

EFFONDREMENT ET RECONSTRUCTION DU STRATO-VOLCAN DU CANTAL, VERSANT NORD-OUEST

Seconde partie. La cicatrice fossile de l'effondrement, la Roche Noire.

Dominique Rossier, Bruno Beyaert et Yves Grimault, membres de la SAGA.

1. Rappel

L'article, dans ses deux parties, expose les recherches que les auteurs ont menées sur la zone présumée de l'effondrement nord-ouest du paléovolcan du Cantal.

Dans la première partie, publiée dans le bulletin *Saga Information* n°395 de juillet-août 2023, le cadre géologique et historique a été planté, en décrivant les grands conglomérats déposés dans la vallée du Mars. À la base, ce sont des dépôts d'avalanche de débris, résultant de l'effondrement d'une partie du paléo-stratovolcan. Leur examen conduit à remonter vers leur origine présumée et vers la trace (« cicatrice fossile ») laissée par l'effondrement. Elle se trouverait aux environs du lieu-dit « la Roche Noire », à quelques centaines de mètres à l'ouest du puy Mary (figure 1).

La présente seconde partie de l'article est consacrée à l'observation et à la modélisation morphologique de la Roche Noire et de l'accident géologique associé, combinées avec l'étude pétrographique détaillée des terrains proches. Elle conforte la proposition de G. Fréour d'identifier l'accident avec la cicatrice fossile d'un effondrement majeur, du type Saint Helens.

Les lames minces référencées dans cet article seront décrites en détail dans le chapitre consacré au Cantal, à paraître prochainement sur le site de *l'Atlas pétrographique de la SAGA* (abréviation : Réf. suivie d'un numéro à cinq chiffres). *L'Atlas* est en accès libre sur le site Internet de la SAGA.

La figure 1 rappelle la topographie des lieux étudiés précédemment et la position de la Roche Noire par rapport à la vallée du Mars, ou vallée du Falgoux sur la carte.

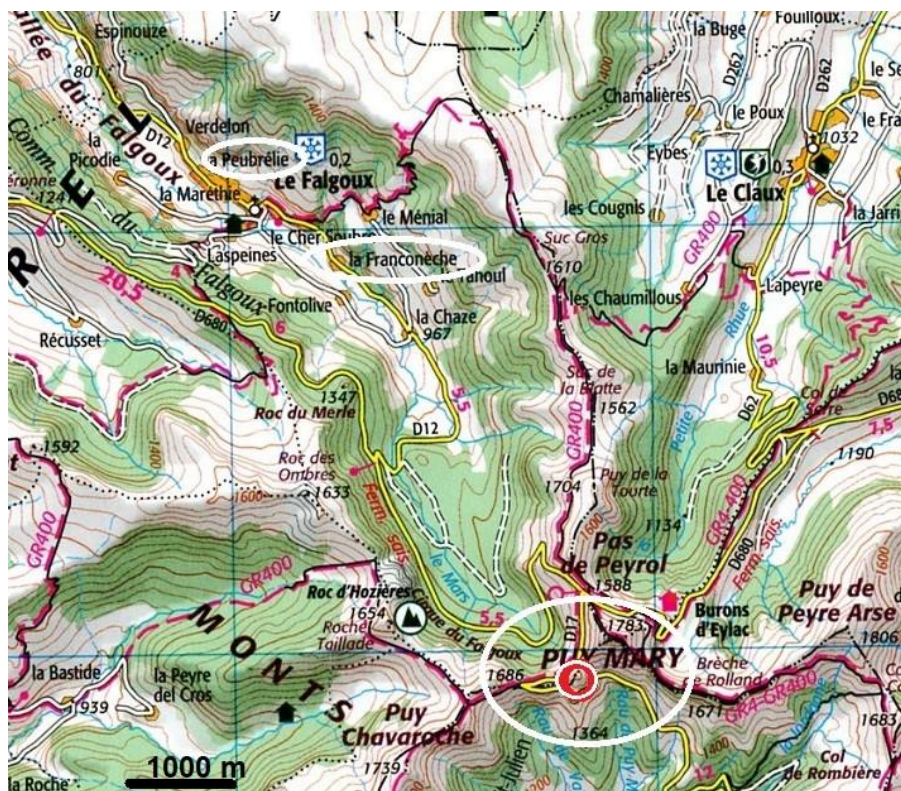


Figure 1. Localisation de la Roche Noire (le petit cercle au bas de la carte), par rapport au puy Mary et au pas de Peyrol, ainsi que par rapport à la vallée du Mars. Celle-ci a été visitée par les auteurs pour ses repères volcano-stratigraphiques remarquables. Carte IGN à 1/100 000.

2. Point de départ : localisation de La Roche Noire et de l'accident qui la borde à l'ouest

Le dessin de la figure 2 représente, en synthèse, un détail agrandi de la carte IGN à 1/25 000 du site dit « la Roche Noire », avec reports d'indications géologiques extraites de la feuille Murat de la carte géologique à 1/50 000. La Roche Noire est un relief très escarpé, sur la crête qui joint la Chapeloune (à l'ouest) au puy Mary. La mention « la Roche Noire » est portée sur la carte à 1 / 25 000, mais sa localisation exacte est entre les deux portions de la route D17 :

- la portion montant depuis le cirque de Mandailles dans la haute vallée de la Jordanne, marquée par un virage pour contourner le grand dyke à la base sud de l'escarpement. Un point de vue panoramique est offert à cet endroit, à l'altitude de 1 488 m ;

- la portion horizontale après l'épingle à cheveu (« grand virage » à l'extrémité gauche du schéma), au départ du sentier du col du Redondet.

La Roche Noire culmine à 1 630 m. Les tracés des contours géologiques de la carte BRGM ont été reportés sur le détail agrandi de notre dessin reproduisant la carte IGN, de façon à conserver les indications topographiques de cette dernière comme les positions des barres rocheuses et les courbes de niveau en traits fins. En effet, ces barres ont toutes une signification géolo-

gique : celles du versant sud appartiennent à un complexe d'épaisses coulées de trachybasaltes dites de la formation de Rolland¹ : elle est codée $\tau\beta br$ sur la carte BRGM, et ses grands ressauts sombres surplombent la route D17, en montant de la vallée de la haute Jordanne. Le complexe est surmonté, à l'est, par le dôme intrusif trachytique du puy Mary, codé τ , de datation bien postérieure.

D'après la carte BRGM, les coulées de trachybasaltes sont interrompues à l'ouest, une première fois, par un grand dyke. Mais la nature pétrographique de ce dernier n'est pas décrite dans la notice de la carte, ni dans aucune publication. Nous allons le caractériser dans la quatrième partie, et constater une totale discontinuité avec les coulées. La question se pose évidemment de sa période d'apparition par rapport à celle de l'effondrement.

¹ Trachybasalte scoriacé de la Formation de Rolland, $\tau\beta br$: initialement, cette formation avait été qualifiée à tort de bréchique et c'est l'explication du suffixe *br* qui a été conservé dans la dénomination adoptée pour la carte. En réalité, il s'agit d'un épais empilement de coulées de plus en plus scoriacées vers le haut de la formation.

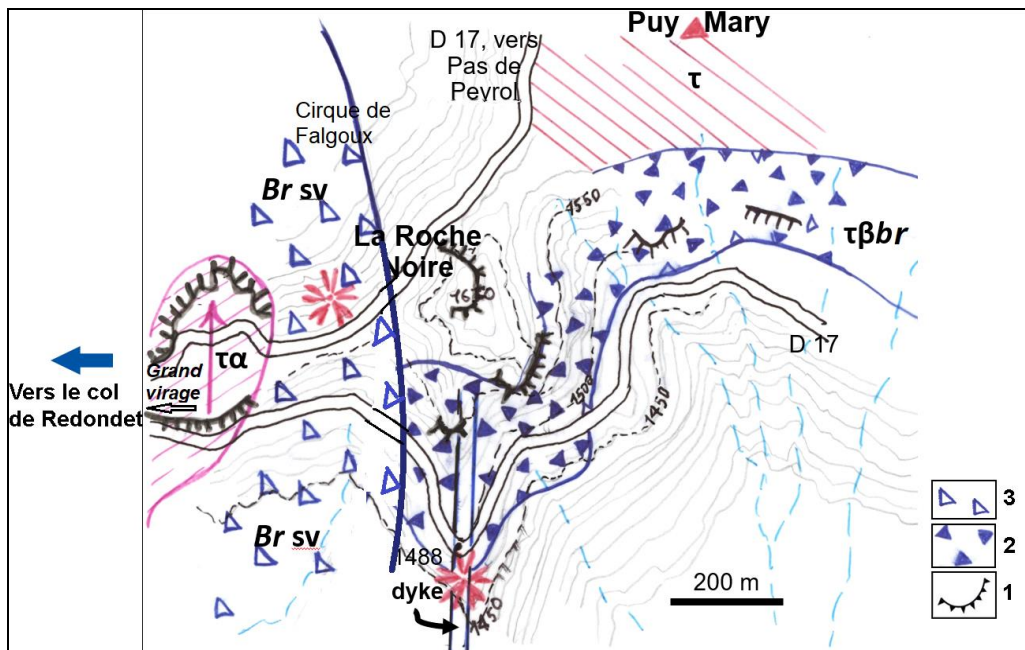


Figure 2. Carte de détail du site la Roche Noire.

