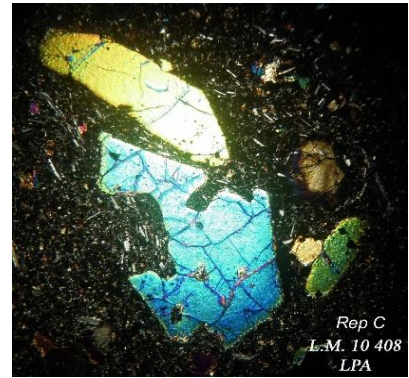




## Atelier de pétrographie



### ATLAS PETROGRAPHIQUE

Etude des roches magmatiques et métamorphiques par l'examen de lames minces  
au microscope polarisant

### NOTICE DES ROCHES VOLCANIQUES

Dominique Rossier

Danielle Piaud

Roland Maherault

Hélène Quéré

Dernière mise à jour le 4 mai 2026

# Table des matières

## Introduction

|                                                                     |   |
|---------------------------------------------------------------------|---|
| Tableau récapitulatif des « minéraux des roches » volcaniques ..... | 3 |
|---------------------------------------------------------------------|---|

## Le massif des Monts Dore

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| - 1er voyage de la SAGA 2012 ..... | 5 |
|------------------------------------|---|

La Banne d'Ordanche

Fontsalade, Sanadoire et col de Guéry

Grande cascade, massif du Sancy et Chaudefour

Bibliographie

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| - 2ème voyage de la SAGA 2022..... | 8 |
|------------------------------------|---|

Nappe de Ponce autour de la Bourboule

Alignement d'édifices au nord-est du complexe : phonolites, ordanchites, basalte demi-deuil

Lignes de crête occidentale et orientale de la Haute Dordogne et de la calderad'effondrement

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Le massif de la Chaîne des Puys ..... | 15 |
|---------------------------------------|----|

Classement par unité géologique et géographique

La série pétrographique de la Chaîne des Puys, une série alcaline

Bibliographie

|                              |    |
|------------------------------|----|
| Le massif de l'Estérel ..... | 19 |
|------------------------------|----|

Introduction

Le volcanisme permien

Localisation des prélèvements

Singulières rhyolites ignimbritiques et rhyolites fluidales : comment les caractériser ?

Série volcanique alcaline du Permien de l'Estérel

L'hypovolcanisme de l'Eocène, l'estérellite

Bibliographie

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Le strato-volcan du Cantal..... | 30 |
|---------------------------------|----|

1 – Introduction

2 - Lignes directrices et limites de l'atlas

3 - Présentation en 7 grandes périodes, dites phases

4 - Bibliographie.

## Introduction

Cette notice regroupe les éléments nécessaires à l'utilisateur pour la compréhension des observations des lames minces des roches volcaniques :

- Des éléments communs à tous les massifs volcaniques visités.
- Des éléments spécifiques à chacun des massifs visités : Aubrac, Cantal, Devès, Monts Dore, Coiron, Chaîne des Puys, Estérel, Chenaillet.

La présente version du document concerne le massif des Monts Dore, la Chaîne des Puys et l'Estérel.

### Tableau récapitulatif des « minéraux des roches » volcaniques

**Pour un massif donné**, ce tableau récapitule les lames minces du massif : le N° de la lame, le lieu de prélèvement, la nature de la roche, les minéraux observés et la série de la roche. L'extrait ci-après du tableau des Monts Dore illustre ce principe.

| N° lame | Lieu de prélèvement                 | Roche   | Minéraux observés |     |     |     |    |     |     |     |    |      | Série |
|---------|-------------------------------------|---------|-------------------|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|------|-------|
|         |                                     |         | Si                | F.A | Pl  | Foï | Ol | Cpx | Opx | Amp | Bt | M.A. |       |
| 10401   | Banne d'Ordanche – lac de la Cabane | Basalte | -                 | -   | an+ | X   | X  | X   | -   | -   | -  | X    | SMA   |

A noter les particularités suivantes :

- Une notice peut regrouper la description de plusieurs lames “quasi-identiques” de la même roche, disponibles pour un travail en atelier. Exemple : la notice de la lame 10431 décrit les lames 10431, 10432, 10433.
- Il peut arriver également qu'une lame soit mentionnée plusieurs fois dans le tableau, si des roches différentes y apparaissent, nécessitant des descriptions distinctes (dans le cadre d'un mélange de magmas par exemple). Exemple : la notice de la lame 10440 décrit deux zones A et B qui n'ont pas les mêmes minéraux.

Le tableau est renseigné selon la légende suivante :

- **Rubriques « minéraux observés »**

Ces rubriques sont remplies par des **X** si les minéraux correspondants ont été observés au microscope. En l'absence de ces minéraux, on laisse un blanc.

Seuls les plagioclases font l'objet d'une précision (an+ ou an-) **le seuil étant 50% d'anorthite**. (cas exceptionnel : An ? si la composition des plagioclases n'a pu être déterminée).

**Si** : présence détectée de silice libre, c'est-à-dire de cristaux de quartz, de cristobalite ou de tridymite.

**F.A.** : feldspath potassique (ex. : sanidine).

**Pl** : plagioclases. La composition des plagioclases observés, si elle est déterminée par une mesure de Michel-Lévy, n'apparaît que dans la **fiche descriptive**. Dans le tableau, on indique l'un des trois critères suivants : an+, an- ou an? (quand la présence de plagioclases est avérée, mais qu'on n'a pas pu les identifier).

**Foi** : feldspathoïdes. La nature des feldspathoïdes observés n'apparaît que dans la **fiche descriptive**.

**OI** : olivine.

**Cpx** : clinopyroxène. La variété éventuellement observée (exemples titano-augite, salite) n'apparaît que dans la **fiche descriptive**.

**Opx** : orthopyroxène.

**Amp** : amphibole. La variété éventuellement observée n'apparaît que dans la **fiche descriptive**.

**Bt** : biotite. La variété éventuellement observée n'apparaît que dans la **fiche descriptive**.

**M.A.** : minéraux accessoires. La nature des minéraux accessoires observés n'apparaît que dans la **fiche descriptive**.

Remarque : les **altérations** sont reportées uniquement dans la **fiche descriptive**.

- **Rubriques série et nature**

On inscrit dans ces rubriques les codes de la série et de la nature de la roche volcanique.

| Série      |                             | Nature de la roche                                                                                                                                                                                      |
|------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SHA</b> | <b>Hyperalcaline</b>        | <b>Bn</b> : basanite, <b>Tp</b> : téphrite, <b>Phtp</b> : phonotéphrite, <b>Tpph</b> : téphri phonolite, <b>Ph</b> : phonolite                                                                          |
| <b>SPA</b> | <b>Peralcaline</b>          | <b>Bn</b> : basanite, <b>Tp</b> : téphrite, <b>Phtp</b> : phonotéphrite, <b>Tpph</b> : téphri phonolite, <b>Ph</b> : phonolite                                                                          |
| <b>SA</b>  | <b>Alcaline</b>             | <b>Ba</b> : basalte, <b>Ha</b> : Hawaïte (ou trachy basalte), <b>Mu</b> : Mugéarite (pour trachy andésite), <b>Ben</b> : benmoréite (pour trachyte), <b>Ak</b> (pour ankaramite)                        |
| <b>SMA</b> | <b>Moyennement alcaline</b> | <b>Ba</b> : basalte, <b>Ha</b> : Hawaïte (ou trachy basalte), <b>Mu</b> : Mugéarite (pour trachy andésite), <b>Ben</b> : benmoréite (pour trachyte), <b>Ak</b> (pour ankaramite)                        |
| <b>SCA</b> | <b>Calco-alcaline</b>       | <b>Ba</b> : basalte, <b>Ba-And</b> : basalte andésitique, <b>And</b> : andésite, <b>Da</b> : dacite, <b>Rhf</b> : rhyolite fluidale, <b>Rhi</b> : rhyolite ignimbritique, <b>Rhp</b> : rhyolite piperno |
| <b>STh</b> | <b>Tholéitique</b>          | <b>Ba</b> : basalte, <b>Ba-And</b> : basalte andésitique, <b>And</b> : andésite, <b>Da</b> : dacite, <b>Rh</b> : rhyolite                                                                               |

On exclut les appellations à caractère local telles, domites, sancyites etc. Elles sont cependant signalées dans la fiche descriptive.

## - 1er voyage de la SAGA 2012

**Ankaramites** à la montée depuis le parking (pkg) jusqu'au pylône (L.M. 10407, 10408, 10409, 10410).

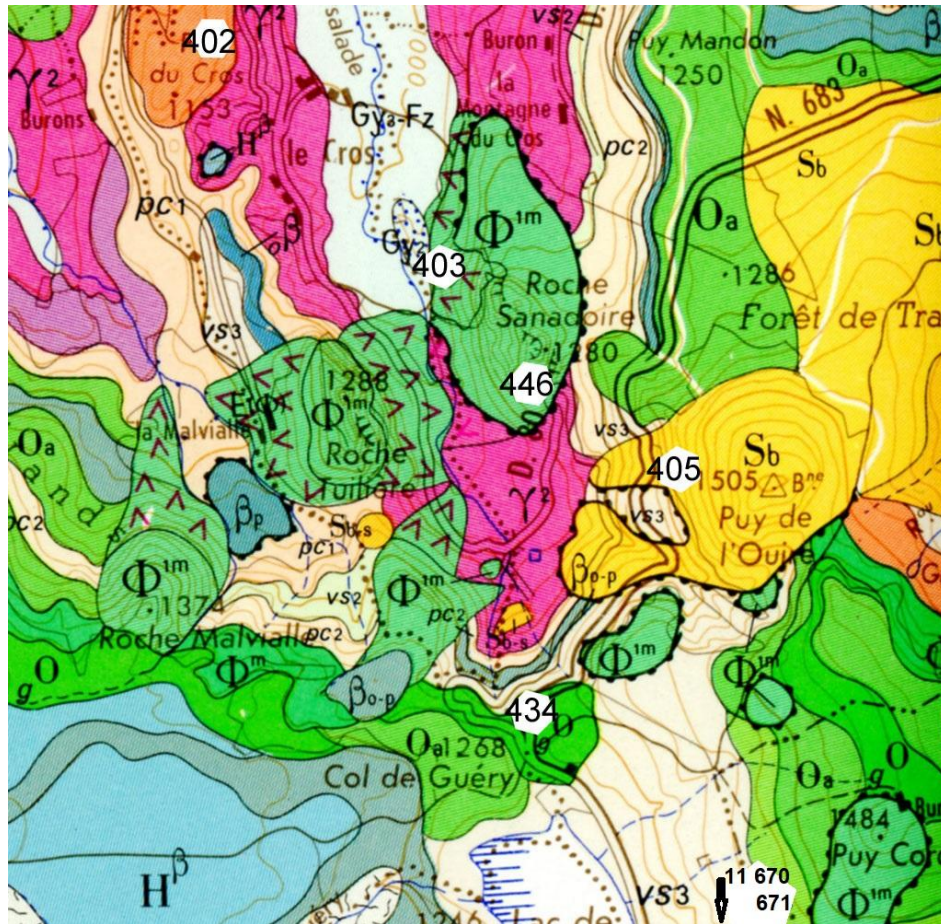
**Basaltes demi-deuil (L.M. 10435, 10436).**

**Ordanchites** (L.M. 10431, 10432, 10433, 10503)

Pas de prélèvement dans les ankaramites du sommet de la Banne (1512 m).



## Fontsalade, Sanadoire et col de Guéry



Extrait de la carte BRGM N° 716 au 1 / 50 000 - Bourg Lastic

**Trachy-phonolite** leucocrate, myaskitique de la Sanadoire : L.M. 10403, 10446.

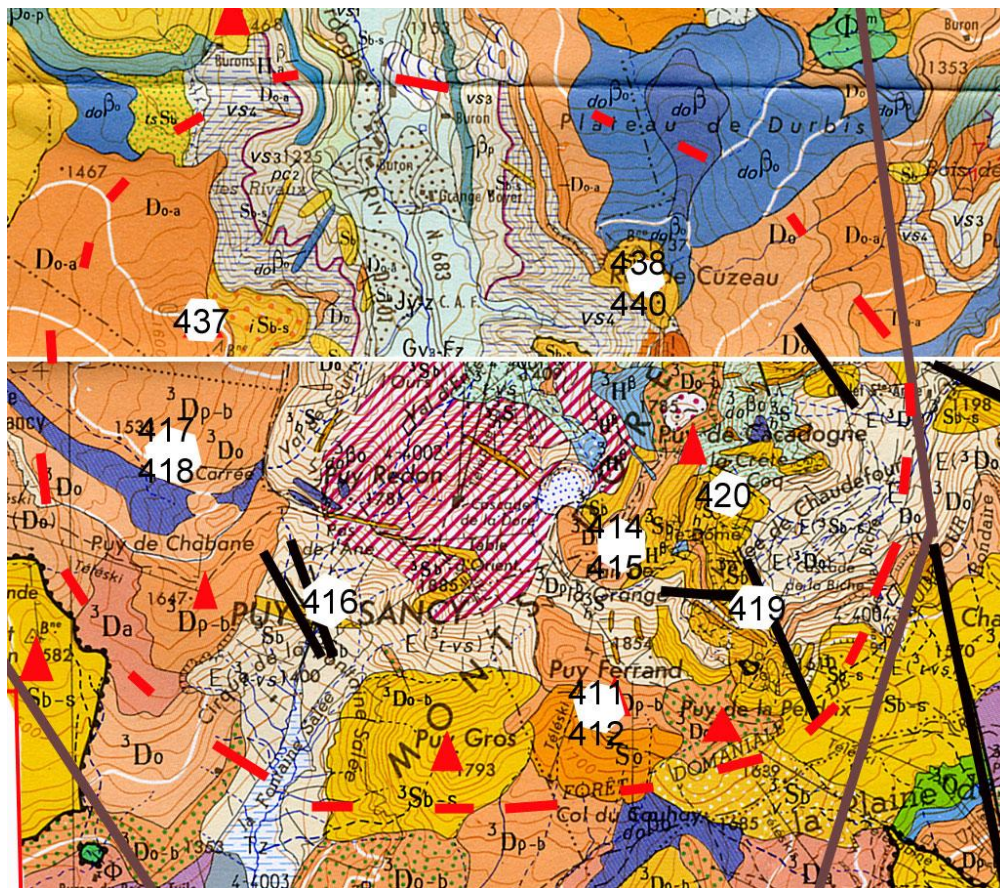
**Mugéarite** saturée, doréite, de la coulée du Puy du Cros : L.M. 10402.

**Basalte** hyaloclastique, col de Guéry : L.M. 10434.

Basalte demi-deuil, proximité est lac de Guéry ; LM 11670, 11671

**Benmoréite** saturée, sancyite, du Puy de l'Ouire : L.M. 10405.

## Grande cascade, massif du Sancy et Chaudefour



**Extrait de la carte BRGM N° 740 au 1 / 50 000 – La Tour d'Auvergne**

**Mugéarite saturée**, doréite, Gde cascade (en mélange), Mt Ferrand, Plan de la Grange, vallée de la Courre : L.M. 10440, 10412, 10414, 10415, 10417.

**Benmoréite saturée**, sancyite, Gde cascade, vallée de la Courre, Puy deSancy : L.M. 10438, 10440, 10418, 10437, 10416.

## Bibliographie

Carte et notice géologique du BRGM N° 716 au 1 / 50 000 - Bourg Lastic pour le Nord du massif.

Carte et notice géologique du BRGM N° 740 au 1 / 50 000 - La Tour d'Auvergne pour le sud du massif.



**ATLAS de pétrographie, roches volcaniques, Introduction au chapitre des Monts Dore  
Compléments apportés lors des voyages d'étude de la SAGA en 2022.**

**Introduction**

Ces voyages ont complété ceux de 2013. Ils ont porté principalement sur trois parties du complexe volcanique, liées aux cycles éruptifs successifs :

- Les repères stratigraphiques de la **nappe de ponce** autour de la Bourboule et l'identification des pyroclastes cendro-ponceux du second épisode d'émission. Ce dernier marque le début du cycle moyen et date de 3 à 2,8 Ma. Ce dossier n'avait pas été traité dans l'édition précédente de l'ATLAS
- L'**alignement** des édifices volcaniques à l'est du lac du Guéry, dans le nord du complexe ; ils s'alignent du nord au sud, depuis la roche Tuilière et la Sanadoire jusqu'au Trioulérout, comportant des extrusions phonolitiques dans le grand massif d'ordanchite de l'Aiguiller, ainsi que des basaltes demi-deuil du Létaud. Ils font partie du cycle moyen de 3 à 1,5 Ma. Seules les phonolites de la base de la Sanadoire avaient été traitées dans l'édition précédente. Ceci complète les dossiers précédents sur la partie nord-ouest du complexe (Banne d'Ordanche).
- Le centre de la caldera et les crêtes au-dessus de la vallée de la **Haute Dordogne**. A l'ouest, carrière des Grands Moulins. A l'est, depuis le Roc de Cuzeau (1737 m) jusqu'au Sancy (1885 m), ainsi que le verrou de la vallée de la Courre ; ceci complète les dossiers précédents, décrivant les édifices et affleurements dans le Val de Courre. L'abondance des trachyandésites dans cette zone, permet de replacer les appellations historiques *doréites* et *sancyites*, dans la nomenclature récente de cette série volcanique du **cycle supérieur**, de 2 à 1,5 Ma.  
On peut ajouter aussi une visite à la **Banne d'ordanche** pour les **ankaramites** du cycle supérieur.

