45	os	20, 21
Lyon-12618 (SacA 44271)	3545	30	1962	1770			Battipaglia, Castelluccia	US533B	os	8
Rome-1776	3615	45	2135	1880			Sarno	Trou de poteau 3	charbons de bois	17
DSA-249	3624	72	2200	1773			San Paolo Belsito	T4	os	8
DSA-250	3628	69	2200	1776	2200	1870	San Paolo Belsito	T5	os	5
DSH-6350	3664	39	2192	1937	2144	1937	San Paolo Belsito	T3	os	19
DSA-138	3666	52	2199	1911			Palma Campania	US27	charbons de bois	5
DSA-260	3670	114	2452	1749	2350	1749	San Paolo Belsito	T13	os	8
Rome-1775	3660	45	2195	1916	2145	1916	Sarno		charbons de bois	17
DSH-296	3727	32	2267	2029	2206	2029	Salerno Oliva Torricella	US10 GL	os	7
Gif-4517	3760	70	2456	1978	2408	2012	Palma Campania		paléosol	1, 13
DSA-173	3938	247	3262	1746			Nola Croce del Papa	US132	charbons de bois	11
DSA-126	4000	20	2572	2472			Gricignano d'Aversa	US2315 (attribué à Laterza)	graines carbonisées	21
DSA-125	4010	20	2573	2476			Gricignano d'Aversa	US2254 (attribué à Laterza)	graines carbonisées	21
NA-314	4160	90	2915	2486			Sarno		charbons de bois	29

Code	Date <sup>14</sup> C BP	Erreur	Intervalle 2σ ( 95%)		Intervalle sup 90%		Site	Détail	Nature	Références
Cetina										
n.d.	3480	50	1933	1683			Grapceva Spilja		n.d.	14
n.d.	3720	50	2285	1966	2234	1966	Grotta del Mitreo		n.d.	14
DSH-123	3868	75	2567	2136	2498	2136	Atena Lucana, Fossa Aimone	US300	charbons de bois	20, 21
n.d.	3880	120	2848	1980	2679	2015	Grapceva Spilja		n.d.	14
n.d.	3970	50	2619	2300	2587	2332	Grapceva Spilja		n.d.	14
n.d.	4160	50	2886	2587	2886	2619	Grotta dei Ciclami		n.d.	14
n.d.	4190	50	2899	2626			Grapceva Spilja		n.d.	14

1) Albore Livadie 1980 ; 2) Albore Livadie 1993 ; 3) Albore Livadie *et al.* 1998b ; 4) Albore Livadie 2005 ; 5) Albore Livadie 2007 ; 6) Albore Livadie 2007b ; 7) Albore Livadie 2011a ; 8) Albore Livadie, cet article ; 9) Alessio *et al.* 1973 ; 10) Andronico *et al.* 1995 ; 11) Communication Terrasi/Passariello ; 12) Passariello *et al.* dans ce volume ; 13) Delibrias *et al.* 1986 ; 14) Forenbaher, Kaiser 1997 ; 15) Gillot *et al.* 2006 ; 16) Lirer *et al.* 1973 ; 17) Marzocchella *et al.* 1999 ; 18) Pantosti *et al.* 1993 ; 19) Communication Passariello ; 20) Passariello *et al.* 2009 ; 21) Passariello *et al.* 2010a ; 22) Poster Albore Livadie Caserte 2005 ; 23) Passariello *et al.* 2007b ; 24) Rapport PhD Passariello ; 25) Rolandi *et al.* 1998 ; 26) Santacroce 1987 ; 27) Santacroce *et al.* 2008 ; 28) Sevink *et al.* 2011 ; 29) Terrasi *et al.* 1999 ; 30) Tunzi *et al.* 2017b ; 31) Albore Livadie, Vecchio 2005 ; 32) Vogel *et al.* 1990 ; 33) Watts *et al.* 1996 ; 34) Wulf *et al.* 2004, 2008 ; 35) Zanchetta *et al.* 2011 ; 36) Cazzella, Moscoloni 1994.

Fig. 1 – Tableau de l'ensemble des datations et de leur bibliographie associées.

Des datations par le radiocarbone d'échantillons prélevés en contexte géologique et archéologique de l'éruption des Ponces d'Avellino apparaissent dans de nombreux articles (Alessio *et al.* 1973 ; Delibrias *et al.* 1986 ; Vogel *et al.* 1990 ; Pantosti *et al.* 1993 ; Andronico *et al.* 1995, 2002 ; Watts *et al.* 1996 ; Rolandi *et al.* 1998 ; Albore Livadie *et al.* 1998b, 2001 ; Southon *et al.* 1999 ; Terrasi *et al.* 1999 ; Marzocchella *et al.* 1999 ; Insinga *et al.* 2007 ; Passariello *et al.* 2007, 2009 ; Santacroce *et al.* 2008 ; Di Vito *et al.* 2009 ; Sevink *et al.* 2011 ; Calderoni *et al.* 2012 ; Saccoccio *et al.* 2013). Ces datations sont soit contemporaines, soit légèrement antérieures ou postérieures à l'éruption. Dans l'article de Sevink *et al.* (2011), les données acquises récemment grâce à des sondages effectués au sud du Latium permettent d'encadrer stratigraphiquement celle-ci.

