

# Stage de terrain en Auvergne

## Pourquoi le Massif central et l'Auvergne ?

Pour le géologue, la célébrité du Massif Central et de l'Auvergne est surtout liée aux volcans de la Chaîne des Puys et à la structure du socle du Massif Central. L'Auvergne est donc une région intéressante pour étudier la géologie sur le terrain, mais cette excursion sera également l'occasion d'herboriser.

## Histoire géologique et la structure tectonique de l'Auvergne

### A. Le socle granitique ancien

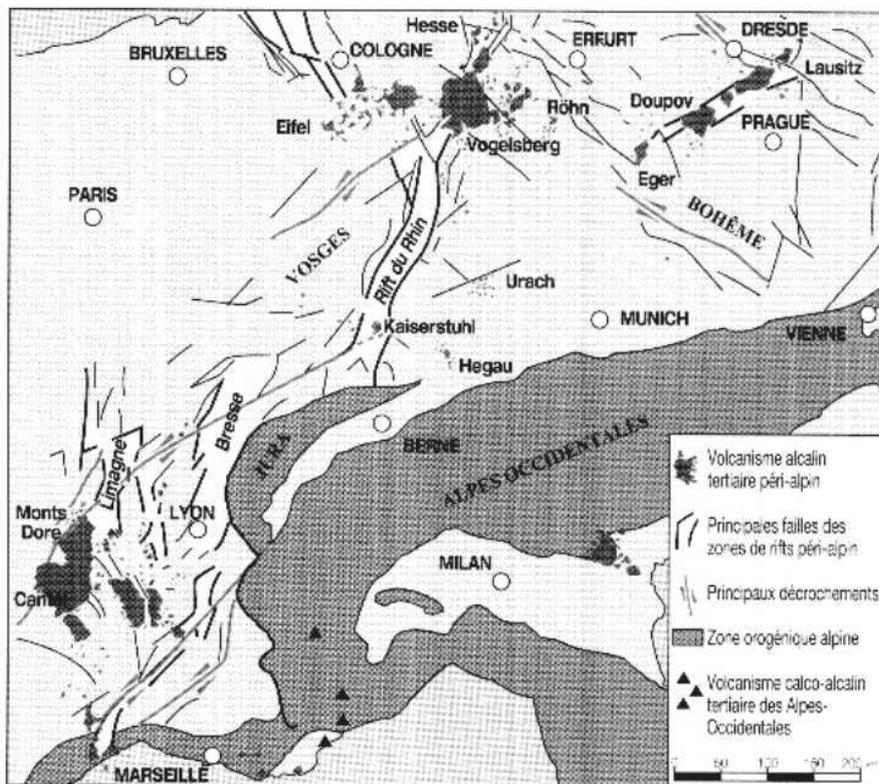
Au cœur du Massif Central, l'Auvergne est un **fragment de la chaîne hercynienne (aussi appelée varisque)**, chaîne de collision édifée à la fin du paléozoïque (ère primaire, vers 360-300 millions d'années). Le socle granitique du Massif Central est lié à cette orogénèse.

*Cependant, les études géologiques modernes déchiffrent dans le socle du Massif Central, des témoins d'une histoire complexe remontant plus loin dans le temps.*

### B. La couverture / les sédiments plus récents

Le volcanisme du massif central est associé à une série de fossés qui lézardent la plaque européenne de la Méditerranée à la mer du Nord et à la Baltique (voir carte ci-dessous).

La **Limagne** est un de ces fossés, dont l'ensemble constitue le **rift rhodano-rhénan**. Pendant l'ère tertiaire (depuis 65 millions d'années), le Massif central a en effet subi une période de distension avec pour effet l'ouverture et la formation de **rifts**, constituant la **Limagne**.



Document 1. Les rifts oligocènes (30 millions d'années), un contre-coup de la collision alpine

### Chronologie et origine possible de l'activité volcanique

Dans l'état actuel des connaissances, il apparaît que le volcanisme du Massif Central a débuté à l'aube du tertiaire, il y a 65 Ma.

Au tertiaire, le mouvement lent et complexe que représente la collision des plaques Europe et Afrique provoque la formation des Alpes et l'étirement de la lithosphère à leur périphérie.

La **plaque Europe s'amincit et subit diverses fracturations** de la fin de l'Eocène au Miocène (vers -25 à -20 millions d'années). Ceci est accompagné d'une **première phase de volcanisme** pendant l'ère tertiaire.

Un **flux mantellique chaud**, lié à l'enfoncement de la plaque Eurasienne sous la racine des Alpes, produit ensuite un **amincissement supplémentaire** de la lithosphère et une phase volcanique majeure, à l'origine du Cantal, du Velay, des Monts Dore et de la Chaîne des Puys.

La chronologie des éruptions de la chaîne des Puys semble s'étaler entre **-65 000 et -3000 ans**.

On dénombre environ 80 volcans, pour la plupart **monogéniques**, c'est-à-dire mis en place au cours d'un unique épisode éruptif. Ces volcans se trouvent sur un vaste plateau situé à une altitude moyenne de 800 m. La plupart des Puys s'élèvent à environ 200 m au-dessus de ce plateau, à l'exception du Puy de Dôme, qui s'élève à 600 m (altitude totale : 1465 m).

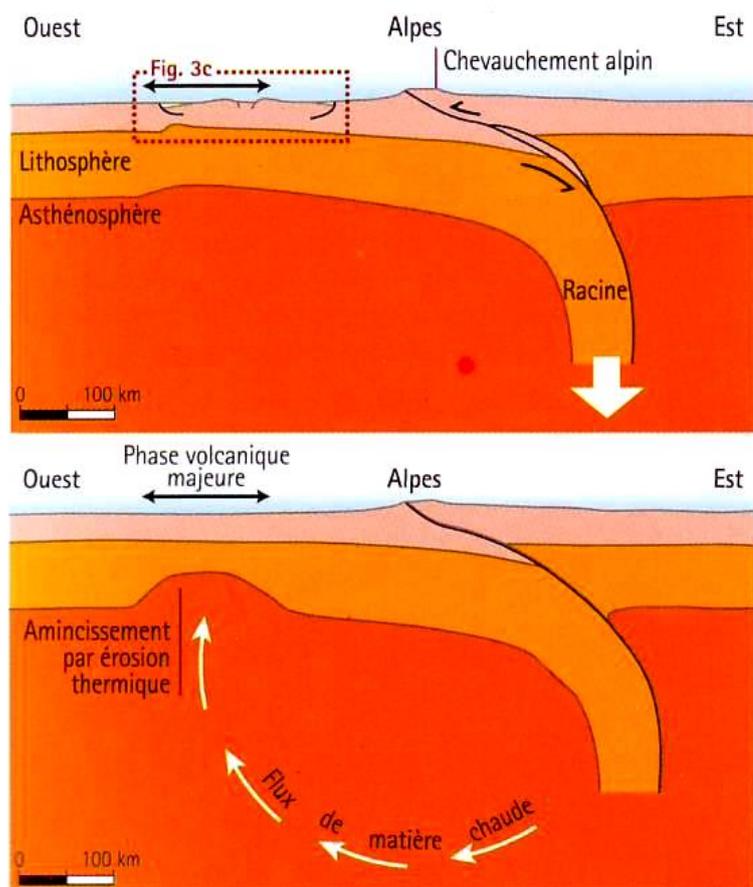
Les magmas à l'origine du volcanisme de la Chaîne des Puys proviennent de **la fusion partielle du manteau supérieur asthénosphérique** à une centaine de kilomètres ou plus.

Les données de géophysiques confirment l'existence de zones anormalement chaudes dans le manteau sous le Massif Central volcanisé, compatibles avec une remontée locale de l'asthénosphère.