Cette présentation est complétée par plusieurs nouveaux guides dans la notice générale.

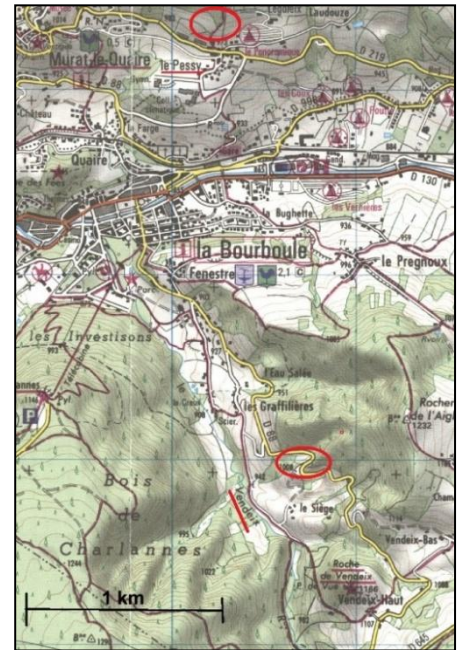


## Présentation des nouveaux dossiers

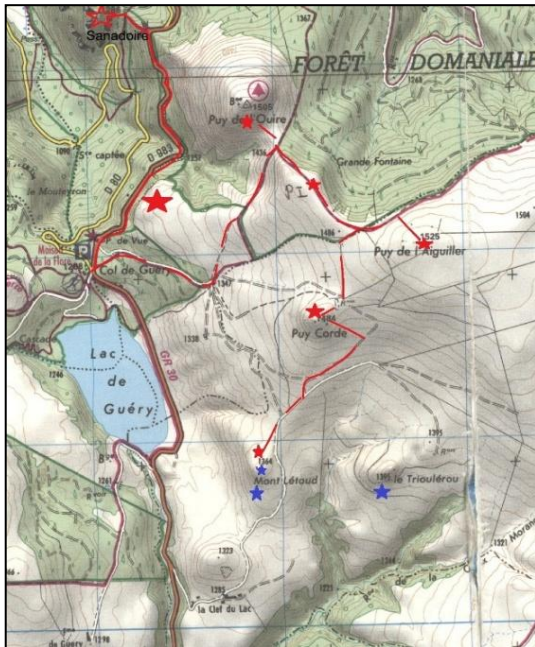
1. La **nappe de ponce** autour de la Bourboule, qui marque le début du **cycle moyen** (3 à 1,5 Ma). Carte BRGM jointe tirée de la feuille n° 740 de La Tour d'Auvergne. **Figure 1a**.

L'objectif était limité à la reconnaissance et l'échantillonnage de certains repères stratigraphiques remarquables en remontant la vallée du Vendeix par la D 88 depuis La Bourboule. L'arrêt à l'altitude de 990 mètres, permet d'identifier sur les falaises au-dessus de la route la seconde nappe de ponce : lames minces N° 12035 et 12037. Ces échantillons cendro-ponceux caractéristiques ont été comparés aux pyroclastes d'un autre site, celui de petite carrière du Pessy : c'est la lame 12038A.

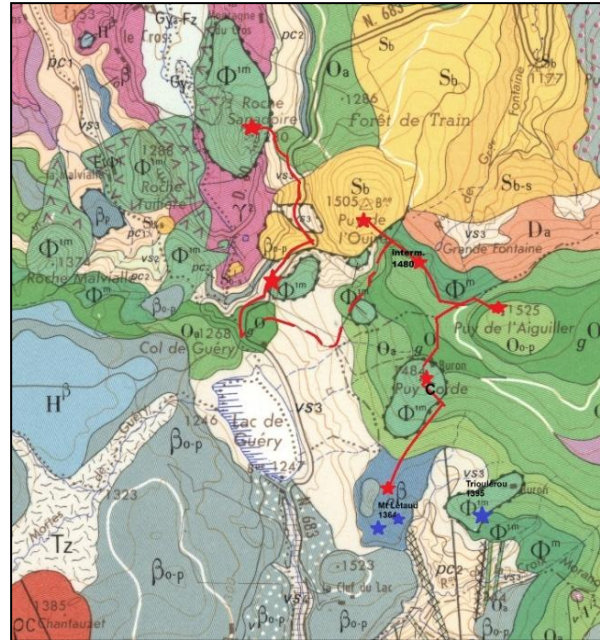
**Figure 1a : IGN.** Cercles rouges : site du Pessy en haut et cote 990 m dans la vallée du Vendeix dans la moitié inférieure.



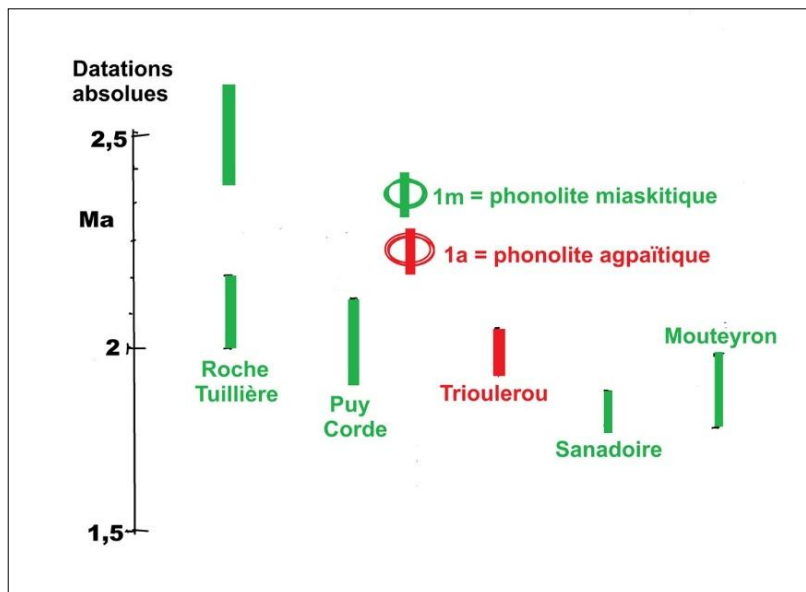
2. **L'alignement d'édifices** au nord-est du complexe, illustrant les deux séries émises lors de **cycle moyen** (3 à 1,5 Ma). Ceci complète ce qui était déjà présenté dans l'ATLAS, pour le complexe de la Banne d'Ordanche. Les deux séries ont en commun des basaltes et ankaramites, mais la différenciation a donné une branche sous-saturée remarquable par ses téphrites, **ordanchites** (nom local) et ses **téphriphonolites**. Cette série sous-saturée est mise en valeur sur plusieurs édifices et affleurements, depuis la Tuilière et la Sanadoire elle-même jusqu'au Trioulérou. Datations **figure 3**. Ce sont les lames 12025 à 12027, 12033 et 12034, 12075 et 12076, 12083, 12085 et 12086. Sont inclus également les **basaltes demi-deuil** du Mont Létaud (également du cycle moyen, datés de 2,4 à 2,8 Ma), 12029 à 12032. Cartes jointes, IGN et BRGM tirée de la carte n° 716 feuille de Bourg Lastic. **Figures 2a** et **2b**. Dans ces repérages, le passage par le versant sud du Puy de l'Ouire (12028) fait exception, puisqu'il concerne une **sancyite** de la série saturée, mais toujours du cycle moyen. On peut la rapprocher de la **sancyite** de la carrière Monneron du lieudit les Planches voir **figure 6**.



**Figure 2 a** extraite de la carte IGN au 1/50000.  
Le trait rouge donne l'itinéraire suivi depuis le sommet de la Sanadoire jusqu'au Mont Létaud.



**Figure 2b :** **Figure 2b** extraite de la carte BRGM citée plus haut. **Φ** pour les phonolites, **O** pour les ordanchites et **β** pour le basaltedemi-deuil



**Figure 3.** Les datations des édifices phonolitiques du nord-est du complexe sont tirées de la notice de la carte géologique du BRGM, N° 716, feuille Bourg Lastic.

3. **Les lignes de crête occidentale et orientale** de la Haute Dordogne et de la **caldera d'effondrement** qui s'est formée au **cycle supérieur** (1,5 à 0,2 Ma). C'est sur ces parcours que A. Lacroix a mis en lumière l'originalité de la série volcanique des Monts Dore, dans lesquelles apparaissent le plus souvent la sanidine, minéral symbole des Monts Dore. C'est également sur ces sites et affleurements que Lacroix a fait adopter les appellations historiques *doréites* et *sancyites*. Lames 12021, 12022 et 12078 pour la carrière des Grands Moulins, cartes de la **figures 5**. Lames 12038 et 12077 pour la carrière Monneron près des Planches (**figure 6**). Lames 12023, 12071 à 12074, et 12079 pour la crête qui va du Cuzeau au sommet du Sancy, carte de la **figure 4**. Pour la *sancyite* hololeucocrate, lame



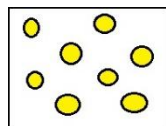
**Figure 4.** le versant est et sud de la caldera de la Haute Dordogne. Tiré de la carte IGN au 1/50 000. Les prélèvements sont marqués par une étoile noire.

**D<sub>o-b</sub>** = *doréite* à olivine, pyroxène  
et biotite

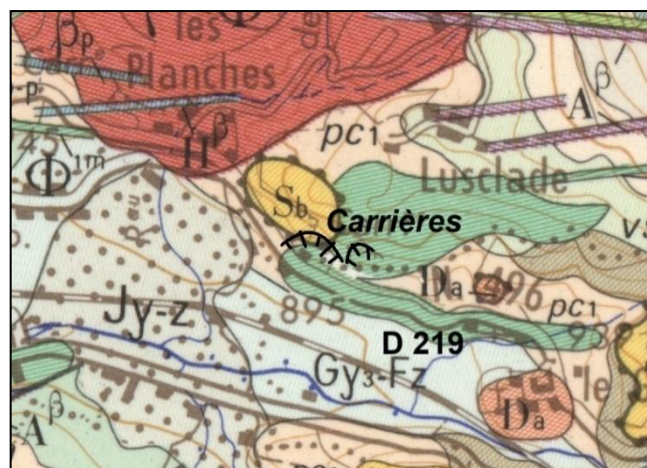
**Dp-b** = *doréite* à pyroxène et biotite

**Sb-s** = *sancyite* à pyroxène et biotite

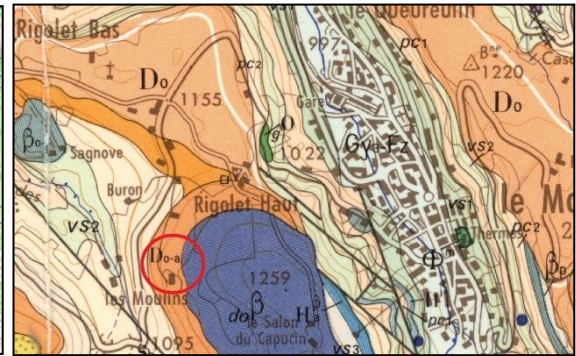
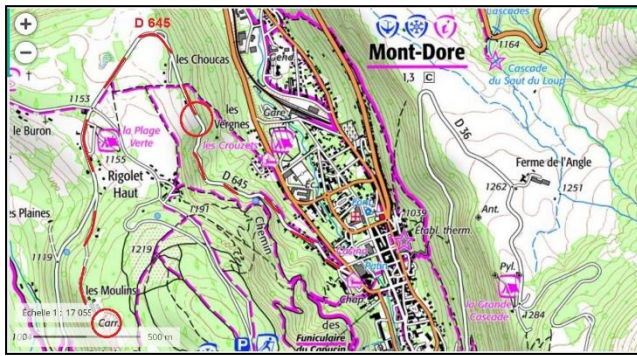
**S<sup>h</sup><sub>b-s</sub>** = *sancyite* hololeucocrate à sanidine et tridymite



Les carrières se trouvent sous le grand massif de rhyolite de l'Usclade-Les Planches, dans lequel un échantillon a été prélevé au lieu-dit la Gâcherie (lame 12069).

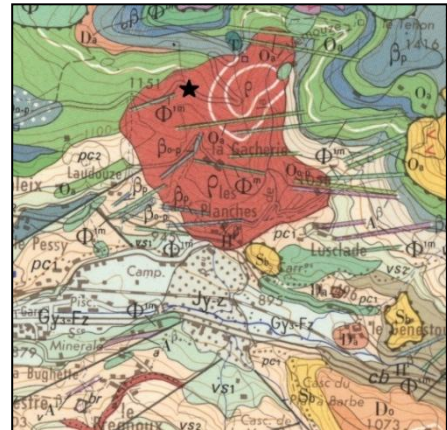


11/49



#### 4. Compléments

4.1. Dans le cycle moyen (environ 2,5 Ma), on inclut le dôme de **rhyolite** de la Gâcherie, dans lequel a été prélevé un échantillon au lieu-dit La Gâcherie : lame 12 069 : **Figure 7** ci-contre.



4.2. Dans le cycle supérieur, on a complété par une revue des ankaramites de la Banne d'Ordanche, prélevées au sommet (lame 12062, à la base des coulées prismées du versant sud (lames 12060 et 12061), le long de l'escalier sous le sommet (lames 12066 et 12067), sur le versant ouest (lame 12065) et au pylône à l'ouest de la Banne (lame 12068).

