



HAL
open science

Un bassin, un volcan : téphras distales dans les dépôts du Pléistocène moyen de Venosa (Basilicata, Italia).

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal, David Lefevre, Guy Kieffer

► To cite this version:

Gérard Vernet, Jean-Paul Raynal, David Lefevre, Guy Kieffer. Un bassin, un volcan : téphras distales dans les dépôts du Pléistocène moyen de Venosa (Basilicata, Italia).. Notarchirico. Un sito del Pleistocene medio-antico nel bacino di Venosa (Basilicata). M. Piperno ed., Osanna, pp.207-233, 1999. halshs-00005001

HAL Id: halshs-00005001

<https://shs.hal.science/halshs-00005001>

Submitted on 17 Oct 2005

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.

Téphras distales dans les dépôts du Pléistocène moyen de Venosa

GÉRARD VERNET¹, JEAN-PAUL RAYNAL², DAVID LEFÈVRE³, GUY KIEFFER⁴

Le bassin de Venosa a été affecté de façon répétitive par les manifestations éruptives du volcanisme local du Monte Vulture (photo 1). Des apports de téphras exotiques, témoins d'éruptions plus lointaines de grande ampleur, y sont également préservés.

Les manifestations explosives violentes du Vulture se sont marquées par l'émission de produits spécifiques conservés en position primaire jusqu'au cœur du bassin, à plus de vingt kilomètres du point éruptif. Trois types de pyroclastites – retombées pliniennes, dépôts de déferlantes à tufs vésiculés et lapilli accréionnés et coulées pyroclastiques – se retrouvent à plusieurs reprises dans le bassin et caractérisent des épisodes éruptifs du Vulture.

La répétition de ces faciès, saisis en position de plus en plus distale vers l'Est, jointe à un chimisme sous-saturé à signature minéralogique spécifique, identifie clairement la *Formation de Piano Regio* (photo 2). La *Formation de Tufarelle* qui lui succède se caractérise d'abord par des écoulements concentrés (*lahars* des auteurs), puis par la répétition de retombées scoriacées et de faciès distaux – originels ou remaniés – de coulées pyroclastiques arrivées dans un environnement palustre (figure 3). Ces deux formations constituent le remplissage d'âge Pléistocène moyen du bassin de Venosa (Lefèvre *et al.*, ce volume).

On examinera successivement les différents types de dépôts pyroclastiques préservés dans le bassin et sur le site de Notarchirico et on insistera sur leurs caractères microscopiques, établis à partir de lames minces de grand format fabriquées selon la méthode de Guilloché (1985).

Parmi les nombreuses coupes disponibles, cinq affleurements ont été sélectionnés pour illustrer les phénomènes enregistrés dans les dépôts de la *Formation de Piano Regio* (figures 1-2):

- Vallone del Cerro: à 10 km du volcan, sur le versant gauche du vallon, trois phases éruptives du Vulture au moins sont représentées par des retombées pliniennes ponceuses surmontées de dépôts de déferlantes et des coulées pyroclastiques (échantillon de coulée pyroclastique 95008). Une activité antérieure, d'origine sans doute locale, est attestée par une retombée plinienne interstratifiée dans le complexe colluvial sous-jacent (échantillon 95010).

¹Association pour les Fouilles Archéologiques Nationales (AFAN) et Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, UMR 9933 CNRS, Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France et GDR 1122 CNRS. ²Université de Bordeaux 1, Institut du Quaternaire, UMR 9933 CNRS, Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France et GDR 1122 CNRS. ³Université de Montpellier III, Département de Géographie, Route de Mende, BP 5043, 34032 Montpellier Cedex 1 et UMR 9944 et GDR 1122 CNRS. ⁴Université de Clermont II, Laboratoire de Géographie Physique, UPRES A 6042, 29 boulevard Gergovia, 63038 Clermont-Ferrand Cedex 1 et GDR 1122 CNRS.

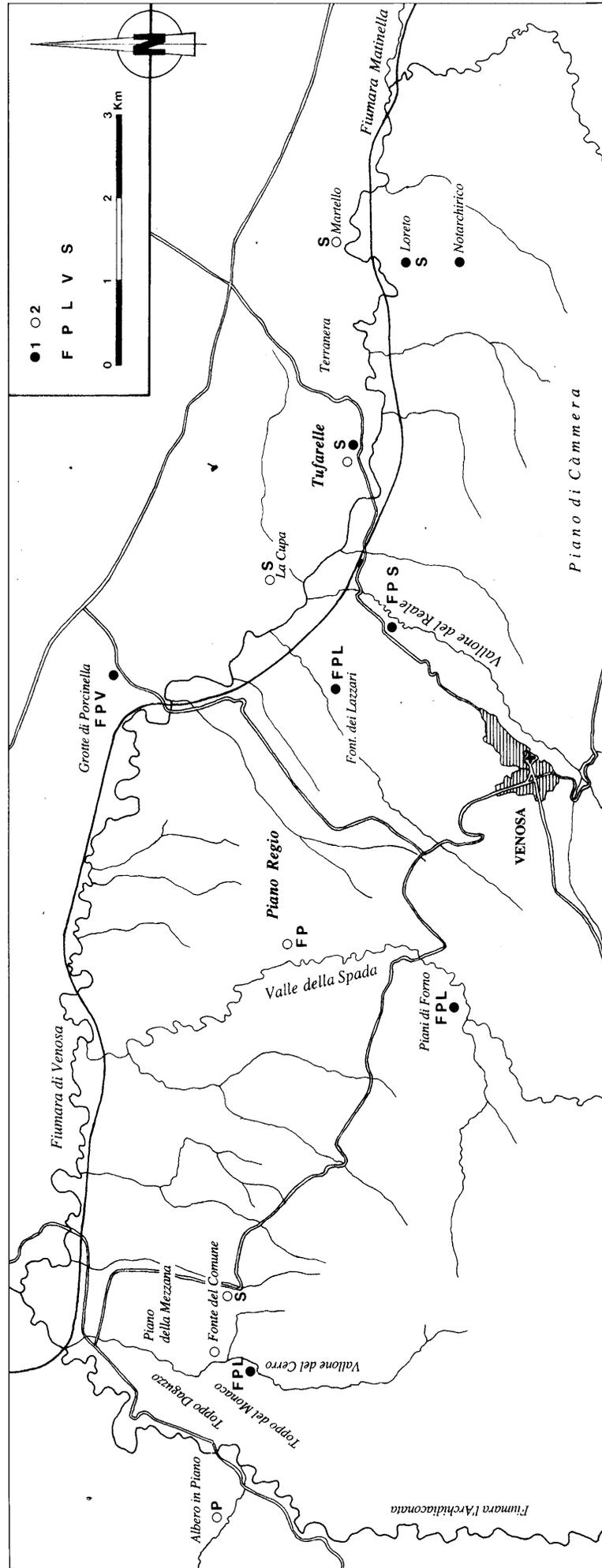


Fig. 1. Carte de localisation. 1: affleurement décrit. 2: autre affleurement. F: coulée pyroclastique. P: retombée plinienne poncée. L: lapilli accréionnés. V: tufs vésiculés. S: retombée à scories grises.

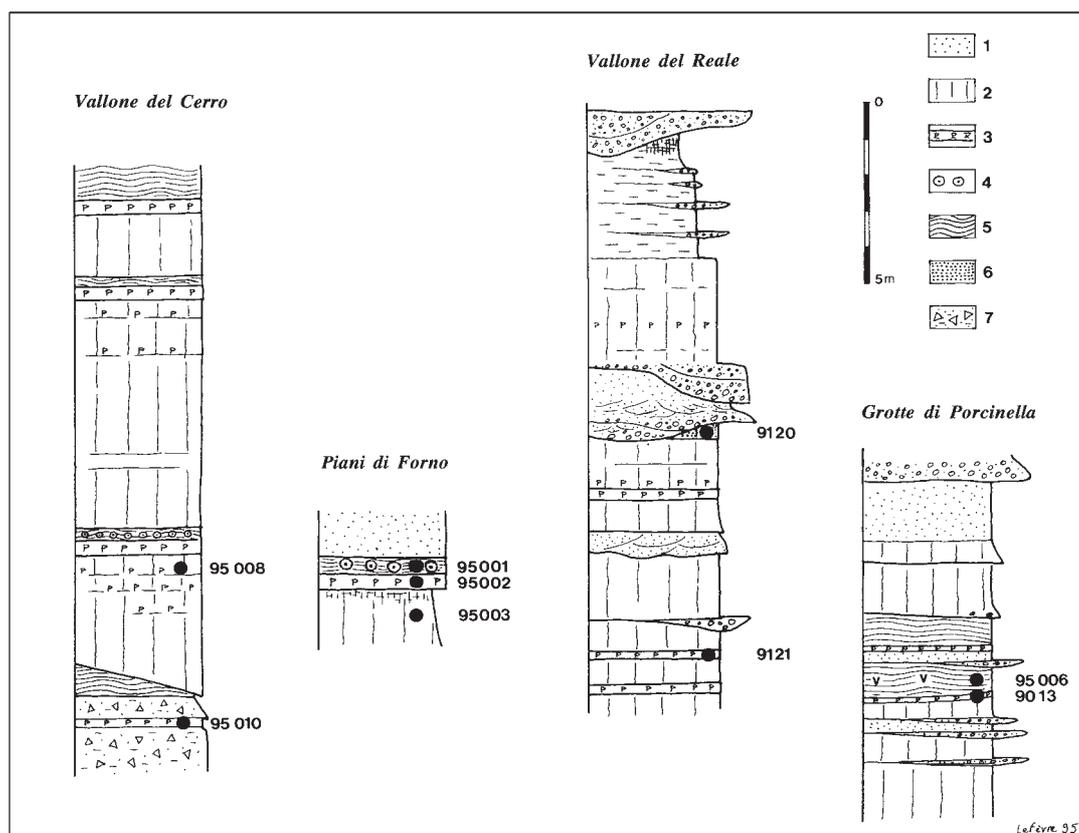


Fig. 2. Formation de Piano Regio: localités étudiées et position des échantillons. 1: épiciastite. 2: coulée pyroclastique. 3: retombée plinienne poncéeuse. 4: lapilli accréionnés. 5: dépôt phréatomagmatique. 6: retombée à scories grises. 7: dépôt de versant.

- Piani di Forno: à 14 kilomètres du volcan, sur le versant gauche de la Valle della Spada, une période éruptive du Vulture est caractérisée par la superposition d'une coulée pyroclastique (échantillon 95003) et du couple retombée plinienne poncéeuse (échantillon 95002) et dépôts de déferlantes à lapilli accréionnés (échantillon 95001) (photos 2-3).
- Grotte di Porcinella: à 18 kilomètres du volcan, plusieurs éruptions du Vulture sont représentées par deux retombées pliniennes poncéeuses (échantillon 90013), un épisode de déferlantes à tufs vésiculés (échantillon 95006) (photo 4) et au moins cinq coulées pyroclastiques.
- Vallone del Reale: à 18 kilomètres du volcan, sur le versant gauche du vallon, plusieurs éruptions du Vulture sont représentées par des coulées pyroclastiques superposées dans lesquelles sont interstratifiées trois retombées pliniennes poncéeuses (échantillon 9121), une retombée à scories grises (échantillon 9120) et des niveaux épiciastiques.
- Fontana dei Lazzari: à 18 kilomètres du volcan, dans un vallon affluent de rive gauche de la Fiumara de Venosa, la superposition coulée pyroclastique, retombée plinienne à ponces (échantillons 93040 et 93041) (photo 5), déferlante basale à lapilli accréionnés (échantillon 95004) et nouvelle coulée pyroclastique, caractérise une période d'activité du Vulture.



Photo 1. Le Monté Vulture dominant le bassin de Venosa.



Photo 2. Les différents faciès (coulée pyroclastique, retombée plinienne ponceuse, dépôts phréatomagmatiques) de la Formation de Piano Regio à Piani di Furno.



Photo 3. Vue rapprochée de la retombée plinienne ponceuse à Piani di Furno.



Photo 4. Déferlante à tufs vésiculés entre deux retombées pliniennes ponceuses à Grotte di Porcinella.

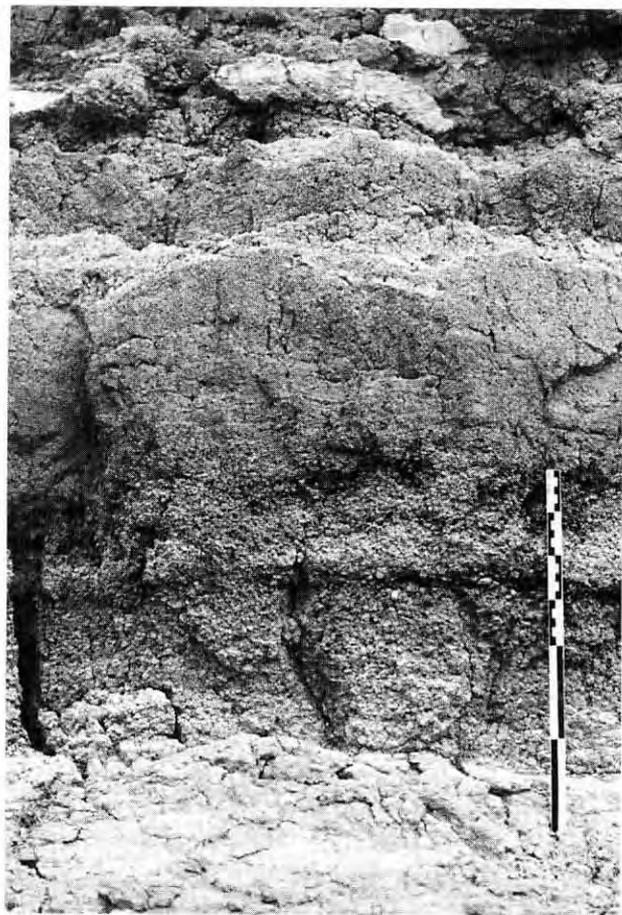


Photo 6. Retombée plinienne à scories grises intercalée dans les dépôts épicastiques et carbonatés de la *Formation de Tufarelle*.