Les ressauts, ou barres rocheuses, sont indiqués sur la carte IGN par des arcs rehaussés de dents (1) ; il y en a quatre sur les flancs du petit sommet qui culmine à 1 630 m, d'après les courbes de niveau.

Le tracé avec remplissage par des triangles pleins bleu foncé (2) correspond au report des contours de la coulée de trachybasalte dite de la formation de Rolland, tels qu'ils figurent sur la feuille Murat (BRGM).

De même, les triangles vides (3) figurent la brèche de remplissage de la fosse, ou amphithéâtre, créée par l'effondrement du versant. Dessin D. Rossier.

Les coulées de trachybasalte sont définitivement interrompues, à l'ouest du dyke, par l'accident géologique marqué, sur la figure 2, par la ligne épaisse légèrement courbe, orientée nord-sud. L'accident serait la marque de la cicatrice - en forme d'amphithéâtre - de l'effondrement qui a entraîné le versant ouest et nord-ouest dans une gigantesque avalanche de débris (voir Effondrement et reconstruction du stratovolcan du Cantal, versant nord-ouest, première partie, Rossier *et al.*, 2023). Les matériaux constitutifs de ce versant du stratovolcan se seraient alors déversés dans le vide créé par l'effondrement : ce sont les brèches codées **Brsv** sur le schéma. L'explication du code est dans la nature de la brèche, dite brèche stratifiée (pour **s**), de versant ou de versement (pour **v**). De plus, cette brèche est décrite comme polyolithologique. Nous l'analyserons dans la quatrième partie.

Bien noter l'étroitesse (environ 250 à 300 m) de la dépression à cet endroit de la crête, avec remplissage par la brèche de versement, entre l'accident de la cicatrice d'une part et, à l'ouest, la grosse coulée de trachyandésite issue de la Chapeloune, codée **ta** (trachyandésite indifférenciée). Cette dernière est bien marquée par son relief dans le paysage, comme nous le décrivons plus loin. Elle fait partie de l'édification rapide du néovolcan, qui a suivi l'effondrement du paléovolcan.

Nous revenons en détail sur toutes ces formations dans la quatrième partie, « Étude pétrographique », de notre travail. Nous avons volontairement omis de reporter sur le schéma les indications de la carte

BRGM pour la zone en bordure de la partie supérieure de la D17 (la branche horizontale). En effet nos recherches aboutissent à des conclusions différentes de celles reportées sur la carte.

3. Observation et description géomorphologique de la Roche Noire

Cette étape consiste à représenter la configuration des différentes unités géologiques autour de la Roche Noire en relation avec l'accident géologique de la cicatrice fossile. Elle est faite à l'aide de clichés pris suivant quatre orientations différents et de dessins d'interprétation.

Tout d'abord, une bonne lecture de paysage à distance est possible à partir du belvédère de l'Élancèze (figure 3). L'Élancèze est situé à 8 000 m à vol d'oiseau au sud de La Roche Noire. Les légendes, et les tracés superposés sur le cliché, portent sur la toponymie et sur les principales unités géologiques évoquées plus haut. On notera la dépression dans le profil de la crête, sur une longueur de 250 m environ, entre la bordure orientale des coulées de trachyandésite de la Chapeloune, d'une part, et l'abrupt occidental de la Roche Noire, d'autre part, qui marquerait l'accident géologique de l'effondrement.

Comme nous le verrons dans la quatrième partie, le creusement s'explique par la nature non consolidée de la brèche polyolithologique déversée, codée **Brsv**.

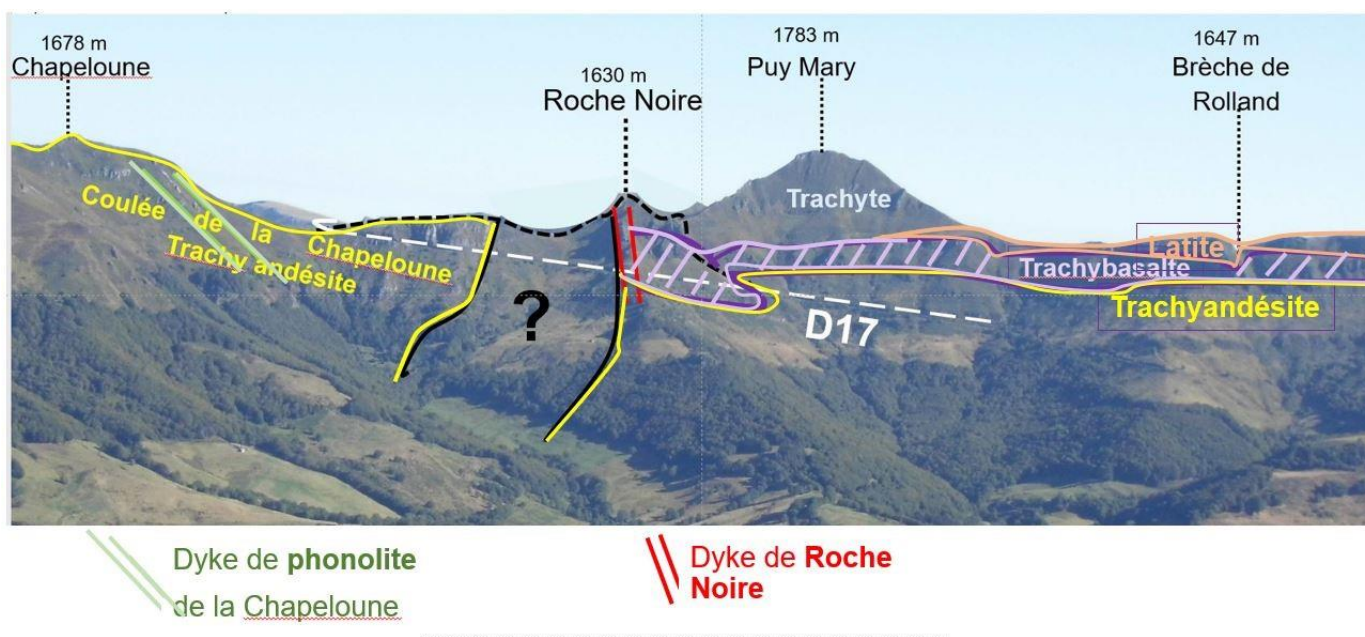


Figure 3. Vue de la crête orientée est-ouest qui va de la Chapeloune, à l'ouest, jusqu'au puy de la Peyre Arse, à l'est (au-delà de la Brèche de Rolland). L'échelle est donnée par la distance à vol d'oiseau entre la Chapeloune et le puy Mary qui est de 1 800 m. Photo avec légendes par D. Rossier.

La galerie de clichés pris depuis les points d'observation **A**, **B**, **C** et **D**, indiqués sur la figure 4, avec leurs dessins explicatifs, est destinée à situer, sous trois orientations différentes, les reliefs et leurs relations mutuelles avec l'accident géologique, et aussi d'établir le lien avec les différentes unités géologiques : la coulée de la Chapeloune, la Roche Noire, la dépression entre les deux et l'accident géologique, enfin le puy Mary et ses nuées ardentes d'écroulement.