Cette éruption a été aussi datée par Potassium-argon sur feldspaths potassiques (Gillot *et al.* 2006) et sur varves lacustres (Wulf *et al.* 2004 ; Wulf *et al.* 2008).

En 1980 une première date est obtenue sur un os de *capra/ovis* en relation directe avec l'éruption sur le site archéologique éponyme de Palma Campania. Elle donne un âge de 3760±70 BP Gif-4517 (Albore Livadie 1980)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Cette date Gif-4517 sera reprise dans une liste de date du laboratoire de Gif dans la revue *Radiocarbon* (Delibrias *et al.* 1986) avec une origine géographique faussement attribuée à Astroni.

Dans les années '90, la fouille archéologique de San Paolo Belsito a permis la découverte de deux individus morts – un homme et une femme – morts au cours de l'éruption des Ponces d'Avellino. Une première datation sur le squelette féminin a donné 3560±110 BP (Albore Livadie *et al.* 1998b).

Plus récemment sur le site de Nola - Croce del Papa, plusieurs datations sur des ossements d'ovins (Passariello *et al.* 2009) et d'un chien (3546±17 BP) (Passariello *et al.* dans ce volume), morts durant l'éruption, ont donné un âge de 3546±17 BP (Passariello *et al.* dans ce volume). Cette dernière date est la moyenne réalisée sur quatre datations par le CIRCE (Centre for Isotopic Research on Cultural and Environmental heritage, San Nicola la Strada - CE) : DSH145 : 3558±20 BP ; DSH6348 : 3536±20 BP ; DSH146 : 3533±22 BP ; DSH103 : 3560±20 BP.

Ces derniers résultats doivent, nous semble-t-il, devoir être considérées parmi les meilleures données chronologiques du fait de la contemporanéité avec l'éruption des Ponces d'Avellino, de la qualité de l'échantillonnage et de la fiabilité physico-chimique des matériaux datés.

Des datations radiocarbone obtenues sur des structures ou artefacts archéologiques sur différents sites campaniens permettent aussi d'encadrer l'éruption plinienne par leur situation stratigraphique.

Plusieurs sépultures recouvertes par l'éruption d'Avellino (site de San Paolo Belsito/loc. Monticello-

*facies* culturel de Palma Campania) ont été datées. Nous avons aussi intégré les datations obtenues sur les couches d'un village qui a précédé celui détruit par l'éruption à Nola - Croce del Papa, et avec le site de Salerno - Oliva Torricella, lui aussi détruit brutalement par un tsunami. Nous avons également pris en considération le site Castelluccio (Battipaglia), dont une phase appartient, sur la base du patrimoine céramique, à la culture de Palma Campania, mais ne montre pas de relation avec l'éruption d'Avellino.

Des datations sur des niveaux postérieurs à l'éruption ont été également faites sur les sites de Nola - via Cimitile, de San Paolo Belsito, de Napoli - Piazzale Tecchio et d'Ariano Irpino - La Starza, ainsi que dans les Pouilles sur les sites de Coppa Nevigata et Posta Rivolta. Ces niveaux ont été attribués à deux *facies* culturels qui a précédé : Palma Campania tardif et Protoapenninique.

L'ensemble de ces données représente 139 datations dont 20 pour l'éruption des Ponces d'Avellino proprement dite.

La figure 2 montre l'ensemble de données chronologiques (intervalles à 95 % de confiance) disponibles dans un graphe les répartissant par phase et par ordre chronologique dans chacune d'elles. Elle montre bien à la fois une progression des âges d'une phase à l'autre, mais aussi un chevauchement de celles-ci, quelques dates discordantes et une certaine dispersion pour la datation des événements volcaniques malgré leur brièveté.

Nous n'avons pas pris en compte une datation archéomagnétique récente obtenue sur des foyers de métallurgie du site de Nola - Croce del Papa (Principe *et al.* 2018). Le résultat fournit un *terminus post quem* de l'éruption des Ponces d'Avellino, qui a détruit le village de Croce del Papa. La datation archéomagnétique a été établie à partir des trois paramètres du champ magnétique terrestre, la déclinaison, l'inclinaison et l'intensité. Quatre intervalles de date ont été obtenus à 65% de confiance sur la période entre 6000 et 1500 av. J.-C. choisie comme *a priori* par les auteurs : [-4064 ; -3874], [-3430 ; -3429], [-3214 ; -3198] et [-3136 ; -3027] av. J.-C. L'intervalle de date le plus récent au Chalcolithique, retenu par les auteurs, est en contradiction avec le contexte archéologique de l'âge du Bronze et la probable datation radiocarbone de l'éruption des Ponces d'Avellino au XIX<sup>e</sup> siècle av. J.-C.