#### Récapitulatif des nouvelles lames minces

##### 1. Nappe de ponce autour de la Bourboule.

|                |                           |                                                                                                                                            |
|----------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>12035</b>   | Vendeix, cote 990 m       | brèche cendro-ponceuse très claire. Non dévitrifiée.                                                                                       |
| <b>12037</b>   |                           | « Echardes ». Quartz bipyramidé.                                                                                                           |
| <b>12038 a</b> | Pessy haut muret<br>15/06 | brèche cendro-ponceuse avec début de dévitrification : sphérolites de dévitrification.<br><br>Magma saturé à cachet rhyolitique et alcalin |

##### 2. Alignement d'édifices au nord-est du complexe : phonolites, ordanchites, basalte demi-deuil

|              |                                |                                                                                                                                                        |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>12025</b> | Sommet intermédiaire<br>1480 m | <b>Tephriphonolite -gO, ordanchite</b> dite du massif de l'Aiguiller à phénocristaux de pyroxène, hornblende, plagioclase Sodalite. Vésicules allongés |
| <b>12026</b> |                                |                                                                                                                                                        |
| <b>12027</b> | Sommet Aiguiller               | <b>Tephriphonolite -gO, ordanchite</b> du massif de l'Aiguiller                                                                                        |



|                                              |                                  |                                                                                                                                                     |
|----------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              | 1525 m                           | à<br>Titano-Augite, hornblende<br>Häüyne uniquement dans la pâte                                                                                    |
| <b>12028</b>                                 | Ouire mi-hauteur                 | <b>Sb</b> , Sancyite leucocrate dégazée, sans phénocristaux de sanidine                                                                             |
| <b>12029</b>                                 | Létaud sommet                    | <b>brèche basaltique</b> consolidée, à nombreuses vésicules comblées par des zéolites (heulandite).                                                 |
| <b>12030</b><br><b>12031</b><br><b>12032</b> | Létaud versant nord              | <b>Basalte demi-deuil</b> , vésiculaire. Labrador<br>Mésostase partiellement vitreuse                                                               |
| <b>12033</b>                                 | Sanadoire sommet                 | <b>Phonolite</b> leucocrate miaskitique à noséane, pyroxènes issus d'enclaves énallogènes : <b>pigeonite</b> de composition « enstatite ». Zéolites |
| <b>12034</b>                                 | Puy Corde                        | <b>Phonolite</b> leucocrate miaskitique à néphéline et sodalite                                                                                     |
| <b>12075</b>                                 | Guéry, 110 m du parking. Ressaut | <b>Phonolite</b> leucocrate miaskitique à noséane                                                                                                   |
| <b>12076</b>                                 | Roche Tuilière                   | <b>Phonolite</b> leucocrate miaskitique à néphéline                                                                                                 |
| <b>12083</b>                                 | Base du volcan du Trioulerou     | <b>Tephriphonolite -O<sub>o-p</sub></b> , <b>Ordanchite</b> à <b>häüyne</b> et <b>analcime</b>                                                      |

### 3 - Lignes de crête occidentale et orientale de la Haute Dordogne et de la caldera d'effondrement

|              |                                       |                                                                                                                                                                      |
|--------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>12021</b> | Carrière des Grands Moulins<br>1205 m | <b>D<sub>o-a</sub>. doréite</b> à la limite des <b>sancyite</b> , à phénocristaux de pyroxène, biotite, sanidine et plagioclase. Pores à festons de <b>tridymite</b> |
| <b>12022</b> | Carrière des Grands Moulins<br>1205 m | <b>D<sub>o-a</sub>. doréite</b> à la limite des <b>sancyite</b> , à phénocristaux de pyroxène, biotite, sanidine et plagioclase. Pores à festons de <b>tridymite</b> |

|              |                                                                  |                                                                                                                                                                                                |
|--------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>12023</b> | Cuzeau                                                           | <b>S<sub>b-s</sub>, sancyite</b> non vitreuse, à phénocristaux de pyroxène, biotite, sanidine et plagioclase                                                                                   |
| <b>12024</b> | Petite carrière à la base du couloir sous le col avant Crebasses | <b>S<sup>h</sup><sub>b-s</sub>, Sancyite</b> hololeucocrate (pour la lettre <b>h</b> ) et vésiculaire. Sanidine, plagioclase, amphibole et biotite. Tous phénocristaux pyroxène amphibolitisés |
| <b>12038</b> | Carrière Moutonnet (les Planches). Dyke de la carrière           | <b>S<sub>b</sub> sancyite</b> leucocrate à biotite sans phénocristaux de sanidine                                                                                                              |
| <b>12039</b> | Au-dessus de Pessy 1030 m                                        | <b>S<sup>h</sup><sub>b-s</sub>, Sancyite</b> hololeucocrate (pour la lettre <b>h</b> )                                                                                                         |
| <b>12069</b> | Gâcherie au bas bord route                                       | <b>Rhyolite</b> . linéations                                                                                                                                                                   |
| <b>12071</b> | Descente du Sancy                                                | <b>Sancyite</b>                                                                                                                                                                                |
| <b>12072</b> | 1800 m                                                           | Deux échantillons distincts                                                                                                                                                                    |
| <b>12073</b> |                                                                  | <b>S<sub>b-s</sub></b>                                                                                                                                                                         |
| <b>12074</b> |                                                                  |                                                                                                                                                                                                |
| <b>12077</b> | Carrière Moutonnet les Planches                                  | <b>Sancyite</b><br><b>S<sub>b-s</sub></b>                                                                                                                                                      |
| <b>12078</b> | Carrière des Grands Moulins<br>1205 m                            | <b>D<sub>o-a</sub>. doréite</b> à phénocristaux de pyroxène, biotite, sanidine et plagioclase. Pores à festons de <b>tridymite</b>                                                             |
| <b>12079</b> | Col de la Cabane<br>Sous le Sancy                                | <b>Sancyite</b><br><b>S<sub>b-s</sub></b>                                                                                                                                                      |
| <b>12081</b> | Verrou vallée de la Courre                                       | <b>Sancyite</b>                                                                                                                                                                                |
| <b>12082</b> |                                                                  | <b>S<sub>b-s</sub></b>                                                                                                                                                                         |

#### 4 - Banne d'Ordanche

|              |                  |                   |
|--------------|------------------|-------------------|
| <b>12060</b> | Banne d'Ordanche | <b>Ankaramite</b> |
| <b>12061</b> |                  |                   |
| <b>12062</b> |                  |                   |
| <b>12064</b> | Banne d'Ordanche | <b>Ankaramite</b> |

|              |                  |                   |
|--------------|------------------|-------------------|
| <b>12066</b> | Banne d'Ordanche | <b>Ankaramite</b> |
| <b>12067</b> |                  |                   |
| <b>12068</b> | Pylône           | <b>Ankaramite</b> |

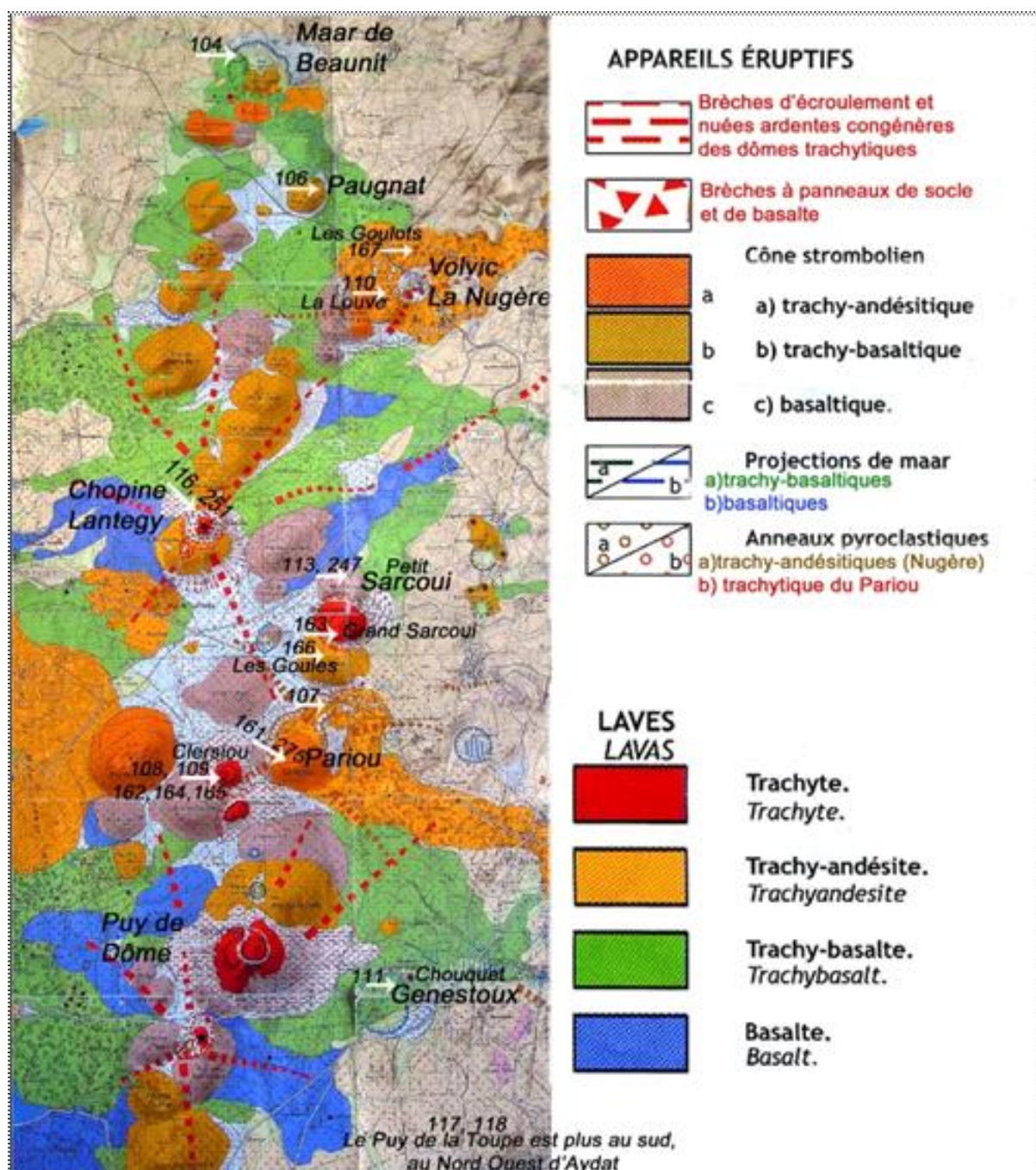


# Le massif de la Chaîne des Puys

## Classement par unité géologique et géographique

En général les sites sont désignés dans cette chaîne par le terme de Puy. Dans le tableau récapitulatif, les lieux de prélèvement sont classés géographiquement, du nord au sud. Seule la moitié nord de la chaîne, jusqu'au Puy de Dôme, a fait l'objet du voyage d'étude SAGA de 2015.

La carte ci-dessous donne les positions géographiques des prélèvements rapportées sur la carte géologique reproduite (voir bibliographie).



**Basalte** : LM 11104 – Maar de Beaunit ; 11106 – Puy Paugnat ; 11247 et 11113 - Petit Sarcoui ; 11117- Puy de la Toupe.

**Hawaïte** : LM 11106 – Puy Paugnat ; 11166 – Puy des Goules ; 11107 – Puy Pariou ; 11111 – Genestoux.

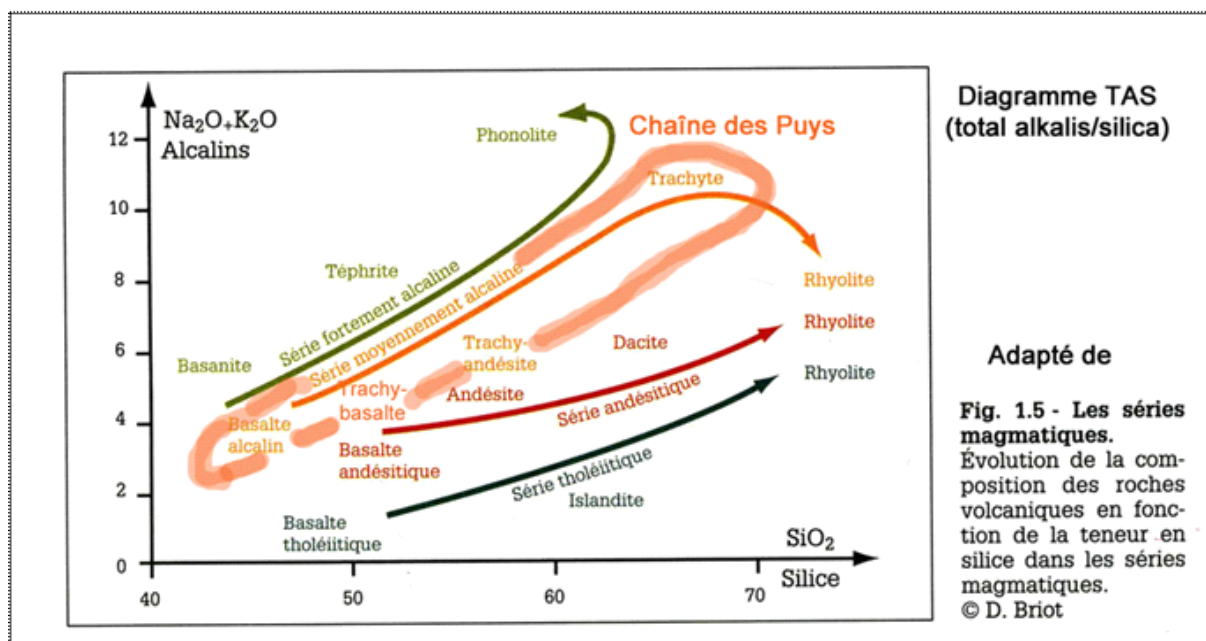
**Basanite** : LM 11118 – Puy de la Toupe.

**Benmoréite** : LM 1116 et 11251 – Puy Chopine ; 11163 – Grand Sarcoui ; 11165, 11162, 11108 11109 et 11164 – Clersiou.

**Mugéarite** : LM 11167 – Volvic – les Goulots ; 11110 – Puy de la Louve ; 11275 et 11161 – Puy Pariou.

## La série pétrographique de la Chaîne des Puys, une série alcaline

Un caractère remarquable de la chaîne des Puys est son unité pétrographique que l'on peut décrire dans les termes classiques du diagramme TAS (total alcali / silica). La série de la chaîne des Puys est **classée moyennement alcaline**.



### La série de la chaîne des Puys dans le diagramme TAS

Pour identifier et désigner les différentes roches décrites, nous avons adopté la terminologie utilisée dans la notice de la carte géologique au 1 / 25 000 et dans les publications récentes du laboratoire de Clermont Ferrand (voir bibliographie).

## Classes de la série alcaline

### Basaltes

**Hawaïtes (Trachy-basaltes)**

**Mugéarites (Trachy-andésites)**

**Benmoréites (Trachytes)**

Le tableau ci-dessous (tiré de Volcanologie de la Chaîne des Puys) permet d'établir la correspondance avec les dénominations internationales qui sont systématiquement utilisées dans le tableau récapitulatif des minéraux.

| % SiO <sub>2</sub>            |                | 45                                                 | 48     | 51                                                 | 55                                                               | 60                                                                                         | 65       |          |            |
|-------------------------------|----------------|----------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------|
| Classification internationale |                | basanite                                           | basalt |                                                    | basaltic trachyandesite                                          | trachy andesite                                                                            | trachyte | rhyolite |            |
|                               | sodique        |                                                    |        |                                                    | hawaïite                                                         | mugearite                                                                                  |          |          | benmoreite |
|                               | potassique     |                                                    |        |                                                    | potassic trachybasalt                                            | shoshonite                                                                                 |          |          | latite     |
| Nomenclature utilisée ici     |                | Basalte                                            |        | Trachy-basalte                                     | Trachy-andésite                                                  |                                                                                            | Trachyte |          |            |
| Nomenclature traditionnelle   |                | basalte ankaramite                                 |        | trachybasalte, leucobasalte, labradorite           | trachyandésite                                                   | trachyte, domite                                                                           |          | rhyolite |            |
| Composition minéralogique     | phéno-cristaux | olivine clinopyroxène                              |        | clinopyroxène amphibole plagioclase                | plagioclase (amphibole)                                          | plagioclase, feldspath alcalin clinopyroxène amphibole ou biotite sphère, minéraux opaques |          |          |            |
|                               | microlites     | olivine clinopyroxène plagioclase minéraux opaques |        | olivine clinopyroxène plagioclase minéraux opaques | olivine clinopyroxène orthopyroxène plagioclase minéraux opaques | plagioclase, feldspath alcalin clinopyroxène biotite, tridymite minéraux opaques           |          |          |            |

Nomenclatures anciennes et actuelles des laves de la Chaîne des Puys, en rapport avec leur minéralogie.

## Bibliographie

**Volcanologie de la Chaîne des Puys**, équipe associée de volcanologie de l'Université de Clermont-Ferrand II, 5<sup>ème</sup> édition, 2009, Parc naturel régional des volcans d'Auvergne.

Cet ouvrage de base, cité en tête de chaque fiche, nous a servi de référence et comporte une carte géologique au 1 / 25 000.



# Le massif de l'Estérel

## Introduction

Les manifestations du magmatisme dans l'Estérel sont multiples au cours des temps géologiques. Nous n'avons retenu que les deux principales.

- La première s'impose dans les paysages de la région, c'est le **volcanisme permien** qui s'est développé à la faveur de la phase distensive de la fin du Paléozoïque. Il a été accompagné par la formation de grands édifices de tufs rhyolitiques aux vives couleurs rouges et orangées, de type acide (exemple Mont Vinaigre). Ces tufs appartiennent à une série alcaline sursaturée, riche en alumine. Ce volcanisme original par sa dynamique éruptive de type plinien, permet au pétrographe de s'initier aux roches volcaniques si particulières que sont les **rhyolites ignimbritiques** et les **rhyolites fluidales**. Nos prélèvements ont été limités aux coulées notées <sup>5</sup>p, <sup>7</sup>p, <sup>10</sup>p et <sup>11</sup>p, principaux niveaux stratigraphiques de la **carte géologique BRGM Fréjus-Cannes N° 1024**. Dans la section du volcanisme permien, nous indiquons les méthodes utilisées pour caractériser et déterminer ces rhyolites ignimbritiques ou fluidales.

A la fin du cycle permien, se déroule une phase éruptive modeste, de type basique. Elle appartient également à une série alcaline, avec principalement des roches de type **hawaïite/mugéarite**. Elle a le mérite d'être facilement observable sur la côte à l'est de Saint-Raphaël et se traduit par des coulées et des filons.

- La seconde manifestation étudiée dans l'atlas est celle de l'**estérellite** qui est très différente. Les beaux galets colorés d'estérellite ne passent pas inaperçus pour les visiteurs de la plage de débarquement du Dramont à l'est de Saint Raphaël. Ce magmatisme est de type hypovolcanique, localisé géographiquement sous la forme d'un petit pluton et de ses laccolites satellites. Sa série est calco-alcaline et est liée à un contexte orogénique compressif de l'Eocène.