Commençons par le point d'observation **A**. Sur le cliché de la figure 5a, la route franchit, à une altitude de 1 488 m, le grand dyke dans le virage de la D17, qui est indiqué sur le plan de la figure 2. Le dyke,

orienté nord-sud, forme un contrefort massif sur ce flanc de la Roche Noire et se prolonge sur plusieurs dizaines de mètres sous la route, ce qui nous a permis d'échantillonner.

Sur le cliché, à gauche du dyke, la dépression sur environ 250 m marque l'accident géologique de l'effondrement. Elle est terminée, à l'ouest, par les petites falaises abruptes de l'épaisse coulée de la Chapeloune, qui domine en surplomb la route, juste avant le grand virage en épingle à cheveux de la D17. La cartographie détaillée a été rendue possible par nos nombreux prélèvements effectués le long de la route ; ils sont analysés dans la quatrième partie pétrographique.

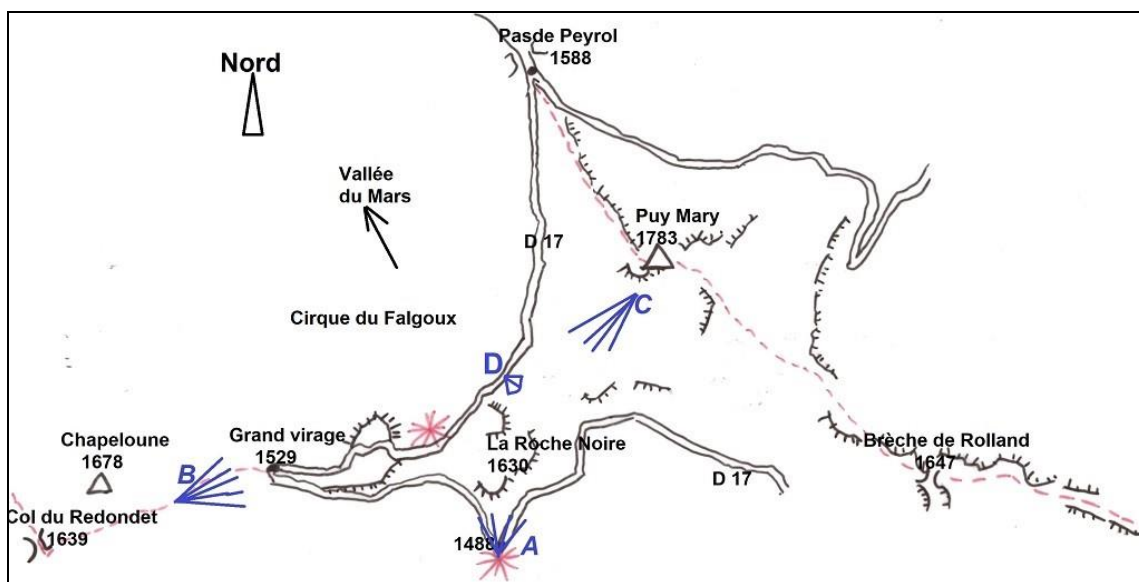


Figure 4. Les quatre orientations de prise de clichés, et de dessins.

Point A, depuis le virage du grand dyke, sur la branche montante de la D17. Direction du nord.

Point B, depuis le sentier montant au col du Redondet. Direction de l'est.

Point C, depuis le puy Mary. Direction du sud-ouest. Point D, en bord de route D17. Direction du sud.

Dessin D. Rossier, d'après carte IGN à 1/25 000.



Figure 5a. Point d'observation A.

Le cliché est pris dans la direction nord, depuis le petit parking de la D17, dans le virage de contournement du grand dyke, sur le flanc sud de la Roche Noire.

Photo B. Beyaert.

Plaçons-nous maintenant au point d'observation **B** (figure 5b). Au premier plan, le grand virage en épingle à cheveux et la coulée épaisse de trachyandésite issue de la Chapeloune. Celle-ci domine la branche montante de la D17 par des falaises verticales. Après le virage en épingle à cheveux, la branche haute de la D17 franchit la coulée, et se dirige vers le pas de Peyrol. Au second plan, la Roche Noire armée du grand dyke sur son flanc méridional. Au fond à droite, la longue crête des Fours d'Arse aboutissant au puy de la Peyre d'Arse.

Enfin, observons depuis le point **C** sur le flanc ouest du puy Mary (figure 5c). Au premier plan, la Roche Noire dont les hautes falaises de trachybasalte plongent à gauche sur la branche montante de la D17. Celle-ci fait un virage de contournement (point 1 488 m) pour franchir le gros dyke que l'on devine à l'arrière de la Roche Noire. Au second plan, le brusque accident marqué par la dépression qui sépare de la coulée de la Chapeloune, celle-ci se situant au troisième plan.

Un quatrième point d'observation, marqué **D** sur la figure 4. Un affleurement important a attiré notre attention dès les premières visites du site. Lors des travaux de construction de la branche haute de la D17, l'extrémité du flanc nord de la Roche Noire, juste avant les pentes du puy Mary, a été entaillée pour former une petite falaise verticale d'une dizaine de mètres de haut ; la localisation est donnée par les étoiles sur les dessins des points d'observation **B** et **C**.

La roche a un aspect remarquable, organisée en lits épais horizontaux, métriques ou plurimétriques, noirs comme du charbon et très difficiles à entailler (figures 6a et 6b). Les lits compacts alternent avec les lits scoriacés. Nous verrons qu'il s'agit de couches superposées de la grande coulée de trachybasalte (Formation de Rolland) et non, comme la carte BRGM l'indique, de nuées ardentes trachytiques émises à la base du dôme trachytique du puy Mary.

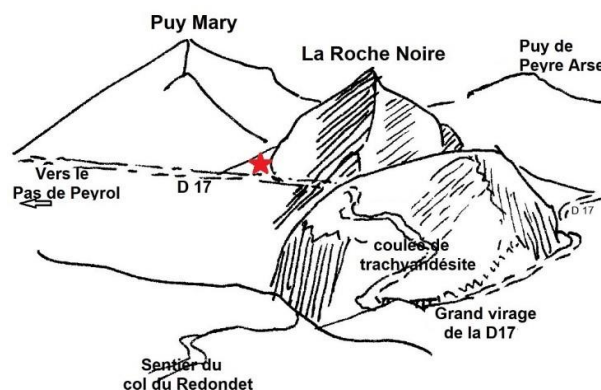


Figure 5b. Cliché et dessin d'interprétation du point d'observation **B**.

Le cliché est pris dans la direction est, depuis le sentier qui part du grand virage de la D17, vers le col du Redondet.

Le sentier s'élève sur le flanc sud de la Chapeloune et traverse un beau dyke de phonolite (Ref. 11 877, 11 878).

Photo et dessin D. Rossier.

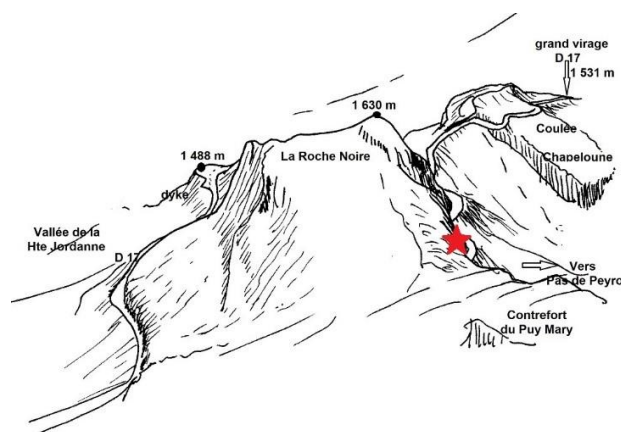


Figure 5c. Cliché et dessin d'interprétation du point d'observation **C**.

Le cliché est pris dans la direction sud-ouest, depuis le flanc du puy Mary.

Photo B. Beyaert et dessin D. Rossier.



Figure 6a. Point d'observation D. En bord de route, le flanc nord de la Roche Noire a été entaillé lors de la construction de la D17. Serait-ce l'aspect noir de charbon de la roche qui serait cause de la dénomination de l'édifice ?

Au fond à gauche, on aperçoit les premières pentes et l'arête occidentale du puy Mary. Cliché Marie-Odile Perret.

