

Le strato-volcan du Cantal, une approche par la pétrographie

1. Introduction

2. Lignes directrices et limites de l'atlas.

- Les phases de construction, effondrement et reconstruction. L'intérêt des repères volcano-sédimentaires et les datations.
- La série alcaline du Cantal
- Les différents types de dépôts pyroclastiques. Les brèches. (voir guides de la notice générale)

3. Présentation par phases, avec localisations des échantillonnages utilisés pour les lames minces

Phase 1. « Infracantalien ». Basaltes et basanites. Ankaramites.

Phase 2. Construction du paléovolcan, épisode des ponces. Rhyolite d'Armandie. Gabbros.

Phase 3. Première partie, vallée du Mars : effondrement du versant nord-ouest et dépôts d'avalanche de débris. La cicatrice fossile.

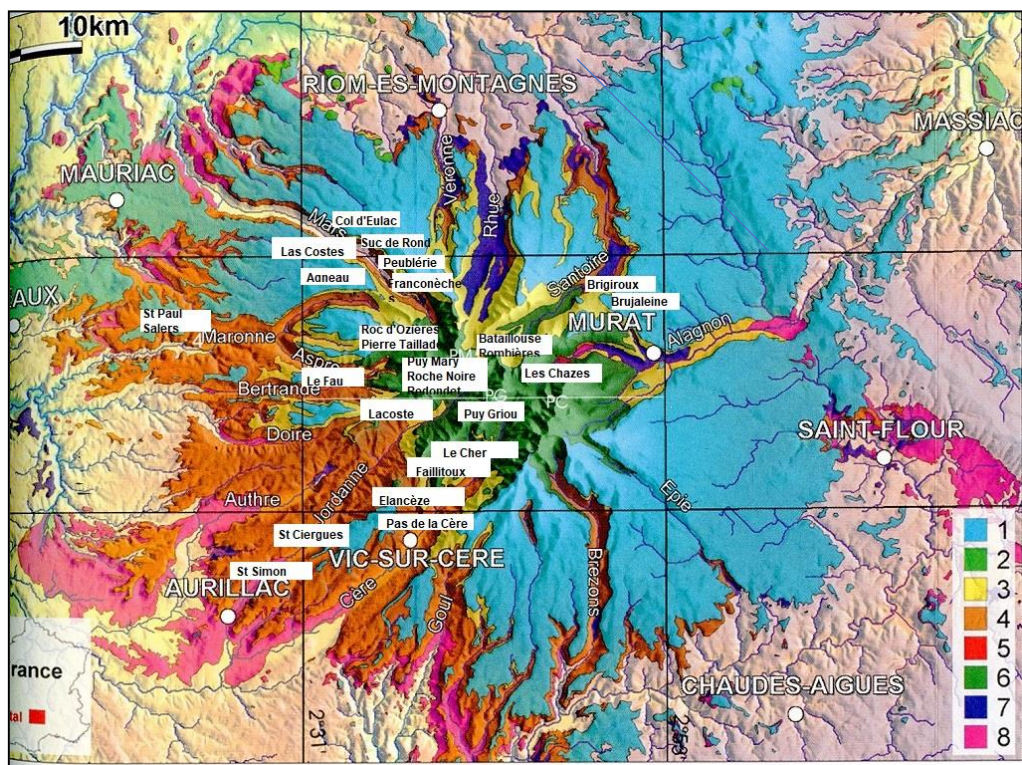
Seconde partie, vallée de la Jordanne: avalanche de débris.

Phase 4. Edification du néovolcan et démembrement de ce dernier, versant nord-ouest

Phase 5. Coulées, dômes et dykes de téphriphonolite et de phonolite

Phase 6. Trachytes et nuées ardentes trachytiques du Puy Mary

Phase 7. « Supra cantalien ». Basaltes et basanites.



1 = basaltes supracantaliens, 2 = phonolites, 3 = dépôts de coulées de débris, 4 = dépôts d'avalanches de débris, 5 = formations cendro-ponceuses, 6 = brèches et coulées trachyandésitiques du stratocône, 7 = basaltes infracantaliens, 8 bassins sédimentaires oligocènes. *Notice feuille Murat. P.Nehlig (2001)*

4. Bibliographie

1. Introduction

Le complexe volcanique du Cantal, plus grand strato-volcan d'Europe, offre un vaste terrain d'étude pour la volcanologie et les études pétrographiques associées. Sa taille même et sa complexité obligent à faire des choix dans notre présentation et dans les lames minces que nous décrivons dans ce chapitre de l'atlas de la SAGA. Ces choix reposent d'abord sur l'étude de la documentation, très abondante dans le cas du Cantal : quelques éléments de bibliographie en fin de chapitre. Plusieurs générations de géologues se sont succédé depuis le début du XX^{ème} siècle, pour étudier ce géant et les questions qu'il a longtemps posées.

Notre connaissance a été acquise sur le terrain par cinq voyages d'étude échelonnés sur plus d'une décennie. Voyages de reconnaissance ou de groupes de trois à quatre jours. On trouvera les références d'articles publiés dans le bulletin de la SAGA, dans le chapitre bibliographie. Dans le travail préparatoire de l'atlas pétrographique du Cantal, nous avons été conduits à sélectionner les reliefs et les vallées sur lesquels nous voulions porter l'effort : voir la carte géologique schématique ci-dessus. Nous exposons ci-dessous la logique qui a présidé à ces choix.

2. Lignes directrices et limites de l'atlas

2.1 - Les phases de construction, effondrement et reconstruction. L'intérêt des repères volcano-sédimentaires et des datations.

A l'origine, le plan était de décrire les différents types de roches par grands secteurs ou vallées visités, ainsi que sur les principaux reliefs. Ce plan n'a pas été retenu comme ligne directrice, nos visites et collectes étant lacunaires sur le plan strictement géographique. De plus l'atlas pétrographique de la SAGA a toujours cherché à établir le lien entre pétrographie, volcanologie, et histoire géologique du complexe étudié. Aussi la ligne retenue a consisté à guider la présentation à partir des grandes périodes d'édification, d'effondrement et de reconstruction du strato-volcan.

Cependant la localisation géographique continue à jouer un rôle fondamental. Naturellement les spécimens sélectionnés se rapprochent de ceux décrits dans la bibliographie, pour leur représentativité mais aussi parfois pour leur singularité.

Il faut également noter une particularité du complexe du Cantal, qui est l'abondance (80% en volume émis) prépondérante des brèches (Leyrit H. et Nehlig P. (2001)). Elle ne se retrouve pas entièrement dans les choix de nos échantillons, qui sont souvent prélevés dans les coulées, les dykes... Néanmoins nous décrivons plusieurs exemples de brèches : voir § 2. 3..

Les phases de première édification (paléovolcan), puis d'effondrement et de reconstruction (néovolcan) sont bien documentées dans les publications qui ont suivi l'événement qui a bouleversé les interprétations : l'éruption du Mont St Helens dans l'état de Washington (18 mai 1980). Nous donnons quelques références dans la bibliographie en fin de chapitre. Ces phases sont encadrées par la phase la plus ancienne de dépôt des basaltes infracantaliens et par la phase finale la plus récente de recouvrement par les vastes coulées de basalte supracantalien.

La **figure 1** montre la chronologie des éruptions du Cantal entre 12 et 1,5 Ma, avec une activité très intense d'émissions de trachyandésites entre 8 et 7 Ma. L'accumulation de ces coulées et de ces pyroclastites se révèle instable comme dans la plupart des exemples de strato-volcans de même nature. Associée à d'autres causes, l'accumulation a provoqué de multiples effondrements de grande ampleur - au moins quatre - dont les âges peuvent être encadrés par les datations attribuées aux coulées identifiées à la base et au sommet des avalanches (Nehlig P., 2001).

Les dessins des **figures 2a** et **2b** donnent un aperçu schématique et dimensionnel du complexe volcanique dans toute son extension.

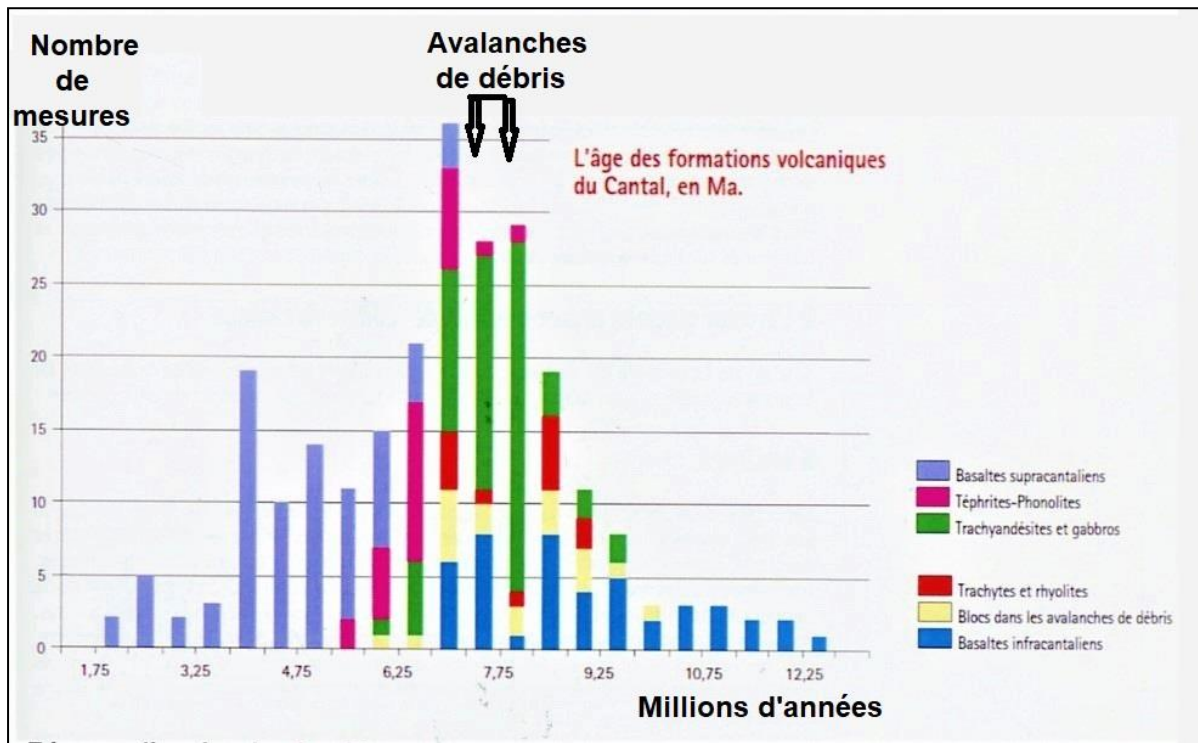


Figure 1. Age des formations volcaniques du complexe du Cantal.

