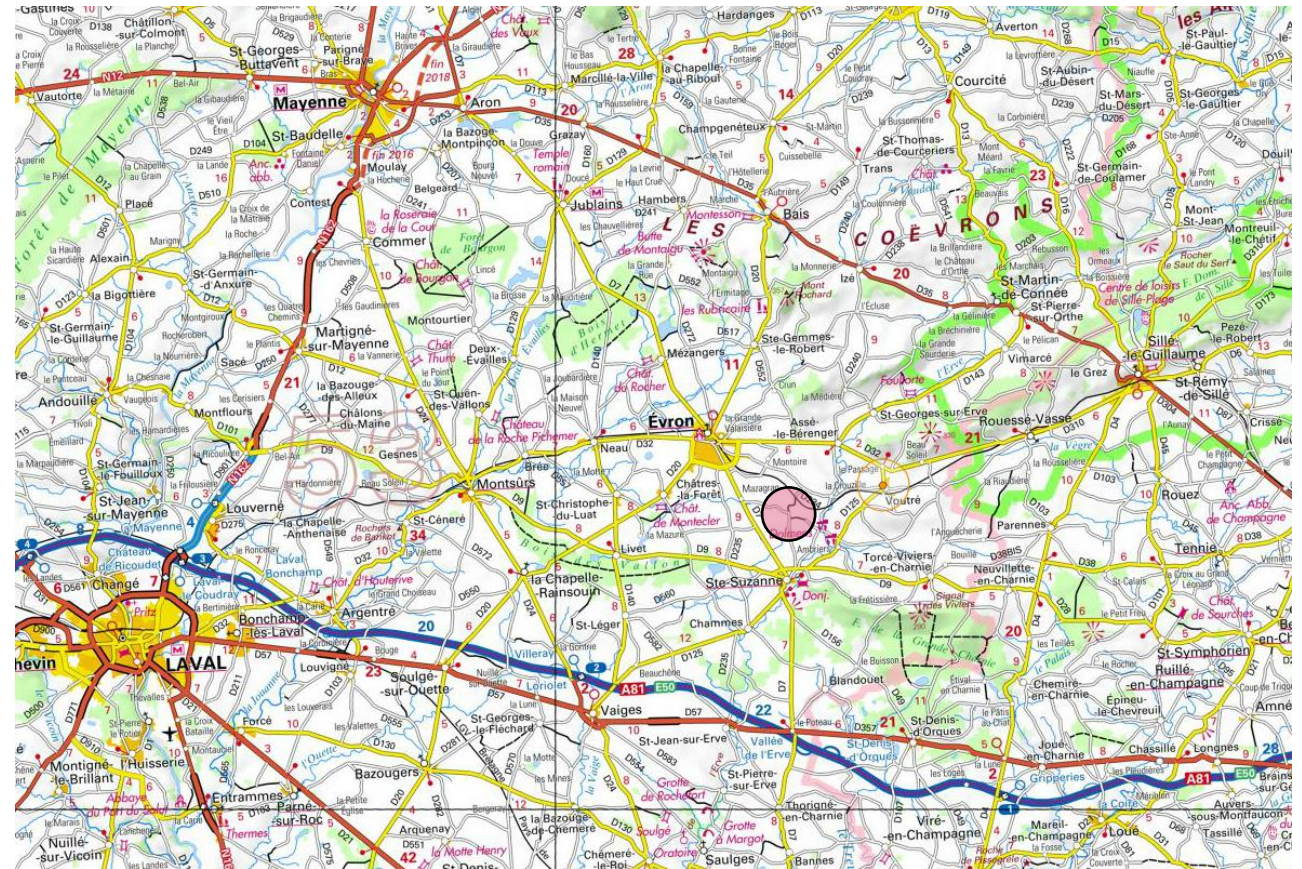


## **Roches 4 : La Formation des pyroclastites de La Kabylie à Voutré (53)**

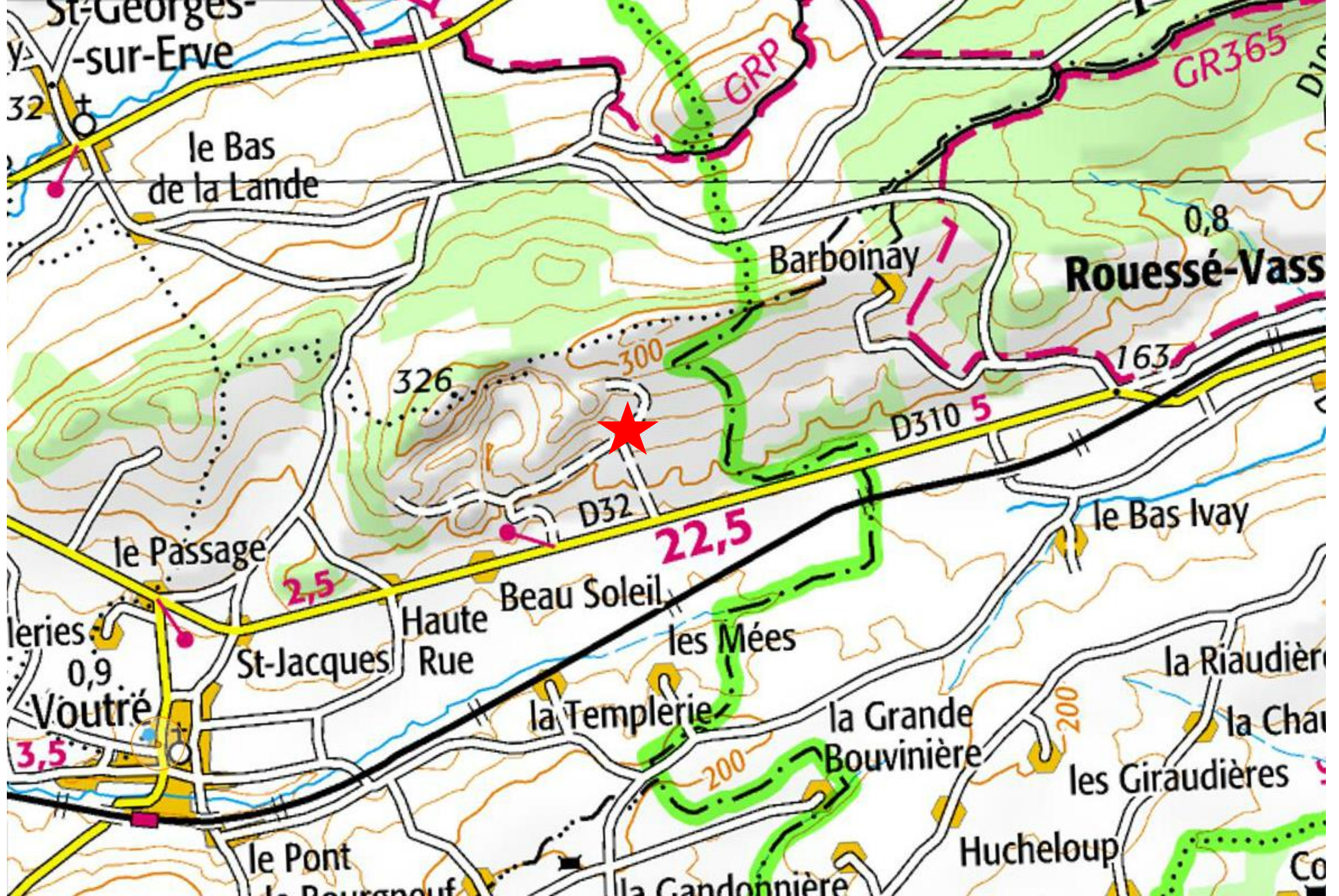
**Âge : 510 Ma - Cambrien inférieur à moyen**

# Situation géographique

La carrière de la Kabylie se situe à Voutré dans le département de la Mayenne à la limite du département de la Sarthe. Son extension vers l'Est, la Massottrie, déborde sur le département de la Sarthe. Elle entaille un versant à regard Sud, culminant à 326 m, au pied duquel coule vers l'Ouest le « ruisseau de Voutré », affluent de l'Erve. Elle mesure quelque 2600 m selon la direction OSO-ENE et 600 m perpendiculairement. La route Sillé-le-Guillaume - Voutré passe à son pied. Les installations de concassage et de tri sont entre la route et la voie ferrée Paris-Rennes.