Figure 6b. Localisation des échantillons prélevés au point D, dans lesquels trois lames ont été taillées : Réf. 11 876, 11 958, 11 959. Cliché B. Beyaert.

Une dernière observation est essentielle pour clore ce chapitre de la géomorphologie. Elle concerne l'étroite unité formée par la dépression (l'accident géologique), située entre les grands dykes de Roche Noire et l'épaisse coulée de la Chapeloune : voir les différents points d'observation des figures 5a, 5b et 5c.

En partant du dyke (figure 5a), et sans transition, on passe d'affleurements de roche compacte à une brèche non consolidée sur plus de 250 m en suivant la D17. La brèche est un conglomérat de blocs de dimension très variable dans une matrice cendreuse (figure 7). Cette morphologie de brèche hétérogène cesse brusquement au contact avec le flanc abrupt de la coulée de la Chapeloune (extrémité gauche de la figure 5a). Le conglomérat correspond à l'unité **Brsv**, dite brèche de versant, de la carte géologique.



Figure 7. Conglomérat de blocs de la brèche de versant. Cliché B. Beyaert.

4. Étude pétrographique de la Roche Noire et des terrains proches, ainsi que de l'accident géologique associé

4.1. Méthode d'étude pétrographique

L'objectif est de confirmer que l'accident géologique de la Roche Noire, avec la dépression décrite au paragraphe 3, peut être interprété comme la « cicatrice fossile » de l'effondrement majeur du versant ouest du strato-volcan. Pour cela il faut analyser, dans leur nature pétrographique, les roches de l'unité correspondant à l'accident, et les comparer à celles des unités voisines. On a vu à la fin du paragraphe précédent que les roches de la dépression diffèrent morphologiquement des coulées et des dykes voisins, puisqu'il s'agit d'un conglomérat.

Pour étudier en détail la nature des dépôts et des affleurements sur tout l'environnement de la Roche Noire, de nombreux échantillons ont été prélevés *in situ*. Le site est très escarpé côté sud, c'est-à-dire côté vallée de la haute Jordanne et cirque des Mandailles. Aussi, et pour cette étude, la majorité des prélèvements ont été effectués sur les affleurements en bordure de la D17 (figure 8).

La présentation (paragraphe 4.3 et 4.4) des analyses des prélèvements sur le grand dyke et sur la coulée de la Chapeloune, qui encadrent la dépression (l'accident d'effondrement), est faite de façon sommaire. De même pour les placages reliques de nuées ardentes trachytiques résultant de l'écroulement du dôme du puy Mary (paragraphe 4.6). La présentation plus détaillée est réservée, d'une part, aux trachybasaltes de la formation de Rolland (paragraphe 4.2), d'autre part aux brèches de versant (paragraphe 4.5), qui sont l'objet principal de notre étude. Les conclusions sont présentées au paragraphe 5.

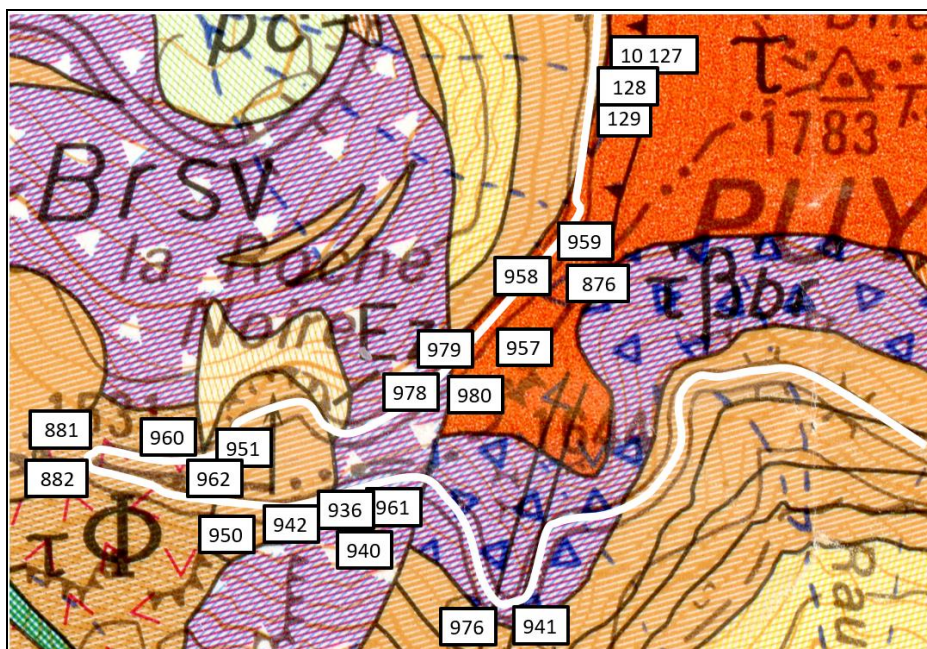


Figure 8. Localisation des prélèvements effectués en 2021 et 2022, dans lesquels une lame mince a été taillée pour examen.

Les numéros à trois chiffres sont les trois derniers du code complet de chaque lame.

Par exemple la lame 978 est codée en réalité 11 978.

Le fond de carte est celui de la carte géologique à 1/50 000 agrandi (Nehlig et al., 2001a).

À rapprocher du schéma de la carte dessinée sur la figure 2.

Nous présentons la synthèse de l'étude ; les lames minces référencées dans cet article seront décrites en détail dans *l'Atlas pétrographique du Cantal*, à paraître prochainement sur le site Internet de la SAGA (abréviation Réf., suivie d'un numéro à cinq chiffres).

La détermination de chaque échantillon se fait en deux temps.

Le premier consiste à décrire le type de roche à partir de sa **structure** :

- s'agit-il d'une lave issue d'une coulée ou d'un dyke ? Ou s'agit-il d'une brèche ?
- est-elle porphyrique ou aphyrique ? Vésiculaire, scoriacée ?
- la mésostase est-elle microlithique ou vitreuse ?

Dans le second temps, l'**analyse minéralogique** est faite sur les phénocristaux et les microlithes de la mésostase. La détermination est facilitée par la grille pétrographique des phénocristaux présents, grille que nous avons adaptée de celle publiée dans la notice de la carte géologique de Murat (Nehlig *et al.*, 2001a, page 148). Nous reproduisons cette dernière ci-dessous (tableau 1).

En abscisse, le taux de SiO₂ est croissant, correspondant à un taux croissant de différenciation par cristallisation fractionnée. Noter que les phénocristaux discriminants ne sont pas ceux qui sont les plus visibles ou les plus abondants, comme le clinopyroxène (Cpx) qui apparaît dans la majorité des roches

volcaniques. Voici quelques exemples les plus remarquables et utiles dans l'utilisation de la grille des phénocristaux :

- l'**olivine**, composante essentielle des basaltes et basanites, est à rechercher dans les trachybasaltes, car elle y est présente, même en faible quantité ;
- l'**orthopyroxène** (Opx) est exceptionnel, et n'apparaît que dans certaines trachyandésites comme les latites. Il s'est révélé utile dans la première partie de l'article ; R.C. Maury et R. Brousse (1978) ont montré que ce pyroxène pauvre en calcium apparaît comme l'indicateur minéralogique essentiel de la saturation en silice de la série alcaline du Cantal ;
- le **plagioclase** n'est utile que si on peut déterminer sa composition par la méthode de Michel-Lévy (c'est souvent le cas). En effet, la composition évolue continuellement, de celle du labrador pour les trachybasaltes à celle de l'oligoclase pour les trachytes ;
- le **feldspath alcalin** (F.alc.), souvent difficile à bien identifier, ne domine que dans les phonolites ;
- l'**amphibole** « basaltique » n'apparaît qu'à partir des mugéarites (trachyandésites basaltiques), puis elle est progressivement déstabilisée, jusqu'aux trachytes ;
- l'apparition de l'**apatite** doit toujours être surveillée, car elle signe le passage aux trachyandésites basaltiques ;
- enfin, le **zircon** et parfois la **titanite** (sphène dans la grille) sont d'excellents marqueurs des benmoréites et surtout des trachytes.

Tableau 1. Grille pétrographique. D'après Nehlig et al., 2001a.