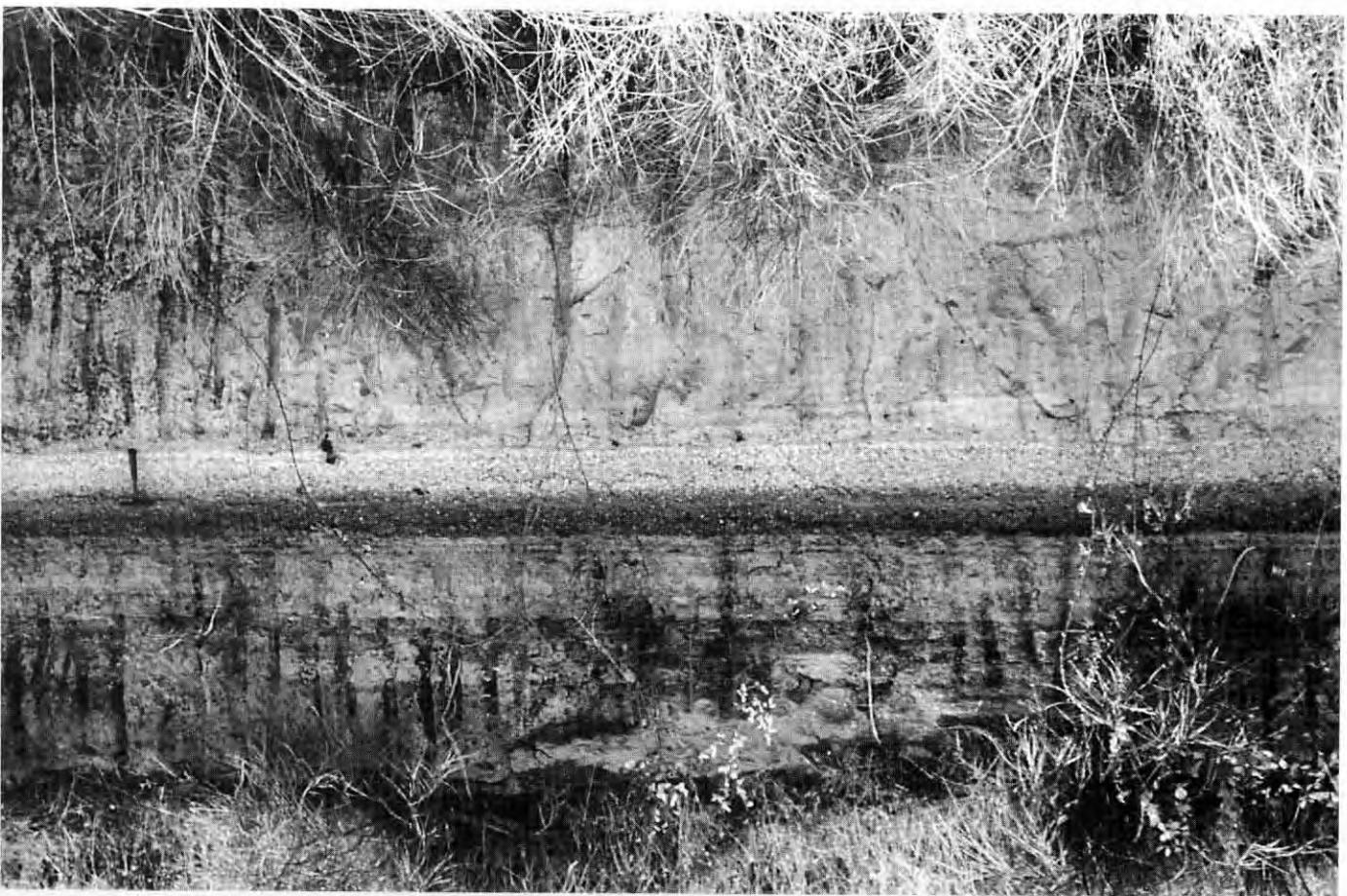


Photo 5. Vue rapprochée de la retombée plinienne ponceuse avec changement de la couleur à Fontana dei Lazzari.

La *Formation de Tufarelle* est illustrée par une retombée à scories grises (échantillon 93045) (photo 6) provenant de l'affleurement situé à 21 kilomètres du volcan, le long de la route de Venosa à Montemilone, au km 4,5 (figures 1-3).

Pour le site de Notarchirico, à 23 kilomètres du volcan, sont présentés en détail d'une part un exemple de téphra remaniée (unités 3 et 1.6.1) et d'autre part le complexe téphrostratigraphique 2.1/2.4 qui comporte des cinérites conservées en position primaire (photo 27).

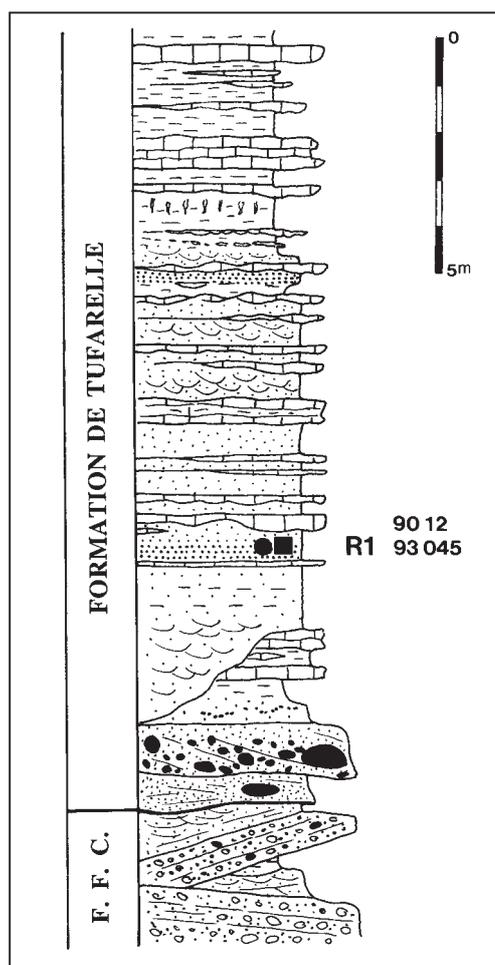


Fig. 3. *Formation de Tufarelle*: localité étudiée et échantillonnage.

1. LES RETOMBÉES PLINIENNES PONCEUSES

Des retombées ponceuses ont largement recouvert le bassin de Venosa à plusieurs reprises. Bien identifiées par leur couleur claire et leur épaisseur constante, elles forment d'excellents niveaux repères caractéristiques de la *Formation de Piano Regio* et résultent d'éruptions pliniennes du Vulture (photo 3). Les dimensions des plus gros fragments ponceux et lithiques notées sur les affleurements sont en effet de l'ordre de celles connues pour des éruptions pliniennes (Cas, Wright 1992).

Des variations de couleur, du blanc au gris, sont notées sur plusieurs affleurements. Ces variations, par ailleurs bien connues (Fischer, Schmincke 1984; Cas, Wright 1992), outre une augmentation de xénoclastes liée à des effondrements cratériques, traduisent également une évolution synéruptive de la composition magmatique vers des termes plus basiques: par exemple sur l'affleurement de Fontana dei Lazzari (échantillons 93040 et 93041, tableau 1, figure 7, et photo 5).

Nous donnons leurs principales caractéristiques micro-faciologiques d'après quatre affleurements.

1.1. Affleurement du Vallone del Cerro

Cette retombée (échantillon 95010) est interstratifiée dans des dépôts de versant présents à la base de la *Formation de Piano Regio*, à 10 km du volcan. L'analyse sur roche totale de fragments triés (tableau 1, figure 7) indique une composition très proche de celle des ponces des unités 1 et 2 du Vulture (La Volpe, Piccarreta 1971), en accord avec la position stratigraphique observée.

En lame mince (photo 7), les ponces apparaissent très vésiculées, certaines fibreuses. Les cristaux libres sont représentés par des micas (atteignant 3 mm), des clinopyroxènes verts parfois zonés de type augite et augite aegyrinique, des feldspaths alcalins (sanidine-anorthose), des individus d'haiüyne très altérés avec développement de zéolites, quelques plagioclases maclés en fragments anguleux et un minéral de couleur rouille à inclusions de clinopyroxènes verts. On observe la présence de clastes laviques et de cumulats (\varnothing 1 cm environ) à clinopyroxènes verts et hornblendes brunes (photo 8).

PIANO REGIO FORMATION												
FORMATION	PIANO REGIO FORMATION											
TYPE	PIANIAN PUMICE FALL											
LOCALITY	Vallone del Cerro			Piani di Furno			Fontana dei Lazzari			Gr. di Porcinella		
SAMPLE	95009A	95009B	94001	95002	93040	93041	93039	94004	94005	94004	94005	94005
COMPOSITION	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	57,20	54,74	56,67	48,26	52,38	54,76	50,19	44,82	59,73	60,66	50,93	50,47
Al ₂ O ₃	27,46	26,76	25,03	27,44	32,54	25,06	18,26	14,93	26,95	22,83	25,19	24,85
Fe ₂ O ₃	4,34	5,67	4,48	6,76	7,72	6,73	8,11	3,48	3,57	2,04	11,97	12,24
MgO	0,85	1,48	0,91	1,97	1,24	1,49	4,05	1,57	1,73	0,17	2,58	2,74
CaO	5,46	5,07	4,52	11,81	3,29	6,32	12,68	32,40	3,17	2,01	5,50	6,08
Na ₂ O	1,32	3,01	5,57	0,96	0,96	3,11	2,75	0,89	1,73	4,30	1,95	1,67
K ₂ O	2,73	2,69	2,32	1,91	0,98	1,74	2,73	1,43	2,00	7,69	0,54	0,54
TiO ₂	0,55	0,51	0,40	0,65	0,66	0,57	1,00	0,39	1,11	0,13	1,18	1,22
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,08	0,07	0,10	0,23	0,22	0,22	0,23	0,08	0,03	0,17	0,16	0,19
Total :	99,99	100,00	100,00	99,99	99,99	100,00	100,00	99,99	100,00	100,00	111,00	100,00

TUFARELLE FORMATION												
FORMATION	TUFARELLE FORMATION											
TYPE	GREY SCORIAS PLINIAN FALL											
LOCALITY	Tufarelle R1			Loreto R1			Cinerites			NOTARCHIRICO BED		
SAMPLE	93044/1	93044/2	93055	93054	94007	94008	1,61	93026	17	16	15	14
COMPOSITION	11	12	13	14	15	16	17	16	17	16	15	14
SiO ₂	50,93	50,47	49,83	49,43	84,41	61,36	51,35	61,36	51,35	61,36	84,41	49,43
Al ₂ O ₃	25,19	24,85	17,55	20,67	5,31	27,52	17,02	27,52	17,02	27,52	5,31	20,67
Fe ₂ O ₃	11,97	12,24	10,03	9,48	3,22	2,81	9,60	2,81	9,60	2,81	3,22	9,48
MgO	2,58	2,74	4,61	2,80	0,45	0,84	3,91	0,84	3,91	0,84	0,45	2,80
CaO	5,50	6,08	13,14	14,17	2,95	1,40	12,72	1,40	12,72	1,40	2,95	14,17
Na ₂ O	1,95	1,67	1,59	1,31	1,28	1,62	1,04	1,62	1,04	1,62	1,28	1,31
K ₂ O	0,54	0,54	1,93	0,95	0,67	3,18	3,04	3,18	3,04	3,18	0,67	0,95
TiO ₂	1,18	1,22	1,12	0,99	1,71	1,25	1,17	1,25	1,17	1,25	1,71	0,99
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,16	0,19	0,20	0,20	0,00	0,01	0,14	0,00	0,00	0,01	0,00	0,20
Total :	111,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99	99,99	100,00	100,00	100,00	100,00	99,99

Analysis : X Fluorescence on total selected scorias, Centre Régional de Mesures Physiques, Université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand.

* : Number in SiO₂/K₂O+Na₂O diagram

Tab. 1. Composition chimique des téphras de la Formation de Piano Regio, de la Formation de Tufarelle et des épiciastites du site de Notarchirico.

Dans les trois centimètres du sommet du niveau, les ponces et les minéraux libres sont plus compactés et adoptent une orientation planaire; hormis les fissurations verticales postérieures, la porosité intergranulaire est colmatée par une matrice amorphe beige claire, à texture rubanée, compacte ou vésiculée, qui est peut être le témoin d'un épisode phréatomagmatique dont les produits n'ont pas été conservés (dépôts laissés par des circulations interstitielles de vapeur ou d'eau).

1.2. Affleurement de Piani di Forno

Cette retombée ponceuse plinienne (échantillon 95002), observée à 14 km de l'édifice éruptif, est puissante de 0,3 m (photos 2-3) et montre en lame mince des caractéristiques très proches de l'échantillon précédent. L'haiÿne est abondante, accompagnée d'apatite brune et d'un minéral de couleur rouille. On observe de très nombreux grains opaques. On note également une plus grande abondance des clastes. L'altération est plus poussée que sur l'affleurement précédent.

1.3. Affleurement de Grotte di Porcinella

Observée à 18 km du volcan, cette retombée plinienne (échantillon 90013) est peu puissante (0,1 m). La granulométrie a été établie par tamisage mécanique sur la fraction fine (<2mm) du sédiment. La courbe cumulative montre un assez mauvais classement des particules, mais les paramètres d'Inman (1952) ($Md_{\phi} = -0,25$ et $\sigma_{\phi} = 2,30$) situent clairement l'échantillon dans le domaine des retombées (*fall*) du diagramme Md_{ϕ}/σ_{ϕ} (Walker 1971) (figure 4).

En lame mince, l'haiÿne est bien représentée, accompagnée d'apatite brune (photos 9 à 12). On note la présence de zéolites dans les ponces et au coeur des pyroxènes. Des carbonates sparitiques se sont développés dans les fissures et vides entre les fragments ponceux, en couronnes, et sont typiques d'une circulation hydrique en régime vadose (Purser 1973, 1980, 1983): la condensation post-éruptive, corrélat de la phase phréatomagmatique immédiatement postérieure à la retombée plinienne, peut expliquer cette cristallisation.

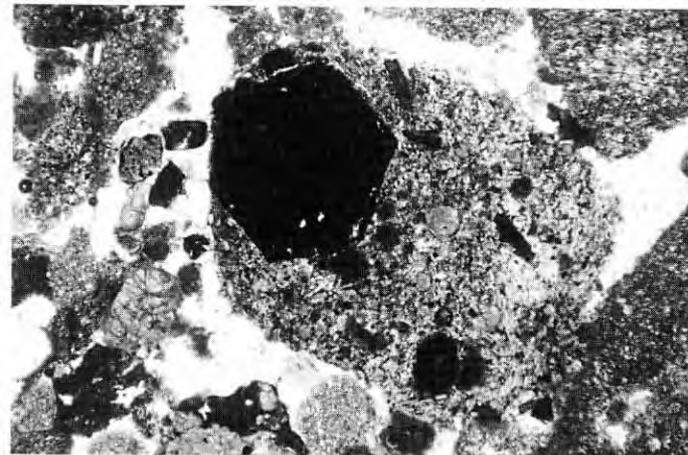
L'analyse chimique (tableau 1, figure 7) est faussée par la présence des carbonates secondaires. Une correction prenant en compte une moyenne de CaO dans les laves et pyroclastites des phases anciennes du Vulture indiquerait une composition trachytique analogue à celle des ponces d'Albero in Piano (échantillon 94005, tableau 1, figure 7) rapportées à l'unité de Fara d'Olivo (Brocchini *et al.* 1994).