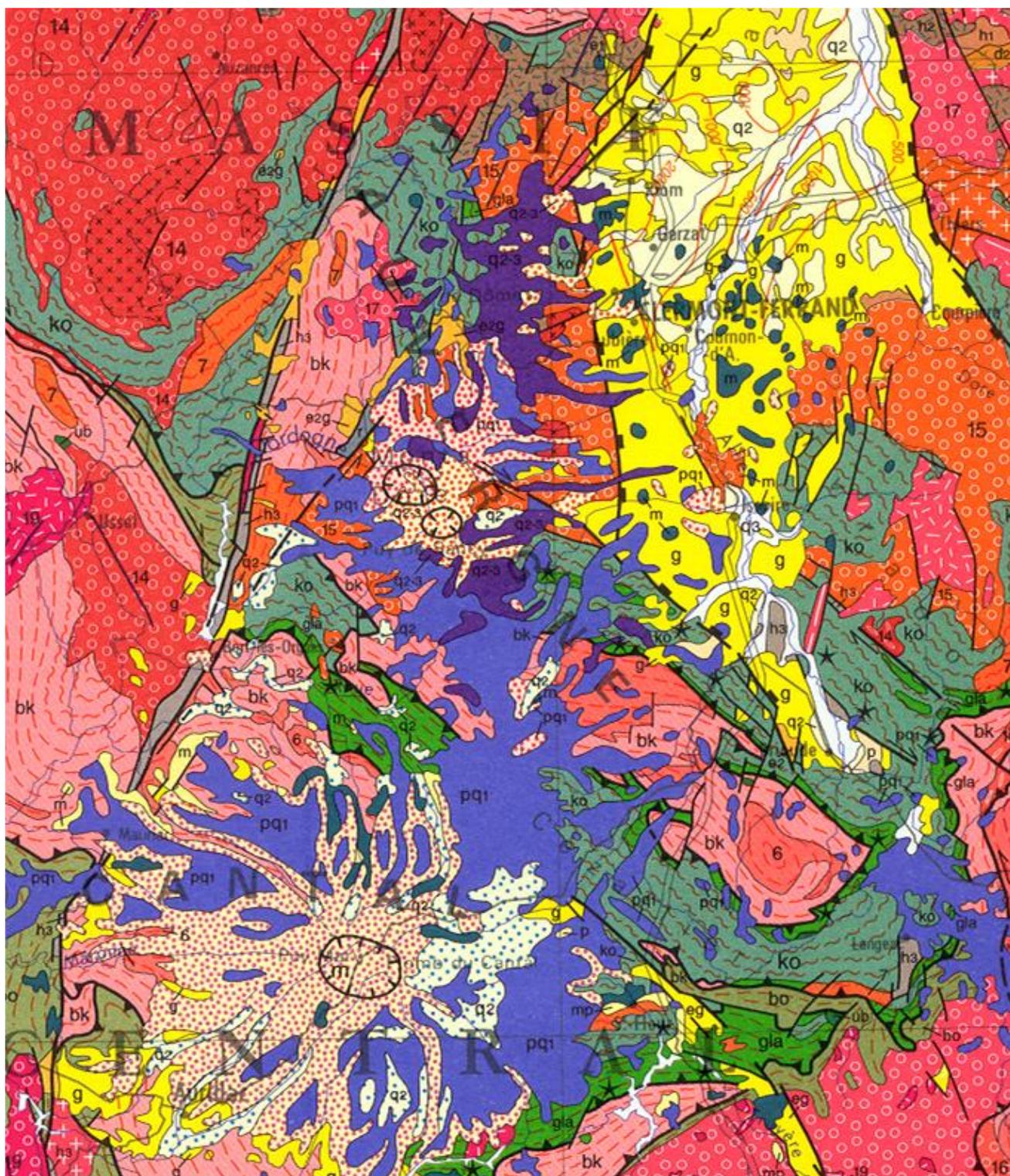
De plus, d'autres données géophysiques indiquent l'existence probable d'un ou plusieurs réservoirs plus superficiels, contenant un matériel peut être incomplètement refroidi sous la Chaîne des Puys.

Les produits volcaniques observés sont variés, de même que les édifices volcaniques formés, en lien avec la diversité des modalités d'ascension +/- stockage temporaire des magmas.

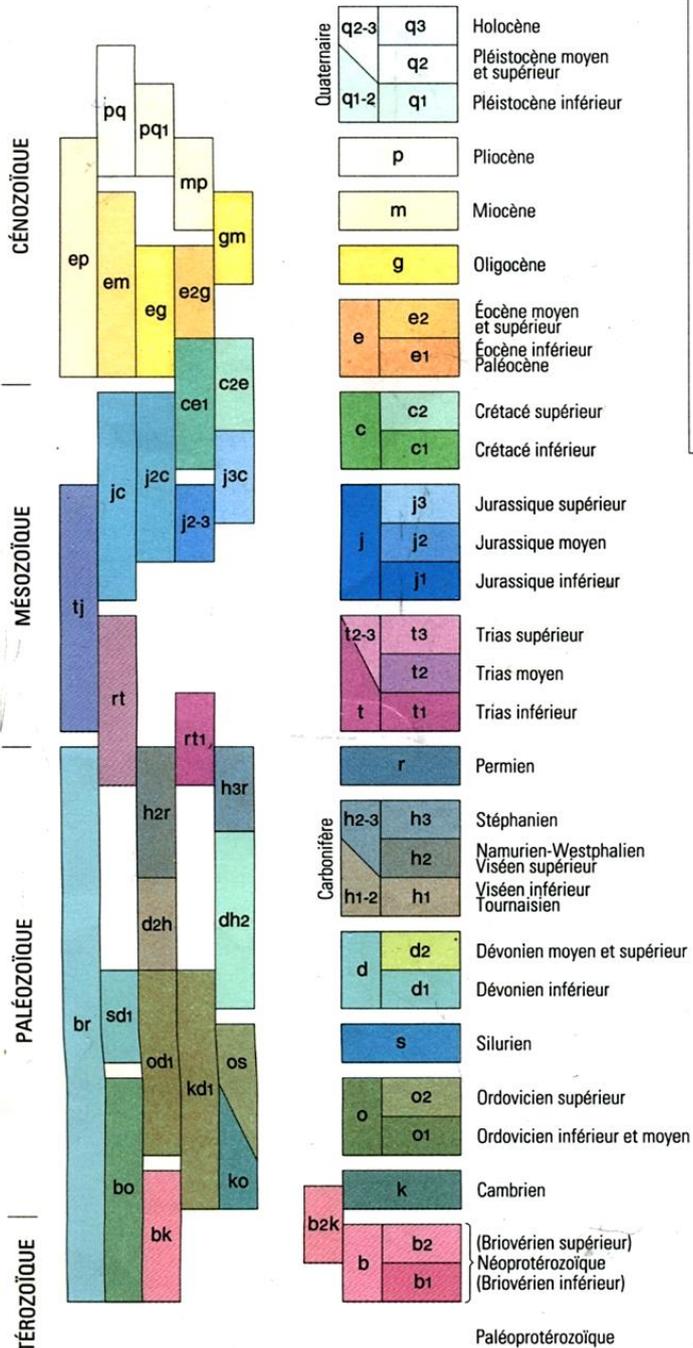
L'ensemble des roches constituant les Puys et leurs produits forment **une série magmatique**. On suppose qu'ont coexisté divers réservoirs de magma, alimentés par un même magma primaire initial, conduisant à plusieurs événements de différenciation magmatique (voir doc 5).