Les lames minces présentées dans l'atlas sont toutes issues de produits d'éruptions de la période centrale entre 9 et 6 millions d'années. L'intervalle très court pendant lequel ont eu lieu les grands effondrements du strato-volcan dont témoignent les avalanches de débris, est représenté en haut de la figure par un trait encadré de deux flèches. Il est de moins de 400.000 ans, ce qui est très peu au regard de l'échelle géologique du complexe volcanique, étendue sur environ 10 millions d'années. (Tiré et adapté de : Nehlig P. et al., 2019.)

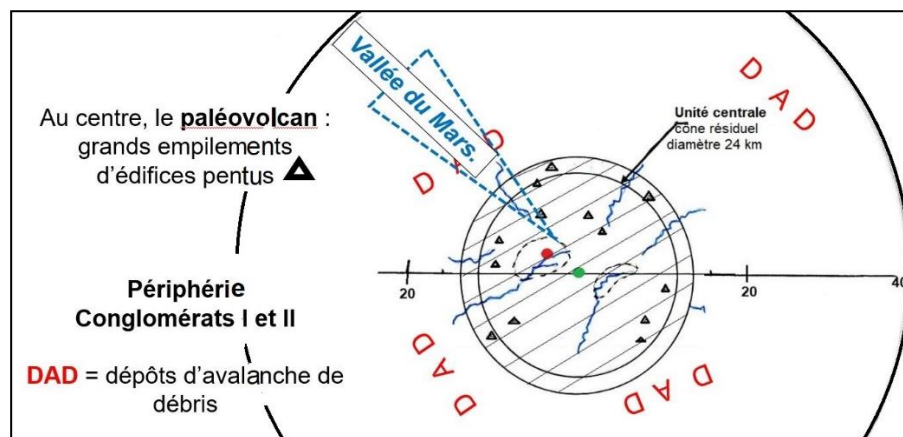


Figure 2a.

La zone périphérique des conglomérats, d'environ 80 km de diamètre, contient le **paléovolcan**. C'est un complexe édifié par l'empilement d'éruptions issues d'un grand nombre d'édifices à l'intérieur d'un diamètre d'environ 24 km. Avant la phase d'effondrements multiples, le strato-cône aurait pu atteindre une hauteur supérieure à 3000 m. Le centre géométrique est au voisinage du dôme phonolitique du Puy Griou (point vert sur le schéma). Dessin D. Rossier.

L'unité centrale est entourée d'une vaste région de dépôts conglomératiques de deux types.

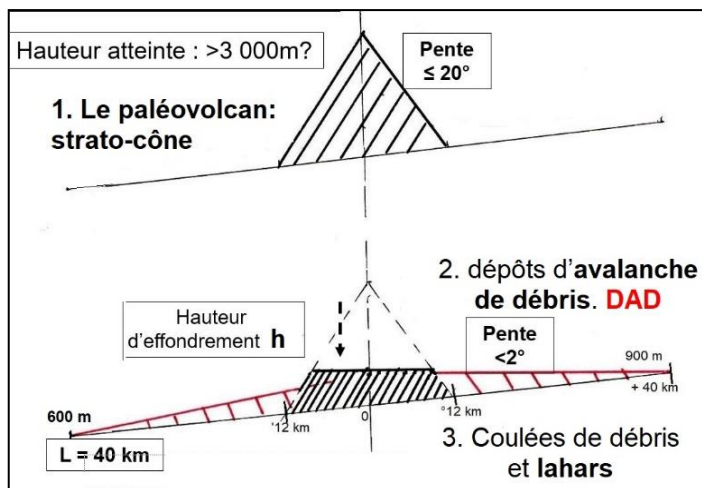
Les **conglomérats de Type I**, dépôts d'avalanche de débris (**DAD** sur la figure) ; ce sont des **dépôts secs**, très visibles dans les douze vallées qui rayonnent autour de l'unité centrale.

Les **conglomérats de type II**, coulées de débris et lahars, tous liés à l'entraînement par l'**eau**. L'atlas présente une sélection d'observations, faites dans les segments proximaux¹ de trois vallées dont la principale est la vallée du Mars (en bleu ci-dessus). Les deux autres sont la vallée de la Jordanne et celle de la Cère.

¹ distants de moins de 10 km de la bordure de l'unité centrale.

Figure 2b.

Coupe du complexe mettant en lumière les différences de pente entre le strato-cône ou unité centrale, et les dépôts conglomératiques I (DAD) et II (coulées de débris et lahars). Ces derniers sont intimement superposés sur une zone très étendue, de 40 km de rayon autour du centre. Dessin D.Rossier.



Parmi les trois vallées citées plus haut, celle du Mars se prête bien aux relevés des repères volcano-stratigraphiques des conglomérats I et II. Cependant, comme nous l'avons déjà signalé, nous n'avons décrit dans l'atlas que les observations faites dans la zone proximale par rapport au stratocône : voir le **paragraphe 3** suivant, **phase 3**.

La phase d'effondrement nécessitait une attention particulière. On suppose qu'il y a eu plusieurs événements d'effondrements majeurs. C'est l'effondrement du versant nord-ouest (face en particulier à la vallée du Mars) qui a retenu notre attention : en effet, l'hypothèse d'une cicatrice fossile de l'évènement est documentée dans la référence Fréour (1998), citée dans la bibliographie de cette notice. Elle est localisée dans les environs du lieu-dit « **Roche noire** », à proximité du Pas de Peyrol. C'est la raison des nombreux échantillonnages effectués par nous sur le site de Roche Noire, et des fiches Atlas correspondantes, présentées dans le même **paragraphe 3**, **phase 3**.

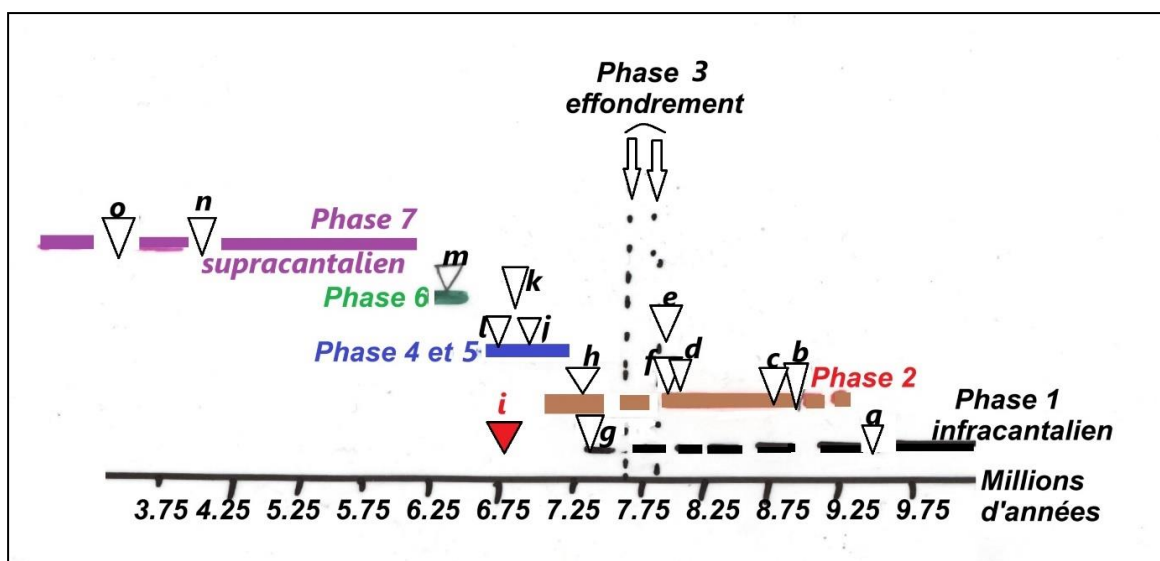


Figure 3. Diagramme temporel des 7 phases successives, utilisées pour l'organisation de l'ATLAS.

Certaines se chevauchent. Les flèches renvoient à des sites de prélèvement :

a : Faillitoux, **b** : Elancèze, **c** : Armandie, **d** : Peyre Arse, **e** : Pierre Taillade, **f** : Peyre del Cros, **g** : Franconèche, **h** : Col de Chapeloune, **i** : Lacoste, **j** : dyke de Chapeloune, **k** : Le Cher, **l** : Puy Griou, **m** : Puy Mary, **n** : Brujaleine, **o** : Suc de Rond.