1.4. Affleurement de Vallone del Reale

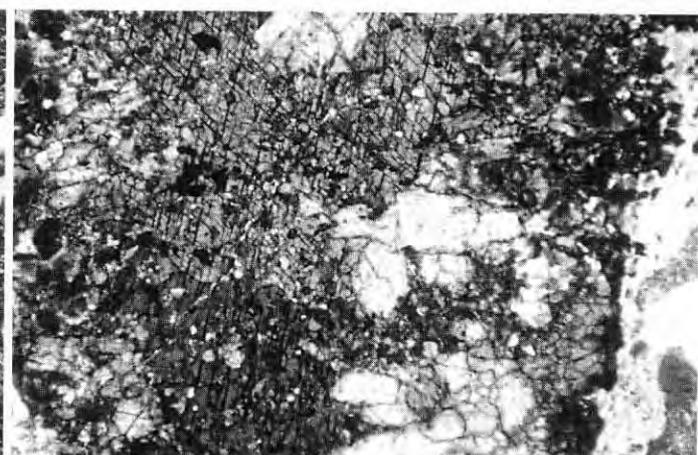
Observée à 18 km de l'édifice éruptif, cette retombée plinienne (échantillon 9121) offre en lame mince le même faciès qu'à Piani di Forno, avec une abondance de grains noirs et d'un minéral de couleur rouille à inclusions de clinopyroxènes verts particulièrement abondant. Les clinopyroxènes sont de deux types: augite et augite aegyrienne.

2. DÉFERLANTES À LAPILLI ACCRÉTIONNÉS ET TUF VÉSICULÉS

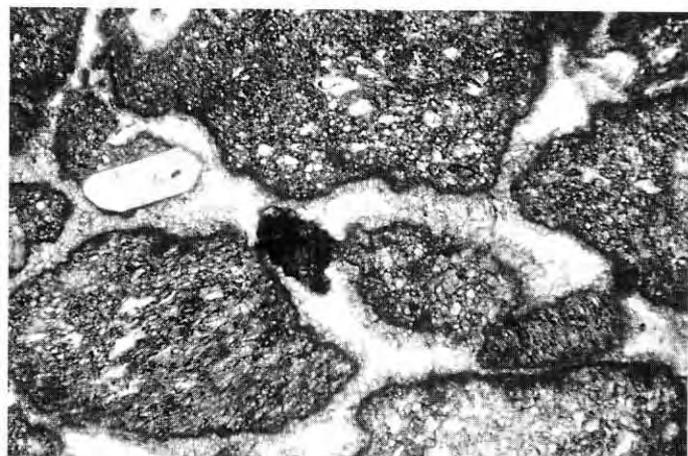
Les lapilli accrétionnés (Moore, Peck 1962), généralement formés dans les colonnes éruptives des éruptions phréatomagmatiques, sont également connus dans les déferlantes et les coulées pyroclastiques (Walker 1971; Fischer, Schmincke 1984; Cas, Wright 1992). Les tufs vésiculés contiennent entre les particules cendreuses des vides initialement remplis de vapeur d'eau, agent de transport principal des déferlantes (Lorenz 1974).



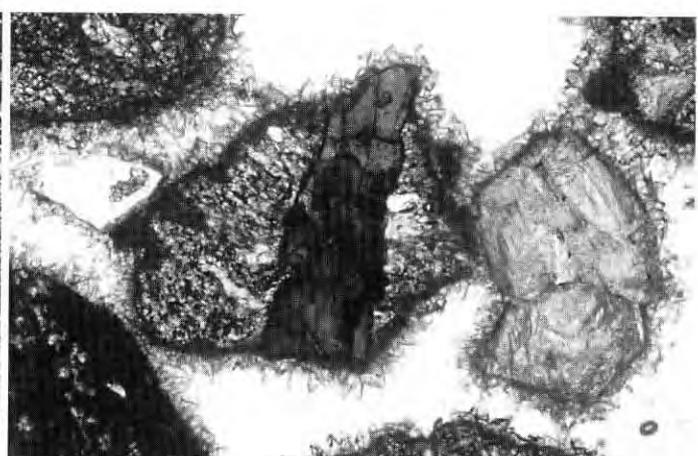
7 (fig. 33, f.t.)



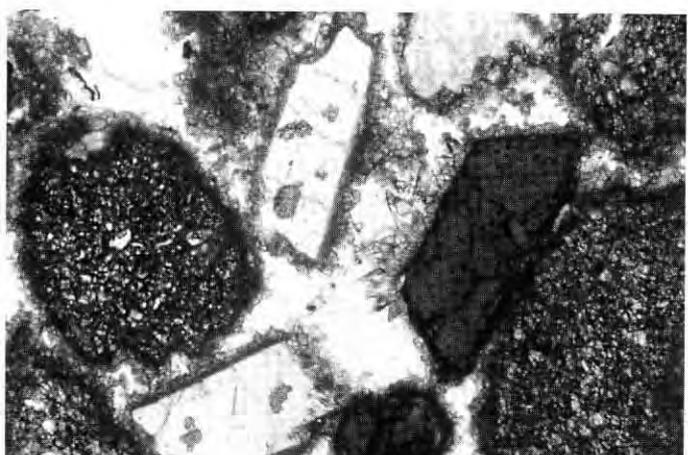
8 (fig. 34, f.t.)



9 (fig. 35, f.t.)



10 (fig. 36, f.t.)



11 (fig. 37, f.t.)



12 (fig. 38, f.t.)

Microfaciès de la retombée plinienne inférieure de l'affleurement de Vallone del Cerro, éch 95010, LN X20.

Photo 7. Ponce à structure bulleuse constituée d'un verre riche en micro-granules opaques. Présence de cristaux de clinopyroxène vert, de feldspathoïde altéré et d'un phénocrystal hexagonal de couleur rouille indéterminé.

Photo 8. Cumulat de cristaux de pyroxène et d'amphibole. Ces enclaves sont relativement nombreuses dans les retombées pliniennes ponceuses de la série de *Piano Regio*.

Microfaciès de la retombée plinienne ponceuses blanches de la *Formation de Piano Regio*.

Photo 9. Grotte di Porcinella, éch. 90013. LN X20, ponces à structure bulleuse plus ou moins étirée et minéral libre automorphe de feldspath alcalin, cristallisation de sparite dans les vides interstitiels.

Photo 10. Grotte di Porcinella, éch. 90013. LN X40, ponce contenant un phénocrystal de clinopyroxène vert (type augite aegyrienne) et minéral libre de feldspathoïde entièrement altéré et recrystallisé par des zéolites.

Photo 11. Grotte di Porcinella, éch. 90013. LN X40, ponces et minéraux libres automorphes avec cristallisations sparitiques dans les vides interstitiels.

Photo 12. Grotte di Porcinella, éch. 90013. LN X100, cristal hexagonal d'haüyne altéré dans une ponce bulleuse.

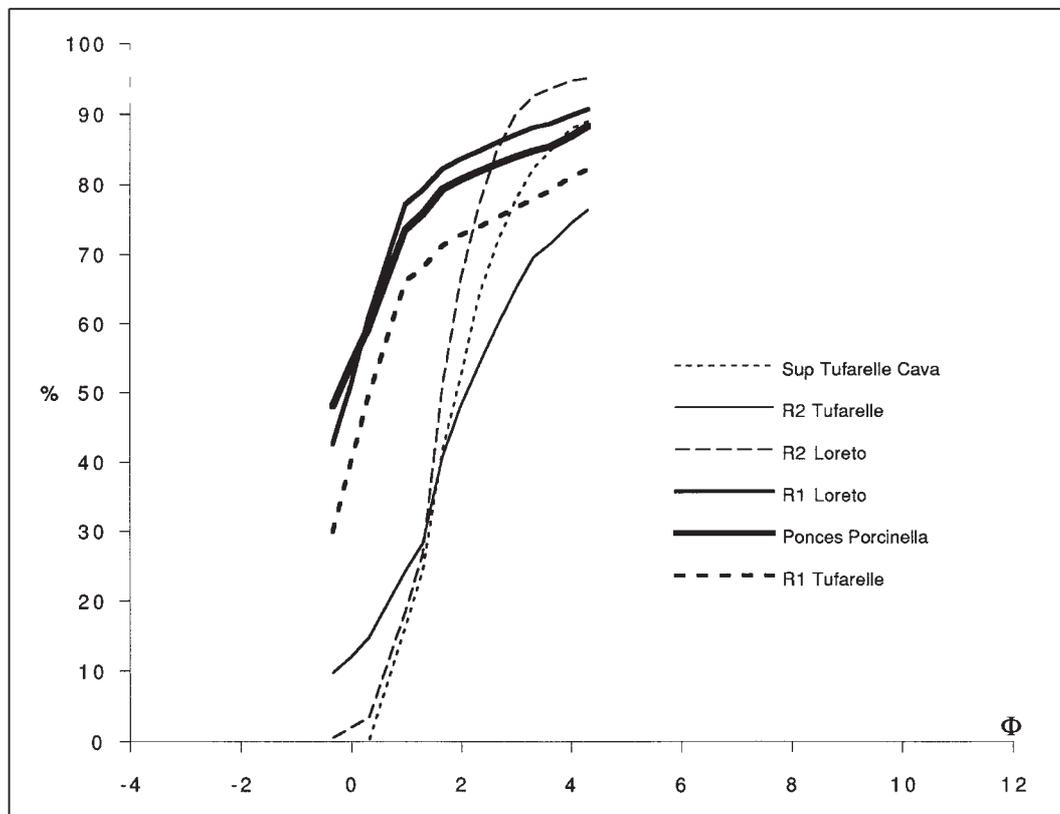


Fig. 4. Granulométrie comparée d'une retombée plinienne poncée de la *Formation de Piano Regio* et des retombées repères à scories grises de la *Formation de Tufarelle*.

Lapilli accréionnés *in situ* des surges ou co-surges et tufs vésiculés sont donc de bons indicateurs de température de formation et de dynamisme de mise en place. La reconnaissance de ces faciès caractéristiques au coeur du bassin de Venosa est un élément nouveau dont l'étude détaillée est en cours. Ils indiquent sans ambiguïté que des produits pyroclatiques en suspension dans des souffles gazeux d'une température (de beaucoup ?) supérieure à 100°C ont à plusieurs reprises atteint le coeur du bassin, à plus de 18 km du centre éruptif; des exemples historiques ont montré, pour des distances similaires, des vitesses de déplacement de 30 à 60 ms⁻¹ (Moore, Melson 1969; Davies *et al.* 1978) mais elles peuvent avoir été beaucoup plus élevées (Sparks *et al.* 1978). Nous décrivons – ou illustrons – succinctement quelques caractères microfaciologiques des tufs vésiculés et des lapilli accréionnés d'après trois affleurements (photo 5).

2.1. Affleurement de Grotte di Porcinella

En lame mince, les tufs vésiculés (échantillon 95006, photos 13 et 14) offrent l'aspect d'une bouillie de fragments laviques et de minéraux. Les vésicules sont exemptes de toute cristallisation secondaire. On distingue un micro-litage relativement régulier constitué de lamines de cendres fines à granoclassement normal. Les clastes de laves, les ponces et les minéraux libres présents dans les lamines adoptent des structures en pseudo-sables qui représentent les stades initiaux de l'accréion.

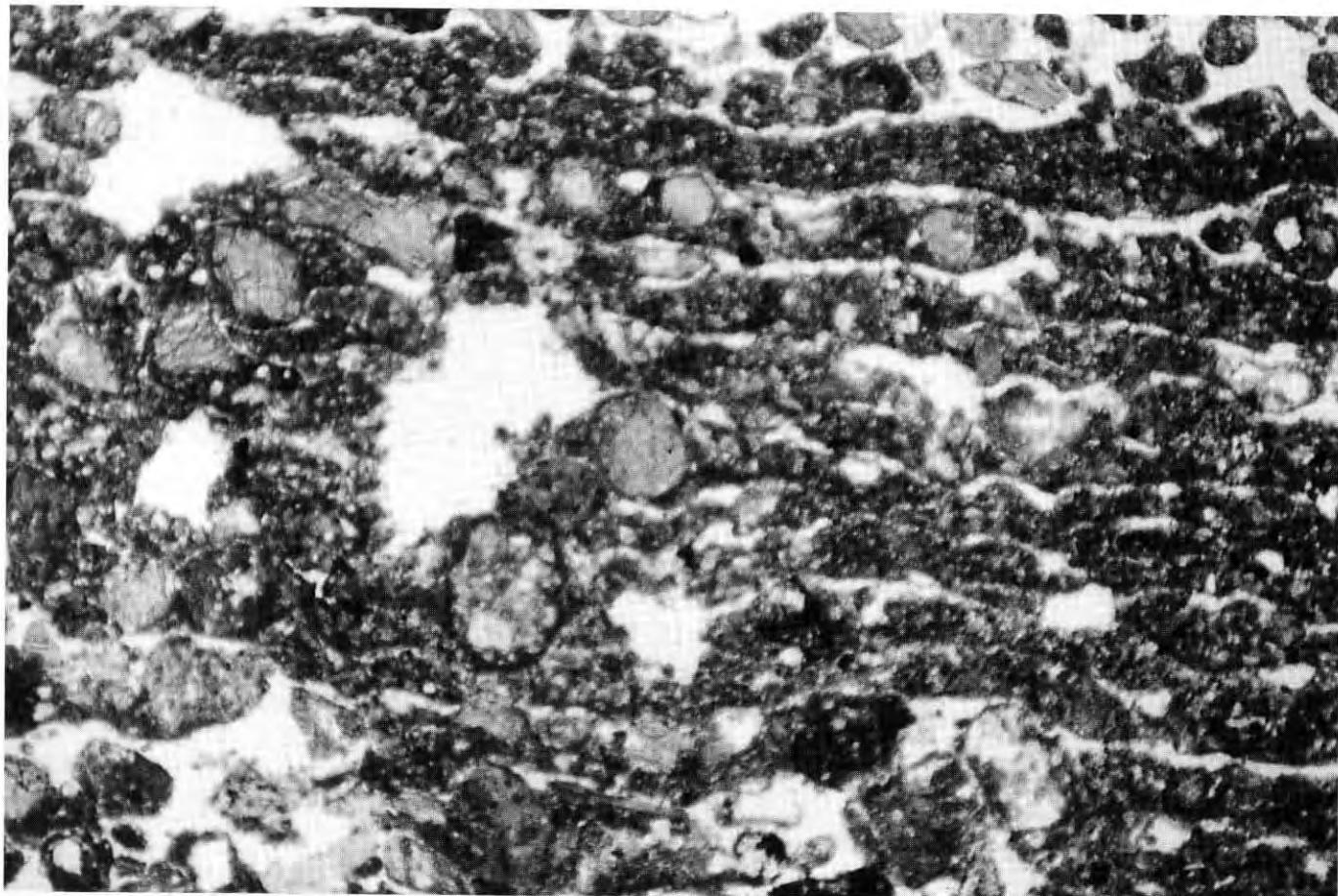


Photo 13. *Formation de Piano Regio*. Coulées pyroclastiques et tufs vésiculés. Grotte di Porcinella, microfaciès des tufs vésiculés, éch. 95006, LN X20 (fig. 39, f.t.).