Document 3. Extrait de la carte géologique de la France au millionième

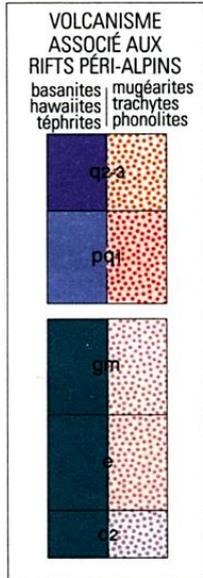


**STRATIGRAPHIE**  
SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME



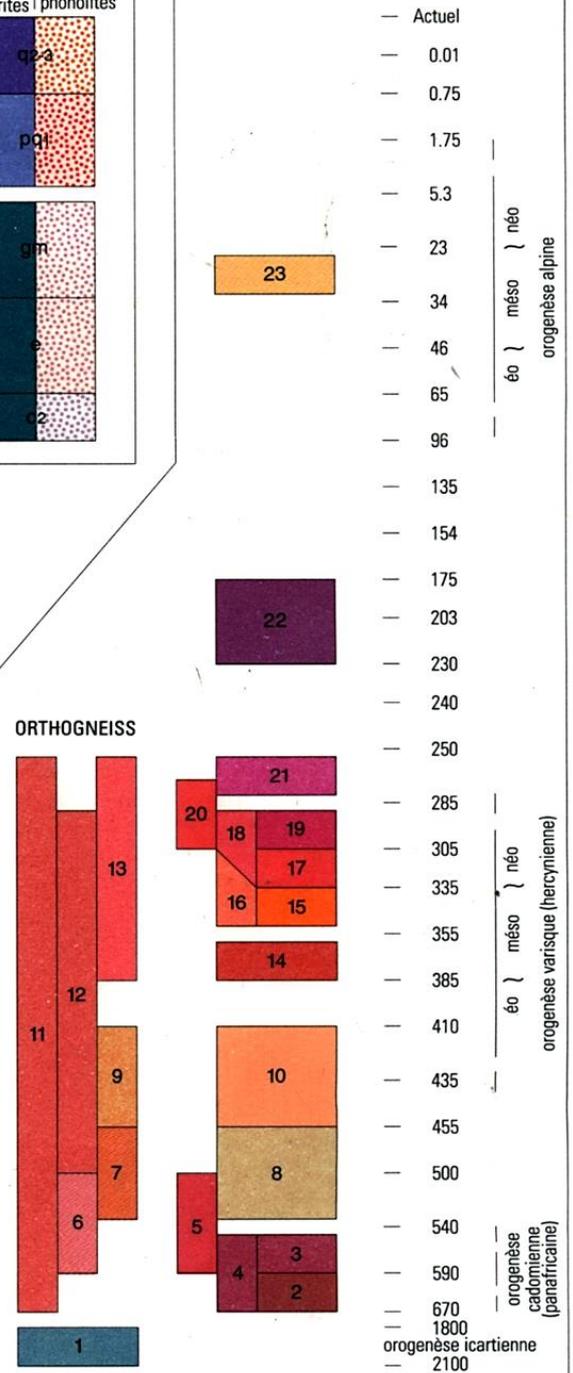
N. B. Pour les Pyrénées l'Albien sup. est intégré dans le caisson c2

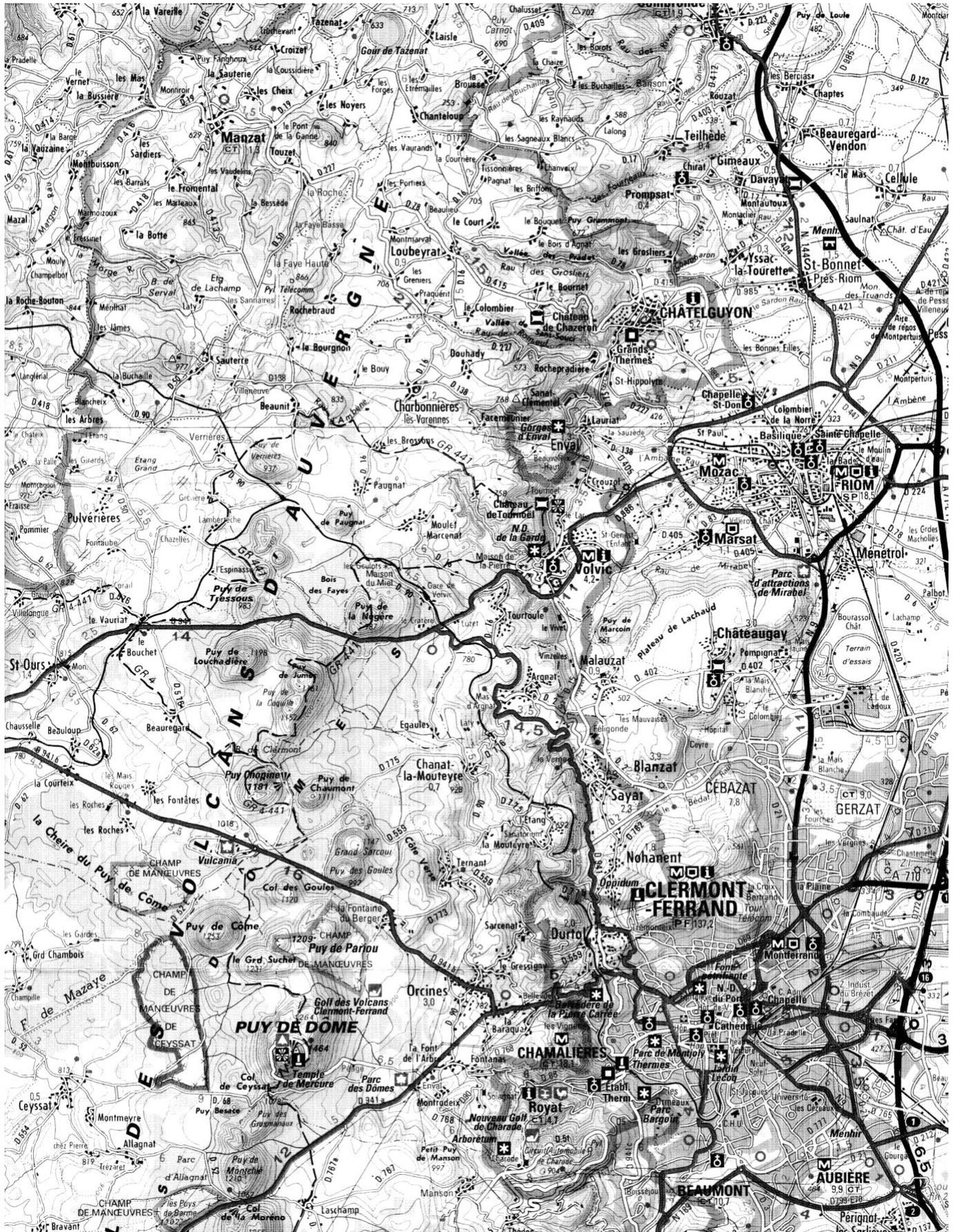
• 3705 br Sondage avec indication de la profondeur (en mètres) et du niveau atteint



**RADIOCHRONOLOGIE**  
(en millions d'années)  
G. S. Odin 1994, modifié

**PLUTONISME**







*Lieu* : **Grand Gandaillat, la carrière.**

*Objectifs* : **Connaissances** : comprendre la sédimentation carbonatée associée à l'ouverture des grands fossés tertiaires de Limagne : les différents types de roche, leur identification, leur mise en place, les fossiles associés, la détermination du paléo-environnement. Aborder la notion de faille, de tectonique. La notion de gisement d'hydrocarbures. Etablir des relations avec la tectonique des plaques.

**Activités** : identifier les roches sédimentaires, rechercher des fossiles, rechercher le mode de formation du dépôt. Comprendre et différencier les notions de faille normale et inverse et la relation avec les mouvements tectoniques, reconstituer les phénomènes en jeu, proposer une interprétation des données. Chercher à comprendre comment se forme un gisement d'hydrocarbure et pourquoi celui-ci n'a pas donné de champ pétrolifère.