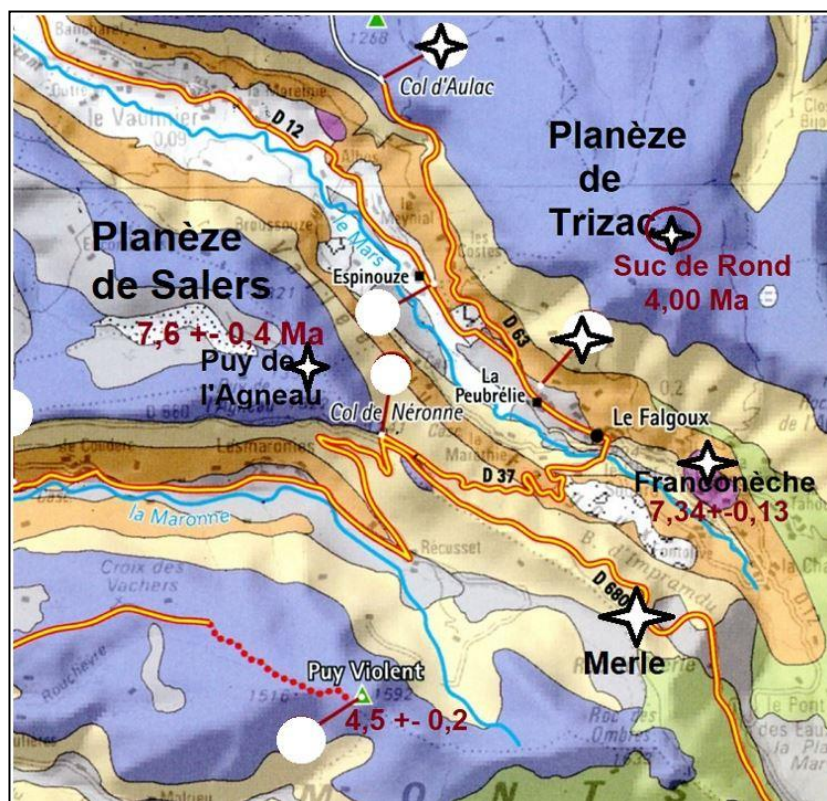
Les très nombreuses datations effectuées sur le complexe² ont permis de placer les phases successives dans le temps, **figure 3**. Un conglomérat ou une brèche ne peuvent pas être datés pour eux-mêmes, à cause de la disparité éventuelle des composants ; néanmoins on peut contraindre la date de l'évènement par les repères volcano-stratigraphiques de coulées voisines dans la pile stratigraphique. C'est ainsi que la période des conglomérats de la vallée du Mars a

² Voir le tableau des datations pages 254 à 260 dans la notice de la carte géologique, feuille Murat, édition BRGM 2001.

pu être estimée entre 8 et 7,2 Ma, à partir de la datation des planèzes supracantaliennes à proximité immédiate à $7,6 \pm 0,4$ Ma, et d'un témoin supposé précédant l'effondrement à $7,34 \pm 0,13$ Ma (voir le dossier Franconèche),

Figure 4.

Les croix indiquent la position de nos prélèvements sur des basaltes, comme Franconèche (basalte supposé infracantalien) d'une part, et le Puy de l'Agneau, le rocher de Merle et la planèze de Trizac (basalte supracantalien). Carte schématique tirée et adaptée de de Nehlig P., (2007).



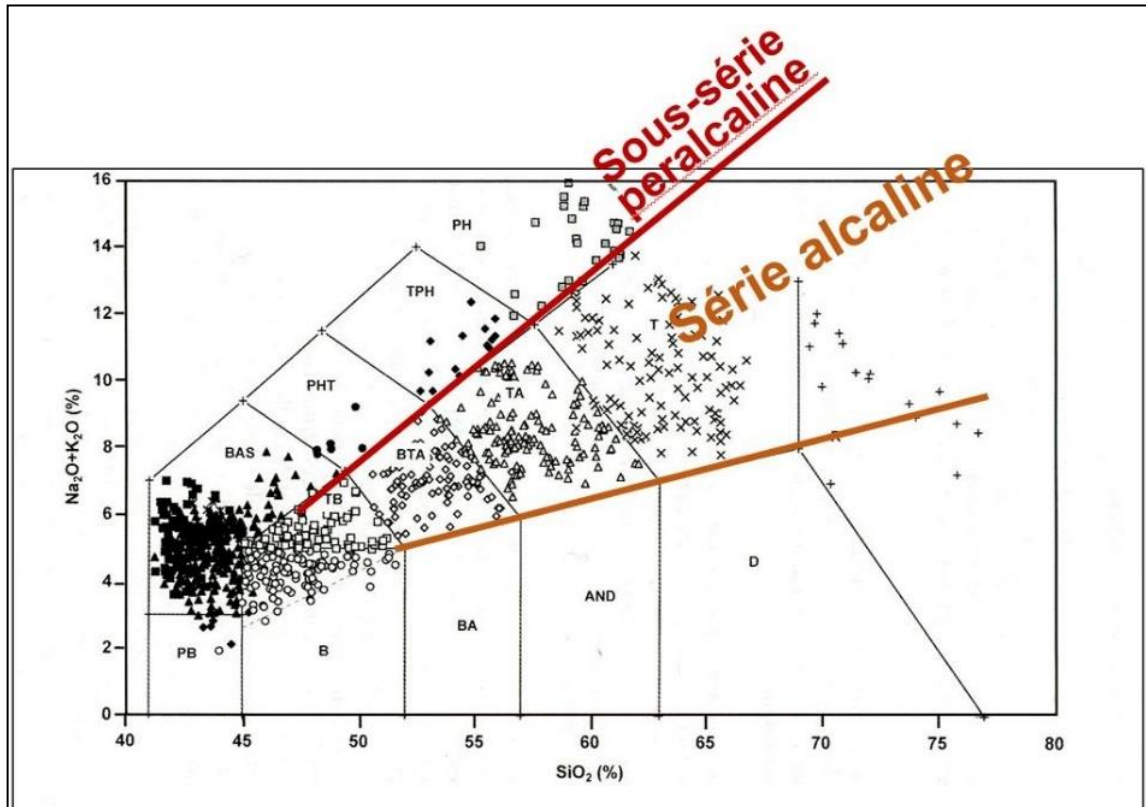
2.2. La série alcaline du Cantal

La place des roches éruptives du Cantal dans le diagramme TAS est donnée dans la **figure 5**, empruntée à la notice de la carte BRGM, feuille Murat. Chaque domaine de la série est représenté par une ou plusieurs fiches dans l'atlas, depuis les basanites jusqu'aux phonolites. La série est alcaline, très similaire à celle du Mont Dore, ou légèrement plus alcaline que celle de la chaîne des Puys. Noter la sous-série peralcaline intermédiaire entre alcaline et hyperalcaline, conduisant des basanites aux phonolites, en passant par les tephri-phonolites, avec le point de rebroussement conduisant aux phonolites agpaïtiques (Varet J. 1969).

- **Basaltes** et **basanites** sont décrites dans les phases **1** et **7**.
- Les **trachybasaltes** sont décrits dans la phase **3**.
- Les **trachyandésites** au sens large (y compris latites) sont décrites dans les phases **2,3** et **4**.
- Les **trachytes** sont décrits dans la phase **6**.
- La sous série **peralcaline** est décrite dans la phase **5**.
- Les **rhyolites** sont mentionnées dans la phase **2**.

Figure 5. Diagramme TAS (total alkaly vs. Silica), du complexe du Cantal. Etabli pour la notice de la carte géologique (Nehlig P.) à partir de la nomenclature de Le Maître et al. (1989). Les domaines concernés sont les suivants :

B = basalte, TB = trachybasalte (ou hawaïite), BTA = trachyandésite basaltique (ou mugéarite), TA = trachyandésite (ou benmoréite), T = trachyte, R = rhyolite.
 Pour la sous-série peralcaline : BAS = basanite, PHT = phono-téphrite, TPH = téphri-phonolite, Ph = phonolite.



2.2- Les différents types de dépôts pyroclastiques. Les brèches.

Nos prélèvements sur les dépôts d'avalanches de débris se sont faits sur des panneaux géants (ex. Les Palières au-dessus de la Peublérie, ou au-dessus de St Cirques de Jordanne), mais aussi sur des brèches de progression en zone proximale : voir **figure 6**. Dans tous ces cas la description ne diffère guère de celle d'une roche effusive (lave). Dans la majorité des cas, les produits d'émission sont des variantes de trachyandésite, qui proviennent d'un magma visqueux. Les coulées proprement dites ne sont pas si fréquentes. Les dynamiques éruptives s'apparentent surtout à la formation de dômes et à leur explosion produisant des nuées ardentes. Les coulées de progression sont fréquentes.