Si les moyennes de direction et d'intensité archéomagnétiques sont clairement de bonne qualité, le choix du référentiel utilisé pour la datation est très discutable. Ici, les auteurs utilisent la prédiction au site d'un modèle global du champ géo-

magnétique appelé SHA.DIF.14k (Pavón-Carrasco *et al.* 2014). Les modèles géomagnétiques globaux prennent en compte à la fois la variation spatiale et la variation temporelle du champ géomagnétique. Malgré d'importants progrès au cours des dernières années, ils restent peu fiables principalement à cause de la distribution très inégale des données à la surface de la Terre, tout particulièrement aux millénaires av. J.-C. (voir par exemple, Carrancho *et al.* 2013 ; Hervé *et al.* 2017, 2019 ; Shaar *et al.* 2016). L'utilisation de SHA.DIF.14k, tout comme des autres modèles globaux, à des fins de datation archéomagnétique est prématurée pour cette période.

Le choix de Principe s'explique par l'absence d'une courbe de variation séculaire locale suffisamment précise. En raison des lacunes de la base de données archéomagnétiques de référence entre 3500 et 1000 av. J.-C. en Europe, seules des ébauches de courbes ont pu être établies en Bulgarie (Kovacheva *et al.* 2014) et en Grèce (Tema, Kondopoulou 2011). Il est préférable d'attendre l'obtention de référentiels plus fiables (d'ici quelques années) avant d'effectuer la datation archéomagnétique des foyers métallurgiques de Nola - Croce del Papa.

### 3 – Le modèle chronologique

Nous avons défini pour ce modèle, huit phases temporelles (fig. 3) : trois géologiques et cinq archéologiques. Les phases géologiques correspondent à l'éruption d'Avellino (Sulpizio *et al.* 2008) et aux deux éruptions protohistoriques ultérieures, traditionnellement dénommées AP1 et AP2 (soit éruption subplinienne protohistorique 1 et éruption subplinienne protohistorique 2). Nous avons contraint ces phases dans le modèle par une durée inférieure à dix années. Les phases archéologiques correspondent à différentes cultures de l'âge du Bronze en Campanie. Nous avons ainsi distingué des cultures archéologiques antérieures à l'éruption des Ponces d'Avellino (Cetina, au passage du Chalcolithique au Bronze ancien, et phase antique de Palma Campania) et des cultures postérieures à l'éruption : l'une que nous avons appelée "Palma Campania tardif" et une autre "Protoapenninique" qui correspondent respectivement à une phase avancée du *facies* archéologique de Palma Campania (BA2B) et, semble-t-il, à un moment initial du Bronze moyen (Protoapenninique ancien/récent sans distinction BM1-BM2A). La phase "Palma Campania tardif" est sans aucun doute antérieure à l'éruption AP2. Elle l'est sur le site d'Ariano Irpino - La Starza, bien que la méconnaissance du *téphra* qui recouvre les