La carrière permet d'avoir une coupe des sédiments oligocènes supérieurs de la Grande Limagne sur 0 m de haut et sur plusieurs centaines de m de large.

#### Document 4 : Des roches un peu particulières



#### Document 5 : un affleurement très très très connu



*Lieu* : **Puy de la Poix, source bitumineuse**

*Objectifs* : **Géologie** : découverte de la source bitumineuse du Puy de la Poix utilisée historiquement en marquage de troupeau, calfatage d'embarcations ou soin de la peau. Comprendre les étapes de la transformation chimique des matières organiques contenue dans les sédiments originels de l'ancien lac de Limagne. Mettre en relation sa remontée en surface et la fracturation du sous-sol associée au volcanisme.

Matin ...

Lieu : **Lac Pavin**

Objectifs : **Volcanologie** : Découvrir, comprendre le volcanisme phréatomagmatique, le maar et ses caractéristiques. Faire le distinguo d'avec les projections du cône de scories. Aborder la notion de risques volcaniques. Observer les produits et comprendre la notion de fusion mantellique, l'origine des magmas. Du basalte au trachyte ou la différenciation magmatique et la cristallisation fractionnée. La connaissance des structures volcaniques pour comprendre les circulations d'eaux souterraines.

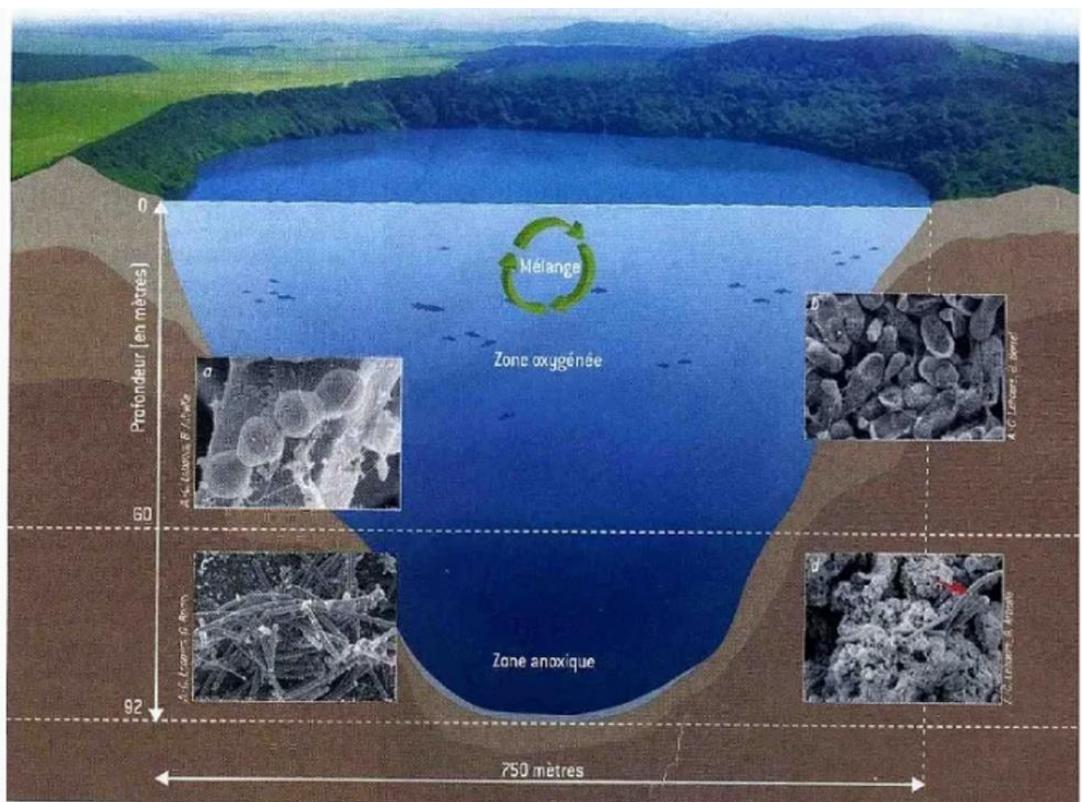
**Travail de l'élève** : établir la relation entre formes du relief et volcanisme, la relation entre magma et édifice volcanique. Identifier une projection et la relier à un dynamisme éruptif. Comprendre comment les formes du relief renseignent sur les édifices volcaniques et comment, à partir de la reconnaissance des structures volcaniques (cônes, maars) on peut envisager la recherche d'eau, la circulation et le stockage d'eaux souterraines.

Doc. 6 : vue du lac Pavin



Le lac Pavin et le puy Montchal

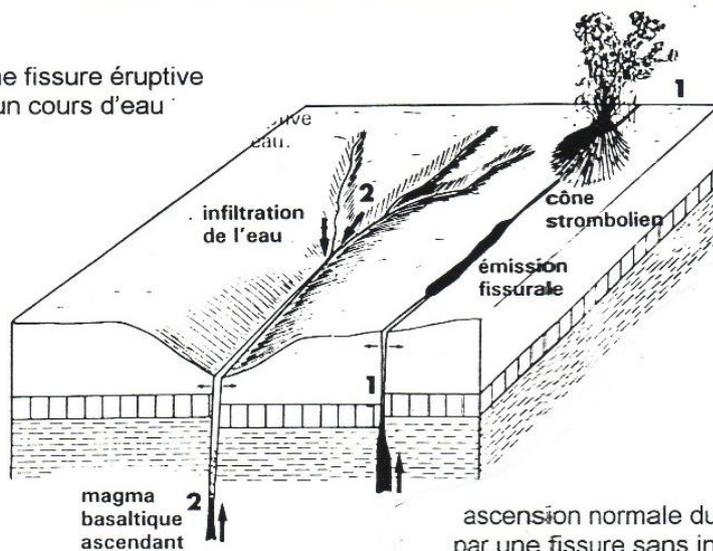
Doc 7 : Les diverses bactéries responsables de l'oxydation de la matière organique, selon les zones du lac Pavin



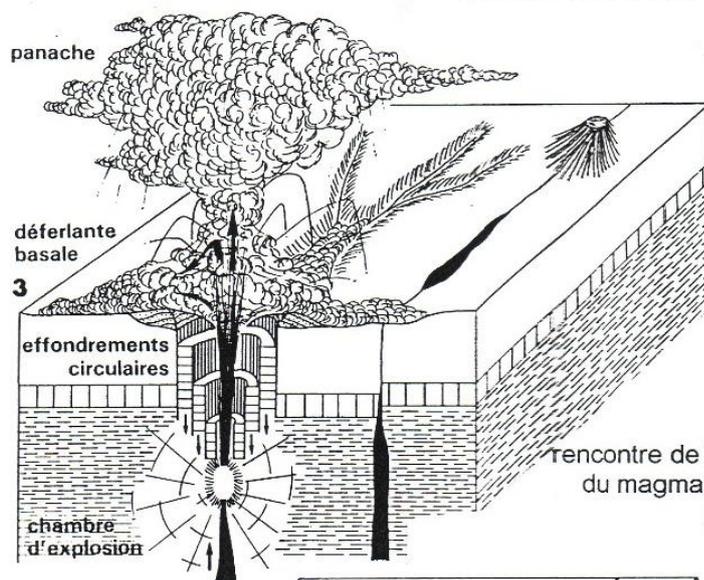
1. LE LAC PAVIN se partage en une zone oxygénée et une zone anoxique, c'est-à-dire privée d'oxygène. Jusqu'à 60 mètres de profondeur, la matière organique est oxydée par diverses bactéries dont certaines consomment du méthane (a et b). En dessous, d'autres bactéries prennent le relais : de bactéries produisent du méthane à partir de matière organique (c), que d'autres le dégradent (d, flèche rouge).