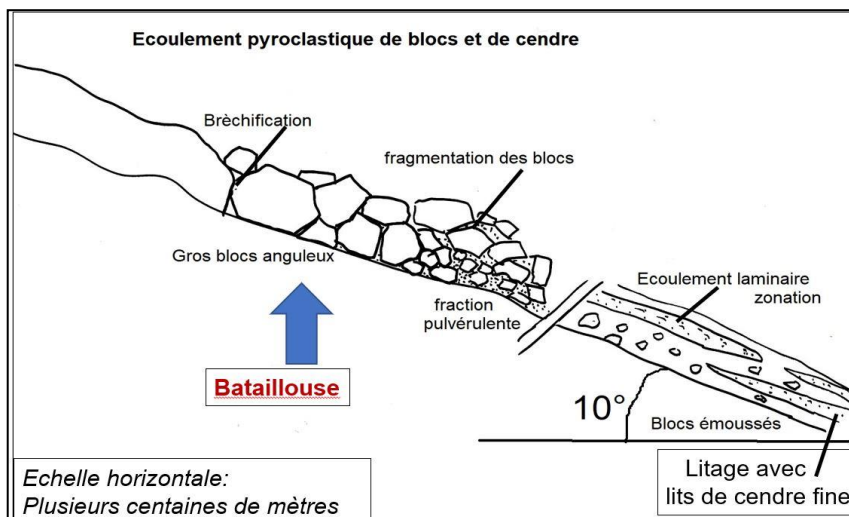


Figure 6.

Schéma montrant la variation du taux de fragmentation avec la distance de la bouche éruptive dans le cas des laves trachyandésitiques. En zone proximale d'une bouche d'émission la taille des blocs est plurimétrique : exemple au pied du Puy de Bataillouse, versant ouest. Dessin par D. Rossier, adopté d'une figure de l'article « écoulement de brèches » par A. de Goet (1976).

Dans le présent atlas du Cantal, il y a quelques exemples de brèches de nuées ardentes (Puy Mary), de coulées pyroclastiques, y compris de tufs cendro-ponceux (le Fau et Peyre del Cros). Enfin des exemples de lames taillées sur des échantillons prélevés sur des lahars (Cher, Las Costes), donc sur des brèches de produits volcano-sédimentaires. Dans tous ces cas, la description est sensiblement différente puisqu'il faut plutôt s'attacher à décrire la structure granulométrique, voire sédimentaire, ainsi que la diversité des composants.

3. Présentation en 7 grandes périodes, dites phases,

avec **localisation** des échantillonnages utilisés pour les lames minces. Comme il s'agit d'un atlas, les cartes sont indispensables. Le complexe du Cantal est immense : cela a nécessité de présenter un grand nombre de cartes de détail. Les lames sont identifiées par le code à 5 chiffres. Il y a au total 59 dossiers pour 74 lames minces décrites.

- **Phase 1. Infracantalien.** Basaltes, basanites et ankaramites.

N° L.M. Code 5 ch.	Date recueil	Lieu recueil	Code ou lieu échantillon	Nature
11866	22/08/20	Cascade de Faillitoux		Ankaramite β9
11846	22/08/20	Cascade de Faillitoux	Fa 1	Ankaramite β9
10122	2008	Pas de la Cère, dans les gorges de la Cère	Dans avalanche de débris	Ankaramite β9
11860	21/08/20	St Simon Jordanne	21A premier virage	Basalte à néphéline.
11861	21/08/20	St Simon Jordanne	21B premier virage	Basalte à néphéline.
11862	21/08/20	St Simon Jordanne	21C second virage	Trachybasalte
11954	21/08/20	Franconèche, sommet du volcan	12	Basalte aphyrique β

β et **β9** sont les codes de la notice de la carte géologique 1/ 50 000, feuille Murat, pour les basaltes et basanites et ankaramites.

Vallée de la Cère, voir carte de la **figure 7**. Les deux premières lames, décrites dans une même fiche, caractérisent l'ankaramite du site patrimonial de la cascade de Faillitoux, au fond de la vallée de Lasmolineries (vallée de la Cère). **10122** a été taillée dans un gros bloc de dimensions métriques dans les gorges de la Cère, au niveau du « Pas de la Cère » ; il a été transporté dans l'avalanche de débris et déposé, mais la coulée d'origine n'est pas connue exactement (**β9** de la grande coulée de Lasmolineries probable, voir carte géologique de la **figure 10**).

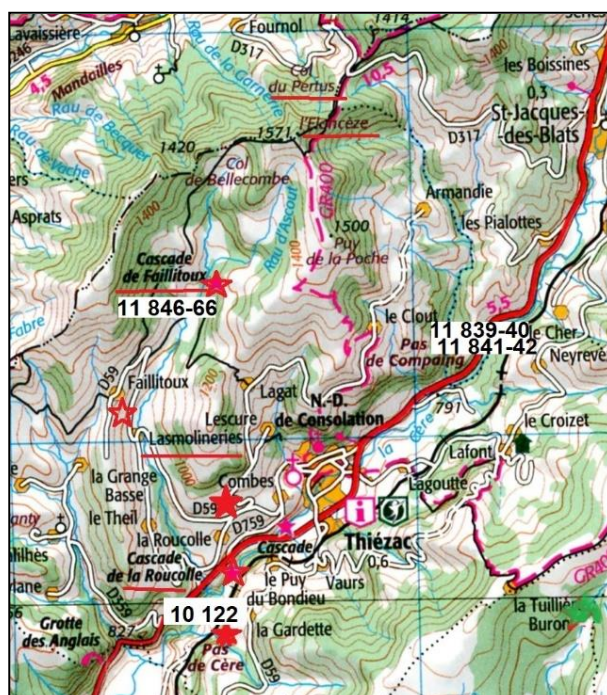
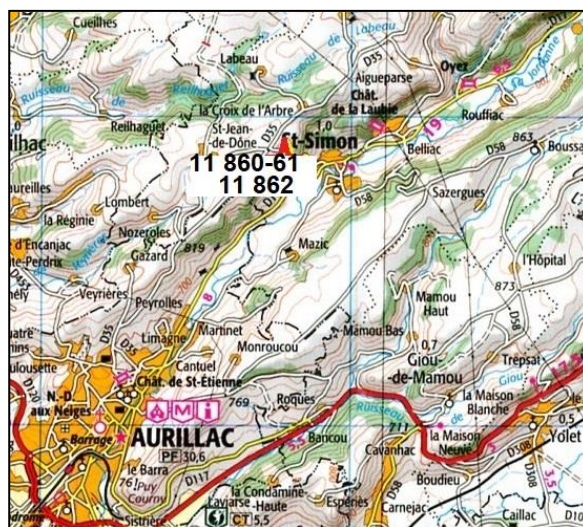


Figure 7. IGN 1/100 000. Sur le versant nord de la Vallée de la Cère, au voisinage de Thiézac : Cascade de Faillitoux. Également Pas de la Cère.

Vallée de la Jordanne, voir carte de la **figure 8** : **11860** et **1 861** ont été prélevés dans la coulée sur le talus de la route des crêtes (D35), au-dessus de St Simon. **11862** a été prélevé 200 mètres plus loin, également sur le talus de la route.

Figure 8. IGN 1/100 000. Sur le versant nord de la vallée de la Jordanne, à proximité de St Simon.



Vallée du Mars, voir carte de la **figure 9** : **11954** a été prélevé sur le petit volcan strombolien de La Franconèche, qui a été décapité par la grande avalanche de débris du versant nord-ouest. Voir également la localisation au paragraphe de la phase 3.

Figure 9. IGN 1/100 000. Le petit édifice strombolien décapité se dresse au-dessus du fond de vallée, au village de la Franconèche.

- **Phase 2.** Construction du **paléovolcan**, épisode des ponces. Rhyolite d'Armandie. Gabbros.

τa = Trachyandésite

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Code ou lieu échantillon	Nature
11839	22/08/20	Pont de pierre	PDP 3	Brèche polygénique de coulée de débris
11840	22/08/20	Pont de pierre	PDP 4	Rhyolite ρ
11842	22/08/20	Pont de pierre	PDP 6	Rhyolite ρ
11847	22/08/20	Elancèze	EI 1 sommet	τa
11848	22/08/20	Elancèze	EI 2 semelle	τa recuit
11849	22/08/20	Elancèze	EI 3 bloc pente	τa
11867	22/08/20	Pont de pierre		τa de brèche de progression
11871 11 872	23/08/20	Bataillouse 30 m au-dessus sentier	Coulée	τa à amphiboles
11873	23/08/20	Avant Puy Griou	23 C	Trachybasalte
11905	04/10/20	Piste col de Cabre, voisin du « grand tournant » D17	Dyke ou coulée ?	τa propylitisée

11906	04/10/20	Piste col de Cabre, voisin du « grand tournant » D17	Dyke ou coulée ?	Trachyandésite basaltique
11922 A et B	24/08/21	Le Fau, près Peyre del Cros	26	Brèche. Ponce

Abréviations : voir légende **figure 10**.

11840 et 11842 (un seul dossier) : la rhyolite dite d'Armandie, récoltée près du Pont de Pierre (carte ci-dessus, **figure 7**) est datée de 9,2 Ma ; c'est une des formations les plus anciennes du paléovolcan. (voir aussi l'extrait de la carte géologique BRGM, **figure 10**). La rhyolite a fait intrusion et coulée dans les brèches trachyandésitiques du Pont de pierre, représentées par **11839** et **11867**.