## Le volcanisme permien

### Localisation des prélèvements

Les prélèvements ont été effectués sur la côte à l'est de Saint-Raphaël et au Mont Vinaigre (voir la carte routière **figure 1**).

- **La côte à l'est de Saint-Raphaël, entre Boulouris et Dramont**

Les **figures 2 et 3** sont extraites de la carte géologique. Elles montrent l'ensemble des affleurements volcaniques et hypovolcaniques (estérellite en bleu) sur la région côtière et dans l'arrière-pays, au sein des grès et conglomérats du Permien, dominants.

La **figure 3** donne le détail de la carte géologique côtière entre Boulouris et Dramont, où l'on accède aux tufs rhyolitiques. Les affleurements du volcanisme basique tardi-permien sont plus que discrets, ce sont les filons notés <sup>6</sup>F et la petite enclave notée <sup>4</sup>H. Le **tableau 1** donne les numéros des lames minces.

- **Le Mont Vinaigre**

La **figure 4** indique la localisation de six prélèvements sur la route qui conduit de la maison forestière du Malpey au sommet du Mont Vinaigre.

Voir le **tableau 2** et la coupe du Mont Vinaigre, **figure 6**. Les termes utilisés sont expliqués dans le paragraphe « *Singulières rhyolites ignimbritiques et rhyolites fluidales : comment les caractériser ?* ». Les symboles pour désigner les différents dépôts de tufs rhyolitiques et les coulées de rhyolite fluidale (pyroméride) sont ceux de la notice de la carte géologique.



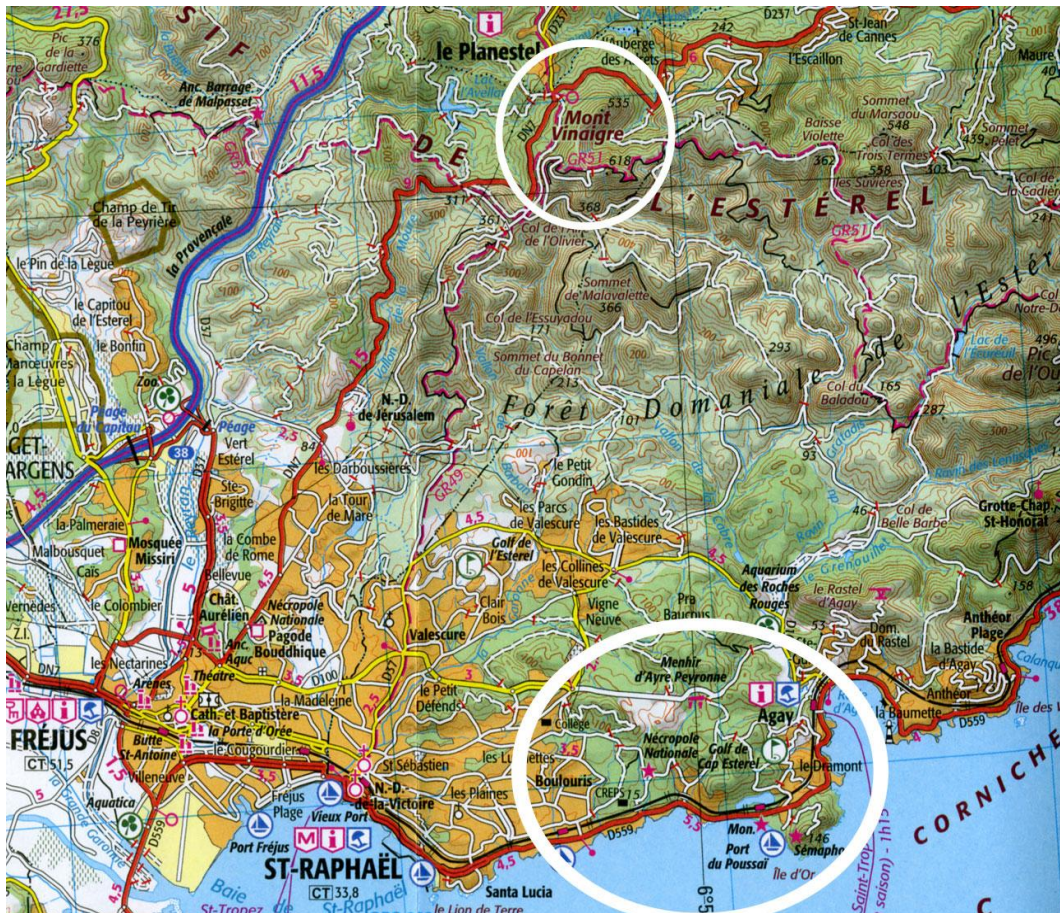


Figure 1 : Carte routière du massif de l'Estérel

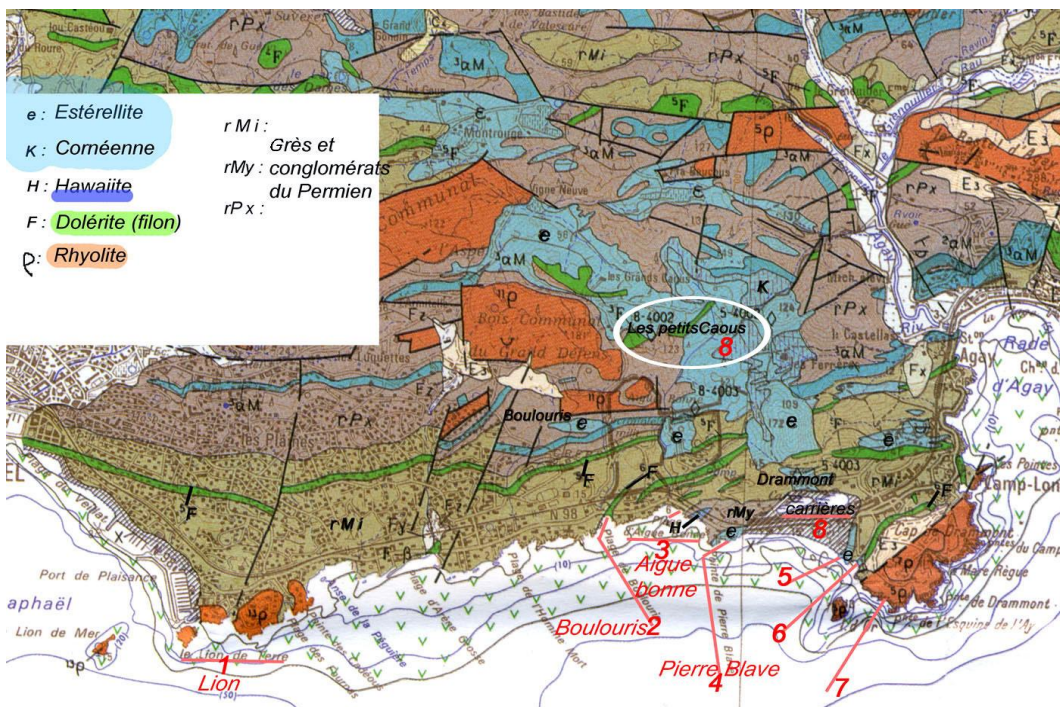


Figure 2 : Extrait de la carte géologique BRGM Fréjus-Cannes



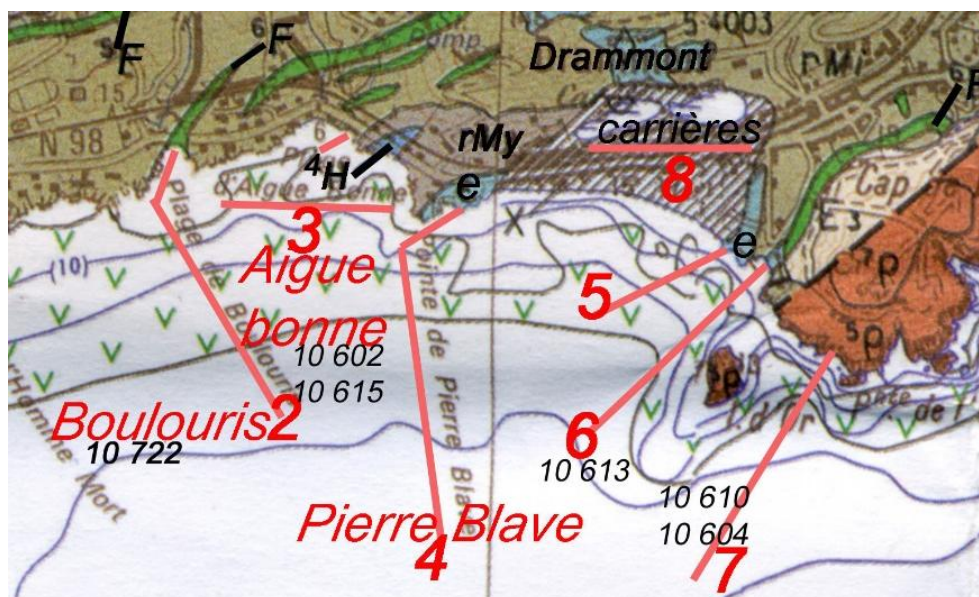


Figure 3 : Localisation des prélèvements entre Boulouris et Drammont

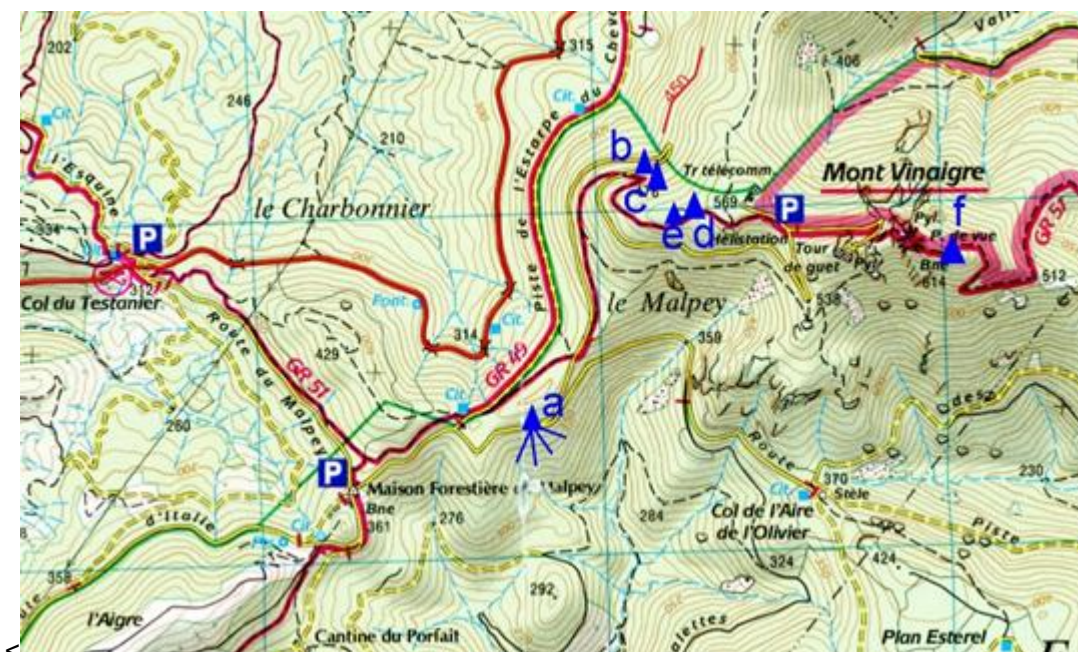


Figure 4 : Localisation des prélèvements au Mont Vinaigre

| Zone et lieu-dit              | Numéro lame mince  | Nature                                                   |
|-------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|
| Zone 2, Boulouris             | 10722              | <b>Hawaïite</b>                                          |
| Zone 3, Aigue Bonne           | 10602<br>10615     | Projections et coulée boueuse (lahar) de <b>hawaïite</b> |
| Zone 6, petite crique Dramont | 10613 (non décrit) | <b>Tuf rhyolitique vert <sup>5</sup>p</b>                |
| Zone 7, petite crique Dramont | 10610<br>10604     | <b>Tuf rhyolitique rouge <sup>5</sup>p</b>               |

**Tableau 1 : Prélèvements entre Boulouris et Dramont**

| Repère                                                                             | Numéro lame mince  | Nature                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>a</b> : Parking au-dessus de la maison forestière du Malpey<br>Altitude = 350 m | 10606              | <b><sup>7</sup>p</b> : grande coulée d'ignimbrite                                                                              |
| <b>b</b> : N 43.502 15, E 006.811 78<br>Altitude = 497 m                           | 10608              | Brèche de débouillage de la cheminée du volcan (voir figure 5)<br><b><sup>11</sup>p</b> : rhyolite fluidale, <b>pyroméride</b> |
| <b>c</b> : N 43.502 15, E 006.811 78<br>Altitude = 497 m                           | 10617 (non décrit) | Coulée recouvrant la brèche de débouillage (voir figure 5)<br><b><sup>7</sup>p</b> : nuée ardente d'ignimbrite                 |
| <b>d</b> : Altitude = 550 m                                                        | 10616              | <b><sup>10</sup>p</b> : <b>piperno</b> rhyolitique, <b>flammes</b> aphyriques à cœur de ponce                                  |
| <b>e</b> : Vers 500 m                                                              | 10609 (non décrit) | <b><sup>7</sup>p</b> : nuée ardente d'ignimbrite lie de vin                                                                    |
| <b>f</b> : Voisinage du sommet à 605 m, après la faille (voir coupe figure 6)      | 10618              | <b><sup>11</sup>p</b> : rhyolite fluidale, <b>pyroméride</b>                                                                   |

**Tableau 2 : Prélèvements au Mont Vinaigre**

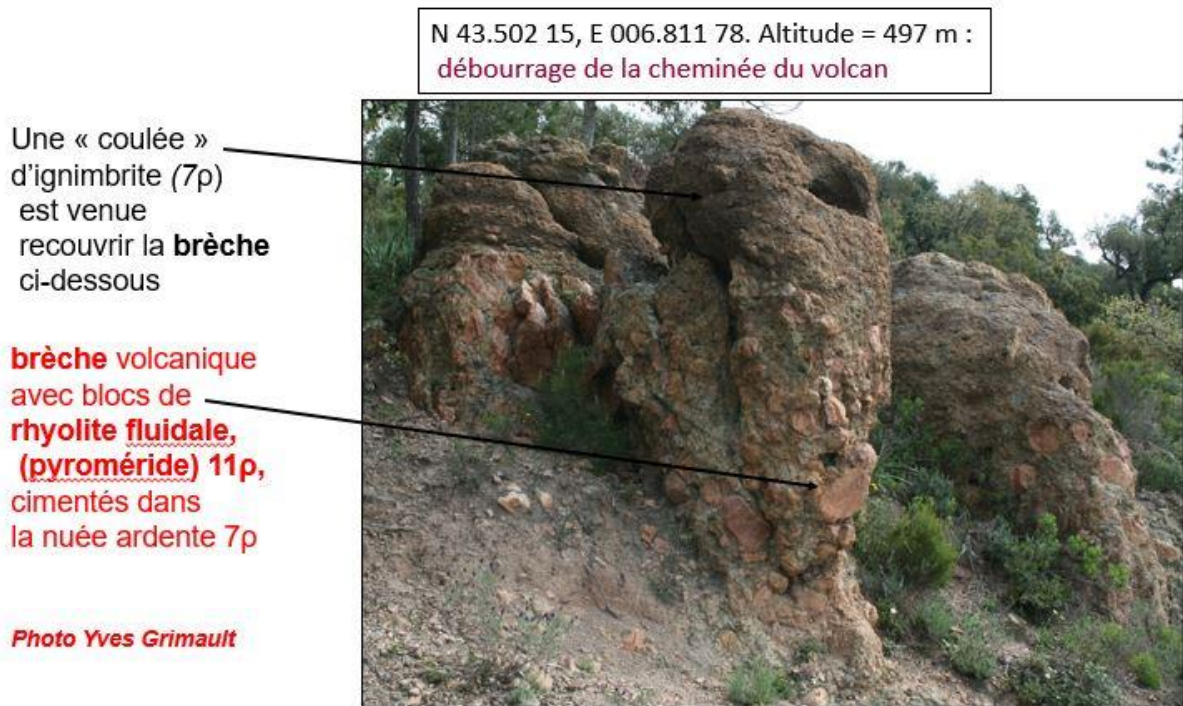


Figure 5 : Affleurements en bord de piste au Mont Vinaigre

Le cliché est pris à l'emplacement du site noté c sur la carte de la figure 4. On aperçoit à la base, dans la brèche de débouillage, les fragments de pyroméride projetés depuis la cheminée éruptive du Mont Vinaigre. Le haut de la cheminée, obstrué par de la rhyolite ignimbritique refroidie, a explosé sous la poussée du magma pyroméridique.