## FONCTIONNEMENT D'UN MAAR BASALTIQUE

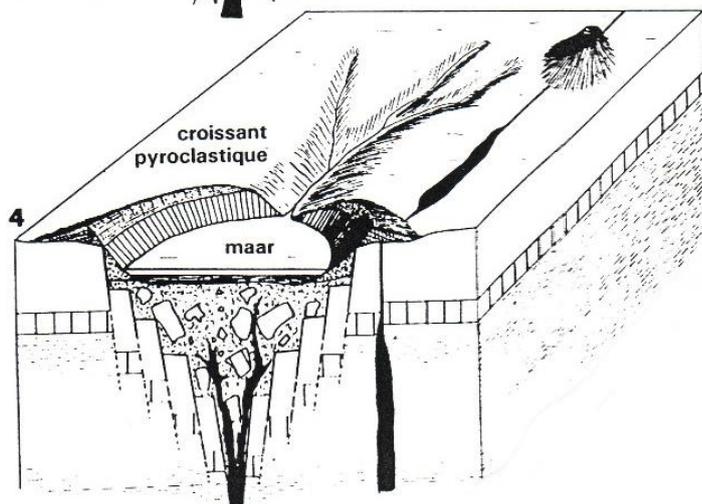
ouverture d'une fissure éruptive  
sur le trajet d'un cours d'eau



ascension normale du magma basaltique  
par une fissure sans incidence phréatique



rencontre de l'eau descendante et  
du magma ascendant : éruption  
phréato-magmatique



état final, après  
comblement  
partiel du cratère

Document 8 : Mise en place d'un maar

Lieu : Lac Chambon

Objectifs : **Volcanologie** : approche comparative de la genèse du lac volcanique du Chambon. Chronologie des événements à l'origine du lac, volcan du Tartaret, effondrement de la Dent du Marais.

Lieu : Réserve naturelle nationale de Chaudefour

Objectifs : **Volcanologie** : Aborder le volcanisme polygénique (stratovolcan). Parcourir l'histoire de la construction et de la destruction du massif, les éruptions cataclysmales, les coulées pyroclastiques de cendres et ponces, les sources thermo minérales associées au volcanisme. Identifier les différentes roches volcaniques : du basalte au trachyte ou la différenciation magmatique et la cristallisation fractionnée dans les chambres magmatiques. Comprendre l'évolution du paysage, l'érosion des grands volcans et l'effet des glaciations.

**Activités** : relation entre la composition minéralogique d'une roche volcanique et l'évolution des magmas, la genèse des magmas, le stockage des magmas, la caractérisation des eaux thermo-minérales, l'érosion et l'inversion de relief, Identification de la péridotite, recherche de son origine et des conséquences sur la genèse des magmas.

JOUR 3

jeudi 26 septembre 2024

Matin ...

Lieu : Puy de la Vache (1167m)

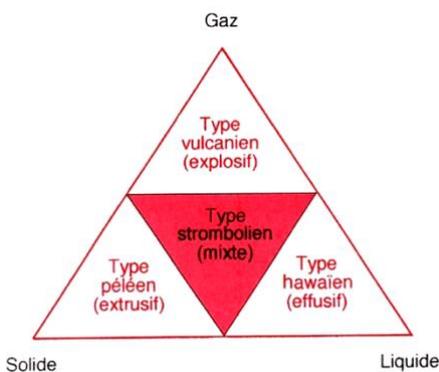
Objectifs : **Volcanologie** : comprendre le volcanisme de la Chaîne des Puys. Caractériser volcanisme effusif. Identifier les projections volcaniques, les nommer selon leur granulométrie. Observer un faciès de "cœur" et de "bas" de cône, les dépôts stratifiés. Différencier chronologie absolue et relative. Observer l'égueulement du cratère, en comprendre l'origine. Observer la coulée de lave.

**Activités** : identifier une projection et la relier à un dynamisme éruptif. Travailler sur les notions de chronologie absolue et relative. Identifier l'alimentation d'un édifice volcanique, travailler sur la notion de chaîne volcanique. Mettre en relation avec la tectonique.

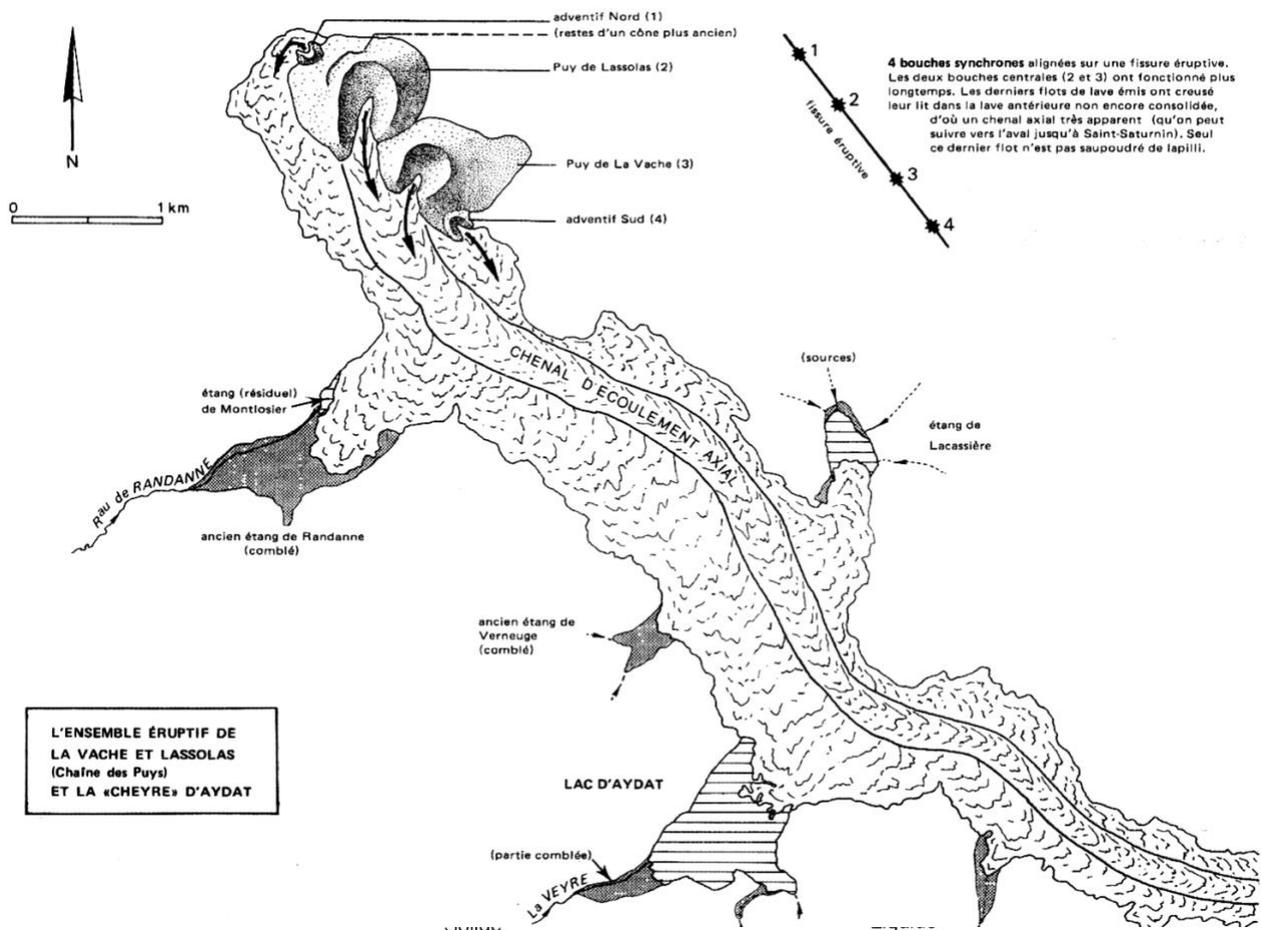
Il s'agit de cônes stromboliens, Document 9 : Puys la Vache et Lassolas / cheire d'Aydat

basaltiques pour l'essentiel, avec scories dont l'éruption date de 7650 ±350 ans.

