

Un peu de géologie du Massif Central



Sommaire

1 Histoire géologique du Massif Central. (d'après <http://lithotheque.ac-clermont.fr/histoire.pdf>)

11 Ere Primaire.

12 Ere Secondaire.

13 Ere tertiaire

14 Sous une forme imagée et moins austère !

2 Le volcanisme du Massif Central.

21 Contexte géographique.

22 Caractéristiques du volcanisme auvergnat.

23 Deux types de volcans en Auvergne.

3 La Chaîne des Puys.

31 Généralités.

32 Histoire

33 Les édifices volcaniques de la Chaîne des Puys.

4 Références.

1 Histoire géologique du Massif Central.

11 Ere Primaire.

* Au Cambrien (-500 Ma).

Un phénomène de distension fractionne un vaste continent en deux domaines au sud (Afrique) et au nord (Europe du nord actuelle). Entre les deux se forme un domaine océanique dont le plancher est composé de roches ultrabasiques et volcaniques parfois recouvertes de sédiments.

* Au Silurien (-400 Ma).

Le plancher océanique s'enfonce sous la plaque européenne (subduction) entraînant avec lui des fragments de continent africain.

Reliques dispersées au sein de roches très métamorphisées (éclogites et roches ultrabasiques du Haut Allier).

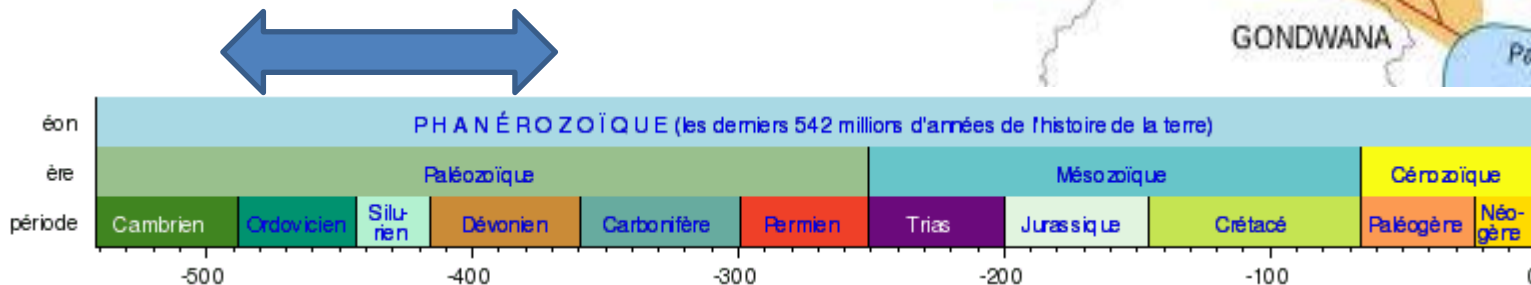
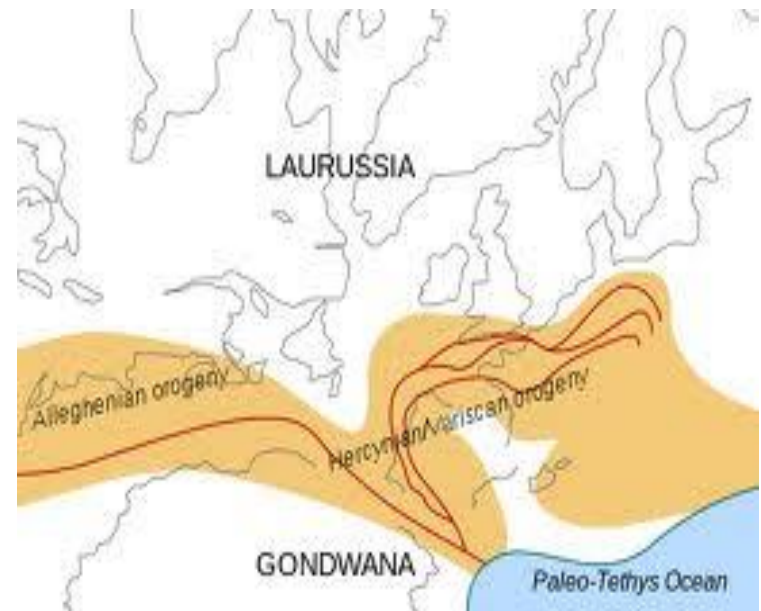
* Au Dévonien (-380 Ma).

L'enfoncement continue, la plaque Afrique se rapproche encore de la plaque Europe jusqu'à entrer en collision. Celle-ci donne lieu à la **Chaîne Hercynienne** qui couvre toute une partie de l'Europe. Il y a formation de grandes surfaces de chevauchement et à une intense déformation des roches.

Quatre ensembles se forment:

- ** Sédiments cambriens et carbonifères peu métamorphisés au sud: Montagne Noire;
- ** Micaschistes et granites déformés (qui surmontent les sédiments précédents): plateau de Millevaches et Cévennes;
- ** Gneiss et micaschistes accompagnés de granites déformés;
- ** Gneiss issus du métamorphisme d'anciens sédiments, reliques de croûte océanique, éclogites et des amphibolites/leptynites.

De grandes fractures affectent, par des mouvements horizontaux, les terrains. Des terrains granitiques se mettent en place le long de ces failles.



* Au Carbonifère Supérieur (-300 Ma).

L'empilement des unités mises en place à partir du Dévonien conduit à un épaissement considérable de la croûte continentale (reliefs comparables aux Alpes actuelles). Cet épaissement a deux conséquences:

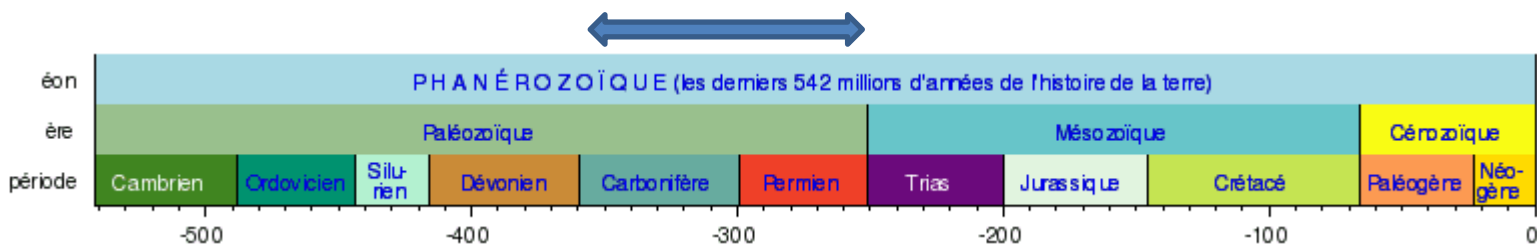
** La fusion et la remontée de magmas granitiques qui cristallisent vers 3 à 5 km de profondeur pour donner lieu à des granites (2^e génération).

** La croûte ainsi surchargée devient instable, de grandes failles apparaissent qui favorisent l'étalement du relief.

A cette époque, le climat du Massif Central favorise l'installation d'une forêt équatoriale tandis que l'érosion permet l'accumulation de débris végétaux, d'où les gisements de charbon du Sillon Houiller.

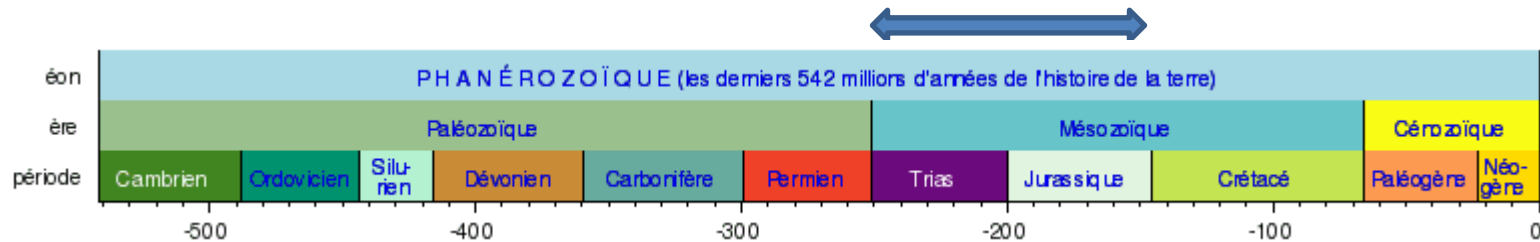
* Au Permien (-250 Ma).

Ces bassins continuent de travailler en extension; ils se remplissent de sables colorés par des oxydes de fer (donnent actuellement des grès rouges).



12 Ere Secondaire, au Trias (à partir de -250 Ma).

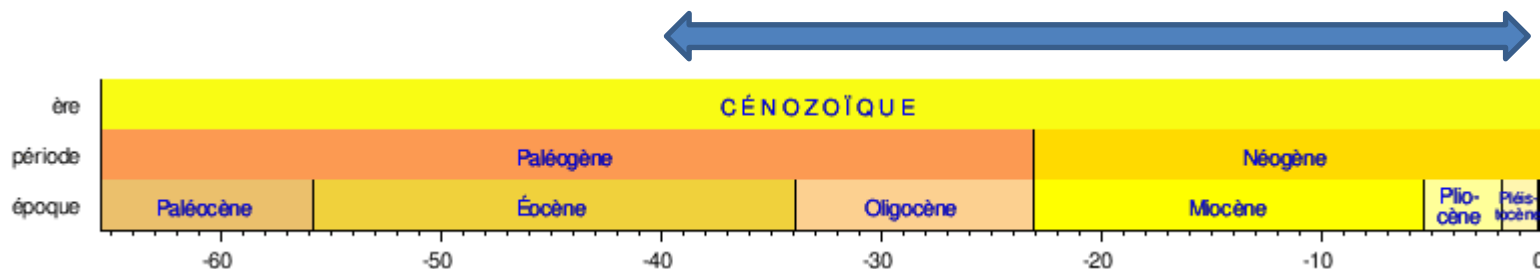
Le Massif Central est en grande partie démantelé puis envahi par la mer. Celle-ci y restera pendant 100 Ma, jusqu'à la fin du Jurassique. Les formations sédimentaires qui se déposent alors sont actuellement très érodées: Rouergue, Causses.