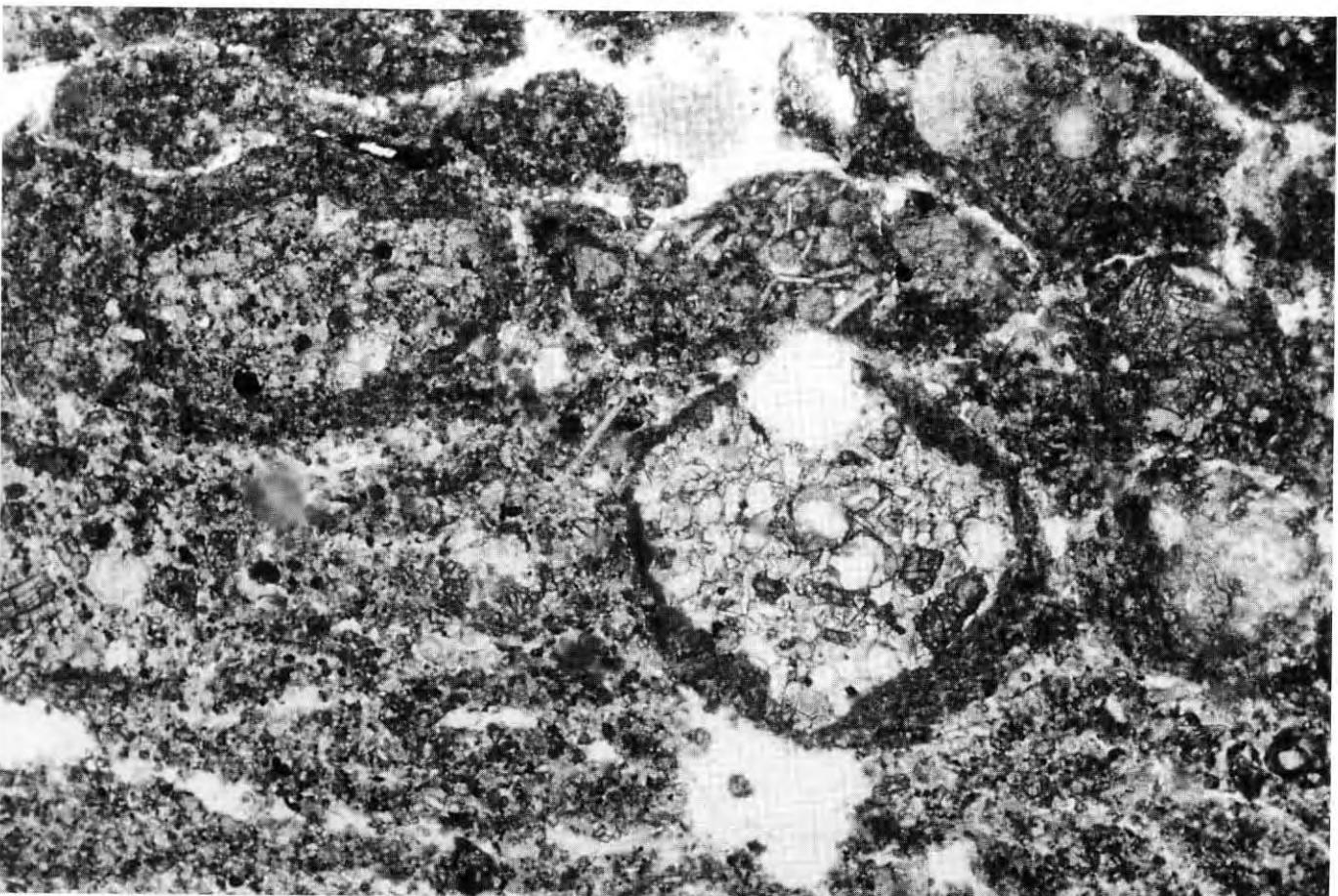


Photo 14. *Formation de Piano Regio*. Coulées pyroclastiques et tufs vésiculés. Grotte di Porcinella, microfaciès des tufs vésiculés, éch. 95006, LN X100 (fig. 40, f.t.).

2.2. *Affleurement de Fontana dei Lazzari*

De vrais lapilli accréionnés sont associés sur le terrain à une mégastucture de type déferlante (échantillon 95004). Ce sont des grains de nature variée (cristal, claste de lave, ponce, scorie, boule de cendres fines) présentant un enrobement externe plus ou moins développé de particules fines agglomérées (photos 15-16). Leur structure interne varie (photos 17-18). On rencontre des particules agglomérées en partant d'éléments les plus grossiers au centre pour finir par un liseré brun externe du matériel le plus fin; l'organisation est alors concentrique sans germe central (photo 17). Dans d'autres cas, on distingue nettement un germe central constitué de particules non organisées, recouvert d'un premier liseré brun de cendres fines, puis d'une auréole constituée de particules plus ou moins organisées de façon concentrique et enfin un deuxième liseré brun de cendres fines (photo 18).

2.3. *Affleurement de Piani di Forno*

On retrouve dans cet échantillon (95001) les faciès précédemment décrits.

3. LES COULÉES PYROCLASTIQUES

Observables à l'affleurement comme en sondage, de nombreuses coulées pyroclastiques, précédées ou non de déferlantes, ont atteint Venosa au coeur du bassin et donnent aujourd'hui à la *Formation de Piano Regio* son aspect caractéristique.

Nous en présentons quelques caractères microfaciologiques d'après deux affleurements.

3.1. *Affleurement du Vallone del Cerro*

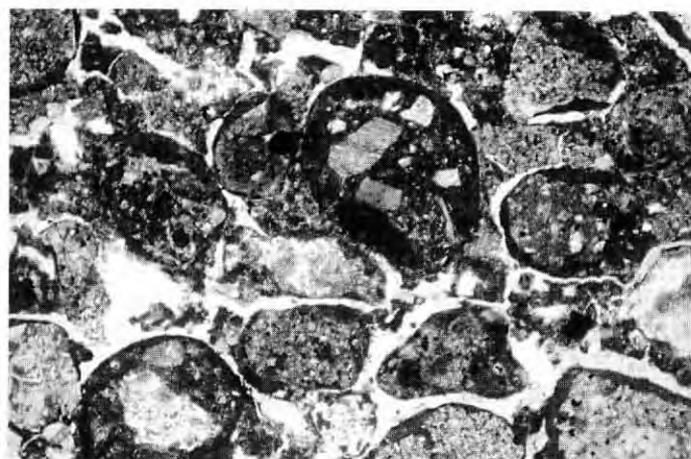
La coulée pyroclastique inférieure a été étudiée en lame mince (échantillon 95008). La matrice apparaît constituée de petits clinopyroxènes en éclats. On note la présence de ponces à nombreuses petites inclusions noires et, çà et là, un lapilli accréionné à coeur de clinopyroxène, témoignant du régime turbulent de l'écoulement. Dans la masse assez compacte de la coulée on observe des *proto-lapilli* accréionnés, constitués d'un germe central de nature variée (cristal libre, claste de lave, ponce) autour duquel des cendres fines sont agglomérées (photos 19-20). Les pores sont ferruginisés (dégazage ?).

3.2. *Affleurement de Piani di Forno*

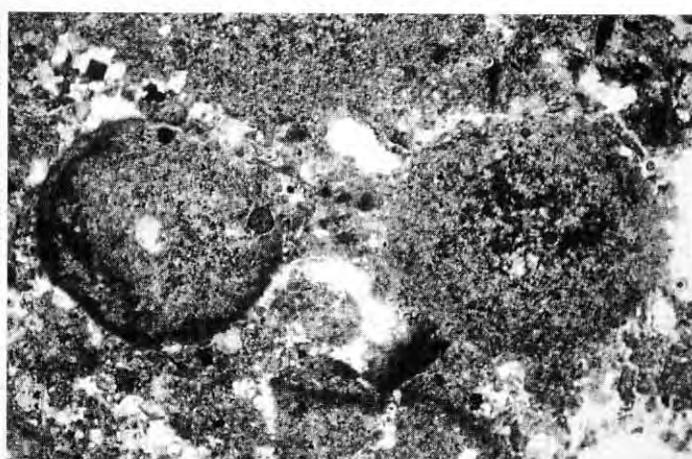
En lame mince (échantillon 95003), le faciès de la coulée pyroclastique est identique à celui décrit au Vallone del Cerro. On note également la présence d'échardes de verre.

4. *Les retombées scoriacées à large dispersion*

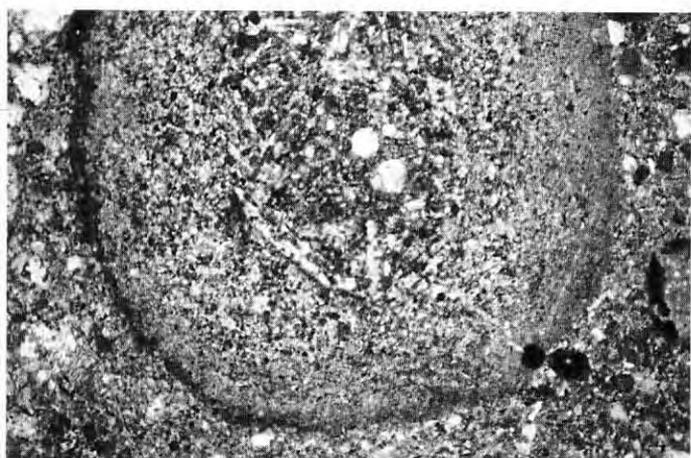
La retombée repère R1 de la *Formation de Tufarelle* est prise comme exemple (photo 6). La granulométrie a été établie par tamisage mécanique de la fraction fine (<2mm) du sédiment (échantillons 9012 à Tufarelle et 9114 à Loreto). Les



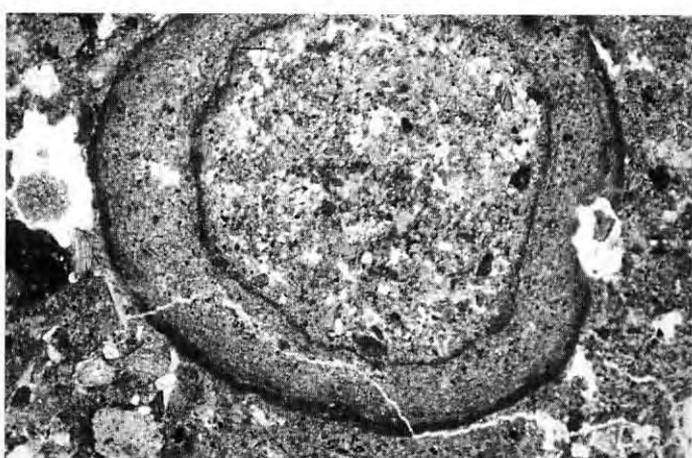
15 (fig. 45, f.t.)



16 (fig. 46, f.t.)

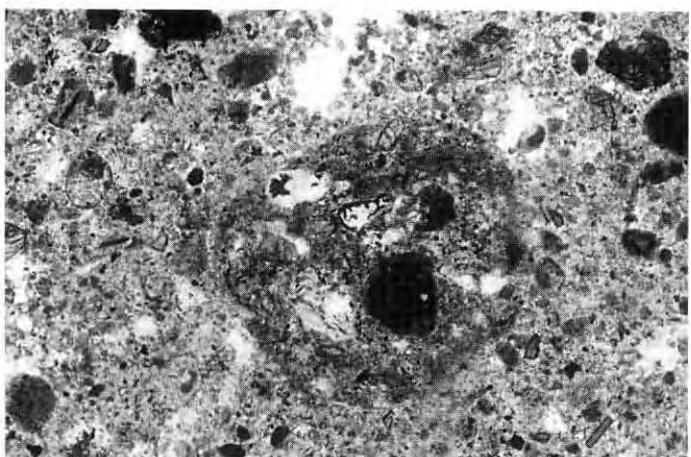


17 (fig. 47, f.t.)

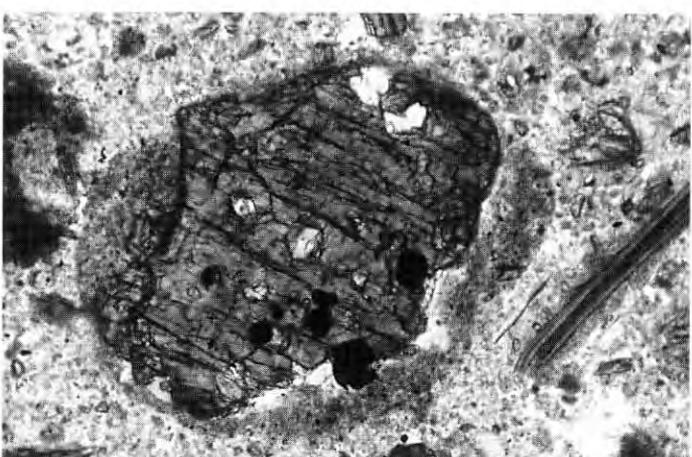


18 (fig. 48, f.t.)

Photos 15 à 18. *Formation de Piano Regio*. Fontana dei Lazzari, microfaciès du niveau à lapilli accréionnés, éch. 95004; LN X20.



19 (fig. 49, f.t.)



20 (fig. 50, f.t.)

Photos 19 et 20. *Formation de Piano Regio*. Vallone del Cerro, microfaciès de coulée pyroclastique, éch. 95008, LN X40.

courbes cumulatives montrent un classement des particules bon ($Md_{\phi} = -0,05$, $\sigma_{\phi} = 1,43$) à assez mauvais ($Md_{\phi} = 0,35$, $\sigma_{\phi} = 2,78$), mais les paramètres d'Inman (1952) situent clairement l'échantillon dans le domaine des retombées (*fall*) du diagramme Md_{ϕ}/σ_{ϕ} (Walker 1971). La distribution granulométrique est identique à celle des retombées pliniennes ponceuses (figure 4).