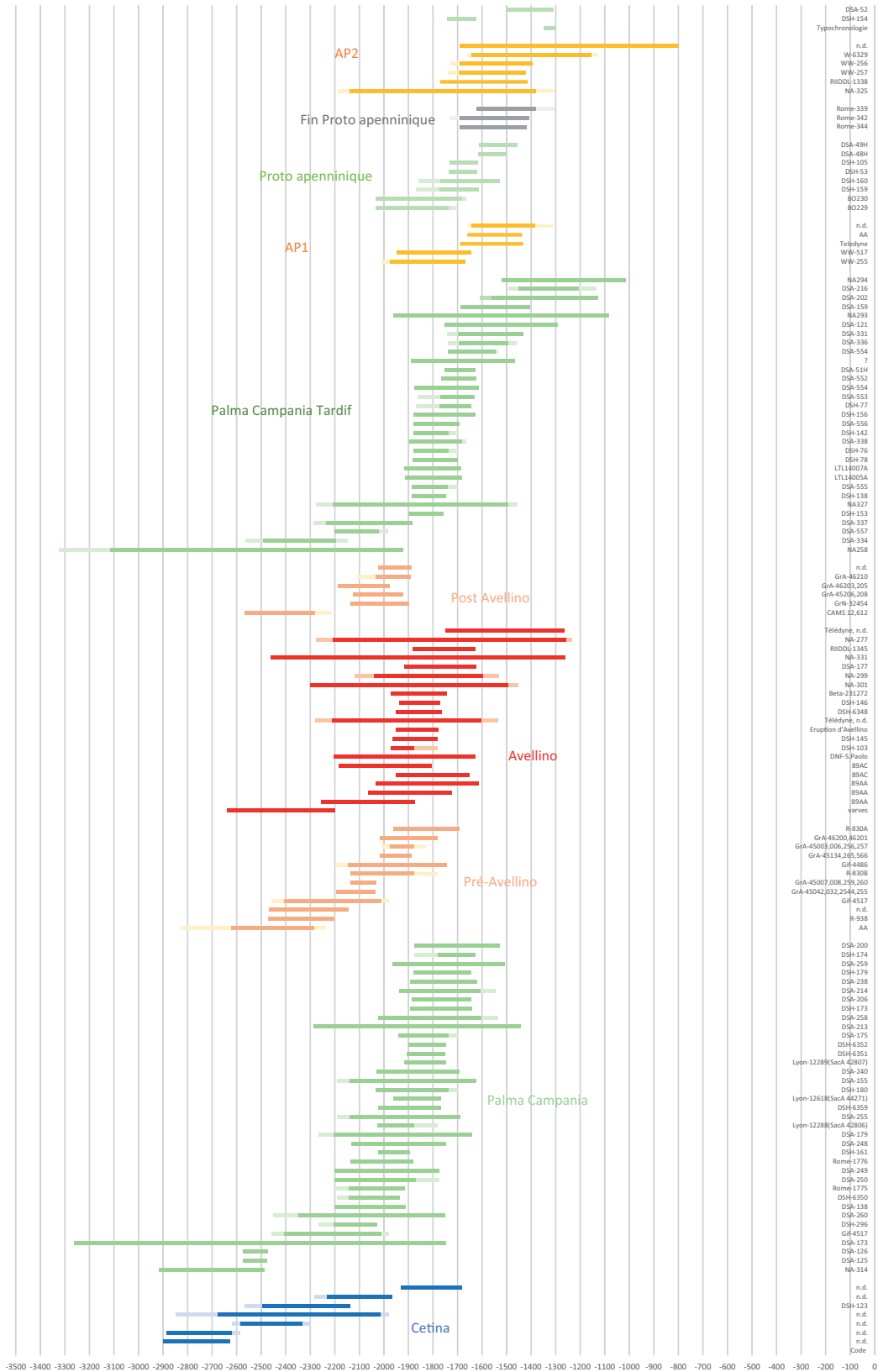


Fig. 2 – Représentation chronologique de l'ensemble des datations associées à leur attribution culturelle (à deux sigmas 95%).