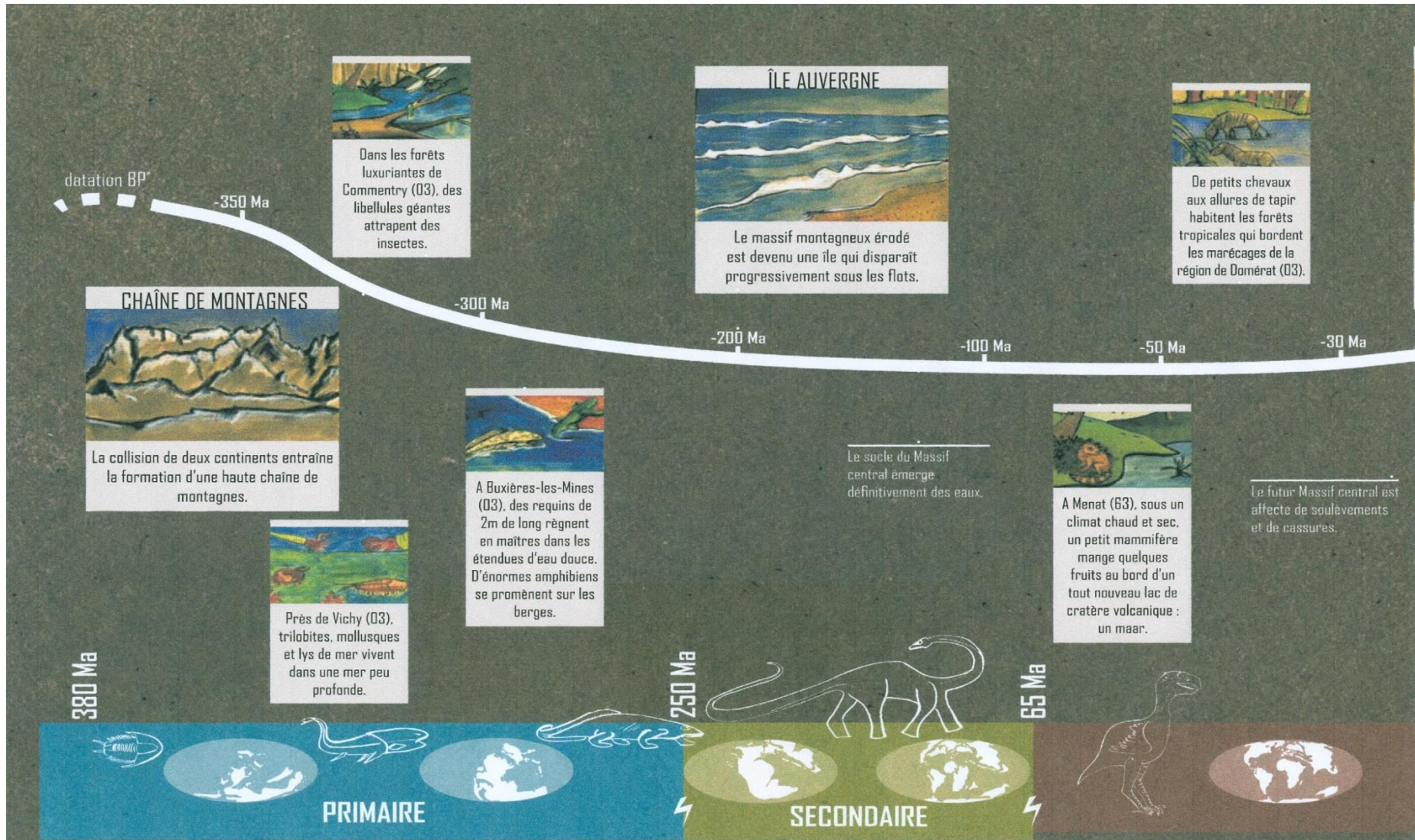
13 Ere Tertiaire, à partir de l'Eocène, il y a 30 à 40 Ma.

La formation de la chaîne Alpine provoque l'apparition de fractures qui découpent le Massif Central en plusieurs compartiments: bassins d'effondrement de Limagne, Saint Flour, Aurillac et Le Puy. Ces fossés se remplissent des produits d'érosion des compartiments soulevés.

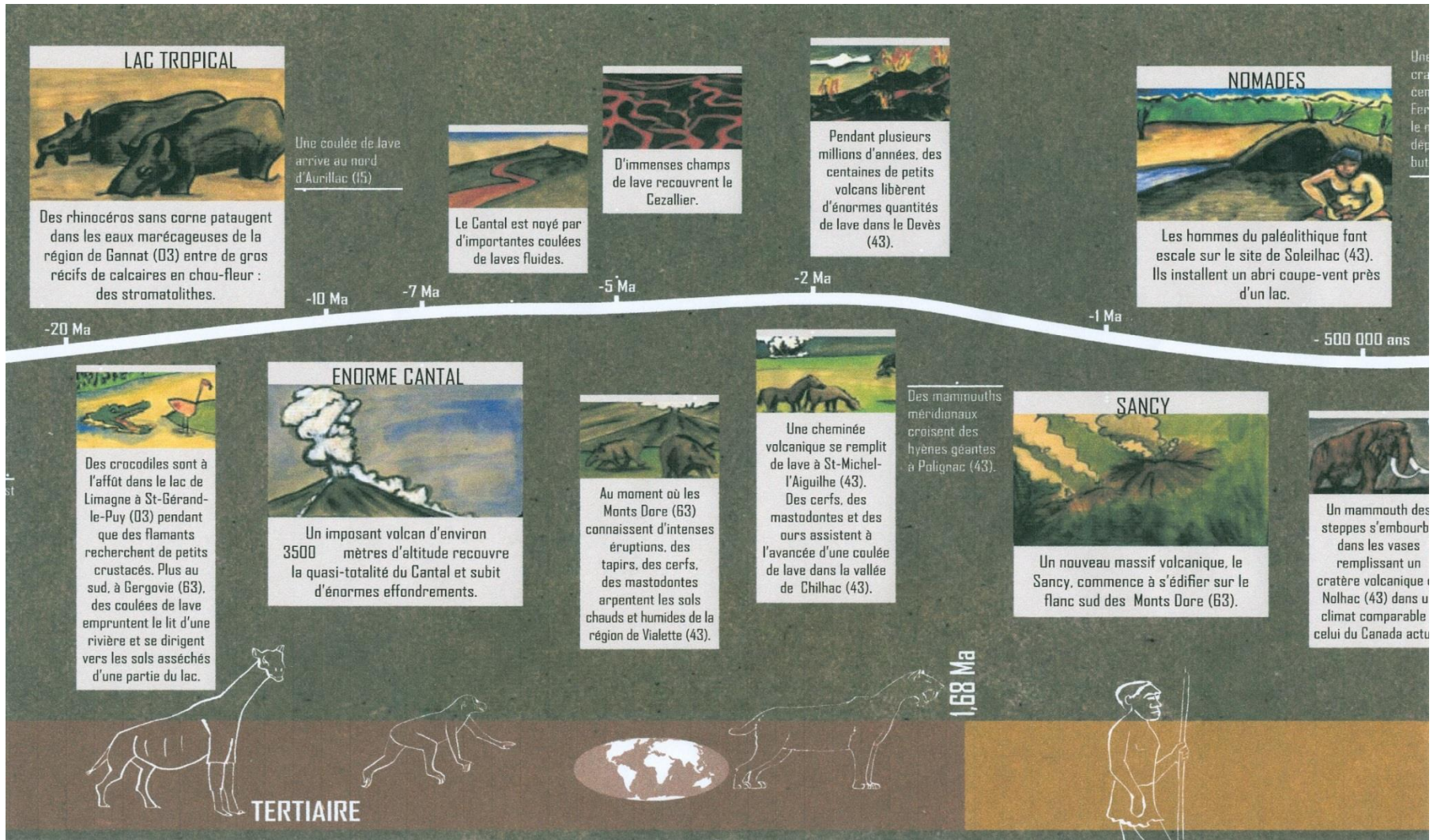
Puis dans les 15 derniers Ma, les premiers édifices volcaniques apparaissent dans le Forez, le Velay, l'Aubrac, le Cézallier, le Mont-Dore et la Chaîne des Puys.



14 Sous une forme imagée et moins austère !



De la formation de la Chaîne Hercynienne à l'orogénèse alpine.



De la formation du fossé de Limagne au volcanisme du Bas-Vivarais.

MADES



du paléolithique font
ite de Soleilhac (43).
abri coupe-vent près
'un lac.

Une éruption forme un
cratère dans le futur
centre ville de Clermont-
Ferrand (63) :
le maar de Jaude. Ses
dépôts érigent l'actuelle
butte de la Cathédrale.



Alors qu'une coulée
de lave atteint le
futur centre ville de
Clermont-Ferrand (63),
des hommes de
Neanderthal taillent
des silex dans la
Grotte des Fées de
Châtelperron (03).

L'éruption du
Lempdes (63)
recouvre de lave
l'emplacement
du futur parc de
Volcania.



Le climat se réchauffe.
La fonte des glaciers
grossit la rivière
Allier.

L'explosion du cratère
Kilian recouvre le
sommet du puy de
Dôme et à la suite
d'un vent favorable,
dépose des cendres
jusqu'en Suisse.

Le cratère volcanique
du lac Pavin (63) naît
de l'interaction entre
le magma et l'eau.