La composition chimique des scories de la base du dépôt (tableau 1, figure 7) est proche de celle des phono-téphrites et téphrites à haüyne du Vulture (Hieke-Merlin 1964, 1967; La Volpe, Principe 1994). Les caractères microfaciologiques de la retombée (échantillon 93045) sont présentés de bas en haut.

La base du dépôt est de granulométrie fine. On observe de nombreuses scories noires trempées anguleuses peu vésiculées, contenant des feldspathoïdes altérés (haüyne), des clinopyroxènes verts (type augite et augite aegyrienne) des olivines (aciculaires) et de rares feldspaths alcalins (photos 21-22 et 26). De rares scories vésiculées sont présentes. Les cristaux libres sont essentiellement des clinopyroxènes verts et quelques olivines et feldspathoïdes. Ces caractères évoquent un événement de type phréatomagmatique, par exemple un blast.

On rencontre ensuite de plus en plus de scories vésiculées grises et de moins en moins de scories noires, indiquant une montée en régime de l'éruption. La taille des nombreux pyroxènes libres augmente, indiquant la vidange des parties les plus profondes du réservoir magmatique.

Au-dessus, le dépôt est *framework-supported* franc (Walker, James 1992). Les scories sont vésiculées et contiennent des clinopyroxènes verts, de rares feldspaths alcalins, de rares feldspathoïdes et quelques biotites (photos 23 à 25). On note l'absence de l'olivine. Les minéraux libres sont des clinopyroxènes verts (parfois très gros), des biotites et de rares feldspaths alcalins. Il faut insister sur l'absence du minéral de couleur rouille qui différencie clairement la *Formation de Tufarelle* de celle de *Piano Regio*.

Le sommet du dépôt est de composition minéralogique identique mais constitué de très grosses scories ($\phi \geq 1$ cm).

La retombée repère R1 à scories grises de la *Formation de Tufarelle*, résulte donc d'une violente éruption qui débute sans doute par une phase phréatomagmatique et se poursuit par une montée en régime plinien. Son chimisme la rapproche des éruptions enregistrées dans les unités de Rionero-Barile ou Vulture-San Michele identifiées sur le Vulture (La Volpe, Principe 1989, 1994).

D'autres retombées de scories à large dispersion ont été repérées au sein de la série de Tufarelle. Parmi elles, la retombée repère R2 et la retombée supérieure de Tufarelle Cava (échantillon 9118) montrent une granulométrie plus fine, liée à une moindre puissance explosive ou à une position différente sous le panache (figure 4).

5. LES TÉPHRAS DISTALES DU SITE DE NOTARCHIRICO

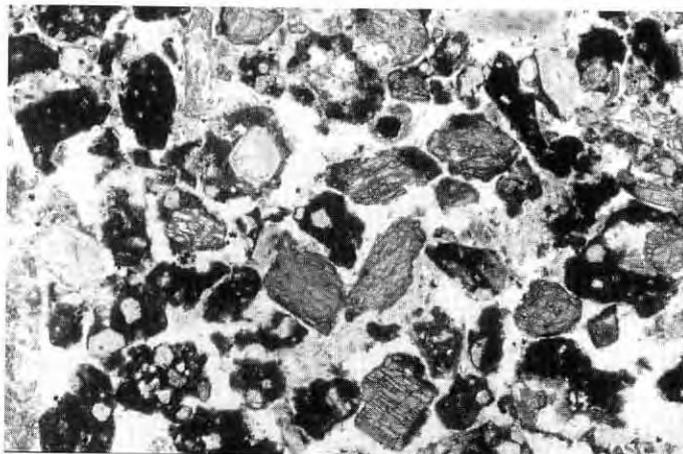
Sur le site de Notarchirico (figure 5), on rencontre le plus souvent des téphras remaniées, comme par exemple les unités 3 et 1.6, et des retombées distales directes préservées qui constituent le complexe téphrique 21/2.4.

5.1. Les téphras remaniées

5.1.1. L'unité 3

On observe des niveaux de sables grossiers, voire de graviers, plus ou moins riches en éléments volcaniques (minéraux libres et scories). Certains de ces niveaux sont indurés par des oxydes (rouges ou noirs).

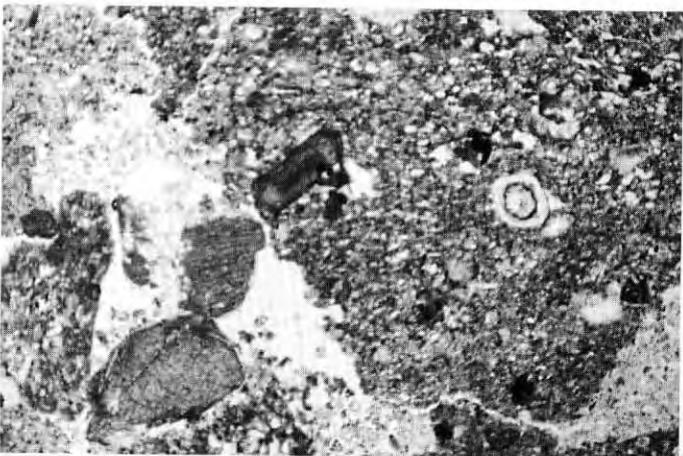
La granulométrie a été établie par tamisage mécanique sur la fraction fine (<2mm) du sédiment (échantillon 9001) (figure 6). La courbe cumulative, malgré un caractère bimodal, montre un très bon classement des particules ($Md_{\phi} = 1,10$, $\sigma_{\phi} = 0,92$) et les paramètres d'Inman (1952) situeraient clairement l'échantillon dans le domaine des



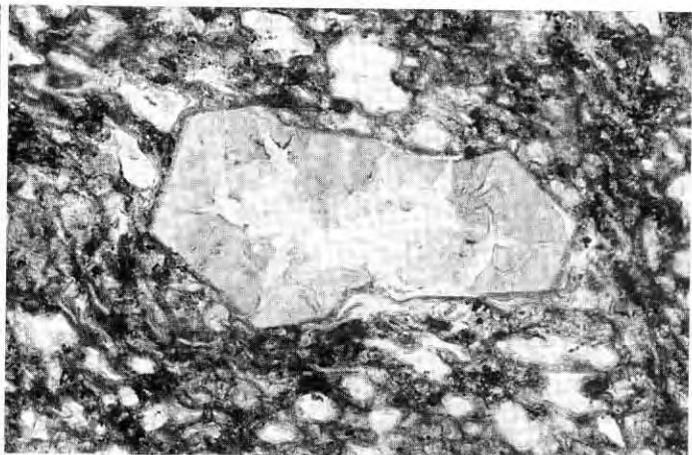
21 (fig. 51, f.t.)



22 (fig. 52, f.t.)



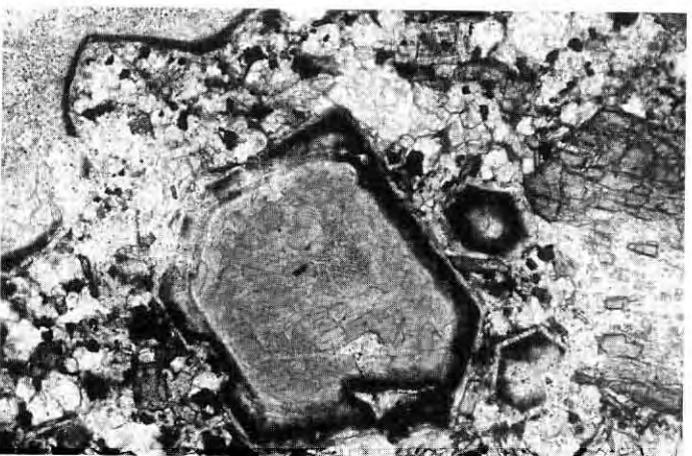
23 (fig. 53, f.t.)



24 (fig. 54, f.t.)



25 (fig. 55, f.t.)



26 (fig. 56, f.t.)

Retombée plinienne à scories grises (Téphra repère R1 de la *Formation de Tufarelle*), éch. 93045.

Photo 21. Scories trempées noires non vésiculées et minéraux libres, LN X40.

Photo 22. Scorie trempée noire contenant un cristal d'olivine et un feldspathoïde altéré, LN X100.

Photo 23. Partie sommitale de la retombée avec scories vésiculées à clinopyroxène vert automorphe et feldspathoïde altéré, clinopyroxènes verts libres, LN X20.

Photo 24. Cristal automorphe de feldspathoïde dans une scorie vésiculée dans la partie sommitale de la retombée, LN X100.

Photo 25. Avec clinopyroxène vert automorphe zoné dans une scorie vésiculée de la partie sommitale de la retombée, LN X100.

Photo 26. Haüynophyre de Melfi, LN X100, pour comparaison avec les cristaux de feldspathoïde observés dans les scories de la Téphra repère R1 de la *Formation de Tufarelle*. Cristal automorphe d'haüyne: la frange externe possède encore les caractéristiques optiques du minéral en lumière naturelle (couleur bleue); en revanche, le centre du cristal est largement altéré.

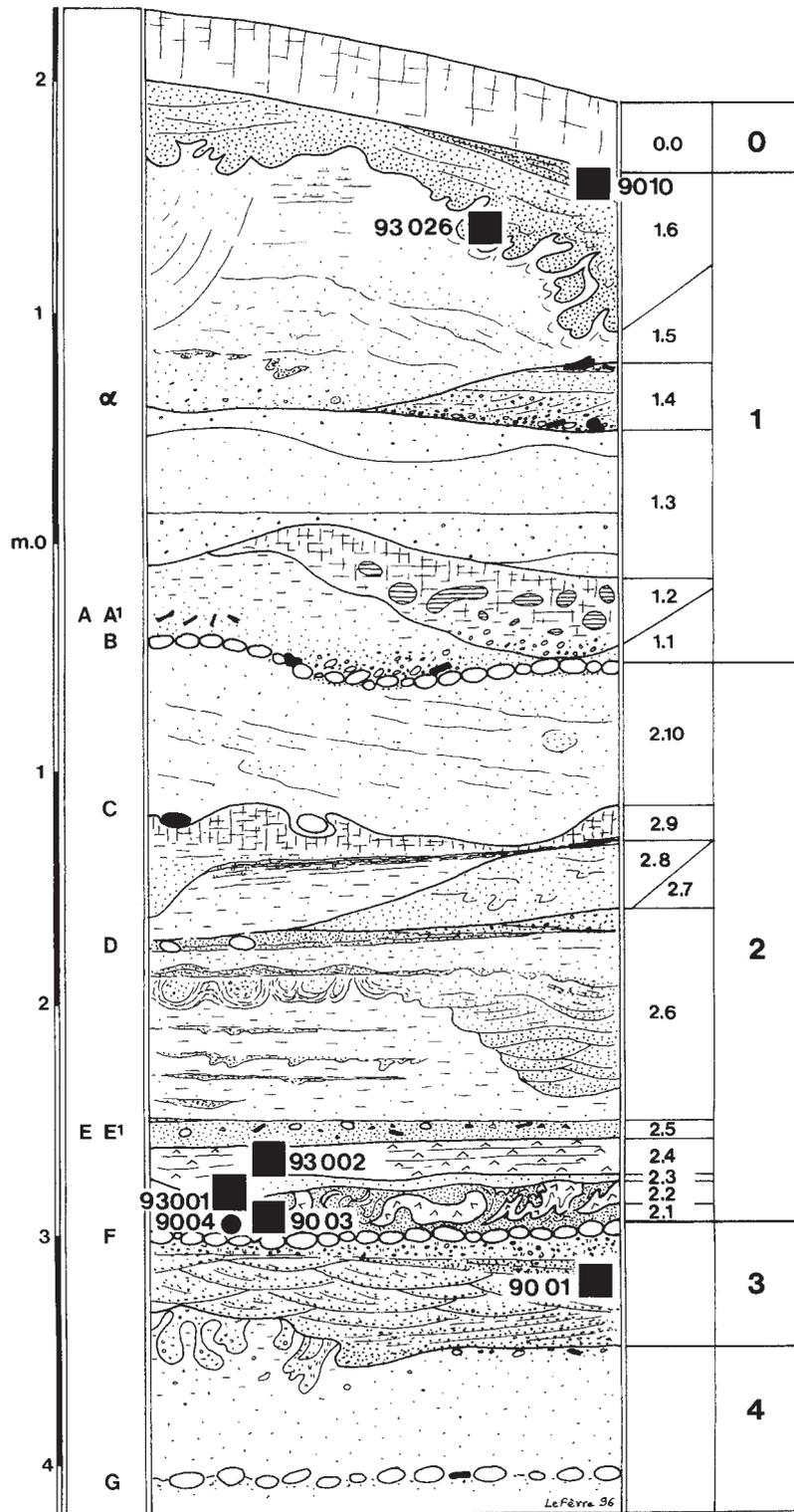


Fig. 5. Site acheuléen de Notarchirico. Log synthétique avec position des retombées directes et remaniées et échantillonnage.

retombées (*fall*) du diagramme Md_{Φ}/σ_{Φ} (Walker 1971); la présence de deux stocks granulométriques peut être l'indice d'un remaniement.

En lame mince (échantillon 9001), on observe:

- des scories peu nombreuses et roulées (pas de forme "fraîche"). Le verre volcanique est de couleur grise. La vésiculation est moyenne. Dans cette matrice vitreuse on distingue des microlithes de clinopyroxènes, des aiguilles de hornblende et des phénocristaux de plagioclase et de clinopyroxène vert.
- des minéraux libres volcaniques qui ne présentent pas de verre à leur surface; ils sont le plus souvent en grains plus ou moins arrondis et en fragments de prisme. On reconnaît des clinopyroxènes verts type augite (plus de 80%), quelques hornblendes brunes, feldspaths alcalins, biotites et grenats.
- des clastes de calcaire, de grès, de quartz polycristallin, de lave contenant de l'häüyne, du clinopyroxène vert et de la biotite (ces fragments de lave sont relativement abondants).
- des ponces, plus nombreuses au niveau d'une passée fine.
- une cristallisation secondaire de carbonates micritiques autour des grains.

La forte concentration de minéraux libres de taille importante, l'émoissé des scories et les caractères granulométriques montrent que nous sommes en présence d'une retombée remaniée en milieu aqueux.