Ce sont des cônes à cratère "égueulé", c'est à dire ouvert d'un côté par épanchement d'une coulée de lave pendant la construction du cône.



Il existe des carrières abandonnées de pouzzolanes (=scories) noires (faciès de bas de cône, contenant du fer peu oxydé  $Fe_3O_4$  = magnétite) puis rouges (faciès de cœur de cône, contenant du fer très oxydé  $Fe_2O_3$  = hématite) sur le chemin qui mène aux cratères.



### Pique-nique aux abords du Lac volcanique d'Aydat

Document 10 : Localisation du Lac d'Aydat et de la cheire d'Aydat

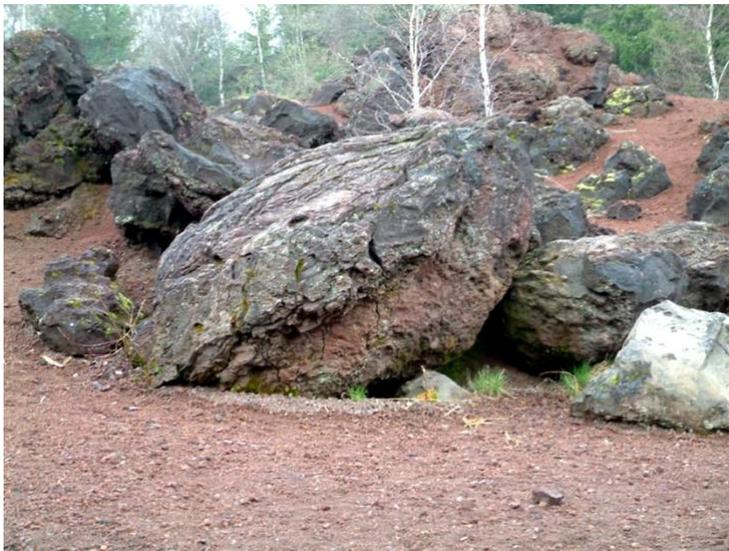
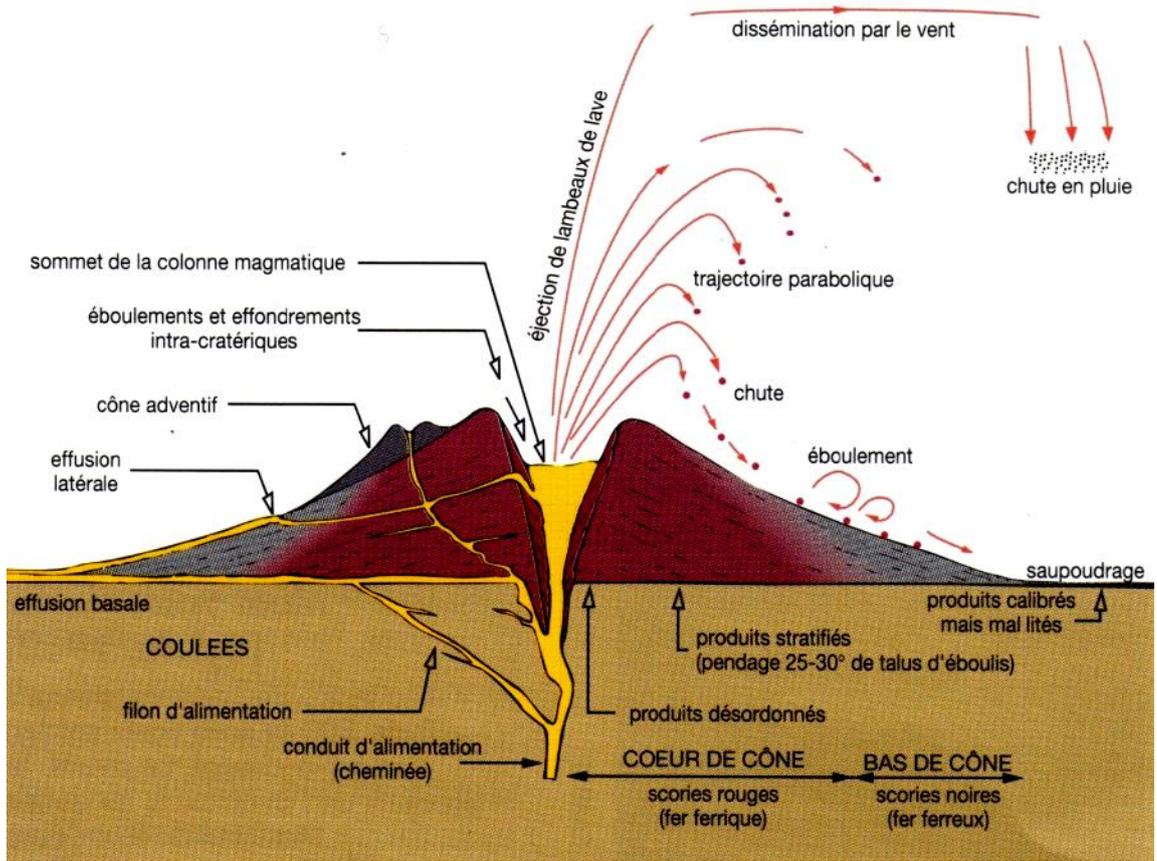


**La cheire d'Aydat** est une coulée basaltique à surface chaotique et boisée ayant emprunté la vallée de la Veyre et provoqué la formation des lacs de retenue de la Cassière et d'Aydat. Cette coulée provient des volcans jumeaux Lassolas et La Vache, formés en même temps.

Mise en place d'une cheire = coulée basaltique liée au dynamisme strombolien

Au cours d'une éruption strombolienne, les projections se manifestant au début des éruptions représentent rarement la totalité des produits magmatiques. Le magma est suffisamment fluide pour que sa partie la plus dégazée, la lave, puisse s'écouler par une fissure au pied du cône. Dans le cas de la cheire d'Aydat, la lave a rencontré une vallée étroite qui descend vers l'Est et l'a suivie jusqu'en plaine de Limagne. L'épaisseur moyenne d'une coulée de lave peut varier de 1 à 20 mètres.

**Document 11 : Volcans stromboliens et scories**



**Dynamisme strombolien (mixte)**

Les scories (= pouzzolane) portent des noms qui dépendent de leur taille :

- Cendres < 2 mm
- 2 mm < Lapillis < 64 mm
- 64 mm < Bombes (= blocs)

**Bombes volcaniques.**



En bouse de vache : lave très fluide s'écrasant au sol.



En fuseau : lave fluide ayant suivi une trajectoire hélicoïdale.



En chou-fleur : lave fluide dans un contexte phréatomagmatique.



En croûte de pain : lave visqueuse dans un contexte explosif ou strombolien.

## Après-midi

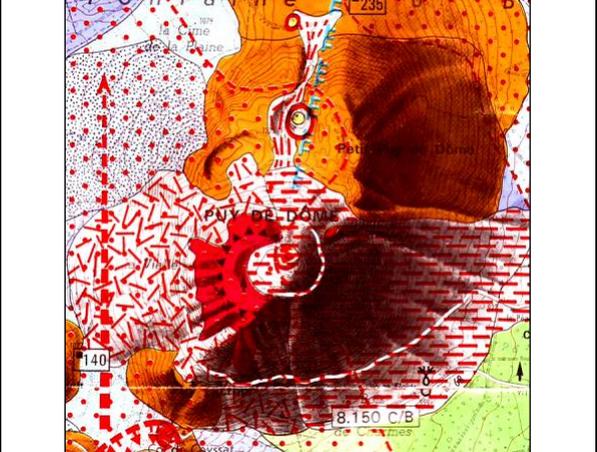
**Lieu :** Puy de Dôme "Grand Site" (1 465 m)...