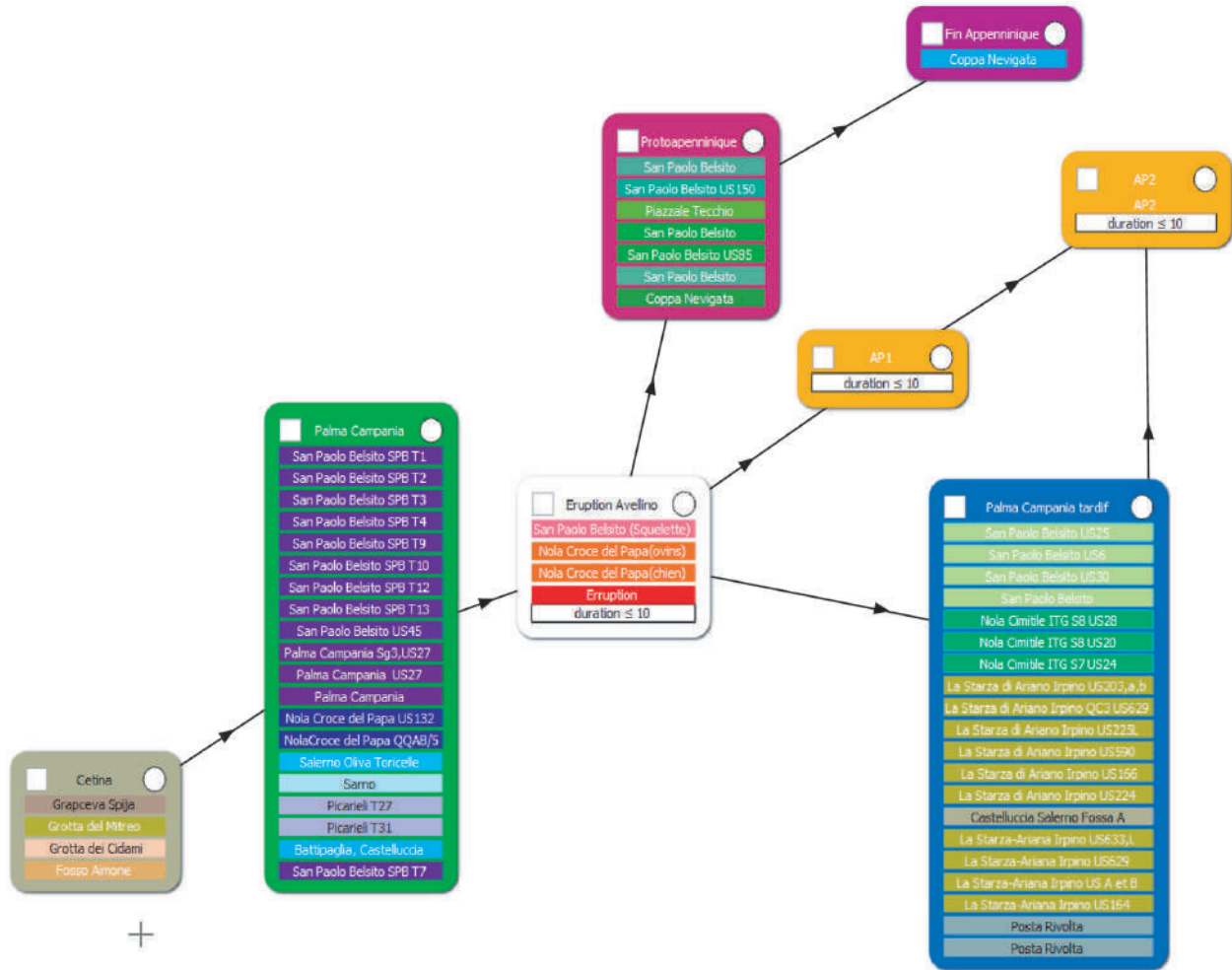


Fig. 3 – Représentation dans ChronoModel des phases archéologiques et volcaniques et de leurs contraintes temporelles.

couches relatives à la maison A - US 2C2 inf. (Albore Livadie 1992, p. 489), ne nous permette pas de choisir entre AP1 et AP2. Sur le site de San Paolo Belisito elle semble même précéder AP1.

Nous n'avons donné aucune contrainte temporelle concernant la durée des différentes phases archéologiques à l'exception de la dernière "Fin Protoapenninique". La phase protoapenninique peut être limitée par le passage au Bronze moyen 3 (Apenninique antique), dont nous possédons des datations radiocarbone pour Coppa Navigata (Pouilles), mais pas, pour l'instant, pour la Campanie.

C'est donc à cette fin que nous avons inclus des dates radiocarbone relatives à des contextes de la région des Pouilles considérés "Palma Campania tardif" (Posta Rivolta) et Protoapenninique récent (Coppa Navigata). En l'absence d'autres datations radiocarbone disponibles, nous nous sommes

appuyés pour la fin du Protoapenninique et par conséquent pour le début de l'Apenninique ancien (BM3), sur la limite chronologique donnée par la destruction du mur protoapenninique de Coppa Navigata (Rome - 342 : 3260±70 BP ; Rome - 344 : 3265±65 BP et Rome - 339 : 3200±60 BP) (Calderoni *et al.* 2012).

Nous avons introduit dans le modèle cette limitation temporelle par la phase "Fin Protoapenninique" et limité sa durée à 50 ans.

La figure 4 montre l'ensemble des faits archéologiques ou géologiques définis chronologiquement par une ou plusieurs datations. La phase Avellino est par exemple définie par cinq faits : un géologique "Éruption" regroupant sept datations <sup>14</sup>C de différents sites et cinq datations Potassium-argon obtenus sur des feldspaths potassiques des retombées ponceuses et quatre archéologiques,