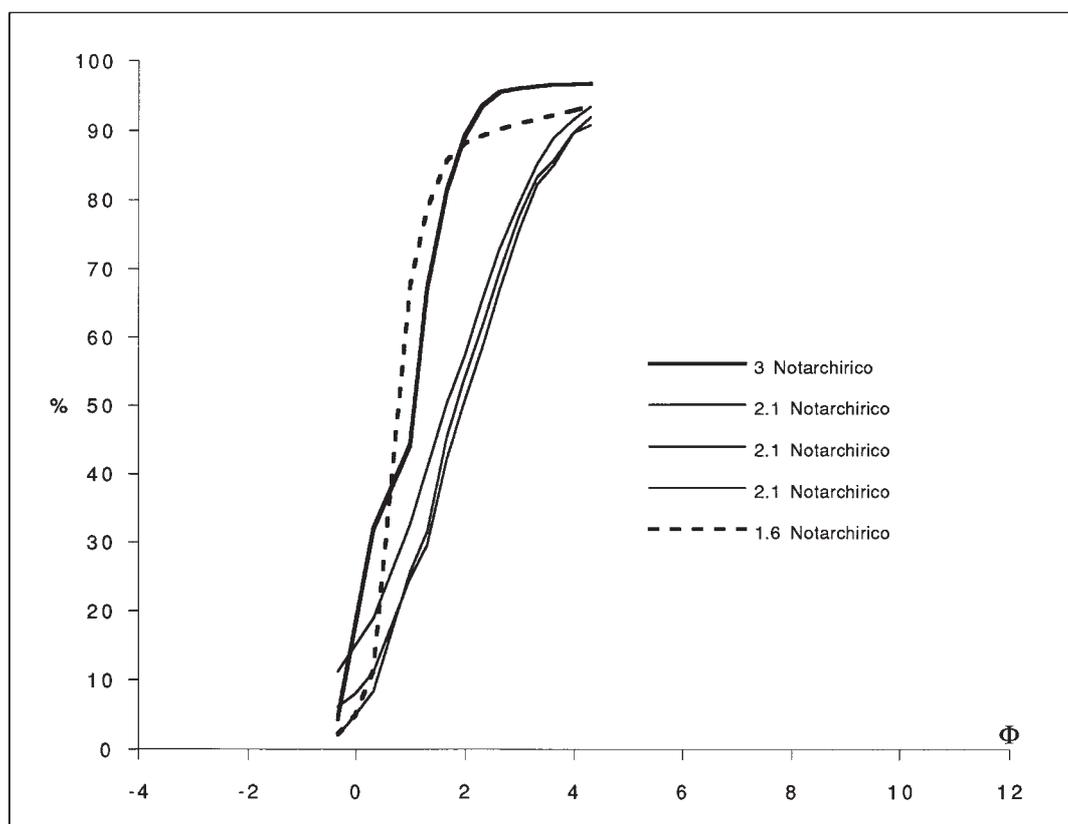


Fig. 6. Site acheuléen de Notarchirico. Granulométrie des téphras remaniées.

5.1.2. L'unité 1.6

Ce sont des sables grossiers avec quelques galets. On note l'abondance des minéraux volcaniques libres et des scories de dimensions variées plus ou moins roulées.

La granulométrie a été établie par tamisage mécanique sur la fraction fine (<2mm) du sédiment (échantillon 93026) (figure 6). La courbe cumulative montre un très bon classement des particules ($Md_{\phi} = 0,80$, $\sigma_{\phi} = 0,60$) et les paramètres d'Inman (1952) situeraient clairement l'échantillon dans le domaine des retombées (*fall*) du diagramme Md_{ϕ}/σ_{ϕ} (Walker 1971).

En lame mince (échantillon 93026), le matériel confirme son origine volcanique et présente un aspect "frais": nombreuses scories vésiculées ou plus denses, gros clinopyroxènes, grandes "lattes" de feldspath avec verre accolé, fragments laviques à haüyne, laves très fines grises, laves à biotite, haüyne et clinopyroxène vert.

Le sommet du dépôt (échantillon 9010) montre une forte dominance des éléments d'origine volcanique (70%), accompagnés de grains de feldspath, quartz, calcaire et grès, aux formes souvent arrondies. Parmi les éléments volcaniques, on note la présence de fragments de laves à haüyne, clinopyroxène vert et biotite, des laves claires à haüyne et clinopyroxène vert, des scories faiblement vésiculées à clinopyroxène vert et feldspathoïde altéré et enfin des cristaux libres de clinopyroxène vert et de biotite aux formes subanguleuses.

Les caractères faciologiques et granulométriques caractérisent donc des retombées ayant subi un remaniement en milieu aqueux.

5.2. Le complexe téphrique 2.1/2.4

Il est formé de (figure 5; photo 27):

- la strate 2.1 et les lamines 2.2. et 2.3 base, déformées par des figures de charge,
- la lamine 2.3 sommet et la strate 2.4, sub-horizontales, non déformées, de 0,20 à 0,25 m de puissance. Localement, 2.4 prend de l'épaisseur dans des microdépressions.

5.2.1. L'unité 2.1

Il s'agit d'un sable (échantillons 9003 et 9004) à clinopyroxènes verts automorphes dominants sans verre adhérent aux faces cristallines. On note également des feldspaths alcalins qui peuvent appartenir au cortège téphrique et quelques rares scories grises. Il s'ajoute des quartz arrondis et des granules de lave à feldspathoïdes et clinopyroxènes, de calcaires, de calcaires coquilliers et de grés.

La granulométrie a été établie par tamisage mécanique sur la fraction fine (<2mm) du sédiment (figure 6). Les courbes cumulatives montrent un bon classement des particules ($Md_{\phi} = 1,85$ à $1,95$, $\sigma_{\phi} = 1,40$ à $1,45$) et les paramètres d'Inman (1952) situeraient clairement les échantillons dans le domaine des retombées (*fall*) du diagramme Md_{ϕ}/σ_{ϕ} (Walker 1971).

Les caractères faciologiques et granulométriques indiquent une retombée polluée. On ne distingue aucune structure indiquant une reprise par écoulement. Les déformations observées (Raynal *et al.*, ce volume) sont postérieures au dépôt et suggèrent un piégeage en eau calme. Une datation TL sur quartz de ce niveau indique un âge d'environ 0,64 Ma (Pilleyre 1991, Pilleyre *et al.*, ce volume).

5.2.2. L'unité 2.2

Macroscopiquement, il s'agit de poches de sédiment blanc, compact, au toucher talqueux, déformées et incluses dans le sommet du niveau 2.1. Microscopiquement (échantillon 9003), c'est une accumulation d'échardes de verre volcanique (25 à 100 μm). Les minéraux libres sont très rares: quelques biotites et microlithes de clinopyroxène vert. Nous sommes en présence d'une retombée distale fine, directe, de type cinérite.

5.2.3. L'unité 2.3

Macroscopiquement, la lamine est sableuse, compacte, de couleur gris-rosé, sans litage apparent. Au microscope (échantillon 93001), on observe une accumulation de verre volcanique, largement masquée par une recristallisation de carbonates micritiques dans la masse. Les minéraux libres, assez nombreux sont microlithiques: clinopyroxène vert dominant, accompagné de quelques biotites. Il s'agit d'une retombée directe non remaniée. La composition chimique de cette strate a été établie par fluorescence X sur roche totale au Centre de Volcanologie de Clermont-Ferrand (tableau 2).

REGION	VENOSA BASIN				MONTE VULTURE		ATELLA BASIN		V. DI DIANO
FORMATION	Notarchirico Bed				M. Bocc. Unit		Cimitero di Atella Bed		
UNIT	Notarchirico Tephra				M8		C		TV141,96
LAYER	2.3	2.4	2.4	2.4	VUT 146	West cinerite	95014	Below C	
SAMPLE	93001	93002	93002	93002		93042	95013	95013	
Method	XF tr	XF tr	XF tr	MPg		XF tr	XF tr	XF tr	MPg
COMPOSITION	18*	19	20	21	22	23	24	25	26
SiO ₂	47,76	53,49	54,24	63,49	62,41	56,29	71,47	55,82	64,79
Al ₂ O ₃	18,77	34,70	34,00	19,95	18,14	24,68	15,30	23,60	20,95
Fe ₂ O ₃	4,24	5,29	4,99	0,57	3,51	5,10	5,16	3,53	2,16
MgO	1,53	0,36	0,11	0,01	0,73	2,46	1,52	3,16	0,14
CaO	25,04	3,09	4,21	1,65	1,54	4,22	1,67	7,35	1,07
Na ₂ O	0,68	0,59	0,15	2,25	6,18	1,47	0,93	3,27	4,41
K ₂ O	1,27	1,47	0,95	11,94	6,65	4,49	3,09	2,39	5,89
TiO ₂	0,59	0,83	1,05	0,12	0,53	1,21	0,83	0,84	0,25
P ₂ O ₅	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
MnO	0,13	0,18	0,00	0,02	0,21	0,08	0,02	0,05	0,33
Total :	100,01	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
			(a)	(a)	(b)				(c)

(a) Analysis E. JUVIGNE in litteris.

(b) Analysis C. PRINCIPE in litteris.

(c) Analysis E. JUVIGNE in RUSSO ERMOLLI et al. (1995)

Other : Analysis Centre Régional de Mesures Physiques, Université Blaise Pascal à Clermont-Ferrand

XF tr : X Fluorescence on total sediment

MP g : Microprobe on glass

* Number in SiO₂/Na₂O+K₂O diagram

Tab. 2. Composition chimique de la Téphra de Notarchirico et comparaisons.

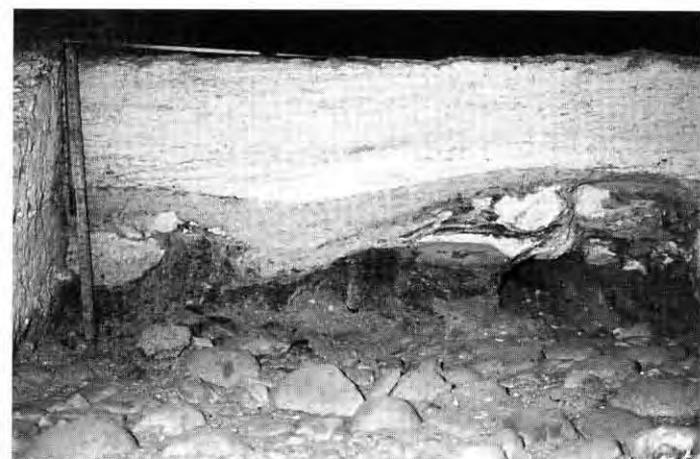
5.2.4. L'unité 2.4

Macroscopiquement, il présente l'aspect d'une strate de 0,20 m de puissance moyenne, blanche, compacte, au toucher talqueux. On observe la présence d'une fissuration parallèle au plan de sédimentation, de plus en plus dense vers le sommet, envahie de micrite beige clair (photo 28).

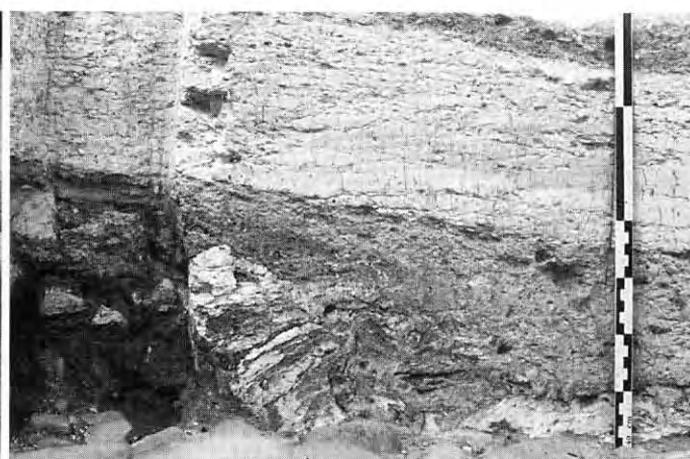
En lame mince (échantillons 93001 et 93002) (photos 29-30), on observe une accumulation compacte, non litée, d'échardes de verre volcanique non altéré. Les fissures sont remplies de micrite. Les minéraux exprimés sont extrêmement rares et de très petite taille (quelques μm): biotite, éclats de clinopyroxène vert et minéraux opaques.

Les auteurs (Ewart 1963; Heiken 1972; Fischer, Schmincke 1984) distinguent trois types d'échardes vitreuses suivant leur morphologie: corps en Y, X et T (*cuspaté shards*), échardes plates (*platty shards*) et échardes ponçues (*pumice shards*). Ces échardes vitreuses proviennent d'un matériel ponçeu brisé par explosion et par friction entre particules. La fraîcheur remarquable des verres de l'unité 2.4 permet d'observer ces trois types. Les échardes plates sont de petites dimensions (25 μm), les échardes en Y, X et T sont plus grandes (25-100 μm), les échardes ponçues présentent les plus fortes dimensions (100 à 300 μm).

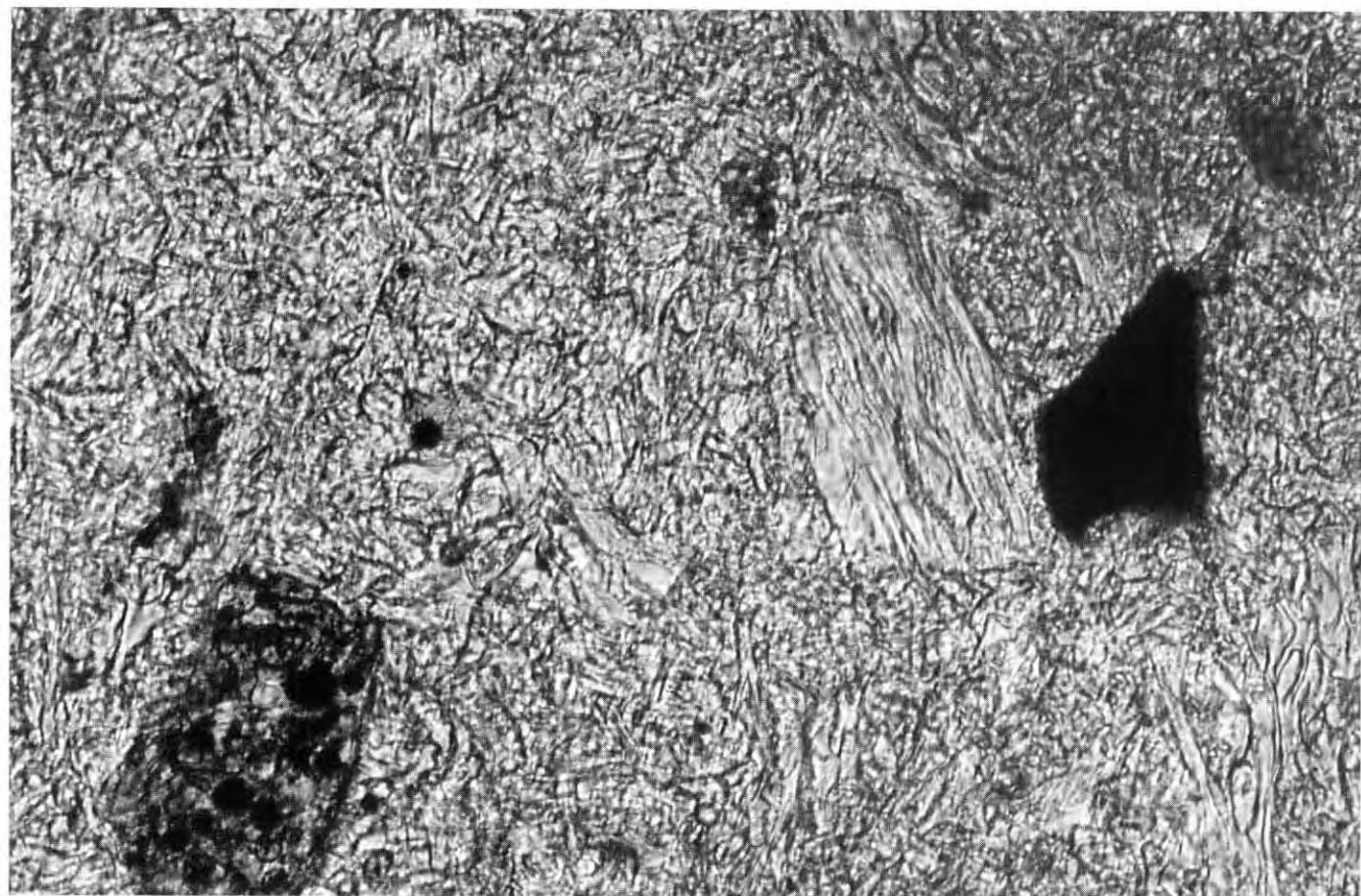
Les échardes ponçues montrent des parois vitreuses (2 à 3 μm d'épaisseur) délimitant des vésicules sphériques ou sub-sphériques (30 μm de diamètre en moyenne). Cette texture à vésicules sub-sphériques est dominante mais l'on observe également des échardes ponçues à texture fibreuse qui sont en fait les plus grandes (250 à 300 μm).