	Basaltes basanites	Trachy- basaltes	Trachy- andésites basaltiques	Trachy- andésites	Trachytes phonolites
ZIRCON				x	x
SPHENE				x	x
APATITE		x	x	x	x
OXYDES	x	x	x	x	x
F. ALC.				x	x
PLAGIOCLASE		x	x	x	x
BIOTITE				x	x
AMPHIBOLE		x	x	x	x
OPX				x	x
CPX	x	x	x	x	x
OLIVINE	x	x	x		

Fig. 16 - Phénocristaux observés par différents auteurs dans les laves du Cantal

4.2. L'élément clé de l'étude pétrographique : les trachybasaltes de la Formation de Rolland

Un élément clé de notre étude est l'identification sans ambiguïté des trachybasaltes dits de la *Formation de Rolland* (déjà mentionnée au paragraphe 2). On rappelle que les coulées épaisses de cette formation, issues de la Peyre d'Arse, s'interrompent brusquement en venant buter sur le dyke de Roche Noire. Dans un premier temps, il s'agit de bien les caractériser en prélevant et analysant dans les coulées de la formation elle-même. C'est l'objet de ce paragraphe.

Puis, dans un second temps, il s'agit de rechercher la présence de ces mêmes trachybasaltes dans la « brèche de versant » supposée s'être déversée lors de l'effondrement.

L'identification est rendue possible à l'aide de la grille pétrographique (tableau 1) et grâce aux caractères particuliers, bien typés, de ce trachybasalte, qui sont uniques sur le massif.

Tout d'abord, et contrairement à ce qu'indique la carte géologique (voir sur la figure 8), nous avons observé que les coulées de trachybasalte parviennent jusqu'à la branche haute (horizontale) de la D17, comme nous l'illustrons au paragraphe précédent (figure 6a). Il a été possible, en prélevant à plusieurs hauteurs sur la falaise à cet endroit, de bien caractériser le trachybasalte de la formation de Rolland : ce sont les lames codées 11 876, 11 958 et 11 959. C'est une roche sombre, porphyrique et microlithique. Dans

les parties supérieures des coulées, elle est très vésiculaire et scoriacée (figure 9) (Réf. 11 876).

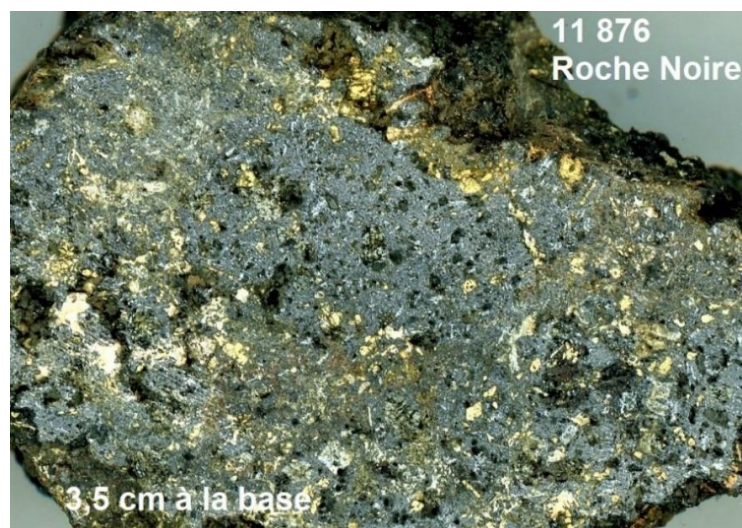


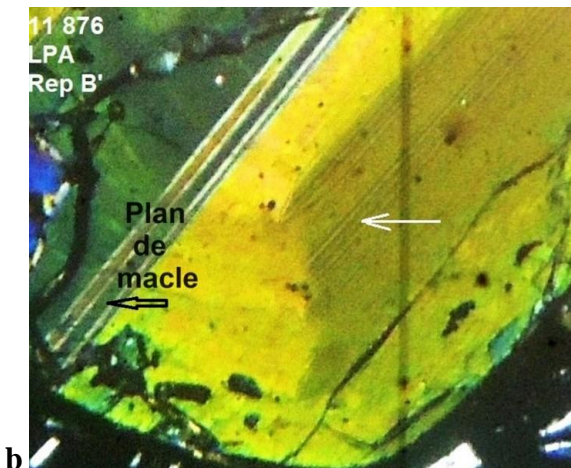
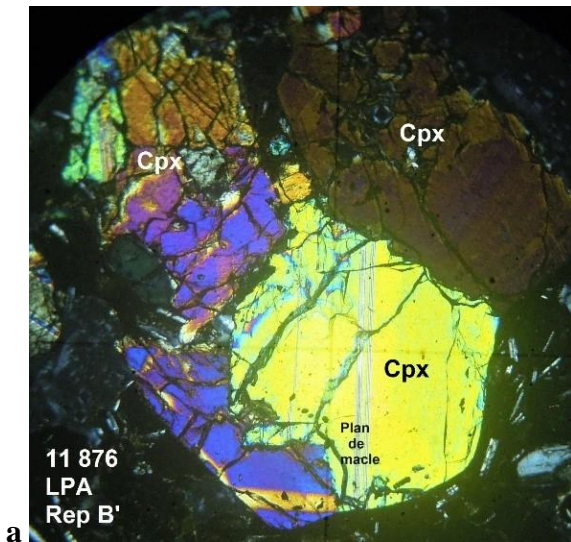
Figure 9. Cliché d'une coupe sciée, non polie, de la roche massive scoriacée, prélevée dans la coulée de trachybasalte au point D (voir figure 6b). Cliché D. Rossier.

Ce trachybasalte se distingue bien par l'abondance exceptionnelle (environ 7 à 10 % du volume) et la taille des pyroxènes qui atteignent parfois le demi centimètre. Ils sont souvent disposés en amas plus ou moins linéaires, et souvent fracturés en mosaïque pour les plus gros. Ce sont des augites, dont les formes globulaires sont subeuhédrales, toujours arrondies aux

sommets des polygones (figures 10a et 10b). Elles sont finement zonées (figure 10b).

Les autres phénocristaux sont les plagioclases, abondants et de composition labrador, ainsi que quelques rares amphiboles fibreuses altérées mais non déstabilisées. L'olivine est présente, le plus souvent partiellement serpentinisée (Réf. 11 958 et 11 959). La biotite est complètement absente, ainsi que le zircon. L'apatite n'a pas été trouvée. On peut recouper ce bilan avec les indications de la notice de la carte géologique et avec la grille pétrographique du paragraphe 4.1 ci-dessus. La mésostase est microlithique et partiellement vitreuse, faite d'un feutrage dense de microlithes de plagioclase, de titano-magnétite, d'olivine et de clinopyroxène.

L'émission de la coulée où a été prélevé ce trachybasalte, non dégazé et très scoriacé, a été accompagnée de dépôts hydrothermaux abondants de calcite ou d'aragonite dans les espaces libres des grosses vésicules (figure 10c). Il n'y a pas de données pour cette formation dans le tableau des datations de la notice de la carte. Ces coulées sont antérieures à la coulée de latite des Fours de Peyre Arse qui les recouvre [$7,8 \pm 0,25$ Ma, Baubron et Demange (1977)].



Figures 10 a et 10b. Grosse augite fracturée en plusieurs cristaux. Le cristal, dont la teinte de Newton est le jaune du second ordre, a été pivoté de 45° sur le cliché 10b, pour faire apparaître le zonage fin (flèche blanche), formé lors de la croissance du clinopyroxène dans le magma.

La trace du plan de zonage est subparallèle à celle du plan de macle, indiqué sur les figures. Clichés en LPA. Échelle : 3 mm à la base pour 10a. Clichés D. Rossier.



Figure 10c. Couronne multiple de sphérolites, à extinction en croix de Malte, en remplissage d'une vésicule de la roche. LPA, échelle : 3 mm à la base. Cliché D. Rossier.

4.3. Prélèvements effectués sur le grand dyke de Roche Noire

Plusieurs échantillons ont été prélevés sur le dyke, là où il est bien visible, à quelques mètres sous le point A (altitude 1 488 m), emplacement commode pour garer la voiture sur la branche montante de la D17 (voir figure 5a). Le dyke, très escarpé, est visible aussi au-dessus de la route, mais ses affleurements sont recouverts par une couche épaisse d'humus et de gros genêts. Pour les lames, voir *Atlas de pétrographie de la SAGA* : Réf. 11 976-1, 11 976- 2, 11 941. L'analyse conduit à une **trachyandésite** évoluée, à caractère nettement acide, porphyrique et vésiculaire. On peut l'assimiler à une **benmoréite**. Elle est pauvre en clinopyroxènes, riche en grandes amphiboles automorphes (jusqu'à 3 mm), en début de résorption².