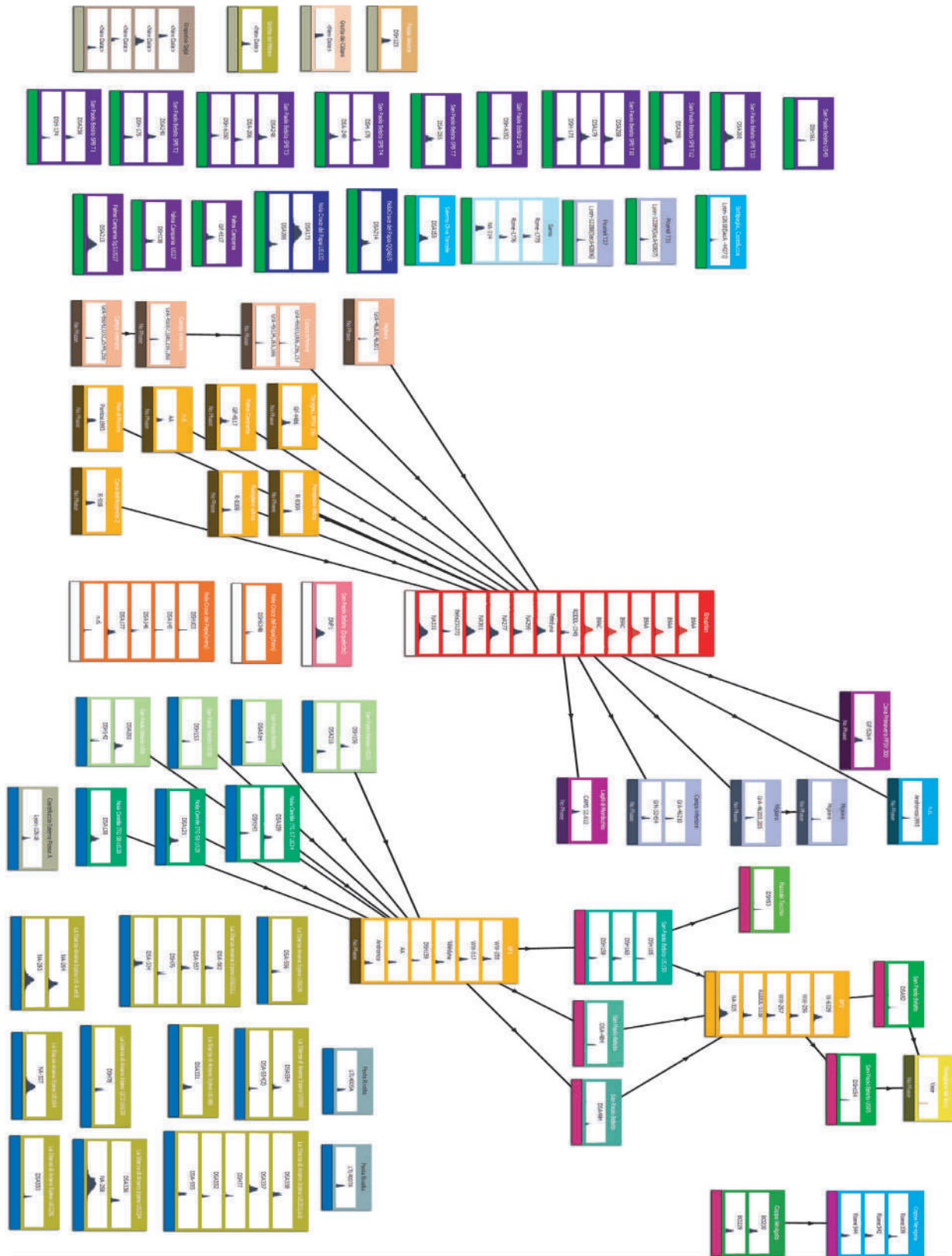


Fig. 4 – Représentation dans Chronomodel de l'ensemble des faits archéologiques ou géologiques datés et des contraintes stratigraphiques associées.