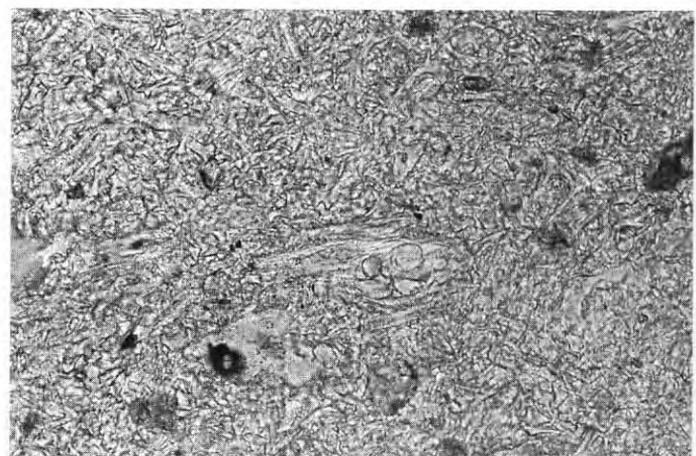
27 (fig. 41, f.t.)



28 (fig. 42, f.t.)



29 (fig. 43, f.t.)



30 (fig. 44, f.t.)

Site acheuléen de Notarchirico. Complexe téphrique 2.1 à 2.4.

Photo 27. Vue générale des unités 2.1 à 2.4.

Photo 28. Vue rapprochée du complexe téphrique.

Photos 29 et 30. *Téphra de Notarchirico*, éch. 93002 et 93003, LN X200. Échardes vitreuses des différents types: corps en X, Y et Z, échardes plates, échardes ponceuses bulleuses et/ou fibreuses.

L'examen au MEB permet de préciser les observations précédentes. L'aspect général de la surface étudiée (photo 31 à 37) révèle une accumulation de fragments de verre sans matrice interstitielle. Deux types de fragments sont présents:

- des accumulations de sphérules vitreuses agglomérées. Dans ces accumulations, les sphérules, dont la taille est comprise entre 10 et 20 μm , sont soudées (photos 23 et 33) et leur morphologie indique que l'agglomération s'est constituée à l'état pâteux. Ce type de fragment est dominant et correspond aux écharde poncées non fibreuses observées en microscopie optique.
- des agglomérats de tubules vitreuses, moins nombreux mais pouvant atteindre des dimensions plus importantes, de l'ordre de 250 μm (photo 34). Ce sont les écharde poncées à texture fibreuse observées en microscopie optique. Les tubules sont soudés, ont une partie mésiale renflée et des extrémités effilées (photo 35). Elles peuvent être très fines, d'une section de 2 à 3 μm .

Entre ces deux types de fragments, on remarque des écharde plates ou de forme plus complexe résultant de la fragmentation des tubules et/ou sphérules. L'observation au MEB permet également de préciser l'altération subie par le verre. Si certaines parties sont relativement saines (photo 36), elles portent cependant des micro-perforations qui attestent d'un début d'altération. L'analyse chimique qualitative ponctuelle de ces zones est celle du verre (Si, Al, K, Ca Fe). En revanche, d'autres zones montrent une altération plus poussée (photo 37) sous forme de perforations plus importantes avec néocrystallisations. Leur analyse chimique qualitative révèle une forte teneur en Fe.

Ces observations indiquent un magma originel relativement visqueux: le diamètre des vésicules compris entre 10 et 200 μm correspond à une éruption plinienne dont un produit cinéritique distal a été ici enregistré et préservé.

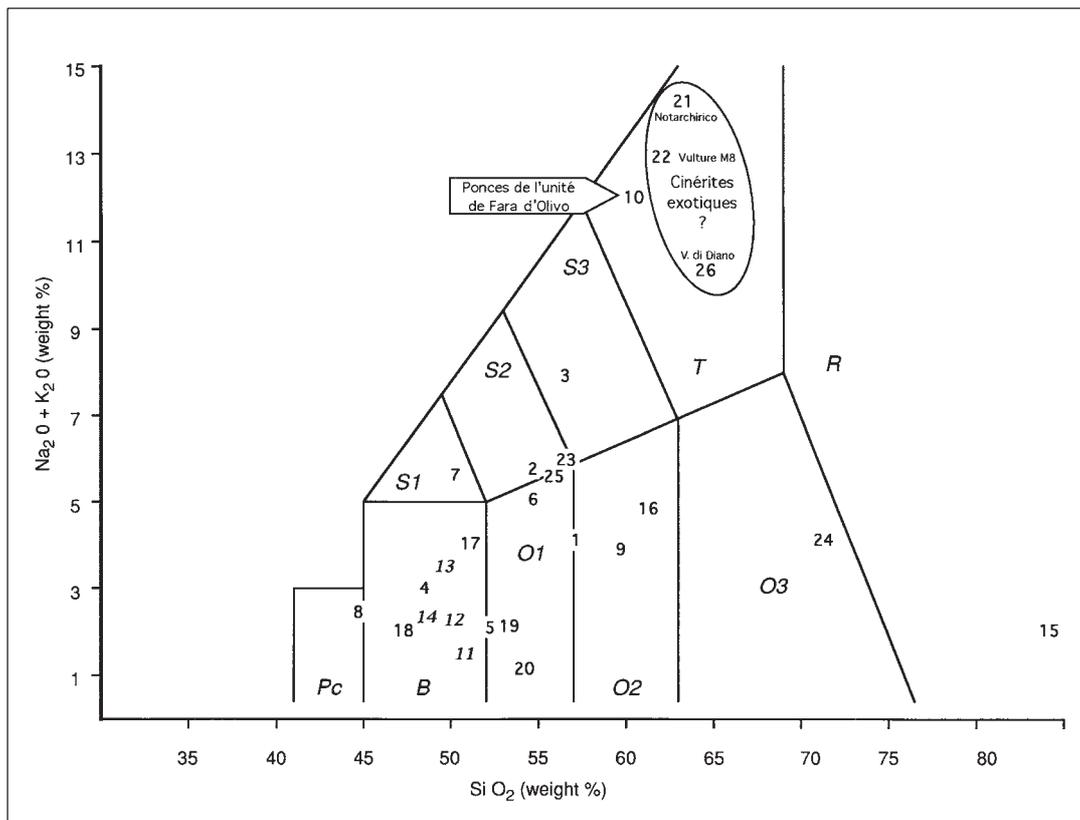
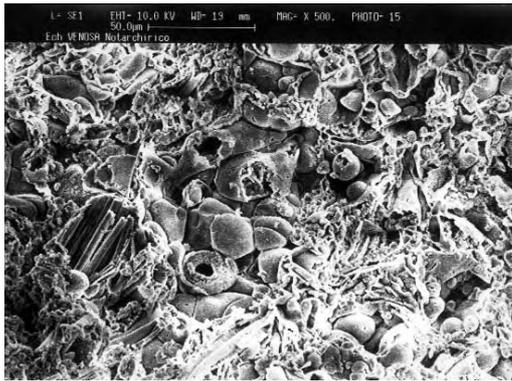
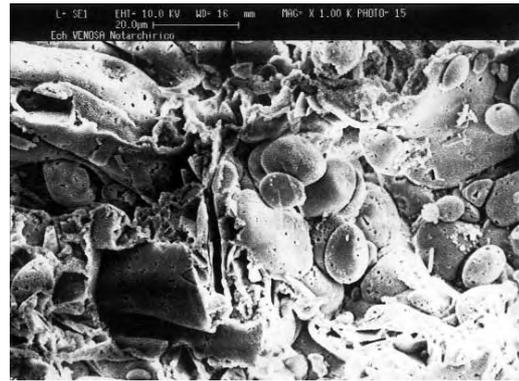


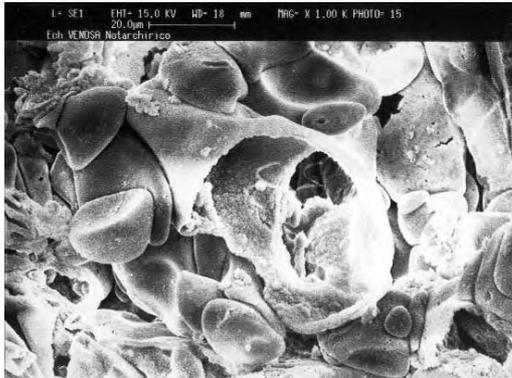
Fig. 7. Position des différentes téphras analysées dans le diagramme $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ (Le Bas *et al.* 1985).



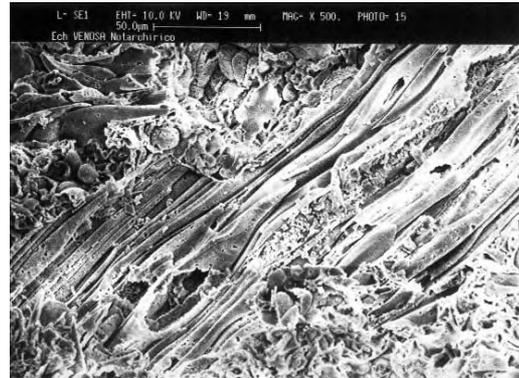
31



32



33



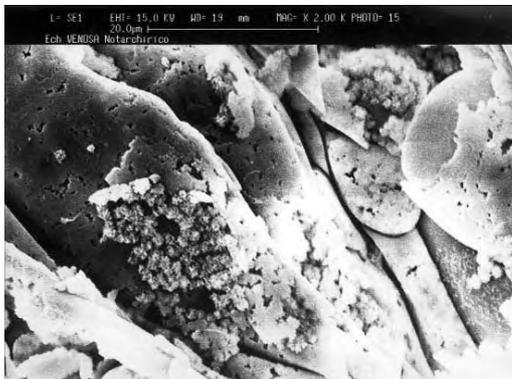
34



35



36



37

Photos 31 à 37. Site acheuléen de Notarchirico, niveau 2.4: examen au MEB de la *Téphra* de Notarchirico.

31. Aspect général.

32 et 33. Accumulations de sphérules vitreuses.

34 et 35. Agglomérats de tubules vitreux.

36 et 37. Altération du verre volcanique.

La composition chimique de cette strate a été établie par deux méthodes: fluorescence X sur roche totale et microsonde sur roche totale et sur roche totale vitrifiée par fusion (Juvigné 1993) (tableau 2, figure 7). Les analyses sur roche totale montrent l'altération subie par la tephra postérieurement à son dépôt: enrichissement en alumine et perte en sodium et potassium; la composition est celle d'une andésite basaltique, incompatible avec les critères microscopiques précédemment évoqués. En revanche, l'analyse sur verre caractérise un trachyte et s'accorde avec les observations en lame mince.

Cette retombée peut être originaire du système éruptif du Monte Vulture ou d'une source plus lointaine (Campanie, Latium...):

- pendant les phases anciennes de son activité, le Vulture a émis des produits (laves, ponces...) de composition proche de celle de la tephra 2.4 (tableau 2). Dans les successions téphriques du bassin de Venosa correspondant aux phases anciennes d'activité du Vulture (*Formation de Piano Regio*), nous avons identifié plusieurs cinérites de composition voisine (Cf *supra*). Dans le bassin d'Atella, des cinérites sont présentes sous les niveaux acheuléens du Cimetière d'Atella dans une séquence globalement rapportée aux phases anciennes d'activité du Vulture (Borzatti von Löwenstern *et al.* 1990; Borzatti von Löwenstern, Sozzi 1994; Borzatti von Löwenstern *et al.* 1996); leur composition chimique, établie sur roche totale d'après nos échantillons (tableau 2, figure 7), confirme cette hypothèse,
- dans la succession téphrostratigraphique du Vulture, une tephra d'origine exotique (marqueur M8) et de composition similaire a été récemment identifiée et datée à 0,654 Ma (La Volpe, Principe 1989, 1994). Dans le bassin du Vallo di Diano, situé à 64 km au SSO de la zone d'étude, une tephra de composition identique (trachyte potassique) a été repérée au sein des dépôts du Pléistocène moyen (Russo Ermolli *et al.* 1995).

Quelle que soit son origine, la tephra 2.4 de Notarchirico se place au sommet d'une série volcano-sédimentaire identifiée dans le sondage Vn 88-2 de Notarchirico et rapportée à la *Formation de Piano Regio* (Raynal *et al.*, ce volume). Cette cinérite, dénommée *Tephra de Notarchirico*, située dans le Pléistocène moyen vers 640 ± 40 ka, est la seule retombée directe identifiée avec certitude dans un site acheuléen d'Italie méridionale.

6. CONCLUSION

On retiendra ici les quelques points de nature à éclairer les processus dynamiques liés au volcanisme qui sont à l'origine des mutations environnementales contemporaines de la présence humaine au Pléistocène moyen dans le bassin de Venosa.