2^{ème} siècle : Les Gallo-romains
érigent un temple dédié à Mercure
sur le sommet du puy de Dôme.



2^{ème} siècle : Les
Gallo-romains de
Lezoux (63) façonnent
l'argile locale.

- 500 000 ans

-30 000 ans

-15 000 ans

-10 000 ans

-8 000 ans

-5 000 ans

L'Auvergne connaît
un épisode climatique
tempéré chaud.

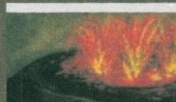


Un mammoth des
steppes s'embarque
dans les vases
remplissant un
cratère volcanique de
Nolhac (43) dans un
climat comparable à
celui du Canada actuel.

STEPES d'AUVERGNE



Des rhinocéros et des mammoths
laineux marchent dans les steppes
froides du Velay (43).



Des projections
volcaniques édifient le
premier cône du puy
de Côme (63).

PUY DE DÔME



Le puy de Dôme est couronné d'une
aiguille de lave.

La lave du puy de la Nugère devient pierre
de Volvic. La roche des futurs sarcophages
mérovingiens refroidit au Sarcoui.



Une coulée de lave
provenant des puy
de la Vache et de
Lassolas atteint la
Limagne après un
parcours de 17Km.
Au passage, elle
remblaie la vallée de
la Veyre et barre les
vallées affluentes. Elle
donne ainsi naissance
aux lacs d'Aydat, de
La Cassière et de
Randanne.

GERGOVIE



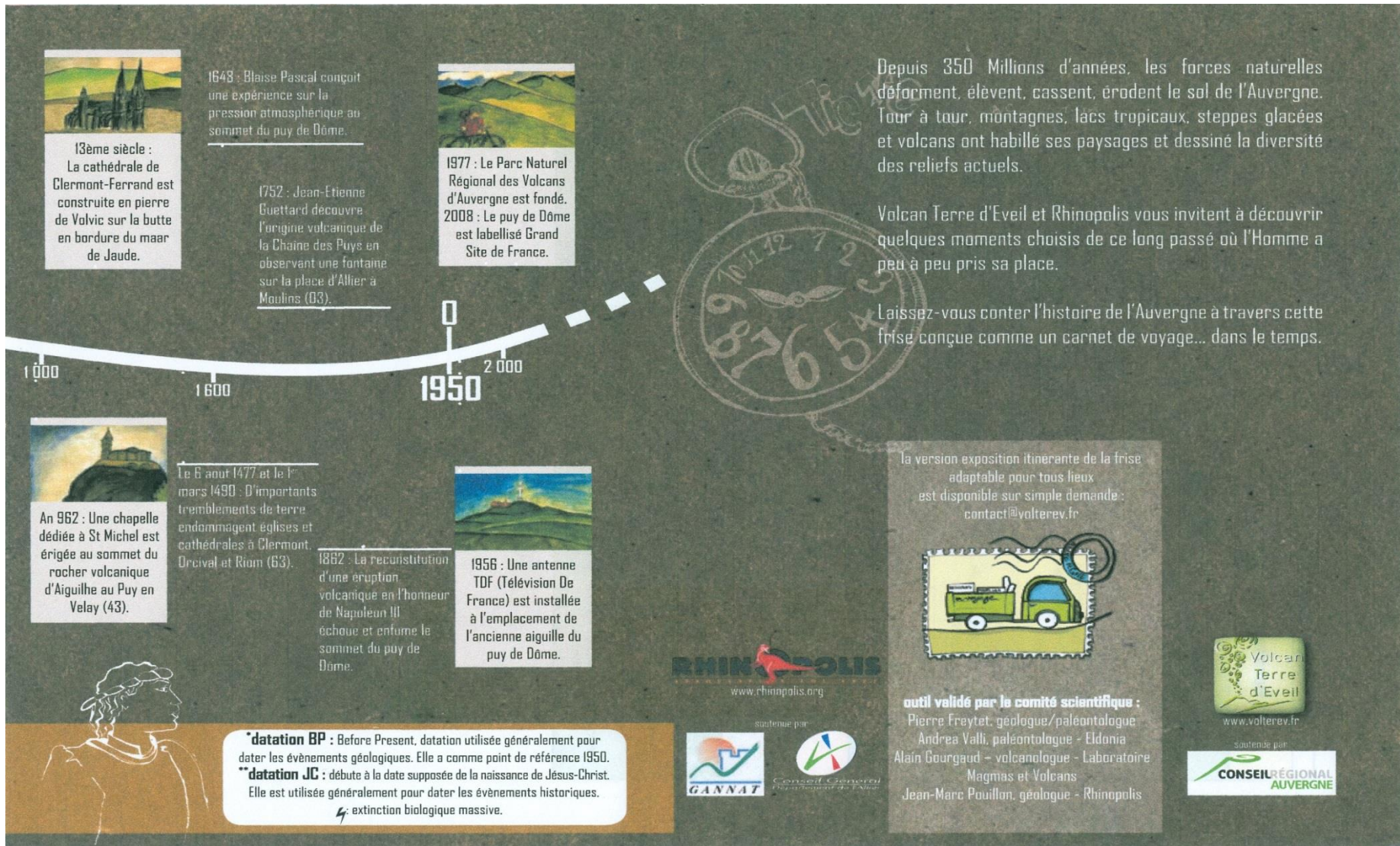
- 52 : Vercingétorix fait reculer les
troupes de César sur les bords de
l'ancienne coulée de Gergovie devenue
un plateau.



QUATERNAIRE



Du maar de Jaude (Clermont-Ferrand) à la conquête romaine.



Du haut Moyen-Age à nos jours.

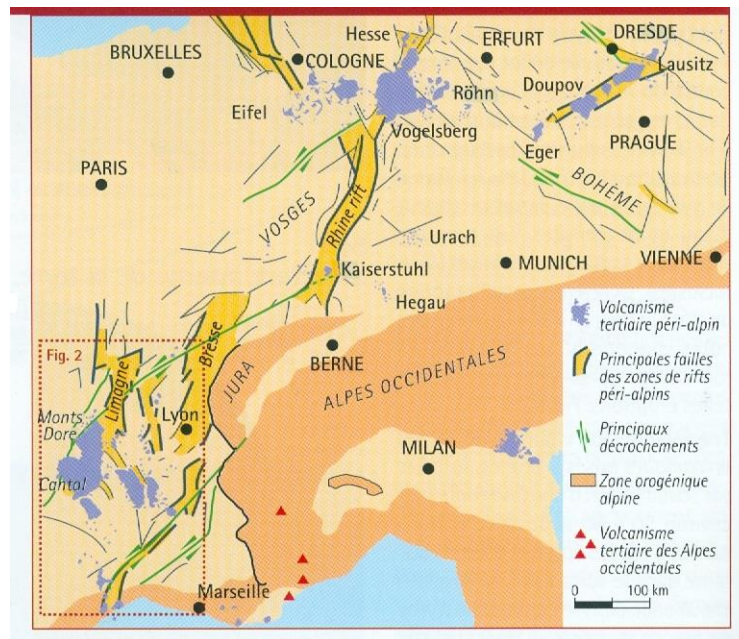
Frise extraite du site de l'association « Volcan Terre d'Eveil » (www.voltereve.fr)

2 Le volcanisme du Massif Central.

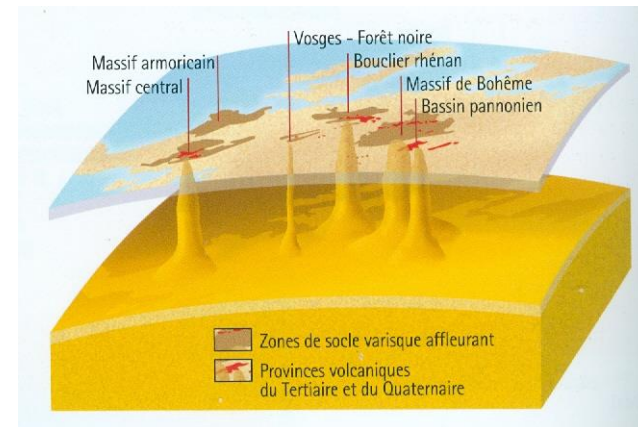
21 Contexte géographique.

Les volcans du Massif Central sont une pièce majeure du patrimoine naturel européen.

Ils s'étendent sur une vaste région occupant toute la partie centrale et orientale du massif et sont associés à une série de fossés qui lézardent la plaque européenne de la Méditerranée à la mer du Nord et à la Baltique.