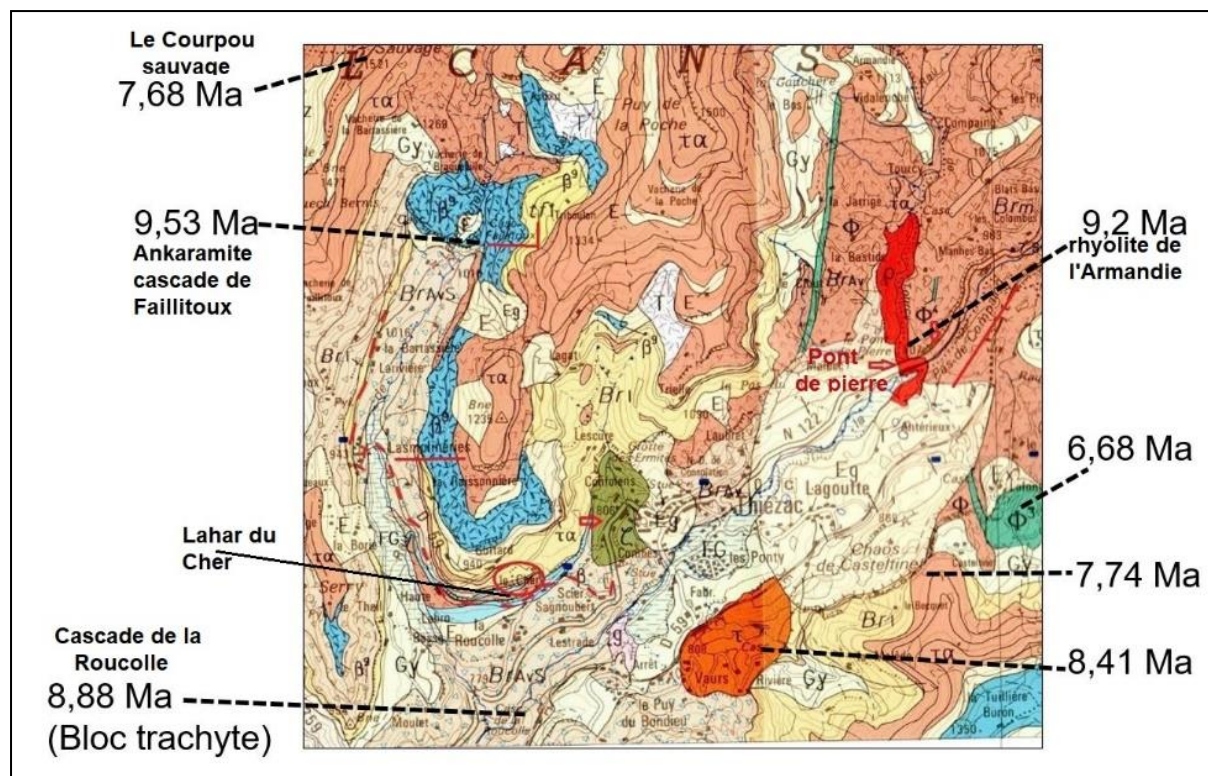


Figure 10. Extrait de la carte géologique au 1/50 000, feuille Murat. En ajout, mentions de datations de sites, issues des tableaux de la notice. Symboles : τ = trachyte, $\tau\alpha$ = trachyandésite, Φ = phonolite, β^9 = ankaramite, ρ = rhyolite, **Brl** = brèche de coulée de débris et de lahar, **BrAvS** = brèche d'avalanche de débris, **Brm** = brèche de progression.

11847, 11848, 11849 : l'Elancèze, centre éruptif important du paléovolcan, est considéré comme un des plus beaux belvédères de sud du Cantal ; il est voisin (à 2 km à l'est) du Courpou sauvage (tout en bas à gauche sur la carte de la **figure 11**). C'est un dôme de trachyandésite, daté de $8,8 \pm 0,25$ Ma.

11871, 11872 (un seul dossier) : Le Puy de **Bataillouse** fait également partie du paléovolcan (**figure 11**). Dans l'atlas, il donne un exemple de brèche de progression en position proximale, trachyandésitique. Sa datation n'est pas connue.

11873 a été échantillonné au col de Rombière, à quelques centaines de mètres des précédentes au-dessus du sentier conduisant au Puy Griou. (**figure 11**).

11905 est une trachyandésite prélevée sur la piste du col de Cabre, qui part du « grand tournant » de la route D17 conduisant du fond de la vallée de la Jordanne au Pas de Peyrol. Son seul intérêt est d'être le témoin de l'intense altération (propylitisation) des roches volcaniques dans le voisinage du massif intrusif hypovolcanique des gabbros de la ferme Lacoste (étoile blanche sur la carte de la **figure 11**, voir les lames **11910** et **11912**).



Figure 11. Carte IGN au 1/100 000 dans la région centrale à relief aigu, du paléovolcan (stratocône).

11922 A et B proviennent du plus important témoin des petites nappes de ponce émises à la fin de l'édification du paléovolcan : elles sont datées de $7,94 \pm 0,04$ Ma. Il s'agit de brèches, avec fragments cendro-ponceux mélangés avec d'autres pyroclastites.

Nous mettons à part le petit **massif hypovolcanique** d'intrusion, dit de la ferme Lacoste (Hte vallée de la Jordanne), tableau des lames minces ci-dessous. Il est daté de 7,8 à 8,1 Ma et s'est produit juste avant la période des effondrements, ou il en est contemporain. **Figures 11, 12.** La mise en place du laccolite¹ s'est accompagnée d'une injection intense de fluides hydrothermaux qui ont été la cause de la propylitisation des trachyandésites dans un rayon de 2 à 3 km, illustrée par les altérations observées dans la lame 11905.

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11 910	04.10.20	Lacoste	Repère 1	Gabbro-syénite
11 912	04.10.20	Lacoste	Repère 2	Gabbro-syénite

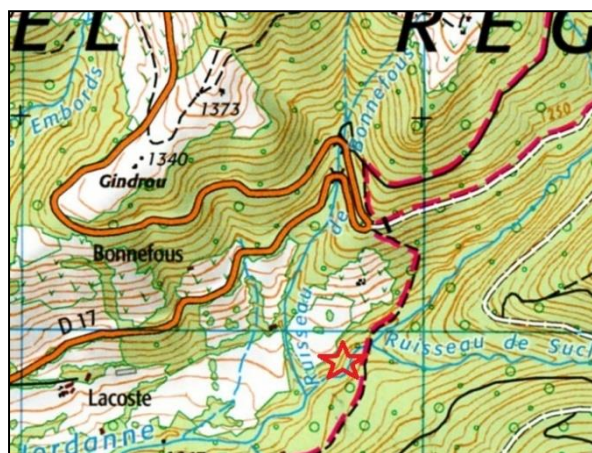


Figure 12. Extrait carte IGN 1/50 000. L'étoile rouge indique l'emplacement des prélèvements sur un des petits affleurements du massif hypovolcanique en contrebas du grand tournant. A raccorder à la figure 11 dont elle est un détail agrandi. Les échantillons repères 1 et 2 sont en fait très voisins et sont au confluent entre les ruisseaux de Bonnefous et de Suclong avec la haute Jordanne.

¹ Massif de roche magmatique plutonique en grosse lentille, de plusieurs kilomètres, à surface inférieure plane, et surface supérieure convexe vers le haut;

- **Phase 3. Première partie, vallée du Mars. Effondrement du versant nord-ouest et dépôts d'avalanche de débris. La cicatrice fossile de l'effondrement, RN (Roche Noire).**

On a rassemblé ces deux groupes de lames, témoins d'un évènement majeur dans l'histoire du versant nord-ouest du complexe (articles Rossier D. et al. dans SAGA information).

Les abréviations sont celles de la carte géologique en référence : **Br av** = brèche d'avalanche de débris et **Br sv** = brèche stratifiée de versant.

Vallée du Mars – dépôts d'avalanches de débris

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11931	22/08/21	Peubrélie, falaise	18 In situ	$\tau\alpha_1$ latite, dans Br av
11938 Voir 11939	22/08/21	Falaise Peubrélie.	19 In situ Clair gris bleu fluidal à gros grains	Dans Br av (brèche d'avalanche de débris) : Limite entre $\tau\alpha$ et trachyte
11939	22/08/21	Falaise Peubrélie. Gris clair, gros grains	17 In situ	Dans Br av : Limite entre $\tau\alpha$ et trachyte

Versant nord-ouest

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
versant Nord-ouest	Roche Noire = RN	Cicatrice fossile et dyke de Roche Noire = RN	Cicatrice fossile et dyke	Cicatrice fossile et dyke de Roche Noire = RN
11876	24/08/20	RN. Versant nord sur la D17 en allant vers Pas de Peyrol	Ech A. Bloc scoriacé	Trachybasalte, soit $\tau\beta br$ pour l'unité de Rolland
11936	21/08/21	D 17 sous RN, versant sud.	Bloc 2-2 Mal consolidé	Dans brèche de versant Br sv : trachybasalte, soit $\tau\beta br$ pour l'unité de Rolland
11940	21/08/21	D17, sous RN, virage à gauche après dyke.	2-4 : bloc « rouillé », gris sombre	Br sv : bloc monogénique dans brèche de versant, $\tau\alpha$ à hypersthène (latite)
11941	21/08/21	Dyke sous D17 (vallée Jordanne) 1488 m	1-2 : petit bloc bulleux, scoriacé	$\tau\alpha$
11942	21/08/21	D17, sous RN, versant sud,	Bloc 2-3	Dans brèche de versant Br sv : trachybasalte, soit $\tau\beta br$ pour l'unité de Rolland
11958	21.08	D 17 sous RN, versant nord	Bloc 7-1	Trachybasalte vésiculaire, soit $\tau\beta br$ pour l'unité de Rolland
11959	21.08	D 17 sous RN, versant nord	Bloc 7-2	Trachybasalte non vésiculaire, soit $\tau\beta br$ pour l'unité de Rolland
11961	21.08	D17 versant sud, vallée Jordanne	Bloc 2-1	Dans brèche de versant Br sv : bloc de $\tau\alpha$
11976-1 et 2	21/08/21	Dyke sous D17, face vallée Jordanne	Bloc 1-2	Trachyandésite vésiculaire, mugéarite

Dans la première partie du tableau, trois lames **11931, 11938 et 11939** figurent les prélèvements effectués sur la falaise au-dessus des Palières. La falaise est constituée de panneaux géants empilés par l'avalanche de débris du versant nord-ouest. Carte de la **figure 13**.