Les différents macrofaciès observés et leurs signatures microfaciologiques, géochimiques et minéralogiques permettent de caractériser la *Formation de Piano Regio* et la *Formation de Tufarelle* et de proposer un parallélisme des séquences avec les phases éruptives successives reconnues dans le Vulture (La Volpe, Principe 1989, 1994; Brocchini *et al.* 1994) (tableau 3). Ces corrélations téphrostratigraphiques fixent très clairement l'âge Pléistocène moyen des différentes formations du bassin.

Plusieurs retombées pliniennes ponceuses ont recouvert largement le bassin à plusieurs reprises au cours de l'activité ancienne du Vulture. La puissance *minimum* de ces recouvrements est de 0,1 à 0,3 m. Les panaches des colonnes éruptives atteignaient sans doute des hauteurs de 20 à 30 km; la hauteur de leur partie basale en régime forcé d'expulsion des gaz peut être estimé de l'ordre de 3 à 5 km; leur effondrement partiel et des épisodes phréatomagmatiques ont initié des coulées pyroclastiques.

Ces coulées pyroclastiques à ponces (déferlantes, coulées, nuées cendreuse) en suspension dans des souffles gazeux d'une température bien supérieure à 100° C et se déplaçant à des vitesses élevées ont à plusieurs reprises atteint le coeur du bassin. Ces ignimbrites et co-ignimbrites ont ennoyé toute la partie ouest du bassin, dépassé Venosa et sans doute atteint l'emplacement du site acheuléen de Notarchirico comme l'atteste la carotte Vn 88-2 extraite près du gisement.

MONTE VULTURE *	BASSIN DE VENOSA
Unità di Laghi di Monticchio <i>132 ± 12 ka</i>	
Unità di Casa Lopes e Masseria Granata <i>484 ± 08 ka</i>	<i>Formation de Tufarelle</i> ** (Membres A, B, C)
Unità di Vulture - San Michele <i>601 ± 07 ka</i> <i>624 ± 30 ka</i> <i>630 ± 06 ka</i>	
Unità di Rionero - Barile, M12 <i>612 ± 20 ka</i>	
Marker M8 Unità di Masseria Boccaglie <i>654 ± 11 ka</i> <i>655 ± 25 ka</i> <i>≤ 660 ka</i>	<i>Complexe de Notarchirico</i> <i>Tephra de Notarchirico</i>
Unità di Fara d'Olivo <i>674 ± 07 ka</i> <i>741 ± 39 ka</i>	<i>Formation de Piano Regio</i> **
Activité volcanique initiale ?	
	<i>Formation de Fonte del Comune</i>
* Brocchini <i>et al.</i> 1994; La Volpe, Principe 1989,1994	** Lefèvre <i>et al.</i> 1994

Tab. 3. Téphrostratigraphie du Monte Vulture et lithostratigraphie du bassin de Venosa.

Retombées pliniennes ponceuses, déferlantes et coulées pyroclastiques à ponces caractérisent la *Formation de Piano Regio*. Les différentes occupations humaines du site de Notarchirico sont intervenues immédiatement après ces éruptions répétitives. Un épisode éruptif – dont l'origine est peut être exotique – a cependant affecté directement le site par un lit de cinérites à composition trachytique (*Téphra de Notarchirico*).

Des retombées scoriacées grises à large dispersion, témoignent d'éruptions en régime plinien lors de l'activité récente du Vulture et caractérisent la *Formation de Tufarelle*. Les retombées repères R1 et R2, retrouvées sous les niveaux archéologiques de Loreto, autorisent à situer ces derniers dans la partie supérieure de la *Formation de Tufarelle*. Des épicasites présentes au sommet de la séquence de Notarchirico ont une composition et un âge TL qui les rapproche également de la série de Tufarelle.

Ces quelques exemples illustrent bien le potentiel du bassin de Venosa en matière d'identification des produits éruptifs distaux du Monte Vulture et de caractérisation de leur impact sur les environnements de l'Homme au Pléistocène moyen.

Crédit illustrations: sauf mention particulière, les levés, dessins et photographies sont des auteurs.

Remerciements: Guy Camus à l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand, Etienne Juvigne à l'Université de Liège et Claudia Principe au CNR de Pisa ont contribué aux études géochimiques et communiqué des résultats inédits. A l'Institut du Quaternaire de l'Université de Bordeaux 1, UMR 9933 CNRS, Mosshine El Graoui a fabriqué les lames minces et Geneviève Papy a réalisé les analyses granulométriques. Les missions de terrain et les travaux de laboratoire ont été financés par la Soprintendenza Speciale al Museo Nazionale Preistorico Etnografico "L. Pigorini" di Roma, l'Institut du Quaternaire de l'Université de Bordeaux 1 (URA 133 et UMR 9933 CNRS), le Laboratoire de Géomorphologie et d'Etude du Quaternaire de l'Université des Sciences et Technologies de Lille, la Région Aquitaine dans le cadre du projet *Espaces volcaniques préhistoriques* et le GDR 1122 CNRS *Hommes et Volcans avant l'Histoire*.

SUMMARY

Distal tephra deposition in Middle Pleistocene fill of Venosa basin

The basin of Venosa has been affected by repeated episodes of volcanism originating from nearby Monte Vulture (Photo 1).

At the heart of Venosa valley over 20 km from the eruptive centre, three main types of pyroclastic deposits have been identified: 1) plinian ashfall, 2) vesiculated tuffs and accretionary lapilli, 3) pyroclastic flows. In addition deposits of exotic tephra, evidence for distant eruptions of great size and power are also preserved. These different facies characterise the Piano Regio Formation (Photos 2, 3, 4 and 5; Figs. 1-2). The Tufarelle Formation follows sequentially and is formed of several different facies: concentrated flows interpreted as lahar deposits, multiple layers of scorias (Photo 6, Figs. 1-3) and terminal deposits of pyroclastic flows which settled in marsh environments in the valley bottom (Fig. 3). The Piano Regio and Tufarelle Formations constitute the Middle Pleistocene fill of the basin of Venosa (Lefèvre et al., this volume).

At the site of Notarchirico, some 23 km from the volcano Monte Vulture, the most common features are reworked tephra (units 3 and 1.6.1), but an undisturbed tephrostratigraphic complex (2.1/2.4) of cinerites occurs in primary position (Photo 27).

1. The plinian ashfall

Easily identified by their colour and their constant thickness, these deposits are excellent references which identify and characterise the Piano Regio Formation. These deposits are the result of plinian eruptions of Monte Vulture (Photo 3).

Variations in colour, from white to grey, are visible in several sections and are interpreted as a syneruptive evolution of the alkalinity of magma (Fischer, Schmincke 1984; Cas, Wright 1992), for example at Fontana dei Lazzari (samples 93040 and 93041, Tab. 1, Fig. 7, Photo 5).

Under the microscope (Photo 7), pumices are highly vesiculated, some of them being fibrous. Besides Häüyne and brown Apatite (Photos 9 to 12), lava clasts and cumulates (\varnothing 1cm environ) with green clinopyroxenes and brown hornblendes (Photo 8) also may be seen. Inman parameters 1952) ($Md_{\phi} = -0,25$ and $\sigma_{\phi} = 2,30$) characterize falls in Md_{ϕ}/σ_{ϕ} diagram (Walker 1971) (Fig. 4).

2. The surges with accretionary lapilli and vesiculated tuffs

Accretionary lapilli (Moore, Peck 1962) are generally formed in the eruptive column of phreatomagmatic eruptions, but they are also formed in surges and pyroclastic flows (Walker 1971; Fischer, Schmincke 1984; Cas, Wright 1992). Vesiculated tuffs are created when voids in fine tephra are initially filled with gas which is the main agent determining surge velocity (Lorenz 1974). Accretionary lapilli produced in surges or co-surges and vesiculated tuffs are two clear indicators of flow temperature and dynamic emplacement.

The recognition of these characteristic facies in the centre of the Venosa basin is a new discovery for this area. They indicate that, without doubt, such pyroclastic deposits were transported to the centre of the basin while suspended in high temperature aerosols having temperatures in excess of 100°C (Moore, Melson 1969; Davies et al. 1978; Sparks et al. 1978). They arrived on several occasions from the eruptive source over 18/20 km distant (Photo 5).

Under the microscope, vesiculated tuffs (sample 95006, Photos 13-14) are seen to be formed from a mixture of crushed lava and mineral fragments. The vesicles do not appear to have undergone secondary mineralisation. Also identified was a relatively regular micro-lamination of fine ash with graded bedding. The fragments of lava, pumice and assorted minerals laid down in laminations have coatings typical of the initial stage of accretion.

True accretionary lapilli are associated with base-surge megastructures (sample 95004). These are clasts of a variable nature (crystal, lava clasts, pumice, scoria, fine ash) coated with relatively thick layers of fine particles (Photos 15-16). Their internal structure is variable (Photos 17-18).

3. Pyroclastic flows

Numerous pyroclastic flows, some of which were preceded by the previously described surges, reached the centre of the basin and form the Piano Regio Formation.

Microscopically, the matrix is composed of small fragments of clinopyroxenes. In the compact heart of the flow, we observed accretionary lapilli, formed around a nucleus of variable nature (pumice, broken lava, mineral fragments) on which the fine ash has accumulated (Tab. 4, Photos 19-20).

4. Widely dispersed scorias falls

Marker R1 of the Tufarelle Formation is taken as the type (Photo 6). Inman parameters (1952) clearly identify this sample in the full area of Md_{Φ}/σ_{Φ} diagram (Walker 1971). The granulometry is the same as for the plinian pumice falls (Fig. 4).

The base of the deposit is fine-grained, with numerous black, angular and lightly vesiculated tempered scorias, containing weathered feldspathoids (haiüyne), green clinopyroxenes (augite type and aegerinic augite type), acicular olivines and rare alkaline feldspars (Photos 21, 22 and 26). These characterise a phreatomagmatic event, as, for example, a blast event.

Overlying this layer, are more vesiculated grey scorias and fewer black scorias, indicating a higher eruption regime. The size of automorphic pyroxenes is bigger than in the base of the deposit, which indicates a draining of the lower parts of the magmatic chamber.

The top of the deposit is framework-supported (Walker, James 1992) (Photos 23 à 25) containing very large scoria fragments ($\phi \geq 1\text{cm}$).

Thus, grey scorias of Marker R1 of the Tufarelle Formation are the result of a violent eruption which began with a phreatomagmatic phase and gradually reached a plinian regime. Its geochemistry (Tab. 1, Fig. 7) is close to that of tephrites with haiüyne from Monte Vulture (Hieke-Merlin 1964, 1967; La Volpe, Principe 1994).

Other widely dispersed scoria falls have been identified within the Tufarelle Formation. Among them, Marker R2 and the Upper fall at Tufarelle Cava (sample 9118) have a finer granulometry, indicative of lower explosive energy or of a different position under the eruptive plume (Fig. 4).

5. Distal tephtras at Notarchirico

At Notarchirico (Fig. 5), most of the tephtra beds are reworked, as evident for example in units 3 and 1.6. The only distal direct tephtra falls which are preserved intact constitute the tephtric complex 2.1/2.4 (Figs. 5-6, Photo 27).

Unit 2.2

This cineritic unit consists of balls of white compact sediment, deformed and included in the upper part of unit 2.1. In thin section (sample 9003), they are composed of an accumulation of volcanic glass sherds (25 to 100 μm), with very rare biotites and green pyroxenes microliths. This is an authentic direct cinerite.

Unit 2.3

This is a sandy compact grey-pink laminae. Under the

microscope (sample 93001), one can observe an accumulation of volcanic glass, heavily masked by a secondary crystalization of micritic carbonates. Mineralogically it contains microlithic green clinopyroxene and rare biotites. This is a direct fall product.

Unit 2.4

This Unit is a 20 cm thick white and compact strata (Photo 28).

Microscopically (samples 93001 and 93002) (Photos 29-30), one can observe a compact accumulation of glass sherds of various types (Y, X, T). Electronic microscopy (Photos 31 to 37) reveals fragments of two different varieties of glass:

- vitric spherules between 10 and 20 μm (Photos 32 and 33), which accumulated at viscous stage.

- vitric tubules, to 250 μm long (Photo 34), welded together in linear formations (Photo 35).

Between the glass fragments, plate-like sherds and other shapes which derive from the fragmentation of spherules and tubules are present. The glass is locally weathered (Photos 36-37).

These observations indicate a relatively viscous trachytic magma which triggered a plinian eruption, a distal cinerite of which is preserved here (Tab. 2, Fig. 7).

This fall may originate from Monte Vulture, which emitted lavas of similar composition (Tab. 2) and its "Marker M8" is dated at 0,654 Ma (La Volpe, Principe 1989, 1994). In Vallo di Diano, 64 km south-south-west of Venosa, a similar tephtra has been identified in Middle Pleistocene deposits (Russo Ermolli et al. 1995).

Whatever its origin, tephtra 2.4 at Notarchirico lies at the top of a volcano-sedimentary sequence identified in core Vn 88-2 from Notarchirico and clearly belongs to the Piano Regio Formation (Raynal et al., this volume). This cinerite, named Notarchirico Tephtra, is placed in the Middle Pleistocene circa 640 \pm 40 ka following TL dating on quartz from layer 2.1 (Pilleyre 1991; Pilleyre et al., this volume). It is the sole cineritic tephtra so far identified in an Acheulian site in Southern Italy.

6. Conclusion

Facies, geochemistry and mineralogy characterise the Piano Regio Formation and the Tufarelle Formation and allow us to propound a correlation with the tephrostratigraphy of Monte Vulture (La Volpe, Principe 1989, 1994; Brocchini et al. 1994) (Tab. 3). They clearly indicate a Middle Pleistocene age for the various formations in the Venosa basin.

Several plinian pumice falls originating from Monte Vulture have affected the basin. The minimum thickness of these mantles was

0,1 to 0,3 m. Plumes from the eruptive columns reached 20 to 30 km up into the atmosphere. The height of their basal part can be estimated at 3 to 5 km. It was the partial collapse of these which initiated the pyroclastic flows.

These pumiceous pyroclastic flows of high temperature, moved at high speed and reached the heart of the basin on several occasions. Ignimbrites and co-ignimbrites invaded the western part of the basin, passed the location of Venosa and reached Notarchirico. This is confirmed by the occurrence of the facies in core Vn 88-2.

Plinian falls, surges and pyroclastic flows characterise the Piano

Regio Formation. Human settlement at Notarchirico occurred immediately following some of these eruptions. An exotic trachytic cinerite (Notarchirico Tephra) also covered the site.

Widely dispersed grey scoria falls, characterise recent plinian-like eruptions of Monte Vulture. They characterise the Tufarelle Formation. Markers R1 and R2 occur under the archaeological layers at Loreto (Lefèvre et al., this volume) and therefore place this well-known palaeolithic site of the Venosa basin in the upper part of the Tufarelle Formation.