² Le mécanisme de résorption peut être observé en bordure des hornblendes par la formation d'un bourrelet épais d'oxydes opaques et par la présence d'un tissu dense de microlithes de plagioclases, suivant la réaction : Hornblende \Rightarrow plagioclase + oxydes fer-titane + H₂O, où la totalité des ions sodium et calcium sont transférés sur le plagioclase.

La biotite est également présente, ainsi que l'apatite et la titano-magnétite. Les grands plagioclases, abondants et finement zonés, sont de composition variable, entre andésine et labrador. Le feldspath alcalin se trouve à l'état de microlithes dans la mésostase.

En conclusion, le grand dyke, par sa pétrographie, est totalement distinct des grandes coulées de trachybasalte qui viennent buter sur lui par l'est (Formation dite de Rolland). On verra qu'on ne retrouve pas de benmoréite dans la brèche polyolithologique de versant : le dyke se serait mis en place après, ou juste après, l'effondrement.

4.4. Prélèvements effectués sur la coulée de la Chapeloune

Les quatre prélèvements ont été effectués du côté Jordanne, et également après passage du grand virage en épingle, au-dessous et au-dessus de la D17 : dans l'*Atlas pétrographique* de la SAGA, Réf. 11 950, 11 951, 11 960, 11 962. La détermination de cette unité a son importance au regard de sa datation : la coulée dite de la Chapeloune est datée de $7,46 \pm 0,25$ Ma, (Baubron et Demange, 1977). Elle pourrait donc être postérieure à l'effondrement, ce dernier daté à $7,95 \pm 0,4$ Ma (voir paragraphe 4.5), et faire partie du néovolcan qui a été mis en place aussitôt après l'effondrement.

C'est une trachyandésite, non vésiculaire, à plagioclases de composition entre andésine et labrador, et hornblende très abondante, mais en cours de déstabilisation (voir note en bas de page relative au paragraphe 4.3) (figure 11).

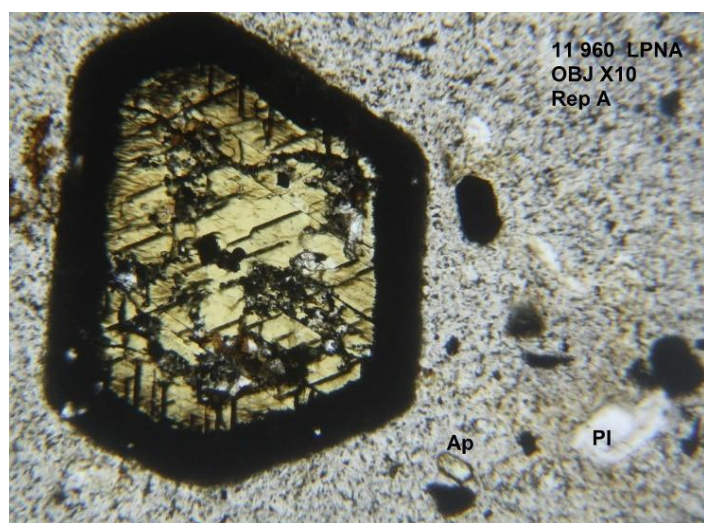


Figure 11. Lame 11 960, en LPNA.

Hornblende automorphe dont le début de déstabilisation se traduit par une épaisse bordure d'oxydes opaques.

Inclusions d'apatite et de zircon.

Pl = plagioclase, Ap = apatite.

Échelle : 1,1 mm à la base. Cliché D. Rossier.

La biotite est présente. Les clinopyroxènes (augites) sont microlithiques et peu abondants. La mésostase, peu vitreuse, est marquée par la fluidalité des microlithes de plagioclases. L'apatite est présente (figure 11). Cette trachyandésite doit être considérée comme très évoluée (voir grille pétrographique), par la disparition des pyroxènes et leur substitution par des hornblendes : c'est une trachyandésite à tendance benmoréite.

4.5. Prélèvements effectués dans la brèche stratifiée de versant

La brèche de versant, codée *Brsv* sur la carte géologique, est représentée par les lames 11 942, 11 936, 11 940 et 11 961. Elles ont été taillées dans des blocs distincts, prélevés en plusieurs endroits au-dessus de la D17, dans sa branche montante (figures 7 et 8). On va voir que le caractère polyolithologique et polygénique de la formation apparaît immédiatement. Compte tenu de son importance dans le contexte de l'effondrement et de l'accident géologique que nous étudions, l'analyse est ici plus détaillée que pour les autres formations.

- **11 942.** C'est un bloc entièrement lavique de **trachybasalte** potassique scoriacé de la Formation de Rolland *τβbr*. Du point de vue pétrographique, il est entièrement conforme aux caractéristiques dégagées au paragraphe 4.1 ci-dessus. La roche est très vésiculaire, avec de nombreuses inclusions vitreuses de grand diamètre, et pour certaines des inclusions fluides (figure 12).



Figure 12. Vésicule (Vés) avec inclusion vitreuse (In) et, à l'intérieur de cette dernière, inclusion fluide. LPNA. Échelle : le diamètre de la vésicule est de 0,15 mm. Celui de la petite inclusion fluide (flèche blanche) est de 0,02 mm, soit 20 microns. Cliché D. Rossier.

- **11 936.** Prélevé à quelques mètres de l'échantillon ayant servi à tailler la lame 11 942, ce nouvel échantillon est tout différent et illustre bien le caractère polyolithologique de la brèche de versant.

Il s'agit d'une **brèche à composants non soudés**, à teneur générale trachyandésitique, avec de très petits fragments de basalte et de ponce dans une bouillie de cendres et de cristaux de plagioclases et de pyroxènes. Noyés dans cette matrice, on distingue nettement des fragments laviques plus importants, de taille centimétrique, de composition trachyandésite indifférenciée, mais sans trace de trachybasalte. Cet aspect hétérogène est illustré par le cliché de la figure 13.



Figure 13. Scan en lumière polarisée non analysée de la lame 11 936. Les contours en ligne blanche isolent les fragments laviques de composition trachyandésitique. Échelle : 3,5 cm à la base. Cliché D. Rossier.

Dans la matrice non soudée, on observe, noyés dans la pâte cendreuse, de multiples phénocristaux (amphiboles, pyroxènes et plagioclases), des fragments de basalte mais aussi de ponce. Cette dernière est reconnaissable à sa texture homogène finement divisée et fluidale, en microlithes de feldspaths, tous alignés dans la même direction, dans une matrice vitreuse : voir repère **D** illustré dans les figures 14a et 14b.

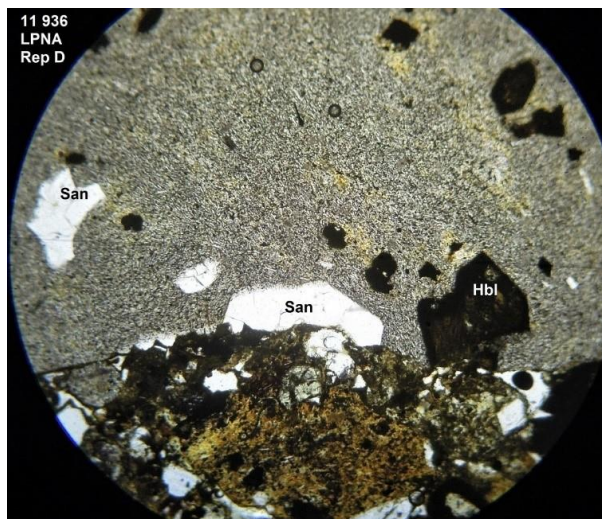


Figure 14a. Repère D en LPNA. Fragment de ponce, avec des sanidines et une hornblende en bordure. Échelle : 3 mm à la base. Cliché D. Rossier.