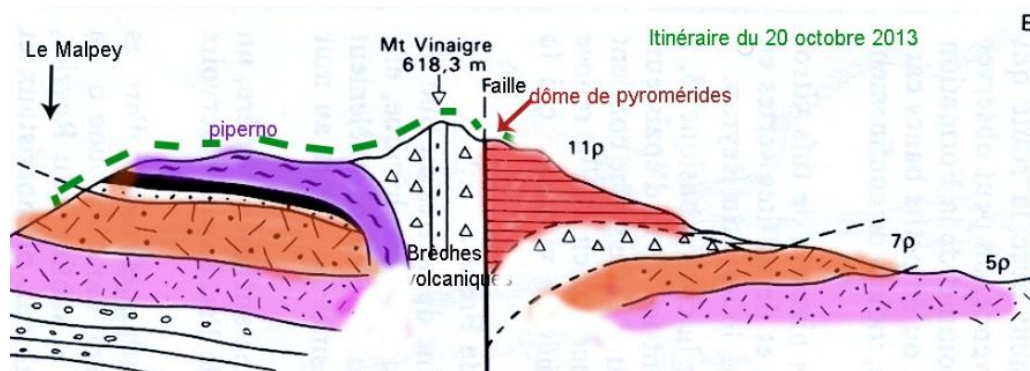


Figure 6 : Coupe géologique du Mont Vinaigre

Cette coupe montre les principaux types de rhyolite, ignimbritique et fluidale, échantillonnés pour les lames minces le long de l'itinéraire parcouru (en trait hachuré vert). Dessin à partir de la notice de la carte géologique.



## Singulières rhyolites ignimbrtiques et rhyolites fluidales : comment les caractériser ?

S'agissant des **phénocristaux**, l'examen au microscope paraît simple au premier abord. Quartz et feldspaths alcalins coexistent parfois en grande quantité. Ils sont en général de taille millimétrique à plurimillimétrique, bien que parfois fragmentés. Ils sont faciles à identifier et à compter sur une lame, de façon à évaluer grosso modo leur densité volumique : voir par exemple les lames 10604, 10606 et 10610. On dispose ainsi d'une première donnée, à comparer à celles de la notice de la carte géologique. Le **tableau 3** permet de visualiser la colonne stratigraphique des dépôts et coulées rhyolitiques sur plusieurs centaines de mètres.

Une caractéristique majeure est l'abondance des phénocristaux ( $\emptyset$ ) dans les premières coulées ; la tendance est indiquée par la courbe en tirets.

- Première colonne : Désignation de la rhyolite, de  $1^{\text{p}}$  à  $11^{\text{p}}$ .
- Seconde colonne : Type de rhyolite. **Ign** désigne ignimbrtique et  $\emptyset$  est le pourcentage en volume de phénocristaux. Le symbole **FL** désigne la présence de flammes. **Pyroméride** est le terme ancien pour désigner les rhyolites fluidales (coulées). Ces dernières occupent le sommet de la colonne.
- Troisième colonne : Epaisseur des dépôts.

Le maximum de taux de phénocristaux se produit dans les émissions ignimbrtiques du début : les phénocristaux massés au sommet de la chambre magmatique sont expulsés par la poussée des gaz. Après expulsion des gaz, la dernière émission est une vraie coulée de magma à forte viscosité.

|        |                                             |             |
|--------|---------------------------------------------|-------------|
| 11p    | $\emptyset < 5\%$ <b>Pyroméride</b>         | 50 m        |
| 10p    | $\emptyset < 5\%$ <b>Piperno, FL</b>        | 200 m       |
| 9p     | $\emptyset < 5\%$ <b>Ign</b>                | 100 m       |
| 8p, 9p | <b>Pyroméride</b>                           | 5 m         |
| 7p     | <b>Ign</b> $\emptyset = 40 \text{ à } 50\%$ | 150 à 300 m |
| 6p     |                                             | 3 m         |
| 5p     | <b>Ign</b> $\emptyset = 30 \text{ à } 40\%$ | 0 à 150 m   |
| 2p     | $\emptyset = 10 \text{ à } 15\%$ <b>Ign</b> | 20 à 30 m   |
| 1p     | <b>FL</b>                                   | 2 à 5 m     |

Tableau 3 : Extrait de la notice de la carte géologique (BRGM N° 1024)

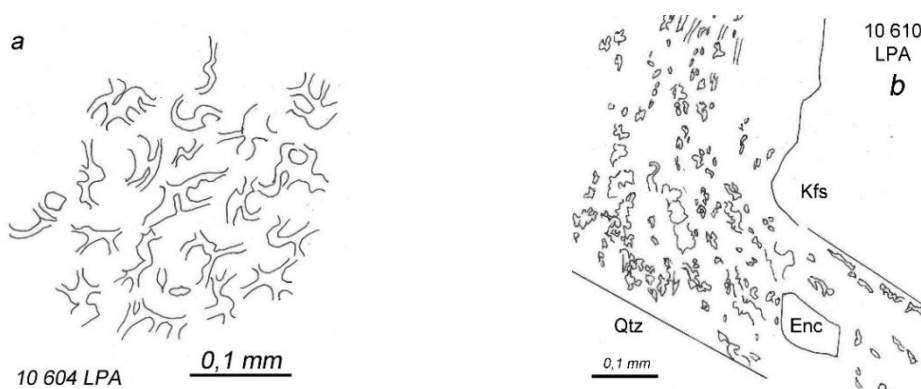
## Rhyolites ignimbrtiques

L'étude pétrographique des rhyolites ignimbrtiques éclaire leurs conditions d'émission et de dépôt. L'examen au microscope de la mésostase pose des problèmes spécifiques de morphologie et d'interprétation en termes de dynamique éruptive. Les rhyolites ignimbrtiques occupent une place

particulière dans les roches volcaniques à cause de leur composition et de l'état physique de pulvérisation intime de la matière lors de l'émission et pendant la phase de dépôt. On sait maintenant, à partir des travaux de P. Bordet sur la **vallée des Dix Mille Fumées** (voir article Bordet et Tazieff en référence) qu'il ne s'agit pas d'une « coulée » au sens strict (contrairement à ce qui se passe pour les rhyolites fluidales). Le magma d'origine est hypersiliceux (voir diagramme TAS, **figure 9**) et donc excessivement visqueux. La clé de l'explication se trouve dans le rôle majeur des gaz occlus dans le magma pendant la phase éruptive du volcan. On peut mieux se représenter la mise en place des ignimbrites sur de très grandes surfaces, comme l'écoulement d'un flux de particules liquides en suspension dans un gaz à très haute température (jusqu'à 950°C, voire 1 000 °C). Ce flux est celui qui résulte de la « pulvérisation » du magma et de son émulsion dans les gaz ; une grande partie du dépôt se produit par éclatement de petites vésicules de gaz, dont la densité volumique est très élevée dans le liquide. Il s'agit donc d'un état original de la matière magmatique, état fluidifié par les gaz, et dont la rhéologie obéit à des lois propres. Voir par exemple l'article général de Crevola en référence.

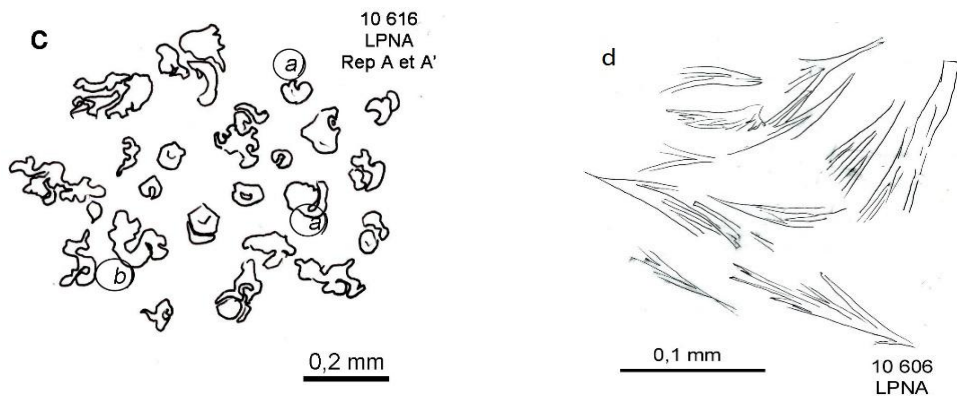
L'étude fine de cet état d'émulsion de magma, mis en suspension puis effondré, écrasé et soudé sur lui-même, est développée dans les fiches descriptives des lames minces de ces tufs ignimbritiques. Un aspect essentiel de ces ignimbrites est leur degré de cristallisation et la structure de la phase microcristallisée, au regard de la phase vitreuse. L'étude est morphologique et passe par l'observation au microscope de microcristallisations insolites, certaines très petites, d'autres visibles à l'œil nu. La description morphologique est complétée par la détermination minéralogique des microcristallites, quand elle est possible.

- Les **échardes**, qui sont les vestiges des vésicules éclatées, plus ou moins écrasés, puis soudés à chaud et recristallisés (observation en LPA). C'est leur observation au microscope qui a conduit à identifier l'état physique particulier des « coulées » de rhyolites ignimbritiques. Elles peuvent être, soit à contour net, soit fantomatiques, voire même effacées mécaniquement par écrasement sous le poids des dépôts. Elles sont souvent difficiles à observer, et revêtent des formes extrêmement variables suivant la densité et la morphologie initiale des vésicules, en bulles ou en tuyaux (**figures 7a, 7b et 7c**).
- Les **flammes**. Ce sont des projections de petits paquets de magma dégazé, aplaties en forme de flammes, certaines éclatées, d'autres en grande partie vitreuses, à cœur de ponce partiellement recristallisée. Les flammes sont faciles à observer à cause de leurs dimensions macroscopiques, visibles à l'œil nu sur les affleurements. Symbole **FL** sur le **tableau 3**. Voir par exemple les lames 10609 et 10616.
- Les **microlites dendritiques** (**figure 7d**). Ce ne sont pas des échardes mais des microcristallites dispersées dans la masse vitreuse. Leur croissance a été ultrarapide, dans des conditions extrêmes de surfusion et/ou de sursaturation. Voir l'ouvrage de Ron H. Vernon en référence, page 79.



**Figure 7a : Lame mince 10604.** Echardes en X ou de formes complexes, dans la rhyolite ignimbritique 5p de la baie du Dramont.

**Figure 7b : Lame mince 10610.** Echardes fantômes, écrasées, en structure fluidale moulant les phénocristaux (Qtz = quartz, Kfs = sanidine et Enc = enclave), dans la rhyolite ignimbritique 5p de la baie du Dramont.



**Figure 7c : Lame mince 10616.** Microclastes de la phase quartz dans les cœurs de flammes du piperno 10p du Mont Vinaigre. a) : en pelure d'oignon avec une couche concentrique. Le diamètre ne dépasse pas 0,1 mm. b) : en ombilic.

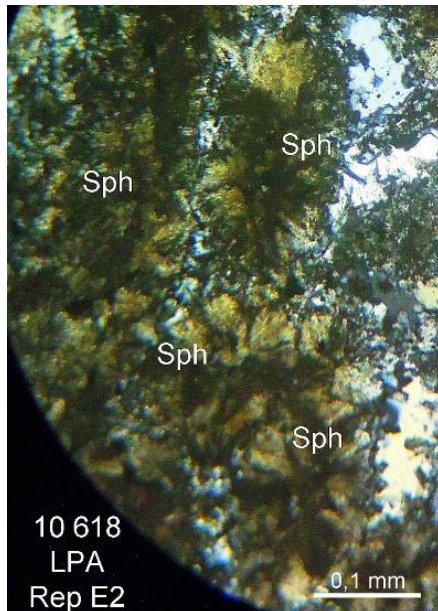
**Figure 7d : Lame mince 10606.** Microlites dendritiques en « queue de comète » ou en aiguette, dans la rhyolite ignimbritique 7p de la maison forestière du Malpey (Mont Vinaigre).

### Rhyolites fluidales, ou pyromérides

Dans ce cas, les objets déterminants dans l'observation sont les **sphérolites** (figure 8). Leur alignement fluidal bien marqué, résulte de l'écoulement de la lave en nappes ultra-visqueuses. Les sphérolites sont des petites masses sphériques de diamètre variable, en général inférieur au millimètre, de structure fibro-radiée : elles sont constituées d'un très grand nombre de microcristaux allongés (souvent aciculaires) rayonnant depuis le centre. Elles sont felsitiques c'est-à-dire composées de feldspath potassique (orthose) sur quartz interstitiel, et parfois de quartz. Dans le cas des rhyolites de l'Estérel, elles se sont formées par cristallisation lors du refroidissement lent de la coulée. Voir par exemple les lames 10608 et 10618. Le terme « dévitrification » est parfois utilisé, avec l'idée d'un processus de recristallisation sur des durées longues, éventuellement géologiques. Nous montrons qu'il n'en est rien, et que la formation des sphérolites s'est faite à une échelle de temps qui est celle du refroidissement de la coulée. La structure est en lien étroit avec la composition du magma rhyolitique, proche de l'eutectique du système binaire quartz-orthose (voir la notice de la carte géologique, page 183, la note de calcul de F.Nouyrigat et l'ouvrage de Ron H. Vernon, pages 90 à 101 et 120).

Les **sphérolites** à structure fibro-radiée ne sont pas les seuls objets déterminants dans l'observation des lames 10608 et 10618. Ils sont accompagnés d'une grande variété de structures plus classiques, comme des sphérolites à microcristaux d'orthose non aciculaires, et aussi de microcristallisations granophyriques. Ces dernières peuvent prendre des dimensions et des extensions remarquables, qui les rapprochent en dimension des microstructures miarolitiques dans les granites. Ces microstructures d'orthose sont associées à de larges plages de quartz pneumatolytique venu combler les cavités laissées par les gaz résiduels dans la lave pyroméridique. Toutes ces microstructures ont en commun le même processus de formation hors d'équilibre : nucléation et croissance d'un magma quartzo-feldspathique au voisinage de la composition de l'eutectique, dans des conditions de forte surfusion et/ou de forte surstauration. Voir l'ouvrage de Ron H. Vernon aux pages 90 à 101.



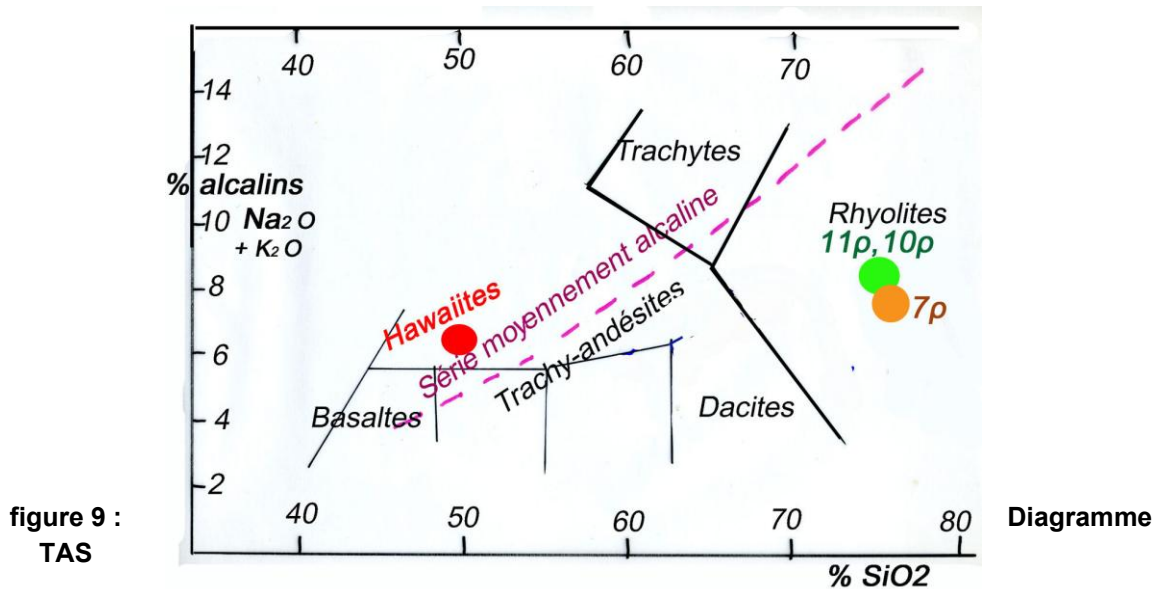


**Figure 8 : lame mince 10818**

Cliché en LPA d'un alignement fluidal de sphérolites dans la pyroméride du sommet du Mont Vinaigre.