Dans la seconde partie, une dizaine de prélèvements ont été nécessaires pour cartographier l'environnement du lieu-dit Roche Noire (RN) et confirmer l'hypothèse de cicatrice fossilisée du mur d'effondrement. Carte de la **figure 14**. Les cartes adaptées des agrandissements de la carte géologique (feuille Murat) sont extraites des articles cités (Rossier D, BAYAERT B, GRIMAUT Y, SAGA information) : **figures 15 et 16**.



Figure 13. IGN 1/50 000. Les flèches indiquent les lieux de prélèvements in-situ dans deux panneaux distincts, des échantillons relatifs à 11931 et 11938 -11939

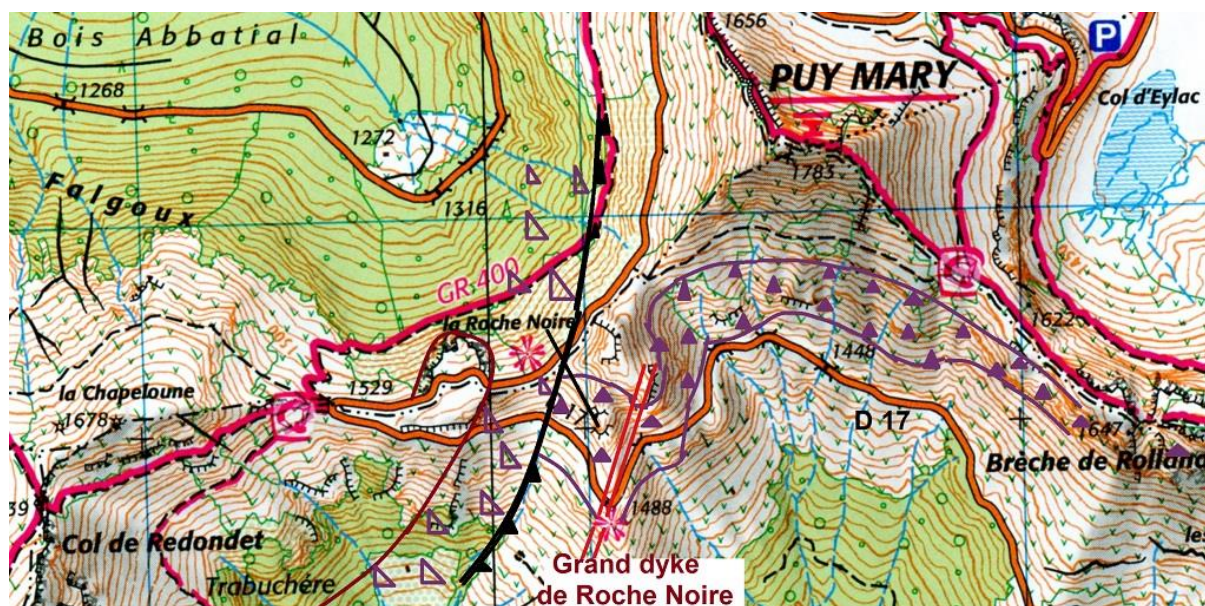


Figure 14. Détail de la carte IGN, 1/50 000, avec indications de la D 17, du sommet topographique de Roche Noire (RN) relié par le trait noir à l'inscription du nom. Nous avons reproduit sur la carte le tracé de la coulée de trachybasalte scoriacé de l'unité de Rolland (petits triangles violets ▲). Nos propres observations aboutissent à modifier ce tracé dans son extension entre RN et le Puy Mary (articles SAGA information cités ci-avant). Echelle donnée par la distance de 1000m entre deux lignes bleues du quadrillage. IGN 1/50 000.

Roche Noire (désignée par l'abréviation **RN**) est un sommet escarpé sur la crête qui joint la Chapeloune au Puy Mary. La D17 montant de la Haute Jordanne doit le contourner par un grand virage en épingle à cheveu pour rejoindre le Pas de Peyrol. Le virage est situé sur le col dont la cote sur la carte est 1529 m, et d'où part le sentier du col du Redondet (voir néovolcan).

Tout d'abord, les lames **11876, 11958, 1 959** : le trachybasalte **τβbr** est un marqueur essentiel pour la description de l'aboutissement sur **RN**, de la grande coulée de l'unité de Rolland. Elle a été récoltée en bordure de la branche nord de la D17, dans les grands bancs noirs (d'où le nom « Roche Noire ») entre **RN** et Pas de Peyrol.

RN est armée par au moins un grand dyke, d'orientation nord-sud bien visible dans la montée : **11941, 11976 (1et 2)**. Le dyke est signalé sur la carte de la **figure 14** par deux traits parallèles en rouge.

Un accident interrompt le flanc ouest de **RN**, flanqué d'un talus raide de brèche stratifiée de versant **Br sv** : c'est la cicatrice fossilisée présumée du mur d'effondrement. Nous en avons dessiné le tracé sur la carte IGN(**fig 14**) par un arc noir denté, d'un rayon d'environ 2500 mètres. La brèche stratifiée de versant est poly-lithologique comme le montrent nos analyses. On peut comprendre le terme de « **brèche de versant** », comme résultant du déversement des débris de remobilisation, dont ceux des trachybasaltes, lors de l'effondrement. Voir **11876, 11936, 11940, 11942, 11961**. Le néovolcan (brèches de progression trachyandésitiques en bistré avec chevrons rouges sur la carte de la **figure 15**) apparaît quelques 120 mètres après l'accident du flanc ouest. Ce sont des coulées trachyandésitiques qui ont scellé le mur d'effondrement. Analyse dans la quatrième phase.

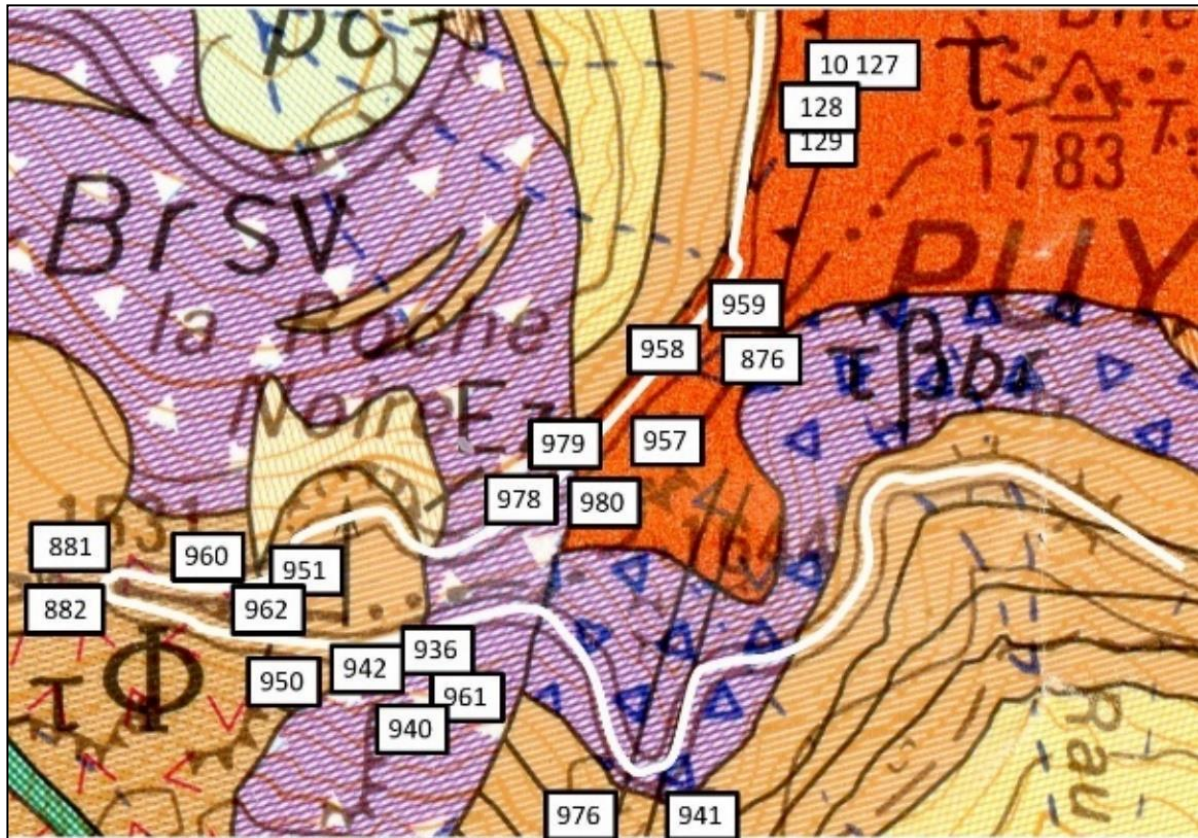


Figure 15. Sur cet extrait de la carte géologique, nous avons reporté les localisations des prélèvements qui ont servi à la cartographie de la zone comprise entre le col du grand virage à gauche (départ de Redondet) et les nuées ardentes trachytiques à la base de Puy Mary à droite. Le tracé de la D17 est accentué par un trait blanc. Noter le tracé de la coulée de trachybasalte **τβbr** de l'unité de Rolland, et celui de la brèche de versant **Br sv**. Immédiatement à l'ouest de l'étroite zone de brèche de versant (120 mètres de largeur) la D17 passe à travers une coulée épaisse en brèche de progression trachyandésitique, issue du néovolcan. Echelle : 1200 m à la base.