D'après Réf. 2



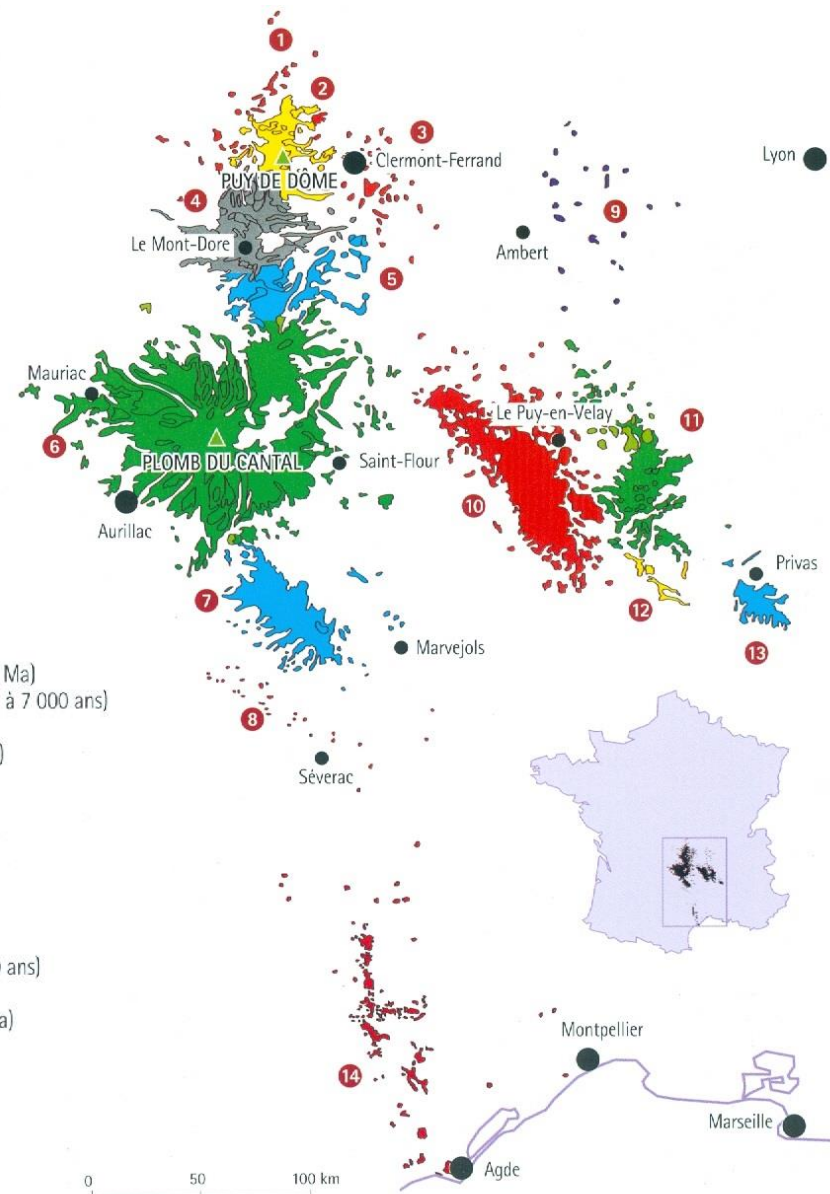
D'après Réf. 3

Représentation artistique des diapirs mantelliques sous les provinces volcaniques de l'Europe de l'Ouest.

Les fossés européens et le volcanisme associé.

Ces volcans se présentent soit en grands massifs circulaires (Cantal, Monts Dore, Cézalier), soit en chaînes allongées (chaîne des Puys, Devès, haute chaîne phonolitique du Mézenc), soit encore en petits édifices éparpillés en une aire allongée (bassins de Limagne, du Puy et de l'Emblavez, Meygal, Ardèche).

1. Chaîne de la Sioule (5 à 1 Ma)
2. Chaîne des Puys (150 000 à 7 000 ans)
3. Limagne (15 à 2 Ma)
4. Monts Dore (2,5 à 0,2 Ma)
5. Cézalier (8 à 3 Ma)
6. Cantal (13 à 3 Ma)
7. Aubrac (9 à 6 Ma)
8. Causses (14 à 2 Ma)
9. Forez (15 à 13 Ma)
10. Devès (2,7 à 0,6 Ma)
11. Velay (14 à 1 Ma)
12. Vivarais (35 000 à 10 000 ans)
13. Coirons (8 à 5,5 Ma)
14. Escandorgue (2,5 à 1,5 Ma)



*Dans la suite de cette présentation, nous limiterons celle-ci au **volcanisme auvergnat**.*

Les principales provinces volcaniques du Massif Central.

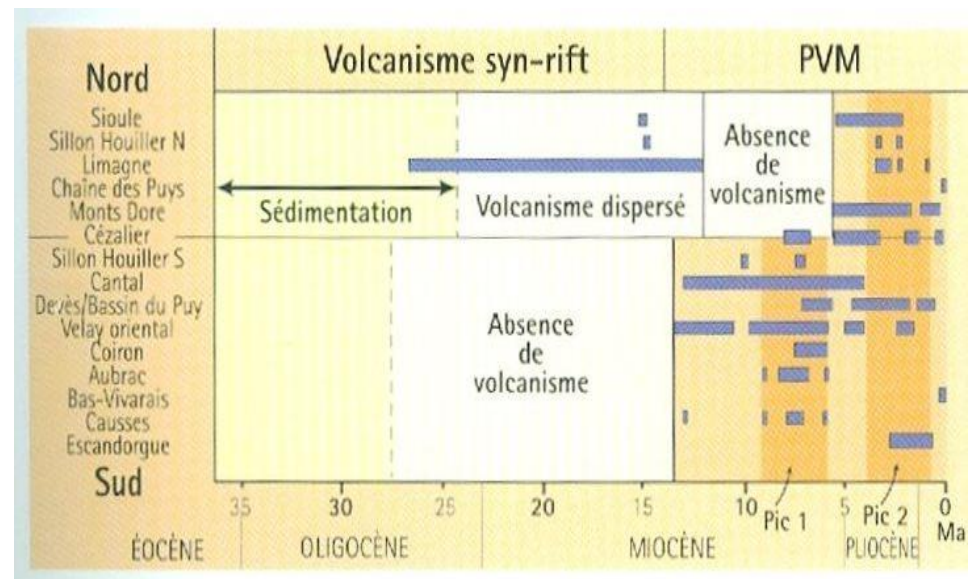
22 Caractéristiques du volcanisme auvergnat.

Jusqu'aux années 1960 où émerge la théorie de la tectonique des plaques, il est admis que le volcanisme auvergnat est dû au contrecoup du plissement alpin.

A ce paroxysme alpin est aussi associé le soulèvement et le basculement du Massif Central, phénomènes provoquant la fracturation du vieux socle arverne et la formations de bassins tels que la Limagne d'Allier.

221 Age des volcans.

La figure ci-contre récapitule les principales périodes d'activité pour l'ensemble des volcans du Massif Central. La phase volcanique majeure a produit deux pics d'activité. Le premier s'est déroulé entre -9 et -6 Ma, se limitant à la partie sud du massif, tandis que le second, de -3,5 à -0,5 Ma, a concerné à la fois le sud et le nord.



D'après Réf. 2

222 Causes du volcanisme.

Une hypothèse formulée attribuait l'origine de ce volcanisme à l'existence d'un point chaud sous le Massif Central. Son insuffisance à expliquer la permanence du volcanisme pendant 65 Ma a conduit Merle et Michon (2001) à proposer une théorie dans laquelle intervient la collision des plaques Europe et Afrique avec trois épisodes magmatiques, anté-rift, syn-rift et post-rift, à trois processus distincts se produisant dans l'avant-pays alpin, lors de la surrection alpine.

Fig. 4a
Volcanisme pré-rift du nord du Massif central.

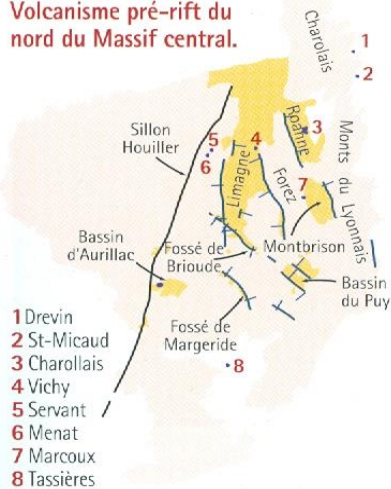


Fig. 4b
Volcanisme dispersé syn-rift du nord du Massif central.

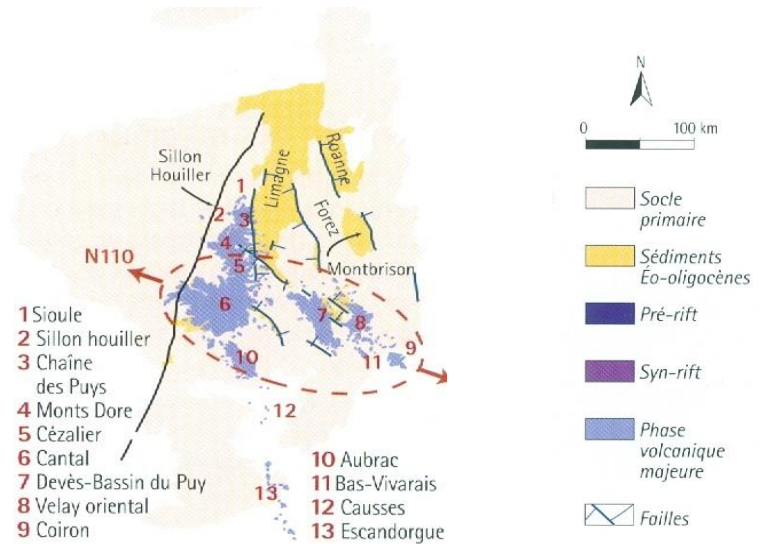
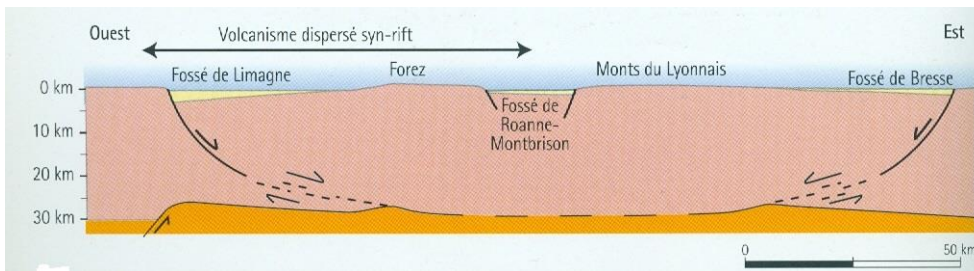