**Accès :** Par le sentier des muletiers aller-retour

**Objectifs :** **Lecture de paysage :** montée au sommet du volcan. Lire et comprendre, de la plaine à la montagne, les paysages du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne. Les nommer, les caractériser.

**Géologie :** Comprendre la formation des grands fossés tertiaires de Limagne. Observer la faille bordière ouest du rift avorté de Limagne. Décrire et classer les différents reliefs volcaniques, en comprendre la diversité. Comprendre les raisons de l'alignement des volcans.

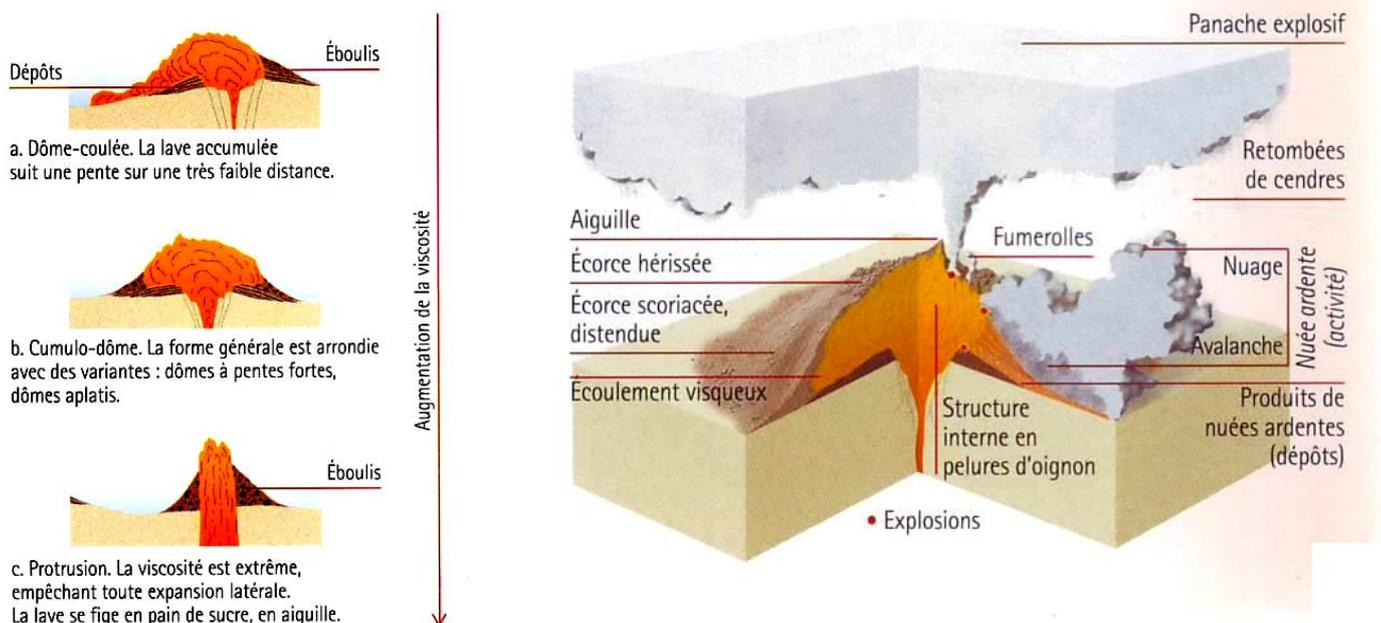
### Doc 12. Photo du Puy de Dôme et localisation cartographique

 <p style="text-align: right; font-size: small;">© bruno monginoux / www.photo-paysage.com</p>	
<p><b>LAVES</b> <b>LAVAS</b></p> <p> Trachyte (« dômite ») Trachyte ("domite")</p> <p>a) sous un recouvrement pyroclastique a) mantled by pyroclastic deposits</p>	<p><b>APPAREILS ÉRUPTIFS</b> <b>VENT ROCKS</b></p> <p> Cendres et brèches congénères des dômes trachytiques a) Dépôts de nuées ardentes principalement b) Brèches d'écroulement principalement Ashes and breccias related to trachytic domes a) Mainly nuee ardente deposits b) Mainly collapse breccias</p>

Les dômes de la Chaîne des Puys sont formés à la suite d'épisodes de différenciation magmatique. Les édifices sont formés par extrusion d'une lave visqueuse, différenciée, riche en silice (58 à 69%), donnant naissance à une roche claire : le trachyte (localement appelé la dômite). La chronologie des éruptions de la chaîne des Puys semble s'étaler entre -65 000 et -3000 ans. On dénombre environ 80 volcans, pour la plupart monogéniques, c'est-à-dire mis en place au cours d'un unique épisode éruptif. Ces volcans se trouvent sur un vaste plateau situé à une altitude moyenne de 800 m. La plupart des Puys s'élèvent à environ 200 m au-dessus de ce plateau, à l'exception du Puy de Dôme, qui s'élève à 600 m (altitude totale : 1465 m).

Les magmas à l'origine du volcanisme de la Chaîne des Puys proviennent de la fusion partielle du manteau supérieur asthénosphérique à une centaine de kilomètres ou plus. Les données de géophysiques confirment l'existence de zones anormalement chaudes dans le manteau sous le Massif Central volcanisé, compatibles avec une remontée locale de l'asthénosphère. De plus, d'autres données géophysiques indiquent l'existence probable d'un ou plusieurs réservoirs plus superficiels, contenant un matériel peut être incomplètement refroidi sous la Chaîne des Puys. Les produits volcaniques observés sont variés, de même que les édifices volcaniques formés, en lien avec la diversité des modalités d'ascension +/- stockage temporaire des magmas. L'ensemble des roches constituant les Puys et leurs produits forment une série magmatique. On suppose qu'ont coexisté divers réservoirs de magma, alimentés par un même magma primaire initial, conduisant à plusieurs événements de différenciation magmatique (voir doc 17).

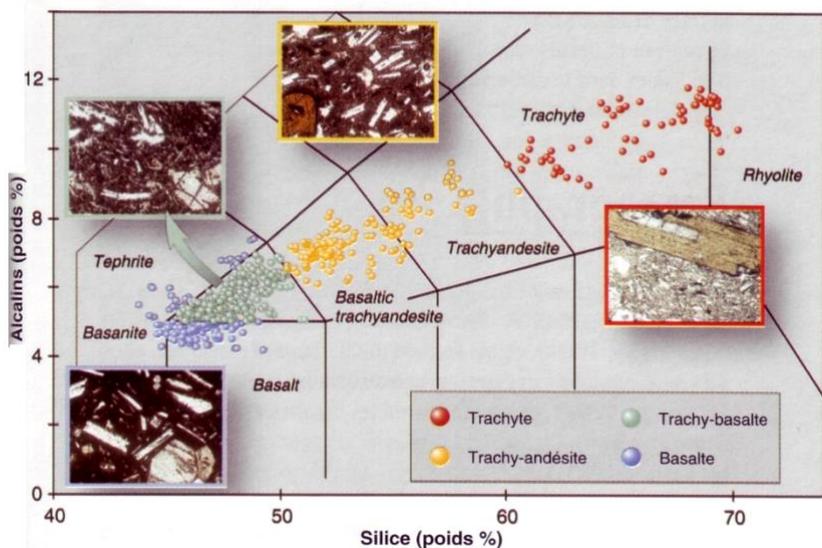
**Document 13 : Dynamisme volcanique extrusif (ou péleén)**