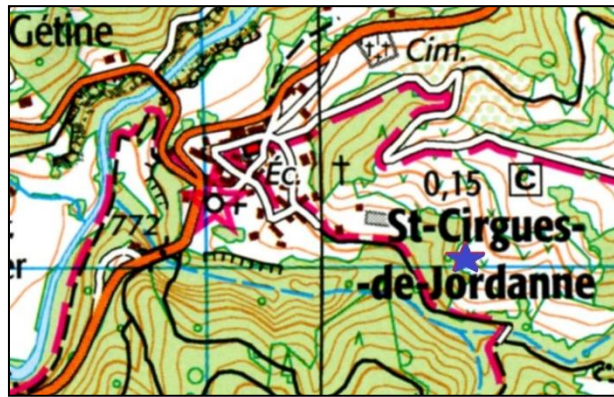
- **Phase 3, suite et fin. Effondrement du versant sud et dépôts d'avalanche de débris dans la vallée de la Jordanne.**

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11863	21/08/2020	St Cirques de Jordanne	21 F bloc dans brèche Br av	τ a mugéarite
11864	21/08/2020	St Cirques de Jordanne	21 G bloc dans brèche Br av polygénique	Matrice trachyandésitique, lapilli de basalte et de trachyandésite. Fragment de ponce fibrée

Voir carte sur la **figure 16** ci-après.

figure 16

Etoile bleue : le panneau (trois mètres de haut) sur lequel a été prélevé **11863** se trouve au bord du sentier montant dans un vallon étroit, après le monticule (également panneau d'avalanche de débris) surmonté de la croix indiquée sur la carte. **11864** a été prélevé à proximité du panneau. IGN 1/50 000.



- **Phase 4. Edification du néovolcan et démembrement de ce dernier, versant nord-ouest**

Le **néovolcan** sur ce versant s'est reconstruit très rapidement après l'effondrement. On lui doit les reliefs vigoureux du versant nord-ouest du stratocône : la Chapeloune (6,97 Ma), le Puy Chavaroche et la Roche Taillade en sont de bons exemples. Les parties hautes des reliefs ont été rapidement érodés par l'action de l'eau, comme en témoignent les épais dépôts volcano-sédimentaires des conglomérats II du paragraphe 2.1 et de la figure 2b. Ils sont analysés à la fin de cette phase 4, grâce aux observations faites sur le repère volcano-stratigraphique de Las Costes au-dessus de la vallée du Mars.

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11836	21/08/20	Roche Taillade		$\tau\alpha$
11879	24/08/2020	Roche Taillade	Ech F, 1600 m	$\tau\alpha$ à tendance mugéarite
11883	24/08/2020	Roche Taillade	Ech G versant ouest	$\tau\alpha$ à tendance mugéarite
11880	24/08/2020	Col du Redondet	Ech E, Col 1638 m	$\tau\alpha$ benmoréite
1 934	25/08/2021	Puy de la Tourte, crête, zone décomposée	37.1	$\tau\alpha$ à tendance mugéarite,
11935	25/08/2021	Puy de la Tourte, crête sud, 1670 m	37.2	$\tau\beta$ trachybasalte
11968	25.08	Puy de la Tourte, sommet	37-3	trachyandésite basaltique
11960	21.08	Coulée Chapeloune D17 dessus	5-2	$\tau\alpha$
11961	21.08	Coulée Chapeloune D17 dessous	5-1	$\tau\alpha$
11962	21.08	Coulée Chapeloune D17 dessus	5-1	$\tau\alpha$
11972	35/08/21	Chapeloune chapeau	Ech. Par Y. Grimault	$\tau\alpha$
11975	25/08/21	Pointe 1167, sentier découverte, cirque Falgoux	Ech. Par Y. Grimault	$\tau\alpha$

Figure 17 –
néovolcan du
versant nord-ouest,
au dessus du
cirque glaciaire du
Falgoux. IGN
150000



Etoiles blanches, **figure 17** : localisations des trachyandesites prélevées sur Roche Taillade (**11836**, **11879**, **11883**), ainsi que au col du Redondet (**11880**) et sur la Chapelonne (**11972**).

Les prélèvements **11960**, **11961** et **11962** de la coulée dite de la Chapelonne sont localisés sur la carte géologique de la **figure 15**.

Le Puy de la Tourte (**11934**, **11935** et **11968**) est situé à l'opposé du Roc d'Hozières, de l'autre côté du cirque du Falgoux. L'intérêt de **11968** réside dans sa nature de trachyandesite basaltique.

- **Ph4 suite. Démembrement du néovolcan, versant nord-ouest. Brèches de dépôt et lahars avec coulées interstratifiées**

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11943	24/08/2021	Las Costes, D30.	31-1 couche supérieure affleurement	Brl , boules « granulées », Gris clair, grains très fins, brèche stratifiée
11944	24/08/2021	Las Costes, D30	31-2 bloc de matrice.	Brl , petits feldspaths abondants. Fluidalité. Gris clair, bulleux par endroits
11945	24/08/2021	Las Costes, D30	31-3 paroi massive	ta , coulée ou nuée ardente interstratifiée dans Brl
11946	24/08/2021	Las Costes, D30	31-4 au niveau inférieur	Brl , matrice cendro-ponceuse

Brl désigne les complexes de type lahar, d'épaisseur plurimétrique, composés de brèches grossièrement stratifiées et hétérogènes. Les lahars de Las Costes sont typiques de ce point de vue. Ils sont disposés sur le talus à droite en montant, sur la D 30 qui prend son départ juste après la Peubrélie et monte au col d'Aulac. L'affleurement de Las Costes est à 1040 m, au-dessus d'Espinouze qui est au fond de la vallée à 840 m d'altitude, donc 200 m plus bas ; les coulées de débris du lahar apparaissent (**11943**, **11944**, **11946**) sous une coulée interstratifiée représentée par **11945**. Carte **figure 18**.

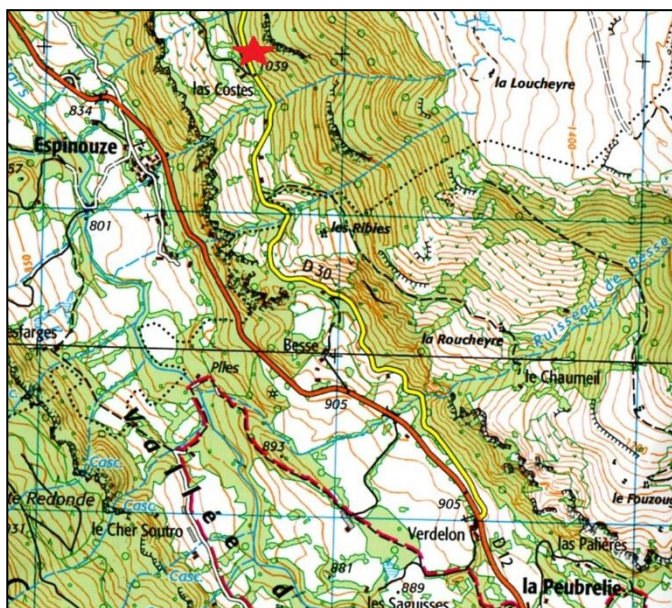


Figure 18 : affleurement de Las Costes, localisé au bord de la route d30 du col d'Aulac, indiqué par la croix rouge. La falaise de l'avalanche de débris est bien visible sur la carte, 80 m plus bas. IGN 1/50 000.

- **Phase 4, suite et fin. Démembrement du paléo ou néo (?) volcan, versant sud. Brèches de dépôt et lahars de la vallée de la Jordanne.**

11843	22/08/20	Cher	Ch1	<i>Brl</i> , lahar : tuffite, lapillis
11845	22/08/20	Cher	Ch3	<i>Brl</i> , lahar : tuffite, lapillis

Localisation : voir figures 7 et 10.

- **Phase 5. Coulées, dômes et dykes de téphriphonolite et de phonolite**

Toutes ces formations, dont certaines à valeur patrimoniale comme le Puy Griou, centre géométrique du stratocône, sont postérieures à la phase d'effondrement. Elles peuvent être contemporaines de l'édification des néovolcans, ou postérieures. Compte tenu de difficultés rencontrées dans l'exploitation des lames minces extraites du Puy Griou, nous avons renoncé à les exposer.

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
11830	21/08/20	Roc d'Hozières	Ouest, Ech 1	Phonolite miaskitite, groupe sodalitique
11833	21/08/20	Roc d'Hozières	Mi-hauteur Ech 3	Phonolite miaskitite, groupe sodalitique
11834	21/08/20	Roc d'Hozières	Bas Ech 4	Phonolite
11835	21/08/20	Roc d'Hozières	sommet	Phonolite
11877	24/08/2020	Dyke Chapeloune arrêt 2	Ech D	Phonolite miaskitite, groupe sodalitique.
11878	24/08/2020	Dyke Chapeloune arrêt 2	Ech D	Phonolite miaskitite, groupe sodalitique.
11868 11869 11870	23/08/2020	Sentier col de Cabre, Au-dessus des Rombières	Ech GT A	Téphriphonolite à Haüyne

11830 à 11835 : phonolites aphyriques prélevées par Bruno Beyaert en différents points du versant ouest du Roc d'Hozières, pour des raisons d'accessibilité : cliché de la **figure 19**. Etoile rouge sur la carte **figure 17**.