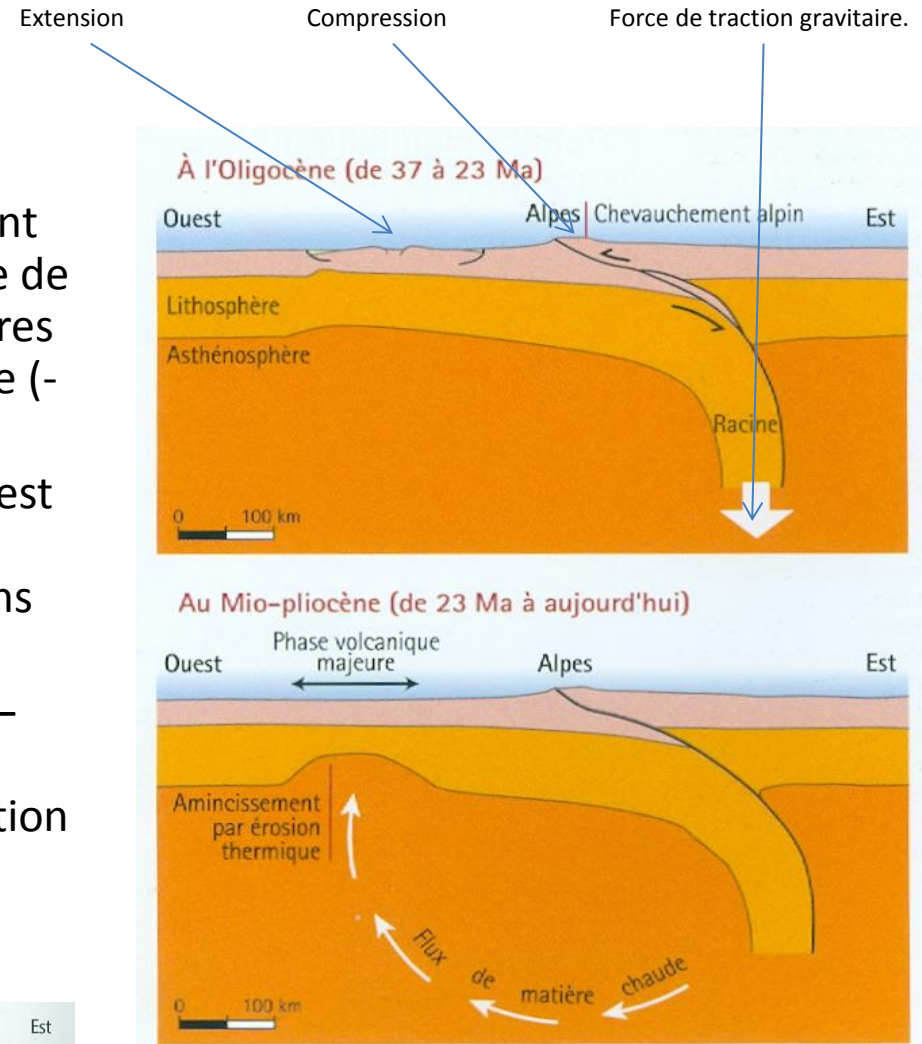
Fig. 4c
Volcanisme post-rift de la « phase volcanique majeure » (PVM)

D'après Réf. 2

- l'épisode magmatique pré-rift, extrêmement limité en volume, est attribué à une flexure de la lithosphère européenne lors des premières compressions alpines pendant le Paléocène (-65 à -32 Ma);
- l'épisode magmatique syn-rift (Oligocène) est attribué à une décompression du manteau associée à une phase d'amincissement dans l'avant-pays alpin;
- enfin, l'épisode majeur post-rift (Miocène – Pliocène) pourrait être lié à une remontée asthénosphérique engendrée par la formation de la racine lithosphérique des Alpes.



Coupe de la croûte terrestre sous le nord du Massif Central.



D'après Réf. 3

D'après Réf. 2

23 Deux types de volcans en Auvergne.

Les premiers sont les grands **stratovolcans** du Cantal et des monts Dore, dont la durée de vie se compte en millions d'années et dont l'activité a pu se manifester selon des modes très diversifiés au cours du temps.

Les seconds sont des édifices **monogéniques** de taille modeste, le plus souvent alignés le long des fractures empruntées par le magma (Chaîne de Puys, Aubrac, Velay, Coirons, Escandorgue). Si chaque volcan a une durée de vie courte, de l'ordre du mois ou de l'année, la chaîne volcanique dont il fait partie peut rester active durant plusieurs dizaines de milliers d'années, voire plus.



Les monts Dore (depuis la Banne d'Ordanche)

Photos TdG



Chaîne des Puys.

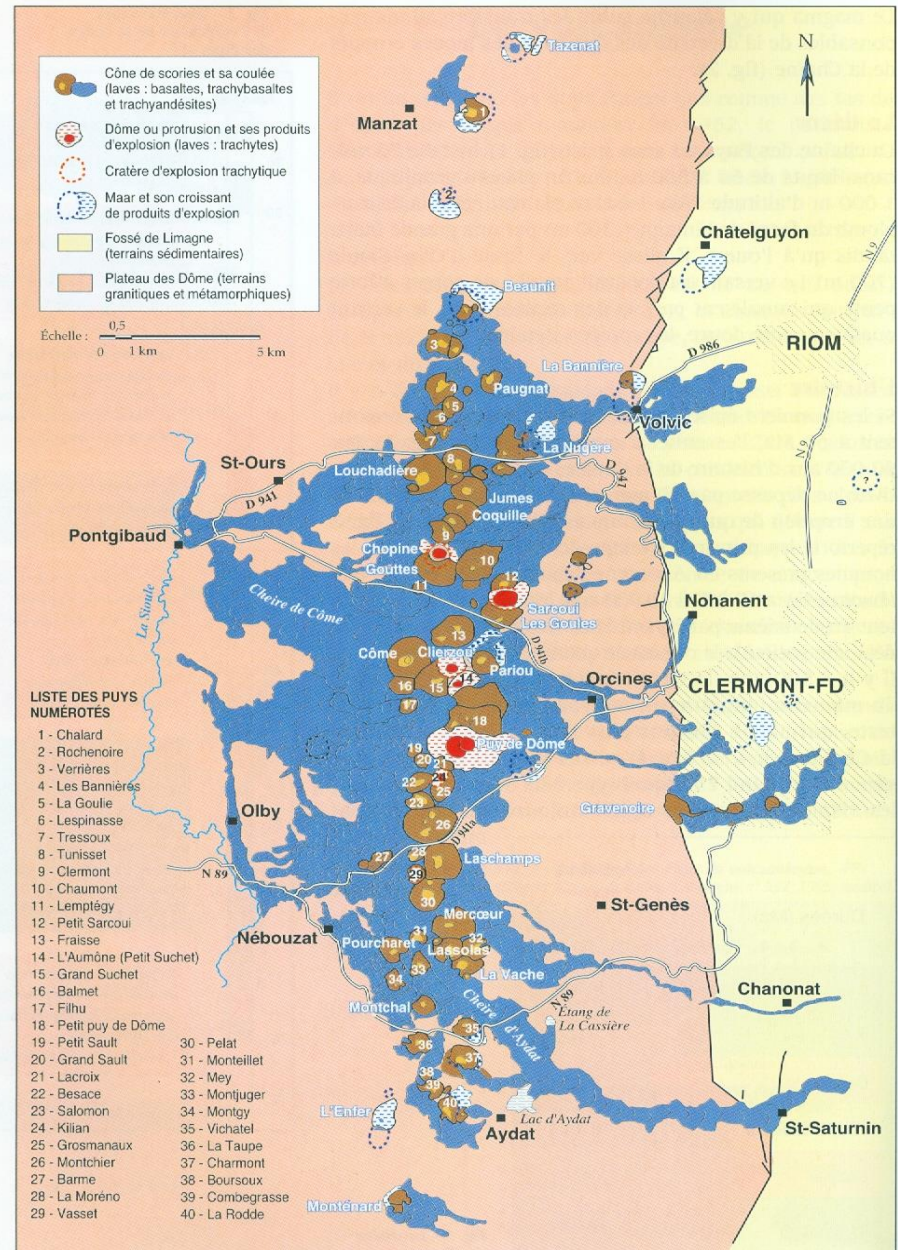
3 La Chaîne des Puys.

31 Généralités.

Identifiées comme « *quelques montagnes de France qui ont été des volcans* » dans son mémoire de 1752 par Jean-Etienne Guettard, la Chaîne des Puys installe 75 volcans, hauts de 50 à 500 m, sur un plateau granitique, à 1000 m d'altitude.

Vers l'est, ce plateau est mis en surplomb du fossé de Limagne (300 m) par une grande faille, tandis qu'à l'ouest, il glisse vers le fossé d'Olby-Sioule (700 m).

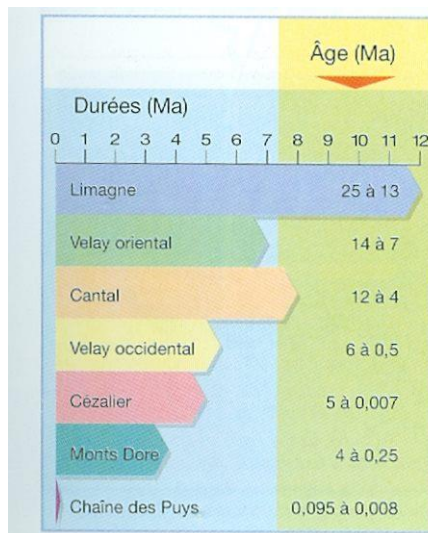
Le versant est apparaît entaillé de gorges à forte pente qui canalisent parfois des coulées; sur le versant ouest en pente douce, les coulées s'étalent.