Noter la couleur brun-jaunâtre des sphérolites d'orthose aciculaire, qui se détachent sur le fond de cristaux de quartz interstitiel entre microlites d'orthose. Il n'y a aucune phase vitreuse.

### Série volcanique alcaline du Permien de l'Estérel



En rouge, volcanisme basique tardi-permien de Aigue Bonne.

En vert et en orange, les rhyolites ignimbritiques de l'Estérel. Elles sont remarquables par leur très haut taux de silice. L'autre caractère remarquable est la forte prédominance de  $K_2O$  sur  $Na_2O$  dans les alcalins.

## L'hypovolcanisme de l'Eocène, l'estérellite

L'extension de l'estérellite, notée par la lettre **e**, est visible sur les cartes des **figures 2** et **3**. Les numéros des lames provenant de la côte sont indiqués sur la carte de la **figure 10**.

D'autres prélèvements ont été faits dans la carrière des Petits Caous, voir la carte de la **figure 2**. Les cartes sont complétées par le **tableau 4**.

L'estérellite appartient à une série calco-alcaline.

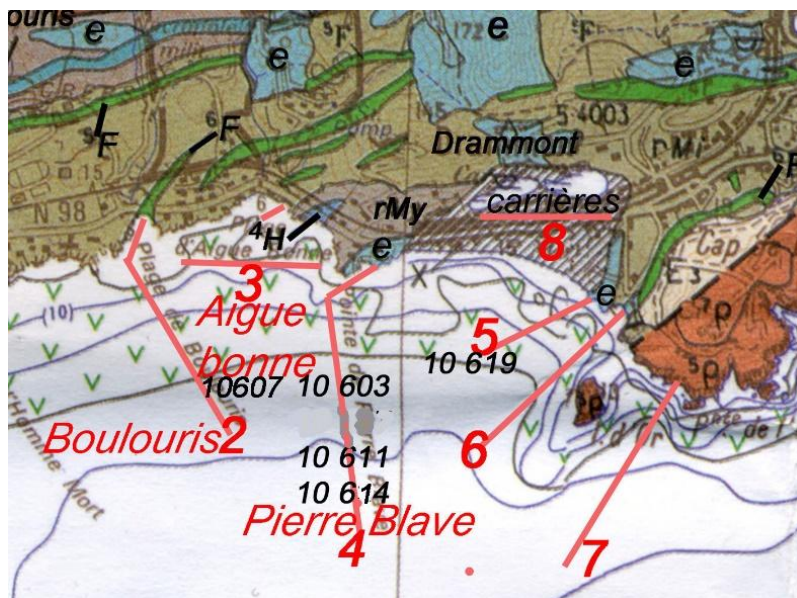


Figure 10 : Localisation des prélèvements d'estérellite sur la côte

| Zone et lieu-dit                                | Numéro lames mince                          | Nature                  |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| Zone 3, Aigue Bonne (roche volante)             | 10607                                       | Estérellite à amphibole |
| Zone 4, Pierre Blave (sur la côte)              | 10603<br>10611<br>10614                     | Estérellite à amphibole |
| Zone 5, Drammont, plage du débarquement         | 10619                                       | Estérellite à amphibole |
| Carrière des Petits Caous (dans l'arrière-pays) | 10817<br>10825 (décrit avec 10817)<br>10826 | Estérellite à épidote   |

Tableau 4 : Prélèvements d'estérellite

L'étude de ces roches porphyriques se fait de façon classique, comme pour une roche volcanique :

- Description de la roche massive, fluidalité éventuelle.
- Identification et comptage des phénocristaux. Minéraux accessoires.
- Description de la mésostase.

Dans le cas présent, l'attention a porté sur les variations de dimension et de densité des phénocristaux, et sur les différents états de cristallisation de la mésostase. Enfin sur les différences entre les deux localisations (Pierre Blave vs. Petits Caous), en relation avec le rétro-morphisme qui a déstabilisé et transformé les pyroxènes puis les amphiboles du protolithe. Ce rétro-morphisme a opéré en présence de fluides hydrothermaux circulant lors de la mise en place du pluton.

## Bibliographie

Bordet P. et Tazieff H. (1963). *Remarques sur l'éruption du Katmaï et de la vallée des Dix Mille Fumées et sur le problème des ignimbrites*. Bull. Soc. Géol. Fr., VI pp. 397-401.

G. Crevolat (2010). *Le volcanisme rhyolitique du massif de l'Estérel : évolution des connaissances*. En hommage au Professeur Marc Boucarut. Institut Egid. Université de Bordeaux.

Carte géologique BRGM, Fréjus-Cannes, N° 1024, 1994.

Francis Nouyrigat (2017). *Note de calcul sur la position des rhyolites dans le diagramme de phase orthose/quartz*. Communication personnelle.

Ron H. Vernon (2004). *A practical guide to Rock Microstructure*. Ed. Cambridge.



# 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.

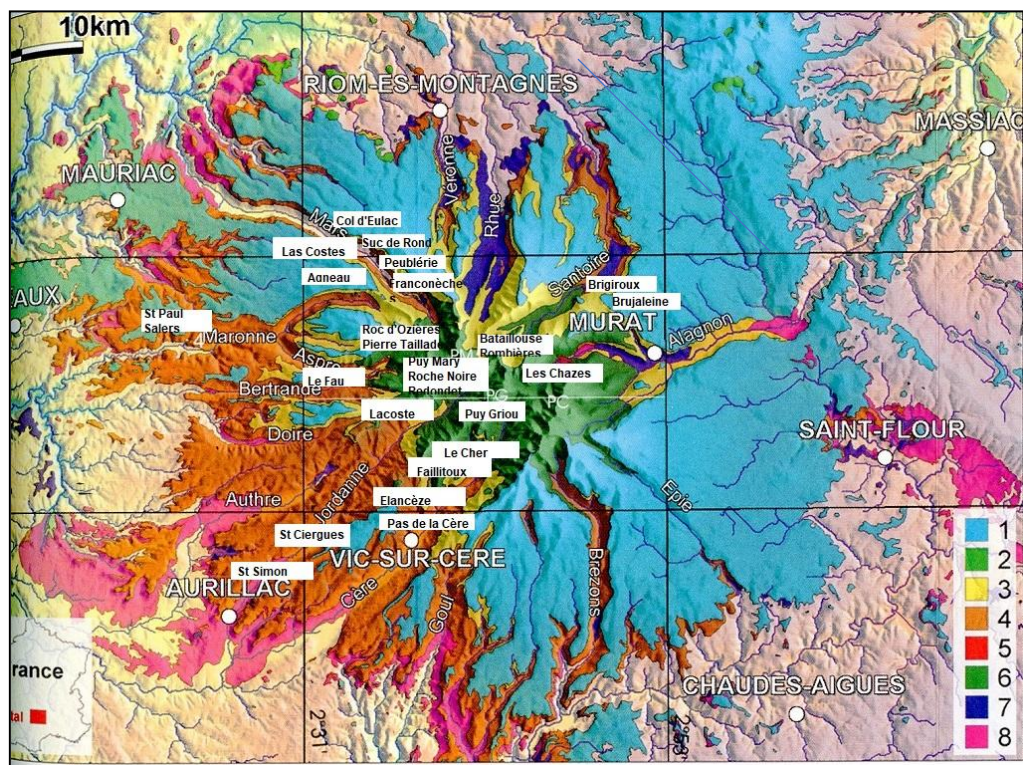
Seconde partie, vallée de la Jordanne: avalanche de débris.

**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 XXème 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.

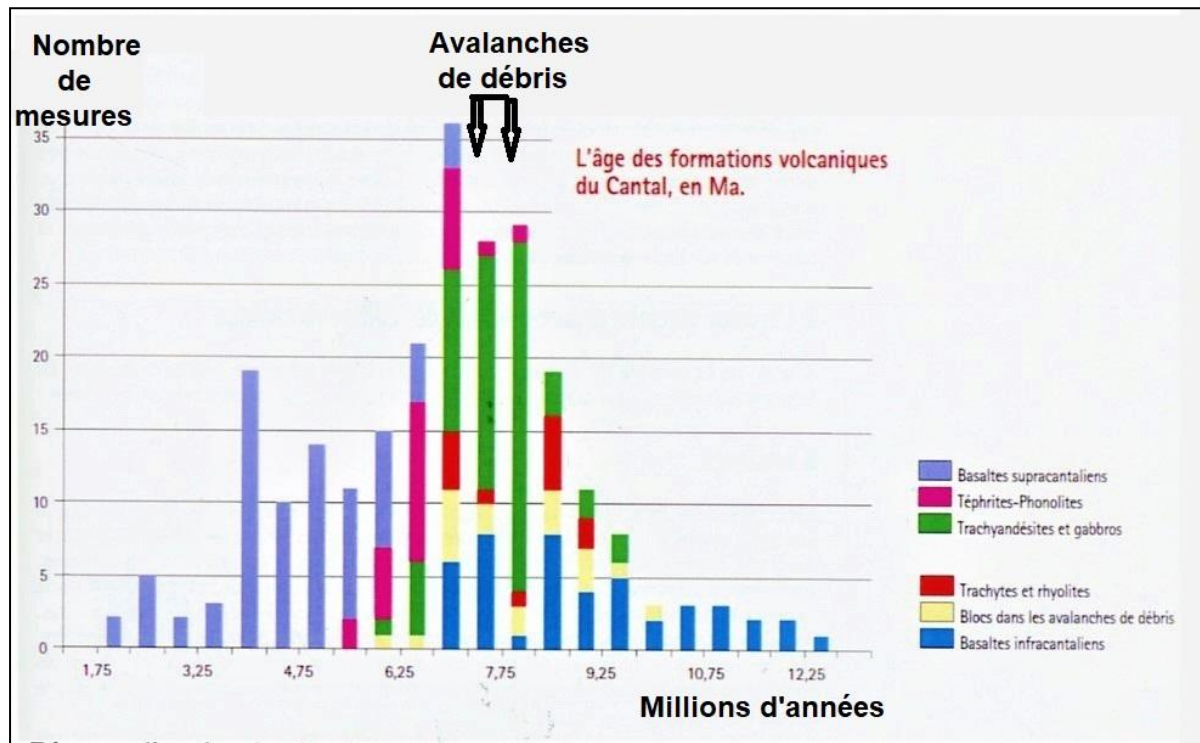
Cependant la localisation géographique continue à jouer un rôle fondamental. Naturellement les spécimens sélectionnés se rapprochent de ceux décrits dans la bibliographie, pour leur représentativité mais aussi parfois pour leur singularité.

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.

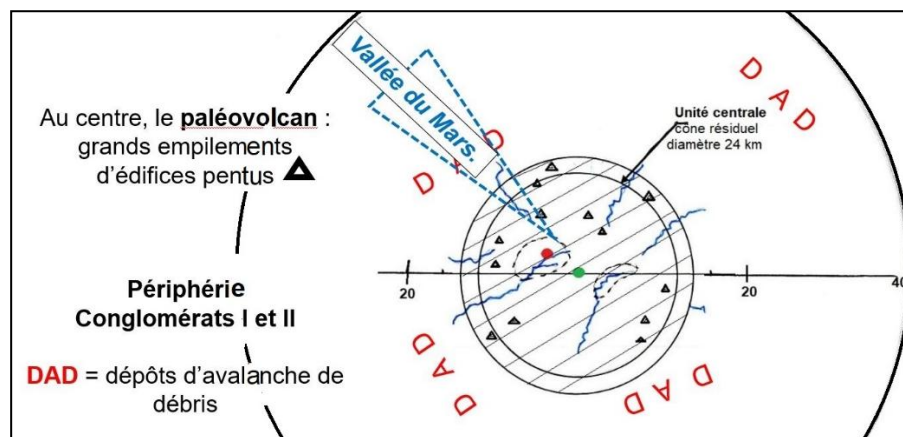
La **figure 1** montre la chronologie des éruptions du Cantal entre 12 et 1,5 Ma, avec une activité très intense d'émissions de trachyandésites entre 8 et 7 Ma. L'accumulation de ces coulées et de ces pyroclastites se révèle instable comme dans la plupart des exemples de strato-volcans de même nature. 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.

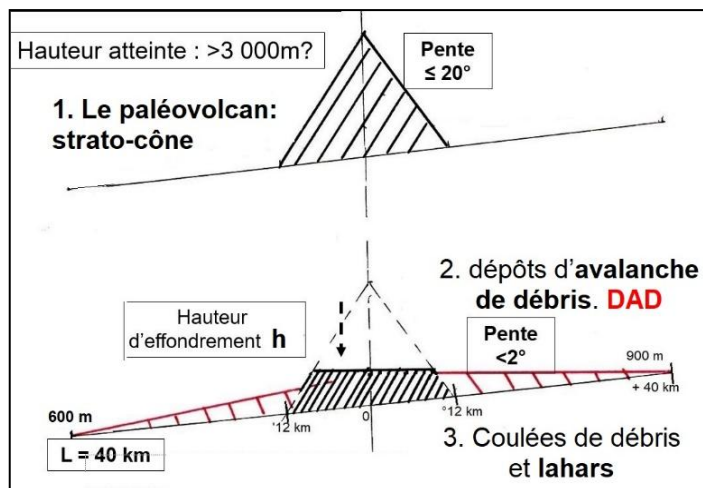
Les **conglomérats de type II**, coulées de débris et lahars, tous liés à l'entraînement par l'**eau**. L'atlas présente une sélection d'observations, faites dans les segments proximaux<sup>1</sup> de trois vallées dont la principale est la vallée du Mars (en bleu ci-dessus). Les deux autres sont la vallée de la Jordanne et celle de la Cère.

<sup>1</sup> distants de moins de 10 km de la bordure de l'unité centrale.



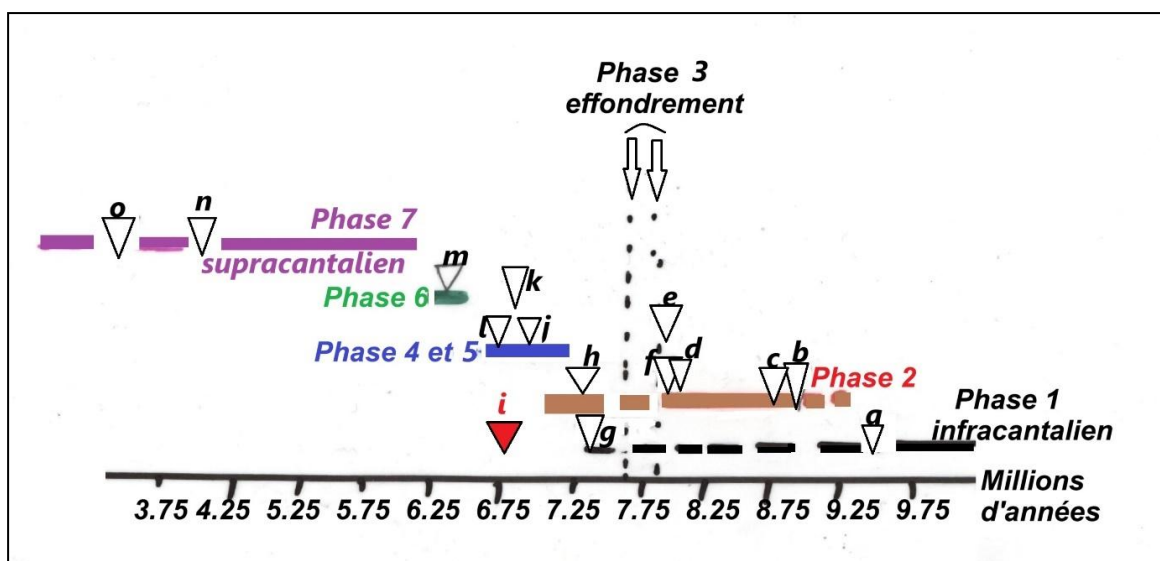
**Figure 2b.**

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'événement 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 complexe<sup>2</sup> 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'événement 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

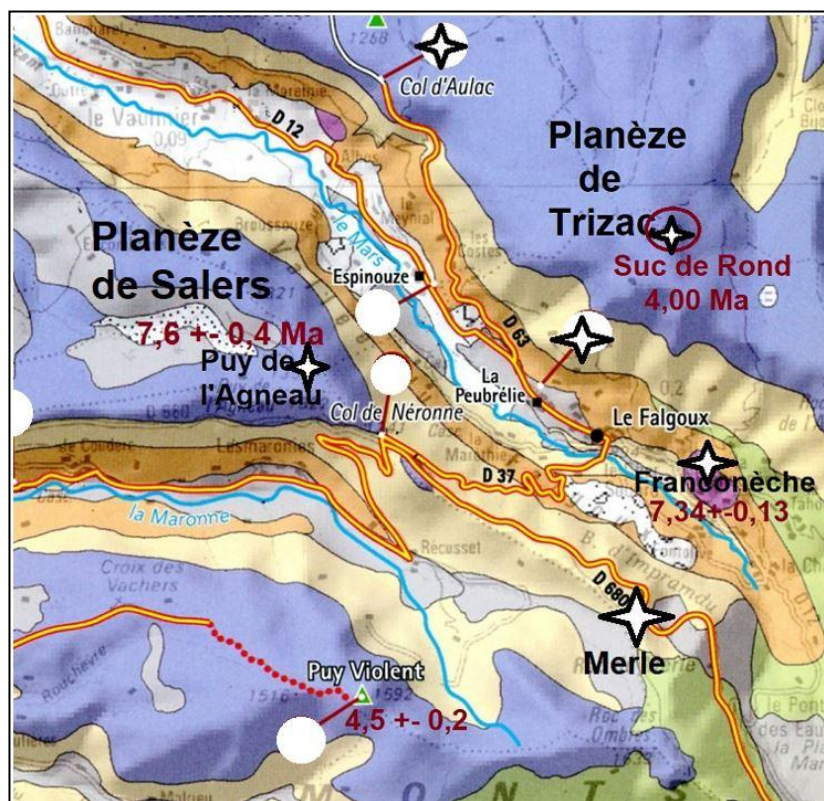
<sup>2</sup> Voir le tableau des datations pages 254 à 260 dans la notice de la carte géologique, feuille Murat, édition BRGM 2001.



pu être estimée entre 8 et 7,2 Ma, à partir de la datation des planèzes supracantalienne 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).