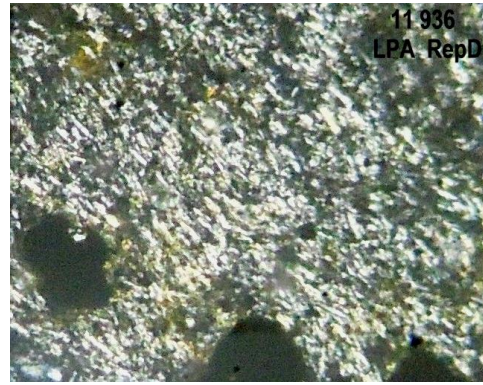


Figure 14b. Repère D en LPA. Microlithes automorphes d'oligoclase alignés dans la même direction. Échelle : 0,6 mm à la base. Cliché D. Rossier.

La présence de la ponce en faible quantité est fréquente dans les brèches du strato-volcan. Elle provient des émissions de nappe de ponce datée de $8,4 \pm 0,6$ Ma, âge nettement antérieur à celui des avalanches de débris du secteur ouest du Cantal, dans la fourchette de 7,4 à 7,2 Ma (voir première partie de cet article, Rossier *et al.*, 2023). La nappe de ponce a été largement remaniée et mélangée dans les fractions épicaustiques des brèches : voir la notice de la carte géologique. La ponce a un caractère alcalin (figures 14a et 14b).

- **11 940.** Prélevé à quelques mètres des échantillons précédents, cet échantillon est tout différent et illustre à nouveau le caractère polyolithologique et polygénique de la brèche de versant. C'est une **brèche soudée**, à fragments centimétriques porphyriques. La teneur générale est trachyandésitique, avec absence d'olivine, et abondance de clinopyroxènes de composition augite. Ces derniers sont fréquemment assemblés en groupes denses, organisés en chaîne de petits phénocristaux, ceux-ci en prismes ou en octogones typiques. Ils sont ceinturés par des plagioclases également automorphes (voir dessin de la figure 15).

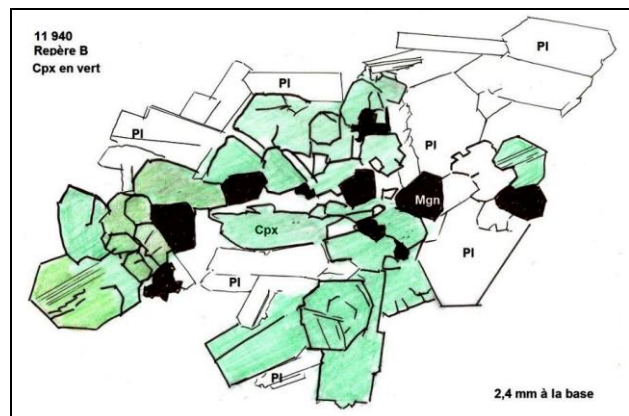


Figure 15. Groupes de clinopyroxènes dans 11 940. Pl = plagioclase, Cpx = clinopyroxène, Mgn = titanomagnétite. Dessin D. Rossier.

Les phénocristaux de plagioclase, finement zonés, sont des labradors. On note également l'absence de phénocristaux de hornblende ou de biotite. La méso-stase est partiellement vitreuse avec des microlithes d'hypersthène et de pigeonite. L'apatite est présente en faible quantité. La titano-magnétite est abondante, associée aux clinopyroxènes ou en inclusion.

La structure est celle d'une brèche de progression de trachyandésite à tendance de latite, à cause de la présence d'hypersthène. Du point de vue pétrographique, elle est très proche de celle prélevée dans un des panneaux de l'avalanche de débris au-dessus de la Peubrélie (Réf. 11 931), décrite dans la première partie de l'article (Rossier *et al.*, 2023). Comme pour le panneau de l'avalanche de débris, on fait le rapprochement avec la coulée de latite qui recouvre les coulées des Fours de la Peyre Arse [$7,8 \pm 0,25$ Ma, Baubron et Demange (1977)], codée τ_{a1} . Dans le cas présent, des fragments auraient été inclus dans le grand déversement lors de l'effondrement du versant. Les coulées de latite sont plutôt exceptionnelles sur le strato-cône.

- **11 961.** C'est un fragment lavique de trachyandésite porphyrique, non vésiculaire et fluidal. Les plagioclases sont abondants, de taille allant jusqu'au demi centimètre, de composition variable, allant de celle de l'andésine à celle de labrador. Les clinopyroxènes (augites) abondants sont de petite taille, inférieure à 2 mm, ou parfois en amas associés aux plagioclases et à des microlithes de titano-magnétite. L'amphibole est absente ainsi que la biotite. La mésostase est microlithique et non vitreuse. Les microlithes de plagioclase, en prismes de taille allant jusqu'à 0,1 mm, sont associés à quelques microlithes de feldspath alcalin et à des microlithes abondants de pyroxène et de magnétite.

Cette trachyandésite à caractère basique peut être classée comme **mugéarite**.

4.6. Traces de nuées ardentes issues de l'écroulement du dôme trachytique du puy Mary

Des dépôts pyroclastiques de ces nuées ardentes ont été trouvés et échantillonnés en deux endroits, le long de la portion supérieure de la D17, et ont permis de tailler des lames minces qui seront décrites dans le futur chapitre Cantal de *l'Atlas pétrographique* de la SAGA :

- d'une part, au virage en épingle à cheveu, près du départ du sentier du col du Redondet (Réf. 11 881 et 11 882) ;

- d'autre part, en placage sur le versant nord de la Roche Noire, mais à la limite de l'accident géologique formant dépression (Réf. 11 957).

L'analyse montre que tous ces échantillons ont les caractéristiques de pyroclastites trachytiques, très proches de celles du prélèvement effectué à la base du puy Mary (parking des visiteurs) de référence 11 966. La datation du dôme a donné $6,43 \pm 0,08$ Ma (Nehlig *et al.*, 2001b). Elle est bien plus récente que les autres unités décrites dans cet article.

5. Synthèse de la détermination des roches dans l'environnement de la Roche Noire. Conclusions

Nous la présentons sous la forme du tableau 2 ci-contre. Les principales conclusions ressortent de la colonne « détermination », auxquelles on peut ajouter :

- la diversité lithologique de la brèche de versant, dans laquelle on retrouve, à côté du trachybasalte attendu (formation de Rolland), des laves ou des brèches des formations proches du paléo-strato-volcan, toutes trachyandésitiques, à tendance plutôt basique, mais aussi latitique ;

- l'absence de benmoréite dans la brèche polyolithologique de versant, alors que la tendance benmoréite domine pour les deux unités postérieures à l'effondrement, le dyke et la coulée de la Chapeloune (néovolcan) ;

- confirmation de l'hypothèse que l'accident géologique de la dépression est bien la cicatrice fossile de l'effondrement du versant du paléo-strato-volcan ;

- une dernière conclusion concerne le tracé des unités géologiques le long de la D17 (branche supérieure horizontale) sur la carte BRGM (voir figure 8). Malgré l'étendue limitée de nos investigations, il apparaît bien qu'il n'y a pas continuité des dépôts pyroclastiques de nuées ardentes liées à l'écroulement du dôme trachytique du puy Mary. Ceux-ci n'apparaissent qu'en placages discontinus et réduits sur le flanc nord de la Roche Noire. *A contrario*, il est montré que les coulées de la Formation de Rolland sont parvenues jusqu'à la D17, entre la Roche Noire et les premières pentes du puy Mary (dessin de la figure 16).

Plusieurs points seraient à approfondir. Concernant l'accident de dépression, il serait certes utile de compléter les prélèvements, entre les deux branches de la D17, au-dessus de ceux déjà effectués, malgré la couverture végétale dense.

Enfin la couverture pétrographique sur le versant nord, du sommet et des pentes très escarpées de la Roche Noire, reste à achever.

Tableau 2. Synthèse de la détermination des roches.