32 L'histoire.

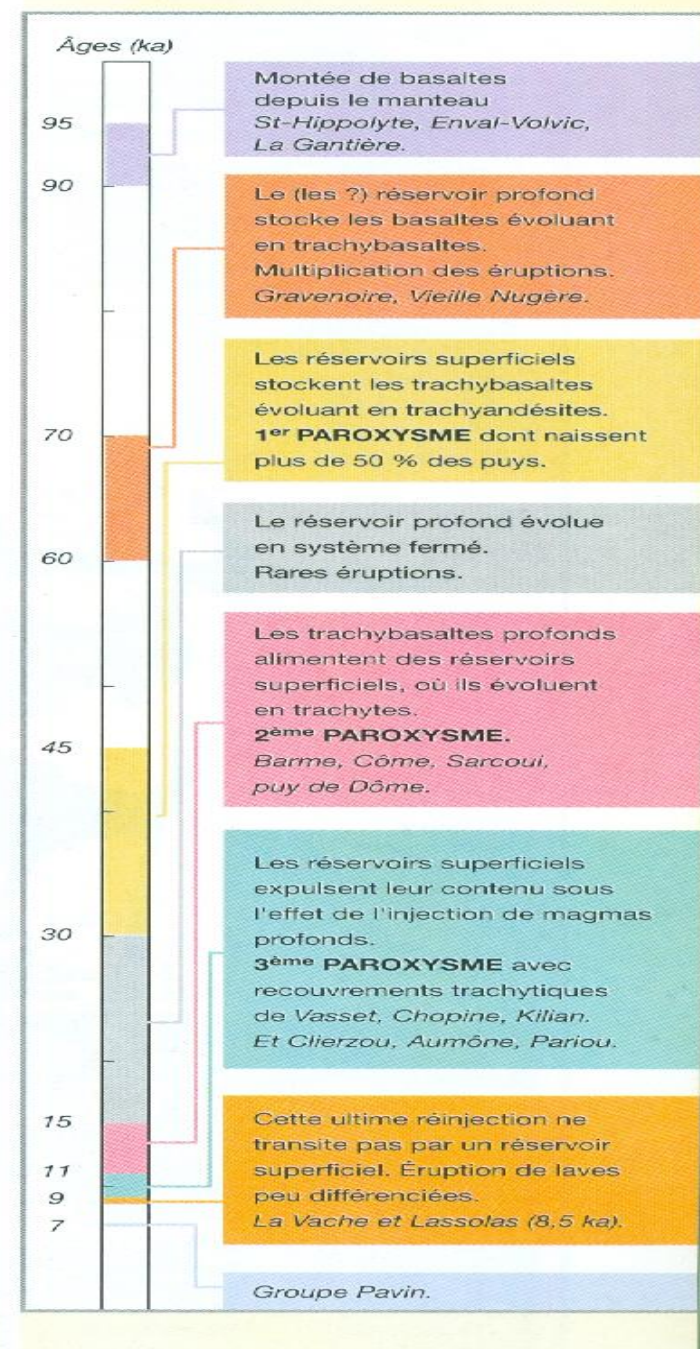
Des datations ont montré que les premiers épisodes volcaniques auvergnats remontent à - 60 Ma, mais l'essentiel à moins de 25 Ma.

La figure ci-contre répertorie les principaux temps de cette histoire, dont les hommes présents en Auvergne depuis 1,5 Ma ont pu être témoins. Il y a 10000 à 15000 ans, les Magdaléniens assistent au deuxième paroxysme tandis que les Néolithiques constituent déjà une société très organisée quand explose le Pavin, vers -7500 ans.



La Chaîne des Puys dans le volcanisme régional.

D'après Réf. 4



Grandes étapes de l'édification de la Chaîne des Puys.

33 Les édifices volcaniques de la Chaîne des Puys.

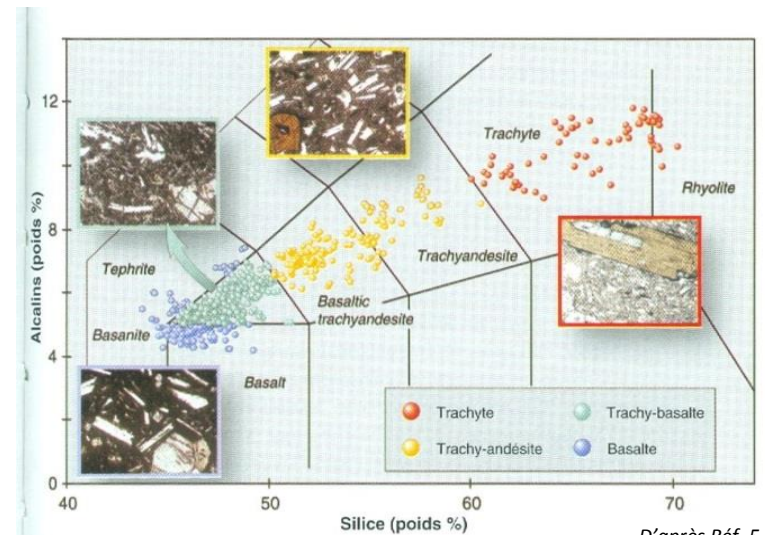
331 Généralités.

Trois types de morphologies des édifices volcaniques existent dans la Chaîne des Puys:

- * des **cônes de scories** (et des **coulées**), au nombre d'environ 60, résultant de la mise en place des basaltes aux trachytes
- * des **dômes** trachytiques, une demi-douzaine;
- * des **maars**, une dizaine, nés de la rencontre magma-eau.

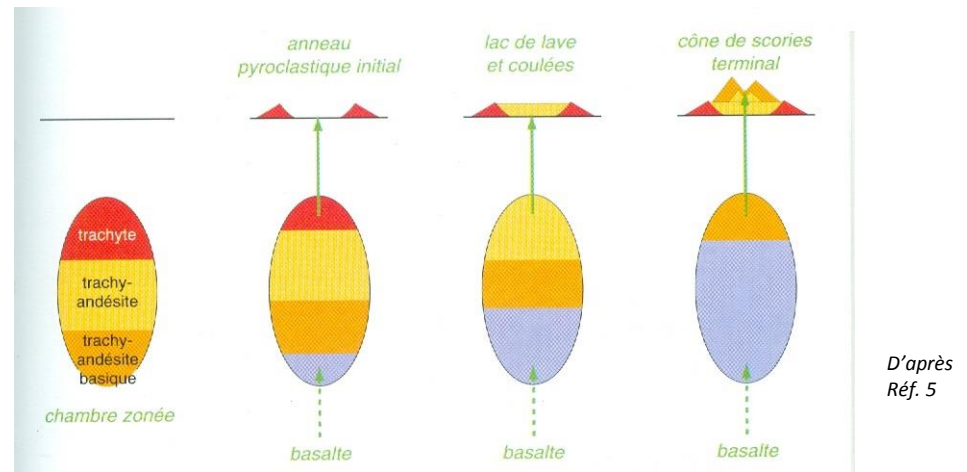
Les éruptions de la Chaîne ont été alimentées tantôt par des magmas dits « basiques » ou « intermédiaires » (contenant 45 à 60 % de silice), tantôt par des magmas dits « acides » (contenant 60 à 70 % de silice). Cette variété chimique engendre une série continue qui va des basaltes sombres et fluides, aux trachytes clairs et très visqueux, d'où une morphologie différente des édifices volcaniques telle que:

magmas basaltiques =====> cônes et coulées.
magmas trachytiques =====> dômes



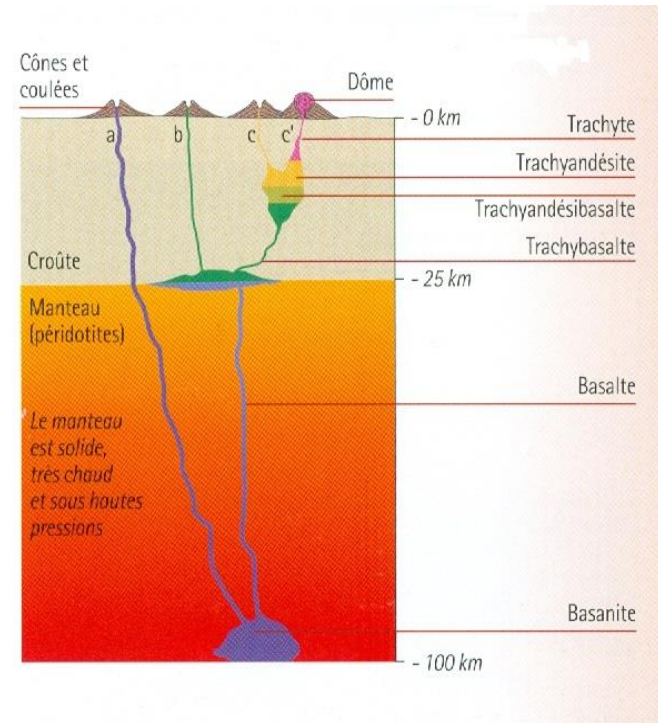
Composition des laves de la Chaîne des Puys.

Mais il ne faut pas oublier qu'un volcan peut émettre des laves de compositions différentes au cours d'une même éruption (conséquence de la «*différenciation magmatique*» ou «*cristallisation fractionnée*»).



Evolution de la composition des laves lors de l'éruption du Pariou.

La différenciation magmatique est l'évolution d'un magma dans un réservoir magmatique par cristallisation fractionnée. Les magmas peu différenciés ont peu évolué: ils sont pauvres en silice et peu visqueux. Les magmas très différenciés sont riches en silice et visqueux; entre les deux, les magmas moyennement riches en silice (52 à 66 %) sont dits intermédiaires.



Trajets suivis par le magma pour former :

- a. Petit Sarcoui
- b. Lemptégy 1
- c. Lemptégy 2
- c'. Sarcoui et puy Chopine.

D'après Réf. 2

332 Les cônes et leurs coulées.

Cratères des cônes de scories.



a. Cratère simple : un stade d'activité.

→ Pariou.
Puy des Goules.



b. Cratères multiples : plusieurs stades d'activité.