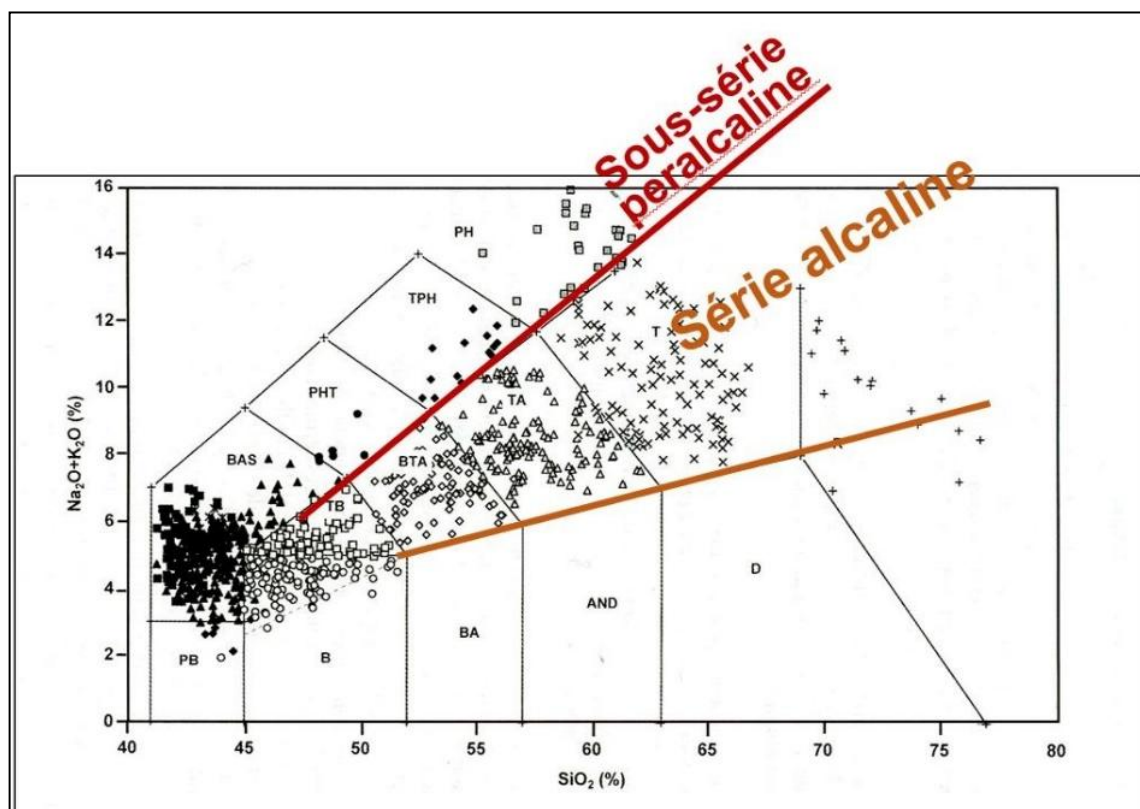
## 2.2. La série alcaline du Cantal

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.

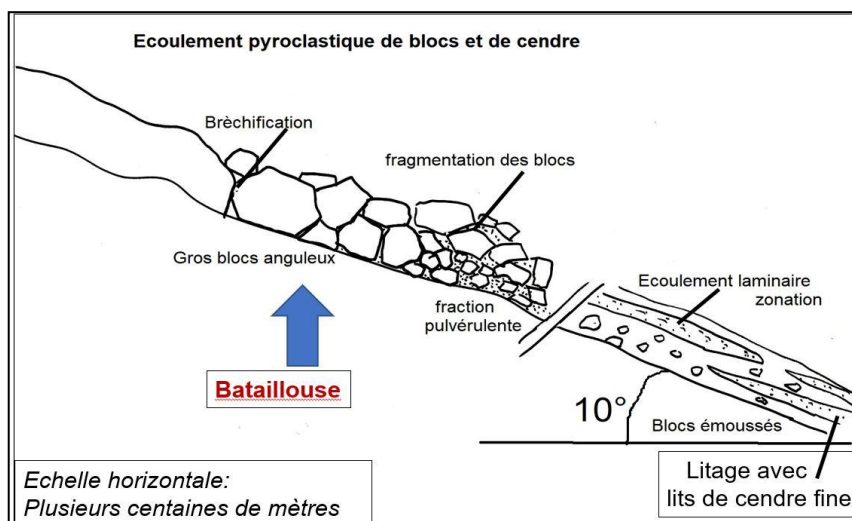
**Figure 5.** Diagramme TAS (total alkali vs. Silica), du complexe du Cantal. Etabli pour la notice de la carte géologique (Nehlig P.) à partir de la nomenclature de Le Maître et al. (1989). Les domaines concernés sont les suivants :

B = basalte, TB = trachybasalte (ou hawaïite), BTA = trachyandésite basaltique (ou mugéarite), TA = trachyandésite (ou benmoréite), T = trachyte, R = rhyolite.  
Pour la sous-série peralkaline : 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 Cirgues 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,

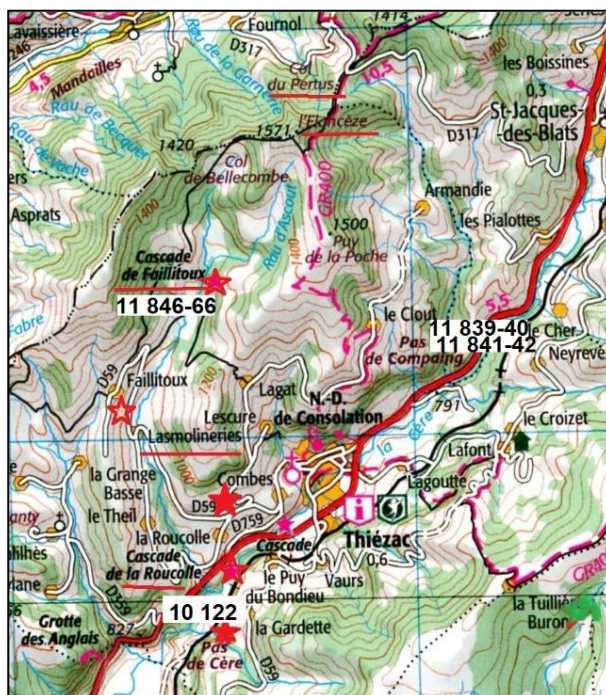
avec **localisation** des échantillonnages utilisés pour les lames minces. Comme il s'agit d'un atlas, les cartes sont indispensables. Le complexe du Cantal est immense : cela a nécessité de présenter un grand nombre de cartes de détail. Les lames sont identifiées par le code à 5 chiffres. Il y a au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

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

| N° L.M.<br>Code 5 ch. | Date<br>recueil | Lieu recueil                               | Code ou lieu<br>échantillon | Nature                     |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 11866                 | 22/08/20        | Cascade de Faillitoux                      |                             | Ankaramite <b>β9</b>       |
| 11846                 | 22/08/20        | Cascade de Faillitoux                      | Fa 1                        | Ankaramite <b>β9</b>       |
| 10122                 | 2008            | Pas de la Cère, dans les gorges de la Cère | Dans avalanche de débris    | Ankaramite <b>β9</b>       |
| 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 <b>β</b> |

**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**).

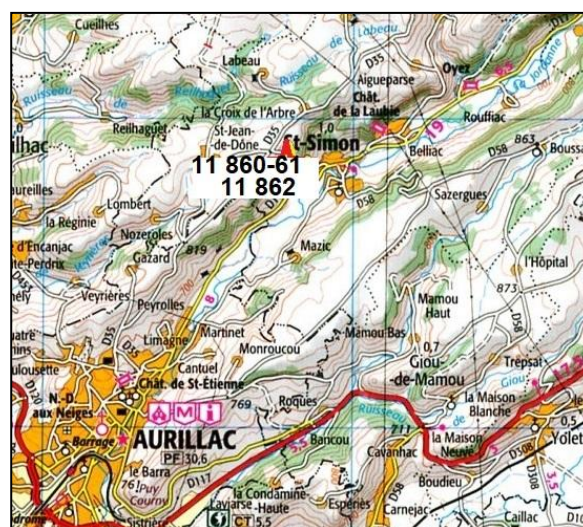


**Figure 7.** IGN 1/100 000. Sur le versant nord de la Vallée de la Cère, au voisinage de Thiézac : Cascade de Faillitoux. Également Pas de la Cère.



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.

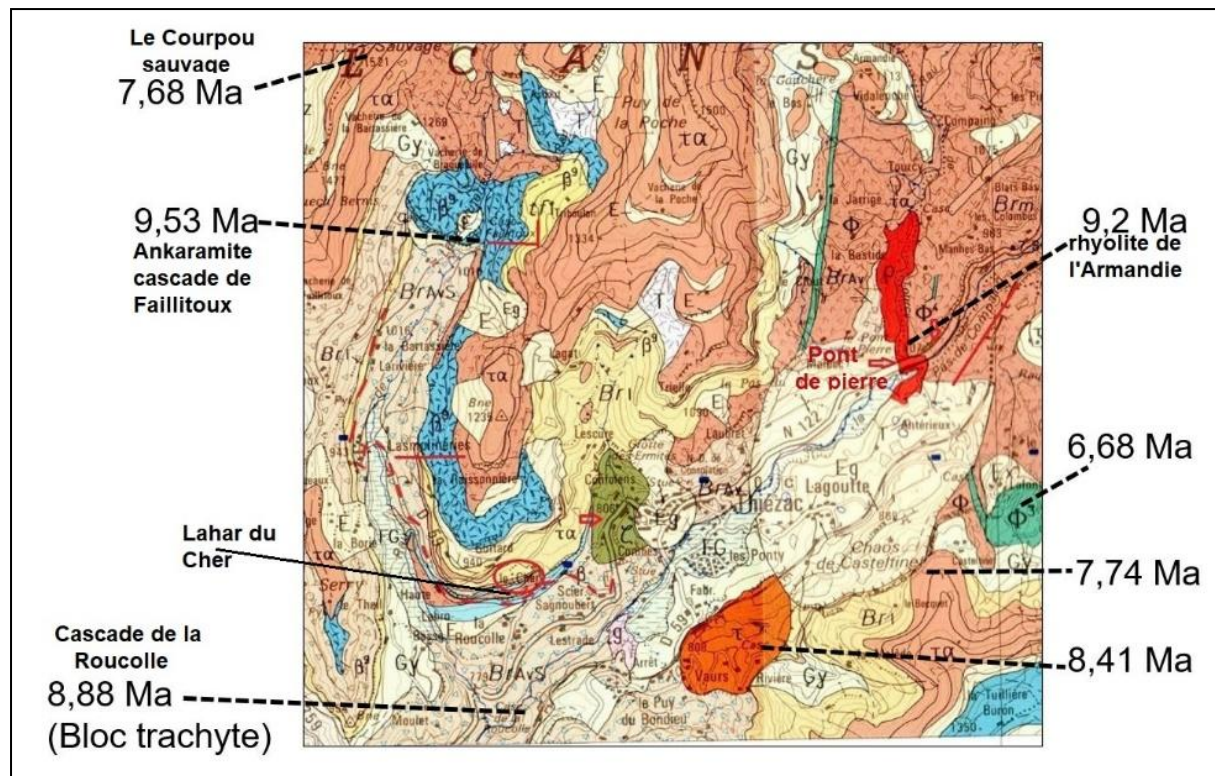
$\tau a$  = Trachyandésite

| 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 $\rho$                        |
| 11842           | 22/08/20     | Pont de pierre                                          | PDP 6                    | Rhyolite $\rho$                        |
| 11847           | 22/08/20     | Elancèze                                                | EI 1 sommet              | $\tau a$                               |
| 11848           | 22/08/20     | Elancèze                                                | EI 2 semelle             | $\tau a$ recuit                        |
| 11849           | 22/08/20     | Elancèze                                                | EI 3 bloc pente          | $\tau a$                               |
| 11867           | 22/08/20     | Pont de pierre                                          |                          | $\tau a$ de brèche de progression      |
| 11871<br>11 872 | 23/08/20     | Bataillouse<br>30 m au-dessus sentier                   | Coulée                   | $\tau a$ à amphiboles                  |
| 11873           | 23/08/20     | Avant Puy Griou                                         | 23 C                     | Trachybasalte                          |
| 11905           | 04/10/20     | Piste col de Cabre,<br>voisin du « grand tournant » D17 | Dyke ou coulée ?         | $\tau a$ propylitisée                  |

|                 |          |                                                      |                  |                           |
|-----------------|----------|------------------------------------------------------|------------------|---------------------------|
| 11906           | 04/10/20 | Piste col de Cabre, voisin du « grand tournant » D17 | Dyke ou coulée ? | Trachyandésite basaltique |
| 11922<br>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 :  $\tau$  = trachyte,  $\tau\alpha$  = trachyandésite,  $\Phi$  = phonolite,  $\beta^9$  = ankaramite,  $\rho$  = rhyolite, **BrI** = 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**).



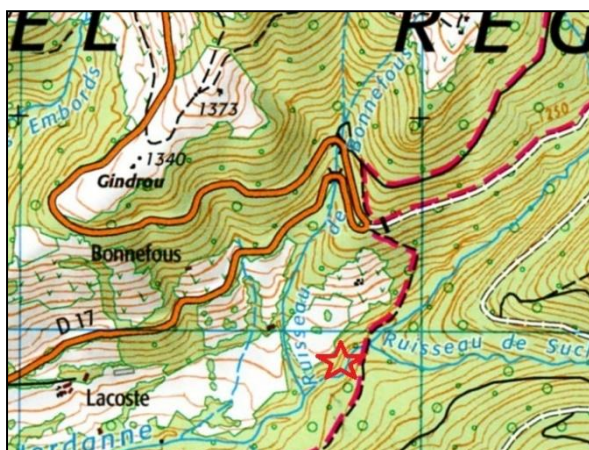
**Figure 11.** Carte IGN au 1/100 000 dans la région centrale à relief aigu, du paléovolcan (stratocône).



**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 laccolite<sup>1</sup> 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.