Emplacement du prélèvement	§ article n° figures	Structure des échantillons	Caractères texturaux	Déterminations Datations rapportées dans la notice BRGM
Coulée D17 sous puy Mary	§ 4.2 n° 6 a	Lavique Monogénique	Porphyrique et vésiculaire	Trachybasalte de la Formation de Rolland (pas de datation)
Dyke sous la D17	§ 4.3 n° 5 a	Lavique Monogénique	Porphyrique et vésiculaire	Trachyandésite, benmoréite
Coulée de la Chapeloune, D17	§ 4.4 n° 5 a	Lavique Monogénique	Porphyrique et fluidale	Trachyandésite, tendance benmoréite 7,46 ± 0,25 Ma (Baubron et Demange)
Dépression (accident géologique)	§ 4.5 n° 5a et 7	Brèche de versant polyolithologique et polygénique	Brèche non consolidée. Blocs variés dans matrice cendro-ponceuse	- Trachybasalte de la Formation de Rolland - Trachyandésite, tendance latite . À rapprocher de la latite de la Peyre Arse, 7,8 ± 0,25 Ma (Baubron et Demange) - Mugéarite - Brèche à matrice cendro-ponceuse

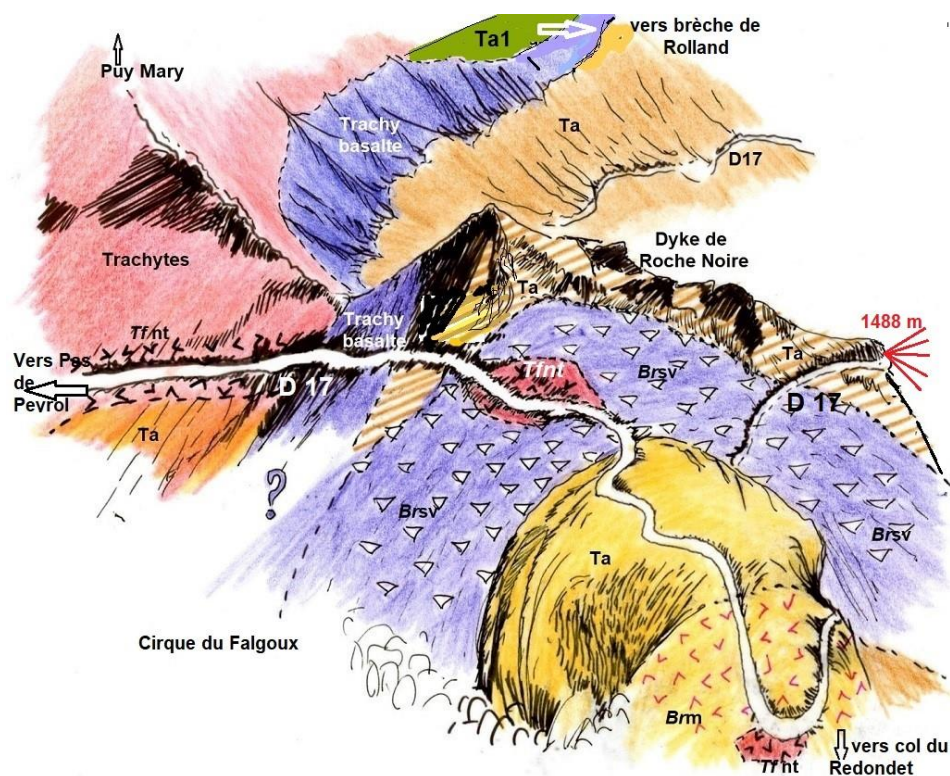


Figure 16. Vue perspective vers l'est de la Roche Noire et de ses environs depuis le sentier du col du Redondet. Illustrée à partir des recherches et conclusions de cet article, ainsi que des clichés des figures 5b et 6b.

Ta = trachyandésite. Ta1 = latite. Tfnt = brèche d'écroulement de dôme, nuées ardentes trachytiques.
Brsv = brèche polyolithologique de versant. Bm = brèche de progression trachyandésitique. Dessin D. Rossier

Bibliographie

Baubron J.-C. et Demange J., 1977. Chronologie absolue de quelques formations volcaniques du centre du stratovolcan du Cantal. Méthode potassium/argon. Implications volcanologiques. Rapport BRGM 77 SGN 268 MGA/GTH, inédit, 30 pages.

Maury R.C. et Brousse R., 1978. Présence de pigeonite et d'orthopyroxène dans certaines laves du Massif central français : leur répartition et leur origine. *Bull. minéral.*, 101-1, p. 10-21.

Nehlig P., Leyrit H., Arnaud N. [et al.], 2001a. Carte géologique de la France à 1/50 000, n° 788, Murat. Éd. BRGM, Orléans, 1 carte + 1 notice, 264 pages.

Nehlig P., Leyrit H., Dardon A., Fréour G., de Goër de Hervé A., Huguet D. et Thiéblemont D., 2001b. Constructions et destructions du strato-volcan du Cantal. *Bull. Soc. géol. France*, 172, 3, p. 295-308.

Rossier D., Beyaert B. et Grimault Y., 2023. Effondrement et reconstruction du strato-volcan du Cantal,

versant nord-ouest. 1^{ère} partie. *Saga Information*, n° 394, p. 12-19.

Pour l'essentiel, le lecteur se reportera aux références données lors de la publication de la première partie de l'article (Rossier *et al.*, 2023).

Voir aussi :

https://www.saga-geol.fr/Petrographie_frameset.html, chapitre « Roches volcaniques », onglet « Cantal », à venir.

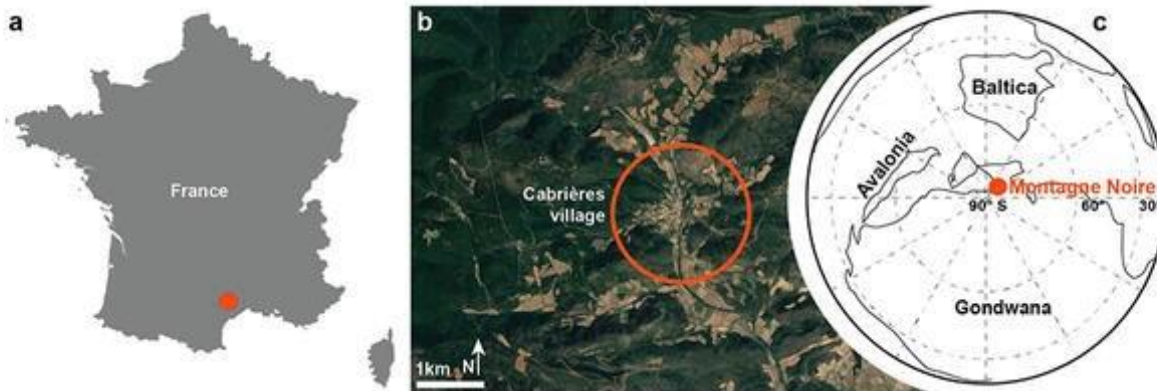
Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les participants aux voyages d'étude de la SAGA dans le massif du Cantal, et les membres de la Commission de volcanisme, qui les ont continûment encouragés dans leurs travaux de repérage, d'accompagnement et de communication.

Un très grand merci à Annie Cornée pour son aide dans la préparation, la relecture et la publication des deux parties de l'article.

BRÈVE : PALÉONTOLOGIE

Un gisement fossilifère à préservation exceptionnelle découvert dans le sud de la France



Localisation du site de Cabrières, près de Pézennas, dans l'Hérault.

À droite, localisation du site sur une reconstruction paléogéographique très simplifiée de l'Ordovicien.

Source : <https://lejournel.cnrs.fr/articles/un-zoo-fossile-dun-demi-milliard-dannees>.

Un nouveau gisement fossilifère a été mis au jour dans l'Hérault par le travail de longue haleine d'un couple d'amateurs passionnés de paléontologie, dont les découvertes ont été étudiées par une équipe internationale impliquant des scientifiques du CNRS et de l'université de Lausanne. Grâce à plus de 400 fossiles, datant de l'Ordovicien inférieur (de - 485 à - 477 millions d'années), le site de Cabrières, près de Pézennas, se classe parmi les gisements les plus riches et diversifiés au monde pour la période ordovicienne.

Il se distingue par un niveau de préservation exceptionnel qui a permis la découverte extrêmement rare d'organismes à corps mous. Une première étude du site vient de paraître dans *Nature Ecology & Evolution* (Saleh *et al.*, 2024).

Le gisement de Cabrières appartient à la catégorie des *Konservat-Lagerstätten*, c'est-à-dire des dépôts fossiles particulièrement bien préservés, non seulement les parties dures comme squelettes ou coquilles, mais