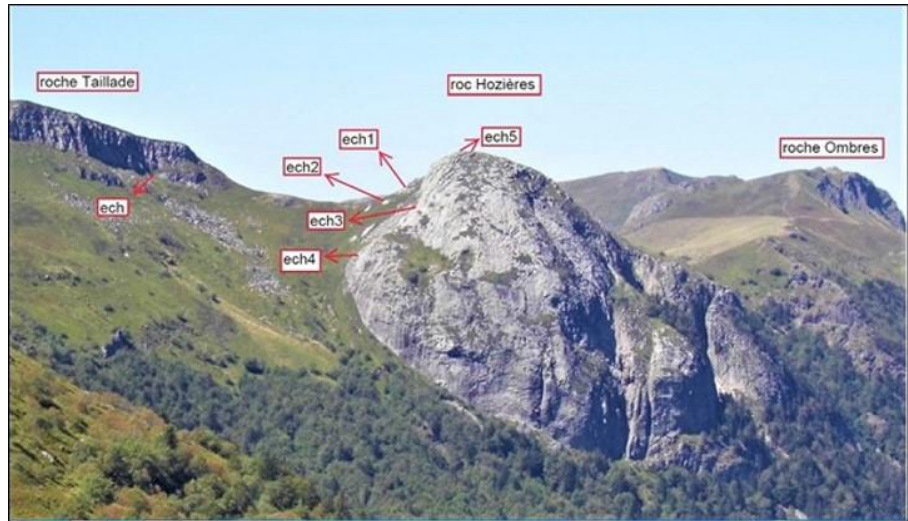


Figure 19. Roc d'Hozières, vu depuis le sentier issu du col du Redondet. A gauche, Roche Taillade. Cliché Bruno Beyaert

11877 et 11878 ont été taillées dans un prélèvement sur le dyke de la Chapeloune, que l'on découvre en suivant le sentier issu de la D17 pour monter au col de Redondet : étoile rouge sur la carte **figure 17**.

Dans l'alignement du Roc d'Hozières dans le dos, vue du Puy Griou depuis le dyke : **figure 20**. Voir aussi la carte **figure 11**.

L'affleurement sur la piste du col de Cabre, au-dessus du buron des Rombières, est bien représentatif des émissions de tephriphonolite (ordanchite) de la dernière phase : **11868 à 11870**. Il est remarquable par le caractère porphyrique, la diversité des minéraux et l'excellent état de la roche. Carte **figure 21**.



Figure 20. Dans l'alignement des phonolites du Cantal, au fond : groupe du Puy Griou, avec Usclade et Griounet. Cliché D.Rossier.



Figure 21. A 1400 m d'altitude, sur la piste du col de Cabre, sous le Puy de Peyre Arse, coulée de tephriphonolite/ordanchite. (IGN 1/50 000).

- **Phase 6. Trachytes et nuées ardentes trachytiques du Puy Mary**

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
10 127 10 128 10 129	2008	Puy Mary Arête nord est	Dôme	Trachyte
11881 11882	24/08/2020	D 17 Epingle à cheveux 1529 m	Ech C	Brèche nuée ardente, trachyte à sanidine et tridymite
11966	23/08/21	Base Puy Mary D17. Pkg du personnel	25	τ nuées ardentes trachytiques
11980 11981 11982	21/08/21	D 17 placage sous RN	6.1 6.2 6.3	τ nuées ardentes trachytiques

De **10127** à **10129**, ce sont des prélèvements in-situ sur le Puy Mary, tandis que toutes les autres lames ont été taillées dans les brèches de nuées ardentes trachytiques, résultant de l'explosion à la base, et récoltées de la base du Puy jusqu'au tournant en épingle à cheveu sur la D17 et coté à 1529 m. (départ sentier du col de Redondet). Carte de la **figure 14**. Seules les lames **11881** et **11882** ont été retenues pour figurer dans l'atlas : elles permettent d'identifier la présence de tridymite dans les vésicules. Toutes les autres sont disponibles en atelier.

- **Phase 7. Basaltes et basanites « Supra cantaliens ».**

Les échantillons étudiés proviennent d'une part des planèzes au nord de Murat (Brujaleine et Brugiroux), d'autre part des planèzes qui dominent la vallée du Mars (Suc de Rond, col d'Eulac, Roc du Merle et Puy Agneau).

N° L.M.	Date recueil	Lieu recueil	Description échantillon	Nature
10125 A	2008	Les Chazes (Lioran)	Dyke	Basanite mésocrate, à néphéline λ
10125 B	2008	Les Chazes (Lioran)	Dyke	Basalte serpentinsé et lessivé. Zéolites
10121	2008	Brugiroux	neck	Basanite à néphéline λ
11956 11924	24/08/21	Suc de Rond	34-1 34-2	Basanite à néphéline λ
11925	24/08/2021	Col d'Eulac. Coulée sur D30	32 Friable	Basanite à néphéline et leucite β^8
11932 11933	25/08/2021	Roc du Merle, éboulis route D680	35	Basanite, β^8
11974	25/08/21	Puy Agneau, col Néronne	Prélevé par Yves Grimault	Basalte β^8
10131 10132 10133	2008	Brujaleine haut, sur la Planèze		Basanite, à néphéline et analcime
10134	2008	Brujaleine bas village		Trachybasalte

10131, 10132 et 10133 réunis en un seul dossier référencé **10131 Brujaleine haut.**

11932 et 11933 réunis en un seul dossier référencé **11932 Roc du Merle.**

11924 et 1 956 réunis en un seul dossier référencé **11956 Suc de Rond.**

4. Bibliographie

- **Publications dans Saga information :**

Leyrit H. et Nehlig P. (2001), *le strato-volcan du Cantal*. Saga information, N°210, octobre 2001.

Christine Da Boa Vista, Saga information N° 296, avril 2010.

Catherine Berthoux, Jean Louis Fromont et Roland Mahérault. *Cantal, le retour !* Saga information, N°381, mars –avril 2021

Rossier D., Beyaert B. et Grimault Y., *effondrement et reconstruction du strato-volcan du Cantal versant nord-ouest. Première partie : repères stratigraphiques de la vallée de Mars, dans sa partie proche du strato-volcan*. Saga information, N°394, octobre 2023.

Rossier D., Beyaert B. et Grimault Y., *effondrement et reconstruction du strato-volcan du Cantal versant nord-ouest. Seconde partie : La cicatrice fossile de l'effondrement, la Roche Noire*. Saga information, N°399, mars-avril 2024.

- **Publications dans d'autres revues scientifiques :**

Remarque préliminaire. Parmi la documentation extrêmement volumineuse, nous ne citons que les publications des dernières décennies qui se sont révélées utiles dans notre travail, en particulier sur l'effondrement du versant nord-ouest du complexe. Beaucoup de documents cités, par exemple dans la notice de la carte géologique BRGM, sont très difficiles d'accès comme les thèses, ou même inaccessibles !

Varet J., (1969), *Les phonolites agpaïtiques et miaskitiques du Cantal septentrional*, bulletin of volcanology, XXXIII-2.

Le Maître et al. (1989), *A classification of igneous rocks and glossary of terms*. Blackweel Oxford.,

Bourdier J-L. et al. (1989). *Volumineux dépôts d'avalanches de débris sur les versants sud et ouest du Cantal...* C.R.Acad.Sci. Paris, t 309, sériell.

Cantagrel J-M., (1995), *Avalanches et coulées de débris dans un volcan complexe intraplaque : vers un nouveau schéma volcano-structural du massif du Cantal...*Bull. Soc. Géol. France, t.166, n°3

De Goer de Herve et al., (1966), *les ordanchites et roches affines du massif du Cantal*. Bull. Soc. géol. De France. (7) VII.

Fréour G., (1998). *Modèle d'évolution volcano-structural du Cantal : rôle et répartition des déstabilisations de flancs de volcans en zone proximale (Cantal, France)*. Mémoire de géologie, 5^{ème} année, n°89, IGAL, Cergy, 2 tomes. (il n'a pas été possible d'accéder à ce document).

Platevoët R. et al., (2000), *les formations pyroclastiques du volcan Cantal...*Géologie de la France, 4.

Nehlig P., (2001). *Notice de la carte géologique à 1/50 000, feuille Murat n°788*. BRGM

Nehlig P. et al., (2001), *constructions et destructions du stratovolcan du Cantal*, Bull.soc.geol. de France, 172, 3.

Nehlig P. et al., (2001), *Les dépôts d'avalanche de débris du strato-volcan du Cantal : témoin de la construction du plus grand volcan européen péri-alpin*. J.Géomorphologie, 2.

Arnaud N. et al. (2002). *Les lahars du flanc nord-ouest ...*, Géologie de la France, N°1.

Nehlig P., (2019) dans *histoire de la découverte géologique du Massif central français*, mémoire de la société d'histoire naturelle d'Auvergne.

Maury René C. et Brousse R., (1978). *Présence de la pigeonite et d'orthopyroxène dans certaines laves du Massif central...*Bull. Minéral. 101.

Schneider J.L. et al., (1998). *Transport and emplacement mechanisms of large volcanic debris avalanches : evidence from the northwest sector of Cantal volcano*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 83.

- **Guides :**

Nehlig P., (2007). *Le volcanisme du Cantal*, BRGM éditions, Chamina.

Fillias F. et al., (2012), *guide géologique d'Auvergne*, Omniscience et BRGM éditions

Leibrandt S. et al., (2017), *guide géologique du Cantal*, Omniscience et BRGM éditions