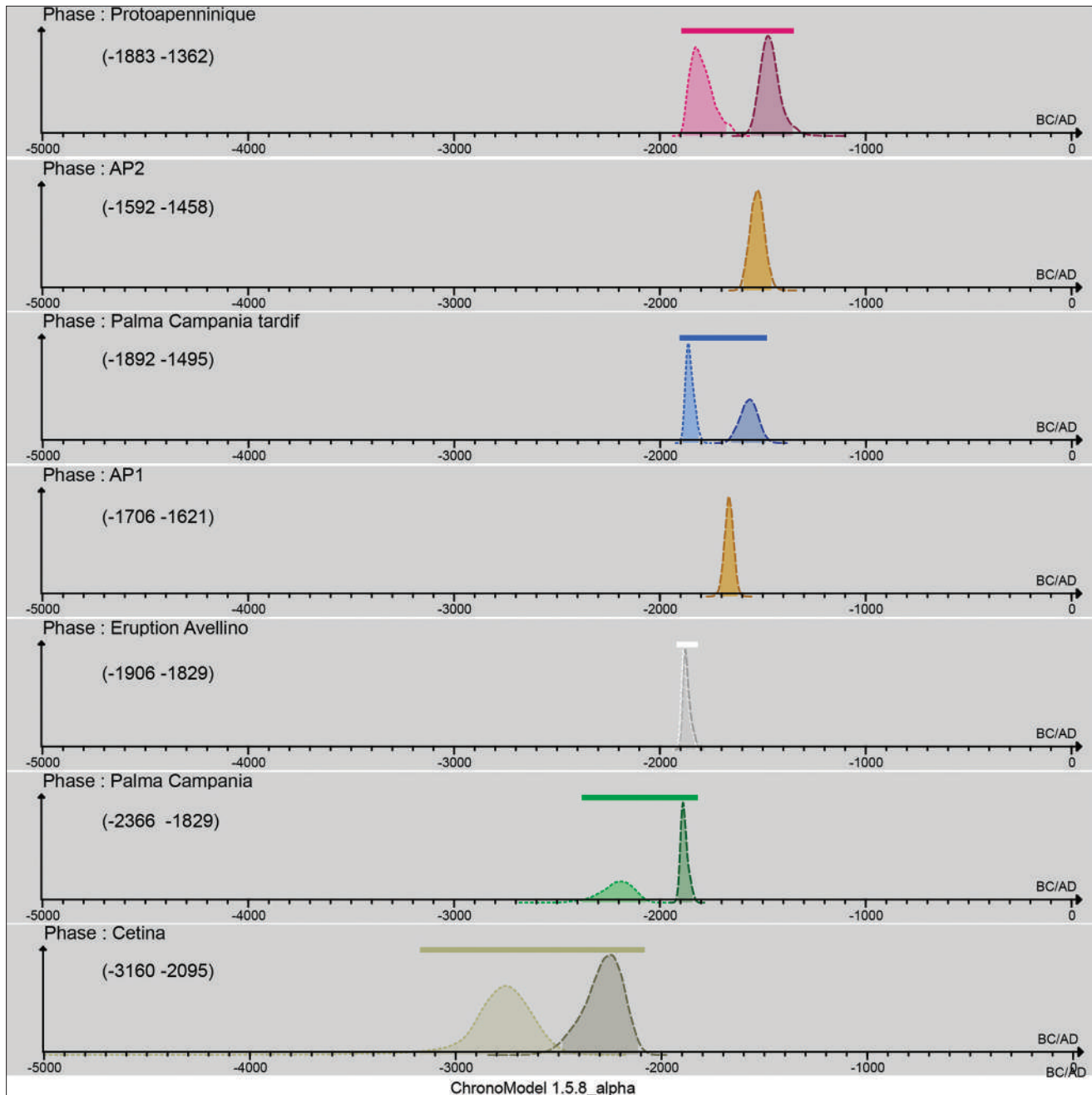


Fig. 5 – Représentation graphique dans Chronomodel des probabilités de début et de fin des différentes phases.

“Nola - Croce del Papa (chien)” (une date  $^{14}\text{C}$ ), “Nola - Croce del Papa (ovins)” (cinq dates  $^{14}\text{C}$ ), “San Paolo Belsito (squelette humain)” (une date  $^{14}\text{C}$ ) et “Pratola Serra” (une date  $^{14}\text{C}$ ). Les datations en contexte géologique, pré- et post-Avellino, n’entrent dans aucune phase, mais contraignent stratigraphiquement le fait “Éruption” de la phase Avellino. (fig. 3, 4).

#### 4 – Les résultats

L’ensemble de ces données chronologiques, leur relation stratigraphique et leur phasage permet, par le calcul bayésien de Chronomodel, d’établir a posteriori les résultats suivants pour les différentes phases :

**Phase : Cetina : [-3 160, -2095] av. J.-C.**

Début (posterior distribution.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-3 173, -2 459]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-2 481, -2 118]

**Phase : Palma Campania : [-2 366, -1 829] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-2 373, -2 067]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 971, -1 849]

**Phase : Éruption Avellino : [-1 906, -1 829] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 906, -1 836]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 898, -1 828]

**Phase : Palma Campania tardif : [-1 892, -1 495] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 890, -1 813]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 652, -1 487]

**Phase : AP1 : [-1 706, -1 621] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 706, -1 621]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 706, -1 621]

**Phase : Protoapenninique : [-1 883, -1 362] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 885, -1 680]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 556, -1 355]

**Phase : AP2 : [-1 592, -1 458] av. J.-C.**

Début (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 592, -1 457]  
Fin (posterior distrib.) :  
intervalle de crédibilité (95,0%) : [-1 592, -1 457]

Ils sont représentés graphiquement dans la figure 5, sous forme de densité de probabilité de début et fin de phases, soulignés d'une barre qui symbolise sa durée à 95% de confiance (fig. 5).

## 5 – Conclusion

Cet article est né de la nécessité de faire le point sur les différentes et très nombreuses datations effectuées à diverses époques et dans de nombreux laboratoires sur l'éruption de Ponces d'Avellino et sur les deux autres éruptions de l'âge du Bronze (les protohistoriques AP1 et AP2) dont nous ne possédons que de rares stratigraphies archéologiques et des datations archéologiques, sinon discordantes, certainement peu satisfaisantes, car peu nombreuses. Pour l'heure, en Campanie, seul le site de

San Paolo Belsito qui présente une séquence stratigraphique continue depuis une phase ancienne du Bronze ancien, bien antérieure à l'éruption, jusqu'au Bronze final est publié. Fait essentiel, les niveaux archéologiques sont recouverts par les trois éruptions.

L'utilisation de Chronomodel permet donc à ce grand ensemble de datations radiocarbone archéologiques et géologiques de rationaliser les séquences et de proposer de nouveaux intervalles de date pour l'éruption des Ponces d'Avellino et pour les éruptions subplinienne protohistoriques AP1 et AP2 en rapport avec les cultures du Bronze ancien et du Bronze moyen initial.