- Sans déplacement du point d'émission : cratères emboîtés (à gauche).
- Avec déplacement du point d'émission des projections (à droite).

→ Puy de Côme.

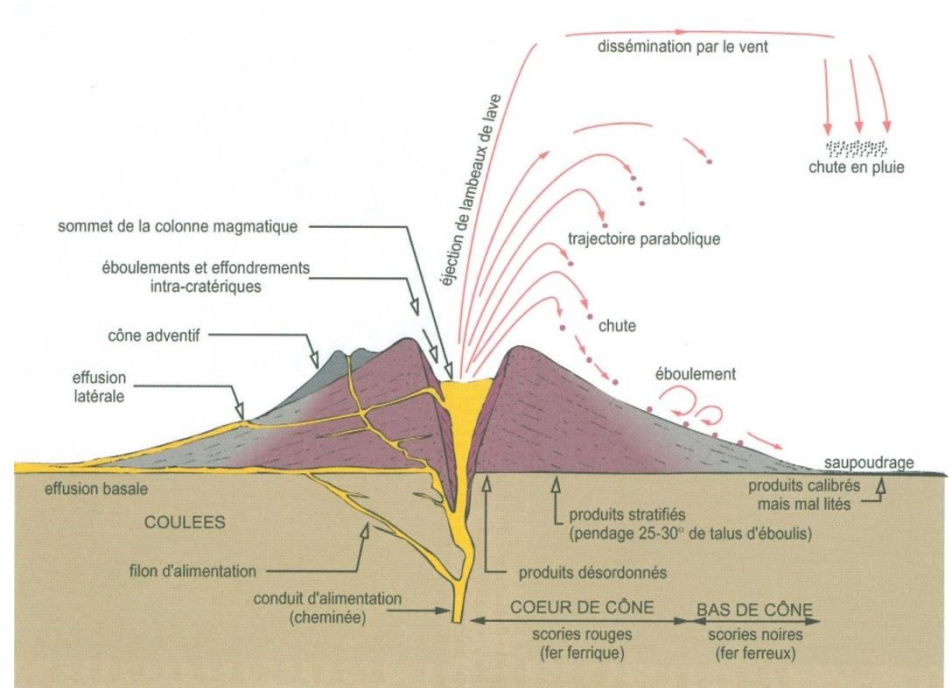
→ Puy de Montchié.



c. Cratère égueulé.

Il est dû à l'obliquité de la cheminée et/ou à la déstabilisation d'un flanc lorsque les phases explosive et effusive sont synchrones (la coulée emporte alors les scories).

D'après Réf. 2



Fonctionnement et structure d'un cône strombolien.

D'après Réf. 6

333 Les dômes et les protrusions trachytiques.

Selon la viscosité des magmas plus ou moins chauds, la forme du dôme varie:

* le dôme-coulée s'épanche un peu sur une pente

* le dôme s'aplatit légèrement, le sommet est affaissé

* si la viscosité est grande, le dôme est à pentes raides ou forme un dôme composite

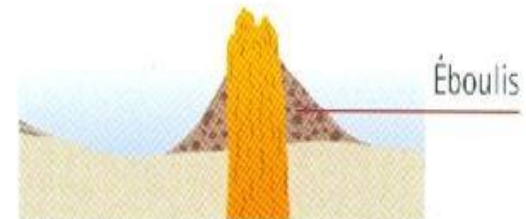
* si la viscosité est extrême, une protrusion en aiguille cylindrique peut se former.



a. Dôme-coulée. La lave accumulée suit une pente sur une très faible distance.



b. Cumulo-dôme. La forme générale est arrondie avec des variantes : dômes à pentes fortes, dômes aplatis.



c. Protrusion. La viscosité est extrême, empêchant toute expansion latérale. La lave se fige en pain de sucre, en aiguille.

Augmentation de la viscosité



Un exemple de dôme: le Puy de Dôme.

Dominant la Chaîne des Puys, puissant symbole, le Puy de Dôme (1465 m) est un jeune édifice de 11000 ans environ; de « Type péleén », il est formé de deux dômes de trachyte emboîtés.

Il y a 8150 ans, l'ouverture du cratère Kilian, plus au sud-ouest, l'a couvert d'une épaisse couche de projections.

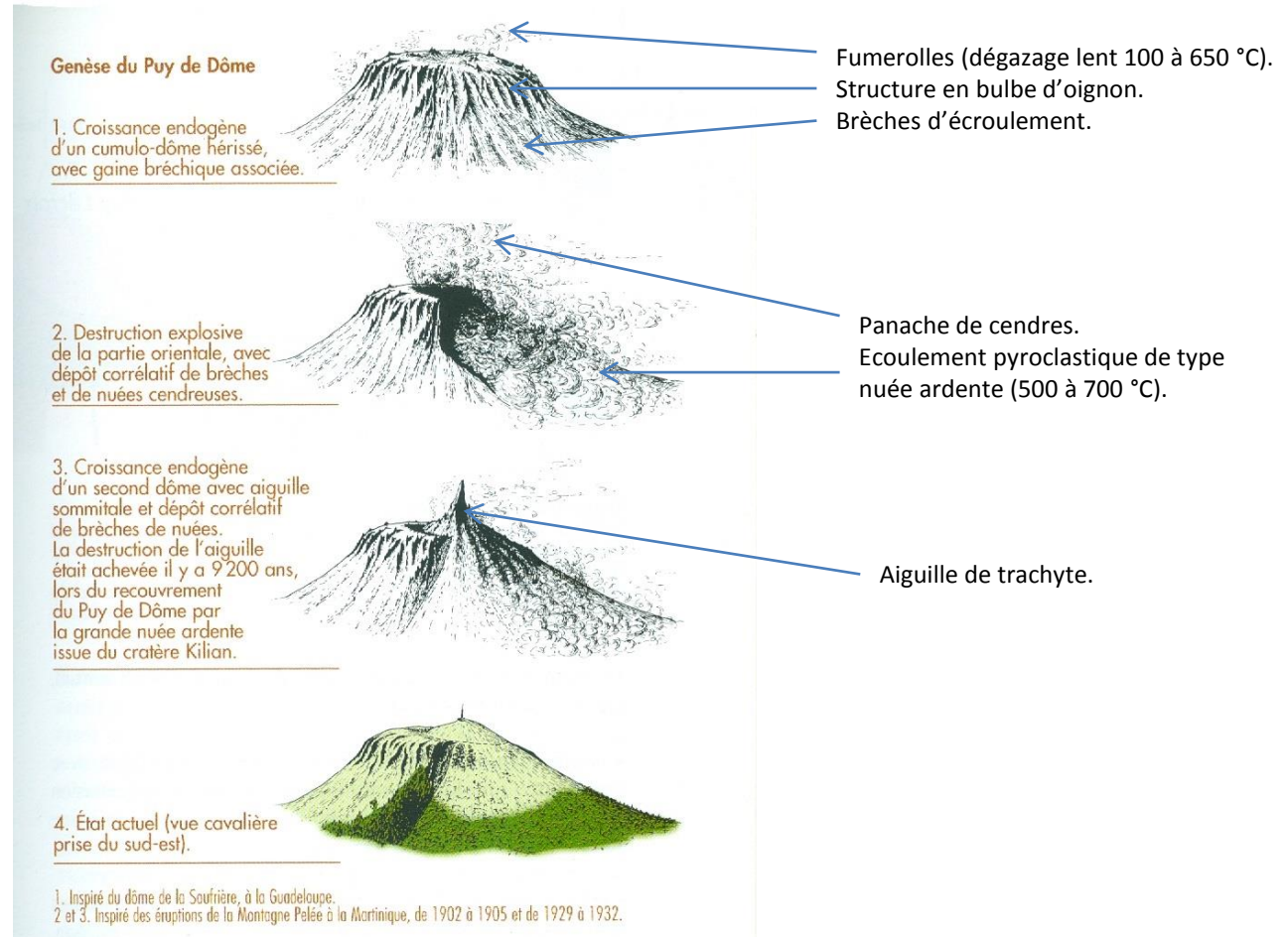




Photo TdG

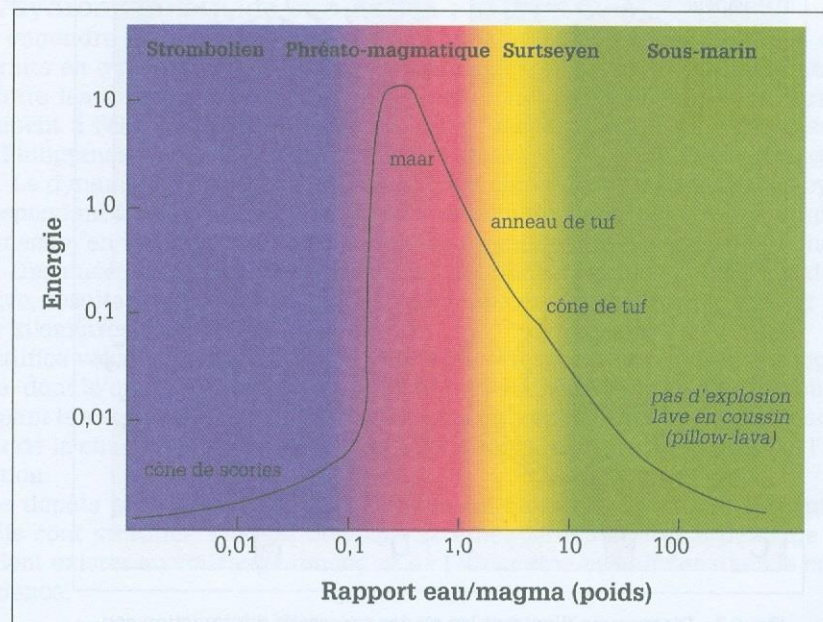
Le Puy de Dôme vu depuis la crête du Pariou.