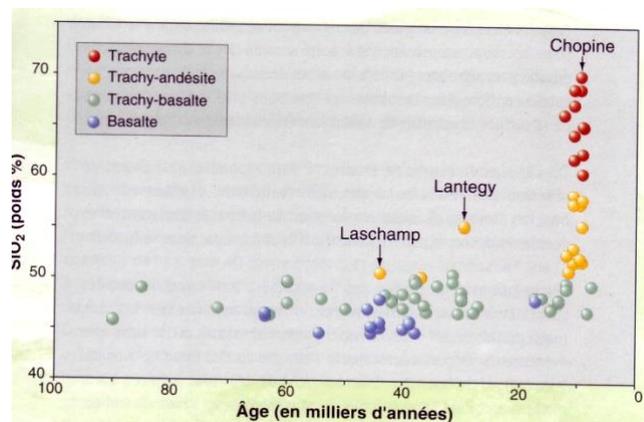


## Document 15 : Diversité des produits volcaniques de la Chaîne des Puys

A : Composition des laves de la Chaîne des Puys

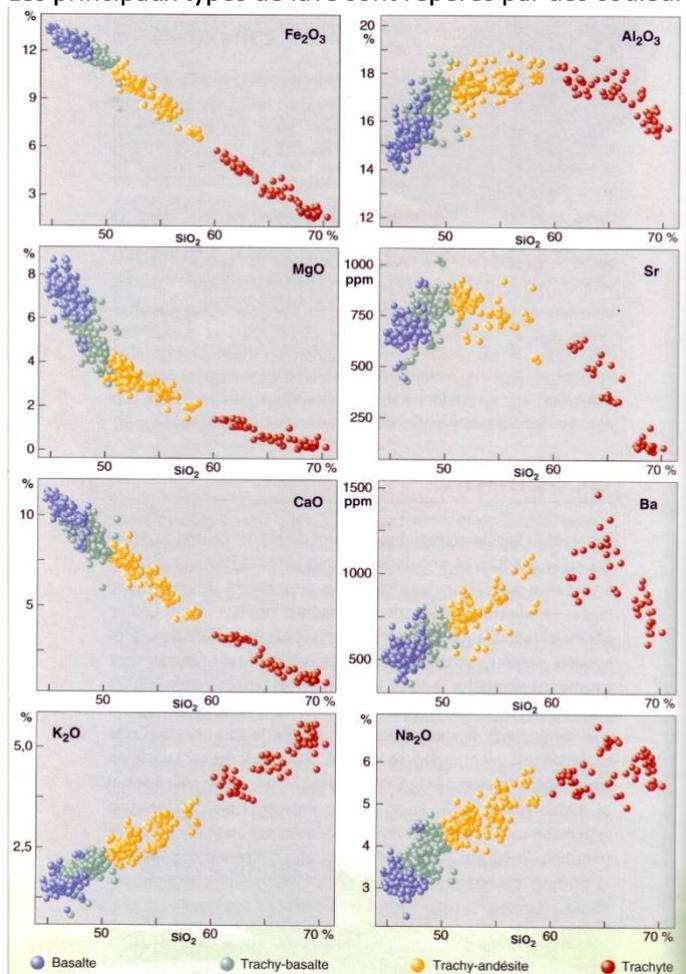


B : Evolution de la composition des laves de la Chaîne des Puys au cours du temps

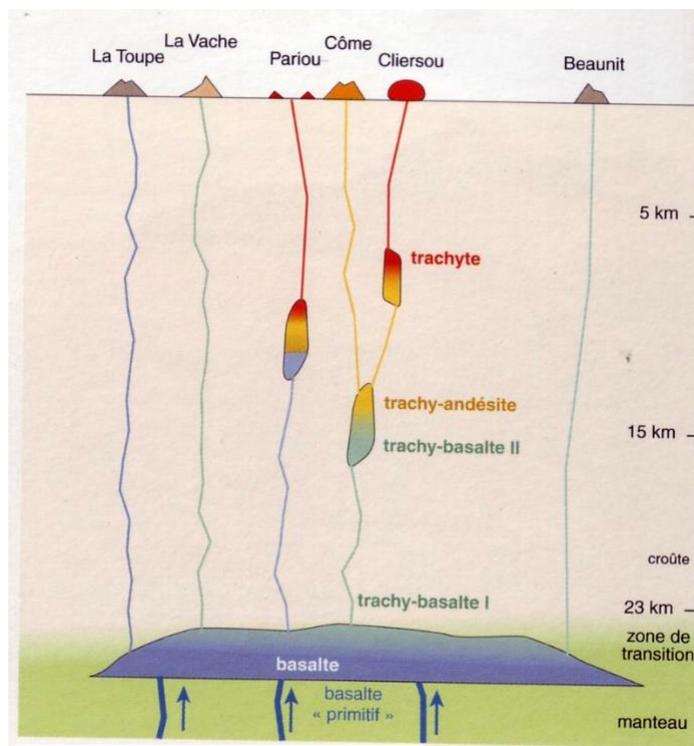


C : Variation de la teneur en divers éléments en fonction de la silice dans les laves de la Chaîne des Puys.

Les principaux types de lave sont repérés par des couleurs



D : Modèle idéalisé et simplifié de l'alimentation en magmas de la Chaîne des Puys.



Document 16 : détail de la chaîne des Puys



Lieu : Carrière de Sauterre

Objectifs : **Volcanologie** : Observer la péridotite et comprendre la notion de fusion mantellique, l'origine des magmas. Du basalte au trachyte ou la différenciation magmatique et la cristallisation fractionnée. La connaissance des structures volcaniques pour comprendre les circulations d'eaux souterraines.

Activité : Établir la relation entre formes du relief et volcanisme, la relation entre magma et édifice volcanique. Identifier une projection et la relier à un dynamisme éruptif. Identifier la péridotite, rechercher son origine et son impact sur la genèse des magmas.

**Document 17 : Diagramme liquidus solidus d'une péridotite**

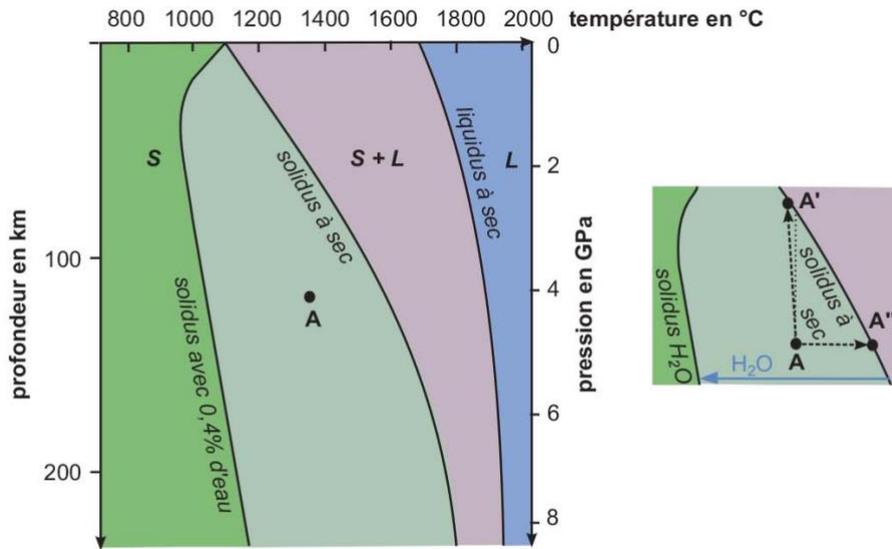


Diagramme solidus-liquidus d'une péridotite de type lherzolite.

**Document 18 : Mise en place du débit en orgues, « prismation » d'une coulée**