Nous pouvons observer que l'analyse bayésienne des datations présentée en 2011 par Sevink *et al.* obtenait un résultat pour l'éruption des Ponces d'Avellino très précis de  $3945 \pm 10$  cal BP, soit (2005-1985) av. J.-C. mais en total désaccord avec les données de la faune (ovins et chien) morte durant l'éruption sur le site de Nola - Croce del Papa. Dans notre modèle plus large, l'intervalle de date obtenu pour les Ponces d'Avellino (1906-1829) av. J.-C. (à 95% de confiance) confirme les datations obtenues sur les ovins et le chien de Nola (1960-1770) av. J.-C. à 95% de confiance par le groupe du CIRCE (Passariello *et al.* 2009, 2010 et dans ce volume) et précise la période durant laquelle a eu lieu l'éruption.

Il en ressort également qu'entre l'éruption des Ponces d'Avellino et la première subplinienne AP1 une période relativement limitée se serait écoulée : quelques générations ?

Cette situation contredit, d'une certaine façon, les premières analyses faites sur les niveaux plus anciens de La Starza (Albore Livadie *et al.* 1998c, 2005b ; Terrasi *et al.* 1999), qui estimaient, essentiellement sur la base des analyses radiocarbone, une phase de dépopulation d'environ cent cinquante/deux cent ans environ avant la reprise de la vie sur le territoire campanien, tout au moins dans les secteurs les majorement touchés par la chute des ponces (Albore Livadie *et al.* 1998c). Malgré cet épisode catastrophique, il apparaissait pourtant que la mémoire du patrimoine culturel s'était conservée avec une certaine fidélité. Certes les conditions idéales pour un nouvel enracinement des populations ont dû être assez lentes à se rétablir, exception faite sans doute pour les sites du golfe de Naples (Pompéi, Boscoreale, Boscotrecase) et les régions de Caserte et de Salerne. Les recherches successives ont montré que la reprise de la vie après la catastrophe volcanique pourrait avoir été relativement rapide (Albore Livadie 2011a ; Albore Livadie *et al.*

2019a). Il est donc essentiel de multiplier les analyses sur les sites de la reprise pour mieux évaluer l'ampleur de la crise et les temps de retour sur les territoires touchés par l'éruption.

La stratigraphie de San Paolo Belsito est précieuse pour la connaissance des matériels protoapenniniques dans leur rapport avec les éruptions protohistoriques. Les niveaux archéologiques sous-jacents à la protohistorique AP1 sont caractérisés par des céramiques appartenant au Protoapenninique ancien. Après l'AP1 et au-dessous de l'AP2, la céramique doit être attribuée au Protoapenninique récent (BM2A initial). Ces contextes ont été illustrés dans deux articles (Albore Livadie 2007 ; Albore Livadie *et al.* 2007). La proximité typologique semblerait suggérer que relativement peu de temps s'est écoulé entre ces deux éruptions : une ou deux générations?

Les phases éruptives protohistoriques sont datées respectivement AP1 (1 706-1 621) av. J.-C. (à 95% de confiance) et AP2 (1 592-1 458) av. J.-C. (à 95% de confiance). Nos résultats sur AP2 sont en très bonne concordance avec le résultat publié par Santacroce (Santacroce *et al.* 2008), 3 500±40 cal BP, soit (1 590 - 1 510) av. J.-C., mais sont vieillis d'un siècle pour AP1 3 500±60 BP soit (1 610-1 490) av. J.-C.

Les dates radiocarbone confirment donc les données stratigraphiques, à savoir que relativement peu

de temps sépare les deux éruptions protohistoriques l'une de l'autre : une centaine d'années ou peut être moins encore.

Il faudra désormais concentrer les travaux sur les sites de la phase ancienne de Palma Campania et en particulier sur le moment de passage avec la culture de Cetina. Ce point est essentiel puisqu'il nous permettra d'évaluer la longue durée de cette culture. De même, il convient de mieux situer chrono-typologiquement les contextes campaniens post-Avellino, soit Palma Campania tardif et Bronze moyen initial par rapport en particulier au Protoapenninique de la région des Pouilles. Les datations absolues pour certains complexes protoapenniniques de la côte adriatique méridionale et la coprésence de formes protoapenniniques et de type Palma Campania pourraient ne pas confirmer le caractère exclusivement chronologique des diversités formelles entre les deux *facies*.

Un autre point qui devra être ultérieurement approfondi concerne une meilleure évaluation du point de vue environnemental du double impact des éruptions protohistoriques qui a particulièrement affecté le secteur oriental de la Campanie. Ces deux éruptions subpliniennes pourraient être l'une des raisons de la raréfaction des habitats du Bronze moyen 3 (déclin démographique? Crise économique et/ou structurelle?) et de leur diverse répartition dans la topographie régionale.