334 Les maars.

Rappel:

Sur le plan physique, l'activité hydromagmatique est très différente des types magmatiques puisque le gaz qui participe ici à l'explosion est d'origine externe (l'eau) et à une température initiale très inférieure à la température magmatique. La présence d'eau en quantité optimale favorise la fragmentation et l'échange rapide de l'énergie, d'où une possibilité d'explosions se succédant à une cadence rapide.

Le rendement mécanique est plus élevé que celui d'une éruption magmatique. Des simulations en laboratoire ont permis de préciser l'influence du rapport quantité d'eau/quantité de magma sur le rendement des explosions. Pour les magmas basiques, la transition explosions « magmatiques »/explosions hydromagmatiques (rapport eau/magma de l'ordre de 10 % en masse) est marqué par une brusque augmentation du rendement qui correspond au début du mélange dynamique eau – magma et de la vaporisation explosive qui en résulte.

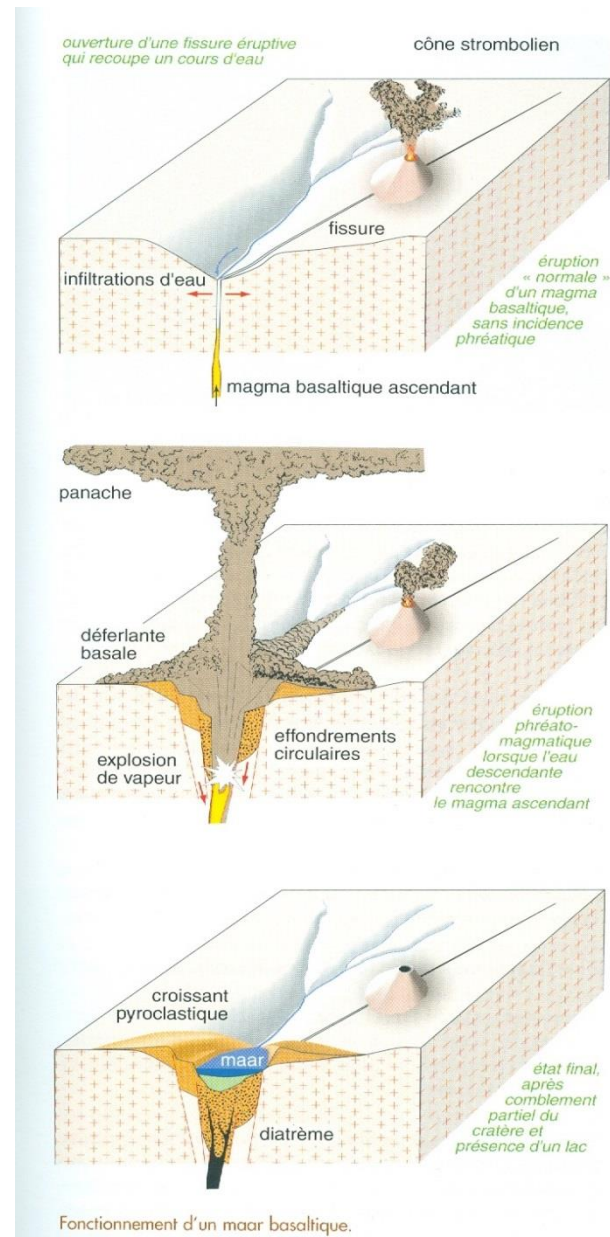


D'après Réf. 6

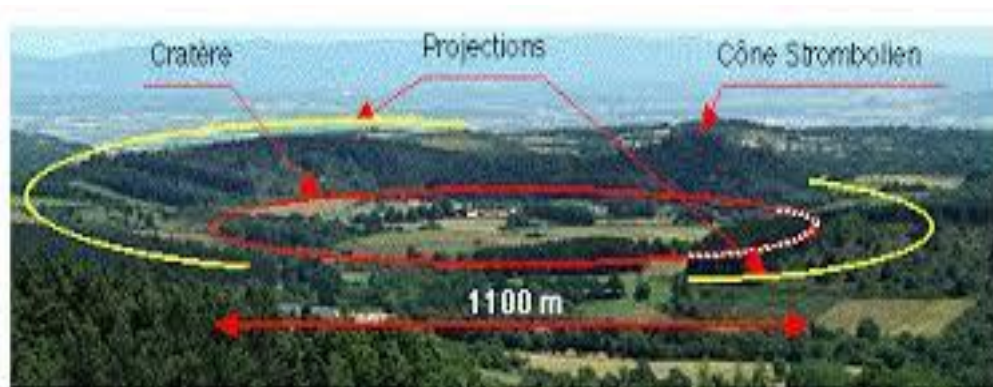


Photo TdG

Le Gour de Tazenat

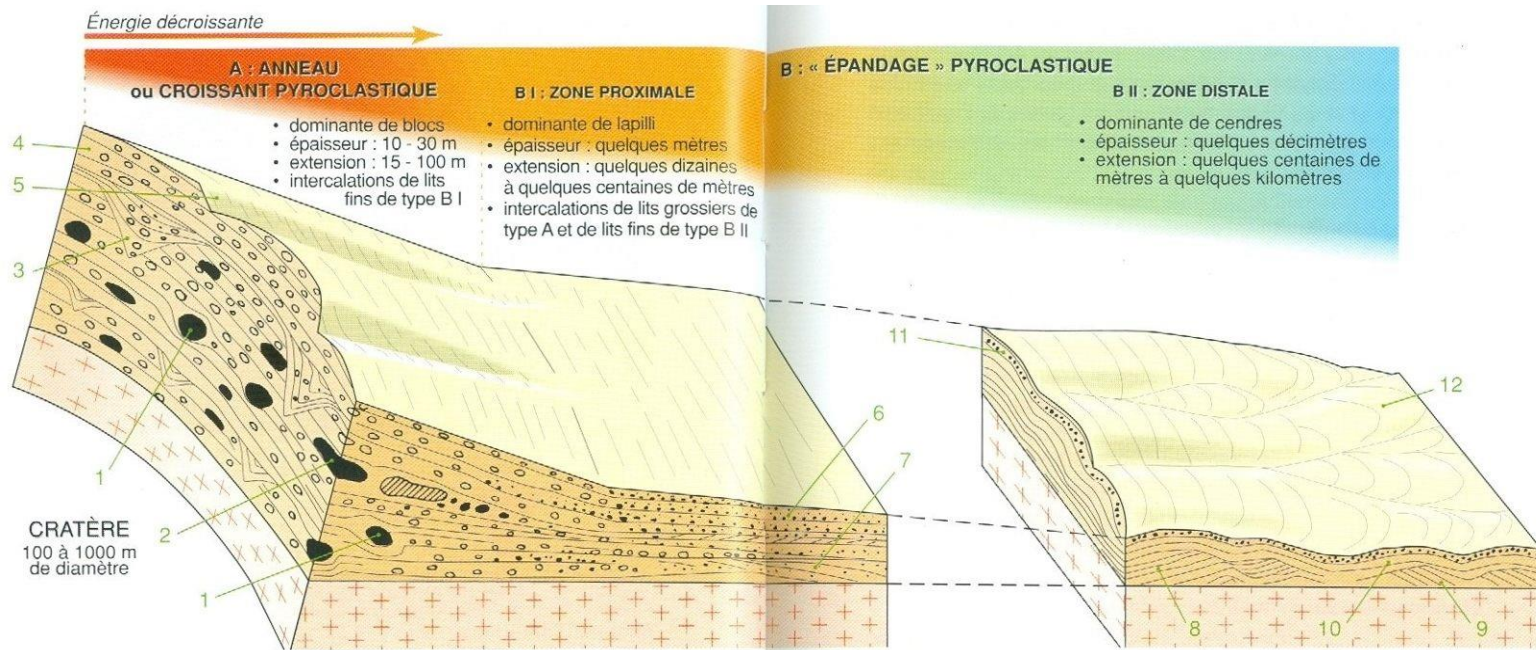


D'après Réf. 5



Le Maar de Beaunit: un des plus grands cratères d'explosion de la Chaîne

Large de quelques centaines de mètres, profond de quelques dizaines de mètres, le cratère d'un maar est entouré de débris en couronne ou en croissant. Ces débris mélangent typiquement le magma, sous forme de « bombes en chou-fleur » et des fragments de socle. Les dépôts de maar basaltique, peu étalés, s'empilent en centaines de strates. Quant aux dépôts de maar trachytiques, ils s'étalent sur des kilomètres en une dizaine de strates épaisses.



Organisation des matériaux au sein d'un dépôt de maar.

1 : Blocs fichés (= projectiles balistiques). 2 : Blocs ne déformant pas les lits sous-jacents. 3 : Chenaux d'érosion par les nuées déferlantes. 4 : Lits grossiers non classés (écoulements denses). 5 : Chenal morphologique. 6 : Lits plans à grano-classement normal. 7 : Rares stratifications entrecroisées. 8 : Antidunes. 9 : Dunes. 10 : Lits plans de basse énergie, finement laminés. 11 : Lapilli accréionnés (grêlons de cendre). 12 : Ondulations morphologiques.

D'après Réf. 5



Photo TdG

Strates de débris dans la couronne du maar basaltique de Beaunit.

4 Références.

- 1 « *Guide des volcans de France* » Pascal RICHET BELIN brgméditations.
- 2 « *Le volcanisme en Auvergne* » Edition CHAMINA.
- 3 « *Le volcanisme du Cantal* » Editions CHAMINA.
- 4 « *Chaîne des Puys* » réf. 127 Editions CHAMINA.
- 5 « *Volcanologie de la Chaîne des Puys* » 4^e éditions Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne.
- 6 « *Planète volcan* » sous la direction d'Alain Gourgaud, CRDP Auvergne
- 7 Revues « *Eruptions* » (revue qui, malheureusement, n'existe plus).