<sup>1</sup> 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 <b>Br av</b>                                                    |
| 11938<br>Voir<br>11939 | 22/08/21     | Falaise Peubrélie.                            | 19 In situ Clair gris bleu fluidal à gros grains | Dans <b>Br av</b> (brèche d'avalanche de débris) :<br>Limite entre $\tau\alpha$ et trachyte |
| 11939                  | 22/08/21     | Falaise Peubrélie.<br>Gris clair, gros grains | 17 In situ                                       | Dans <b>Br av</b> :<br>Limite< entre $\tau\alpha$ et trachyte                               |

#### Versant nord-ouest

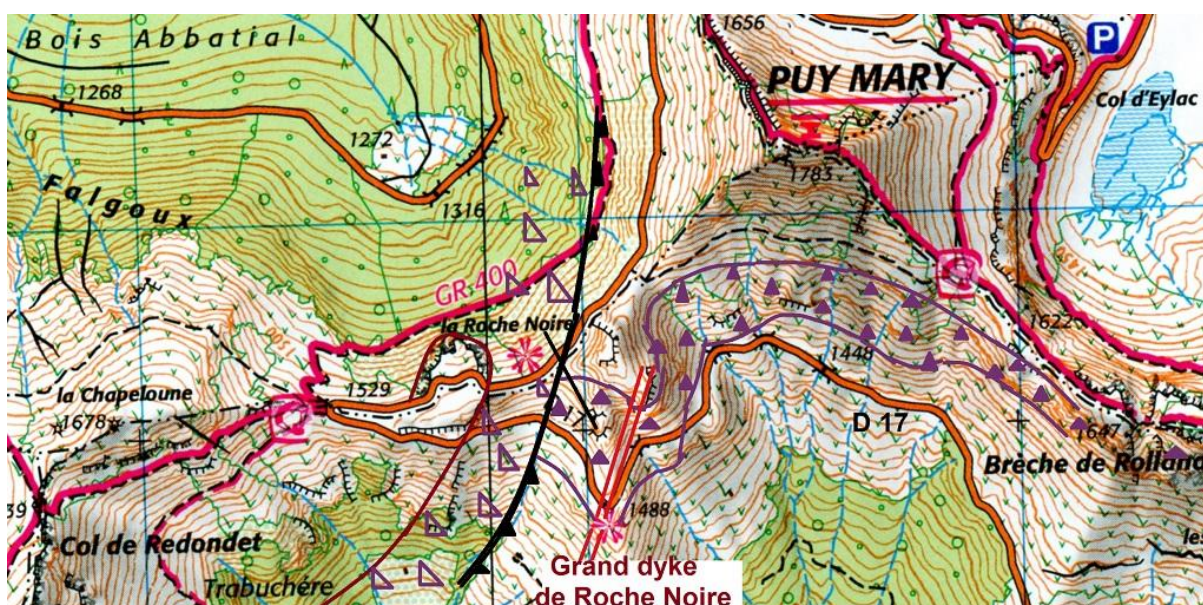
| N° L.M.            | Date recueil            | Lieu recueil                                             | Description échantillon             | Nature                                                                                                             |
|--------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| versant Nord-ouest | <b>Roche Noire = RN</b> | Cicatrice fossile et dyke de <b>Roche Noire = RN</b>     | Cicatrice fossile et dyke           | Cicatrice fossile et dyke de <b>Roche Noire = RN</b>                                                               |
| 11876              | 24/08/20                | RN. Versant nord sur la D17 en allant vers Pas de Peyrol | Ech A. Bloc scoriacé                | Trachybasalte, soit <b><math>\tau\beta br</math></b> pour l'unité de Rolland                                       |
| 11936              | 21/08/21                | D 17 sous RN, versant sud.                               | Bloc 2-2<br>Mal consolidé           | Dans brèche de versant <b>Br sv</b> : trachybasalte, soit <b><math>\tau\beta br</math></b> pour l'unité de Rolland |
| 11940              | 21/08/21                | D17, sous RN, virage à gauche après dyke.                | 2-4 : bloc « rouillé », gris sombre | <b>Br sv</b> : 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 <b>Br sv</b> : trachybasalte, soit <b><math>\tau\beta br</math></b> pour l'unité de Rolland |
| 11958              | 21.08                   | D 17 sous RN , versant nord                              | Bloc 7-1                            | Trachybasalte vésiculaire, soit <b><math>\tau\beta br</math></b> pour l'unité de Rolland                           |
| 11959              | 21.08                   | D 17 sous RN , versant nord                              | Bloc 7-2                            | Trachybasalte non vésiculaire, soit <b><math>\tau\beta br</math></b> pour l'unité de Rolland                       |
| 11961              | 21.08                   | D17 versant sud, vallée Jordanne                         | Bloc 2-1                            | Dans brèche de versant <b>Br sv</b> : 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.

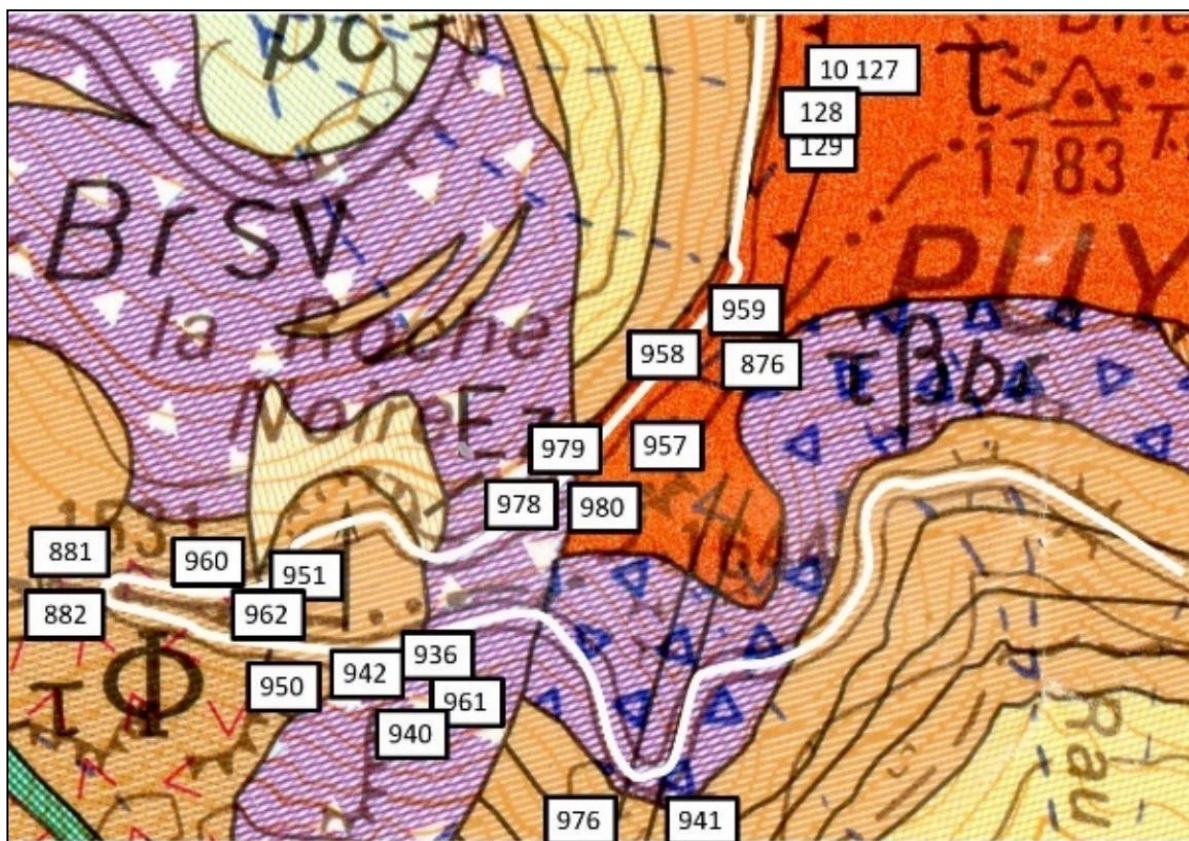
**Roche Noire** (désignée par l'abréviation **RN**) est un sommet escarpé sur la crête qui joint la Chapeloune au Puy Mary. La D17 montant de la Haute Jordanne doit le contourner par un grand virage en épingle à cheveu pour rejoindre le Pas de Peyrol. Le virage est situé sur le col dont la cote sur la 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 bistre 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.**

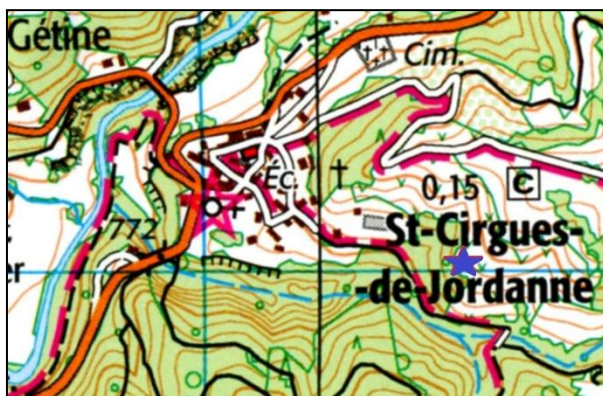
| N° L.M. | Date recueil | Lieu recueil           | Description échantillon                        | Nature                                                                                       |
|---------|--------------|------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 11863   | 21/08/2020   | St Cirques de Jordanne | 21 F bloc dans brèche <b>Br av</b>             | <b>τ a mugéarite</b>                                                                         |
| 11864   | 21/08/2020   | St Cirques de Jordanne | 21 G bloc dans brèche <b>Br av</b> 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 Chavaroché 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 trachyandésites prélevées sur Roche Taillade (**11836**, **11879**, **11883**), ainsi que au col du Redondet (**11880**) et sur la Chapeloune (**11972**).

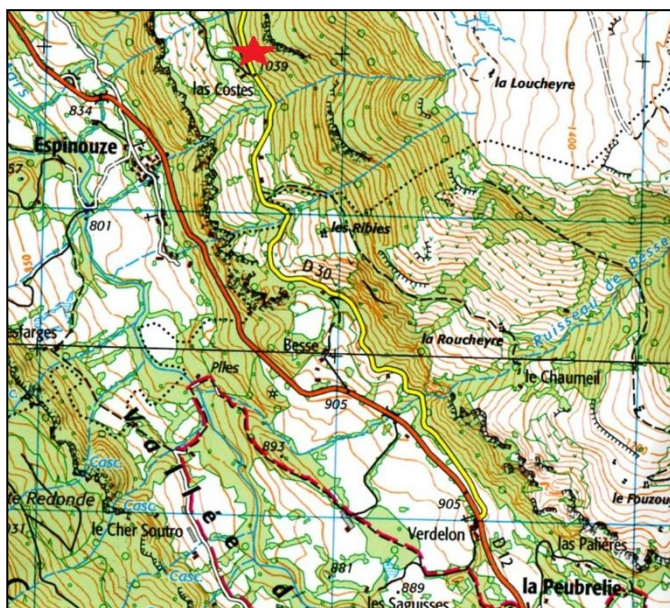
Les prélèvements **11960**, **11961** et **11962** de la coulée dite de la Chapeloune sont localisés sur la carte géologique de la **figure 15**.

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 trachyandésite basaltique.

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

| N°<br>L.M. | Date recueil | Lieu recueil     | Description<br>échantillon                | Nature                                                                                 |
|------------|--------------|------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 11943      | 24/08/2021   | Las Costes, D30. | 31-1<br>couche supérieure<br>affleurement | <b>Brl</b> , boules « granulées », Gris clair, grains très fins, brèche stratifiée     |
| 11944      | 24/08/2021   | Las Costes, D30  | 31-2<br>bloc de matrice.                  | <b>Brl</b> , petits feldspaths abondants. Fluidalité. Gris clair, bulleux par endroits |
| 11945      | 24/08/2021   | Las Costes, D30  | 31-3 paroi massive                        | <b>ta</b> , coulée ou nuée ardente interstratifiée dans <b>Brl</b>                     |
| 11946      | 24/08/2021   | Las Costes, D30  | 31-4 au niveau inférieur                  | <b>Brl</b> , 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 | <b>Brl</b> , lahar : tuffite, lapillis |
| 11845 | 22/08/20 | Cher | Ch3 | <b>Brl</b> , lahar : tuffite, lapillis |

Localisation : voir **figures 7 et 10**.

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

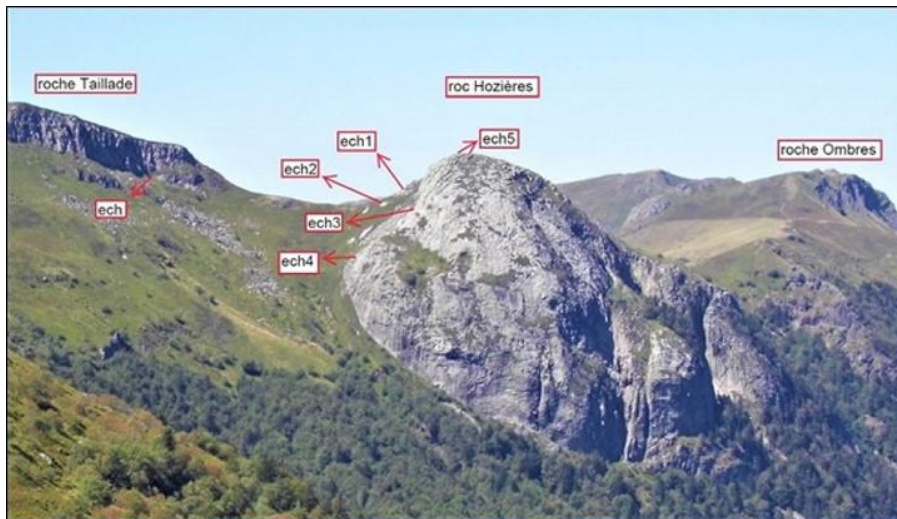
Toutes ces formations, dont certaines à valeur patrimoniale comme le Puy Griou, centre géométrique du stratocône, sont postérieures à la phase d'effondrement. Elles peuvent être contemporaines de l'édification des néovolcans, ou postérieures. Compte tenu de difficultés rencontrées dans l'exploitation 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<br>11869<br>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**.



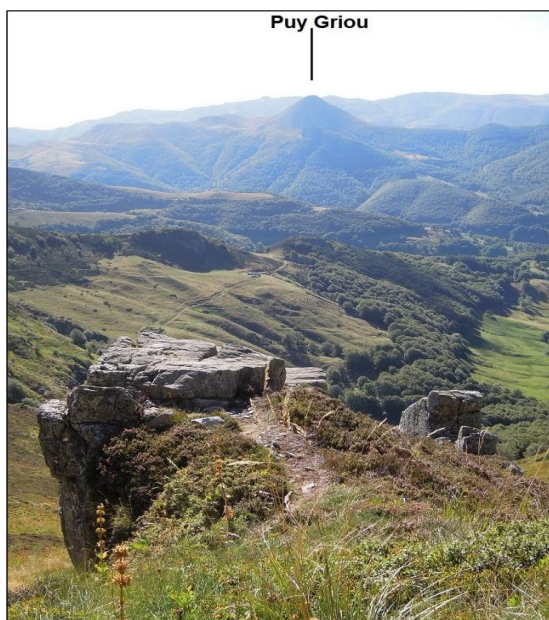
**Figure 19.** Roc d'Hozières, vu depuis le sentier issu du col du Redondet. A gauche, Roche Taillade. Cliché Bruno Beyaert



**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<br>10 128<br>10 129 | 2008         | Puy Mary<br>Arête nord est             | Dôme                    | Trachyte                                                    |
| 11881<br>11882             | 24/08/2020   | D 17 Epingle à cheveux<br>1529 m       | Ech C                   | Brèche nuée ardente,<br>trachyte à sanidine et<br>tridymite |
| 11966                      | 23/08/21     | Base Puy Mary D17.<br>Pkg du personnel | 25                      | τ nuées ardentes<br>trachytiques                            |
| 11980<br>11981<br>11982    | 21/08/21     | D 17 placage sous <b>RN</b>            | 6.1<br>6.2<br>6.3       | τ nuées ardentes<br>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<br>néphéline $\lambda$ |
| 10125 B                 | 2008         | Les Chazes (Lioran)                 | Dyke                         | Basalte serpentinisé et<br>lessivé. Zéolites |
| 10121                   | 2008         | Brugiroux                           | neck                         | Basanite à néphéline $\lambda$               |
| 11956<br>11924          | 24/08/21     | Suc de Rond                         | 34-1<br>34-2                 | Basanite à néphéline $\lambda$               |
| 11925                   | 24/08/2021   | Col d'Eulac. Coulée<br>sur D30      | 32 Friable                   | Basanite à néphéline et<br>leucite $\beta^8$ |
| 11932<br>11933          | 25/08/2021   | Roc du Merle,<br>éboulis route D680 | 35                           | Basanite, $\beta^8$                          |
| 11974                   | 25/08/21     | Puy Agneau, col<br>Néronne          | Prélevé par<br>Yves Grimault | Basalte<br>$\beta^8$                         |
| 10131<br>10132<br>10133 | 2008         | Brujaleine haut,<br>sur la Planèze  |                              | Basanite, à néphéline et<br>analcime         |
| 10134                   | 2008         | Brujaleine bas<br>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 11956** 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 Berthou, 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<sup>ème</sup> 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.Geomorphologie, 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