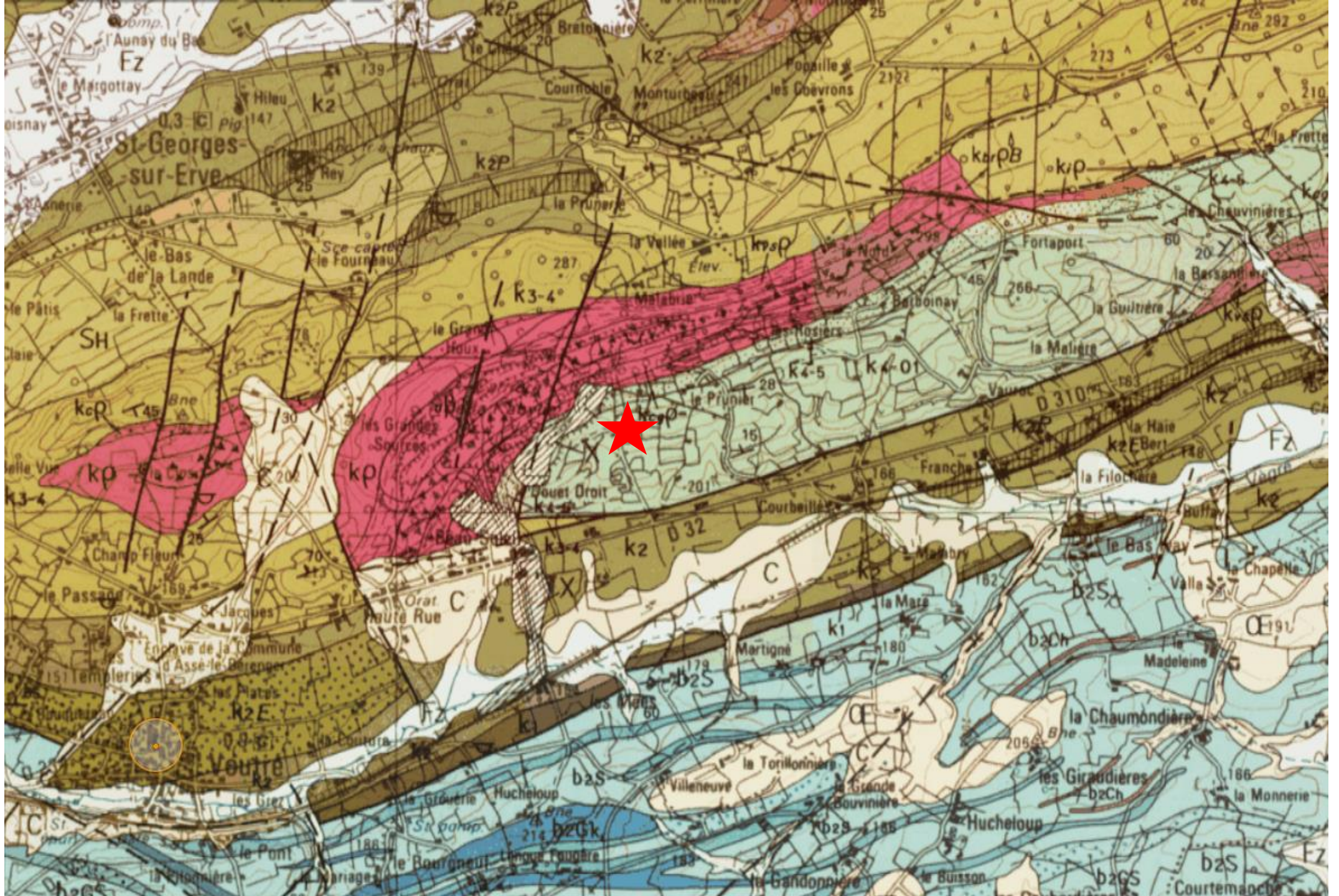












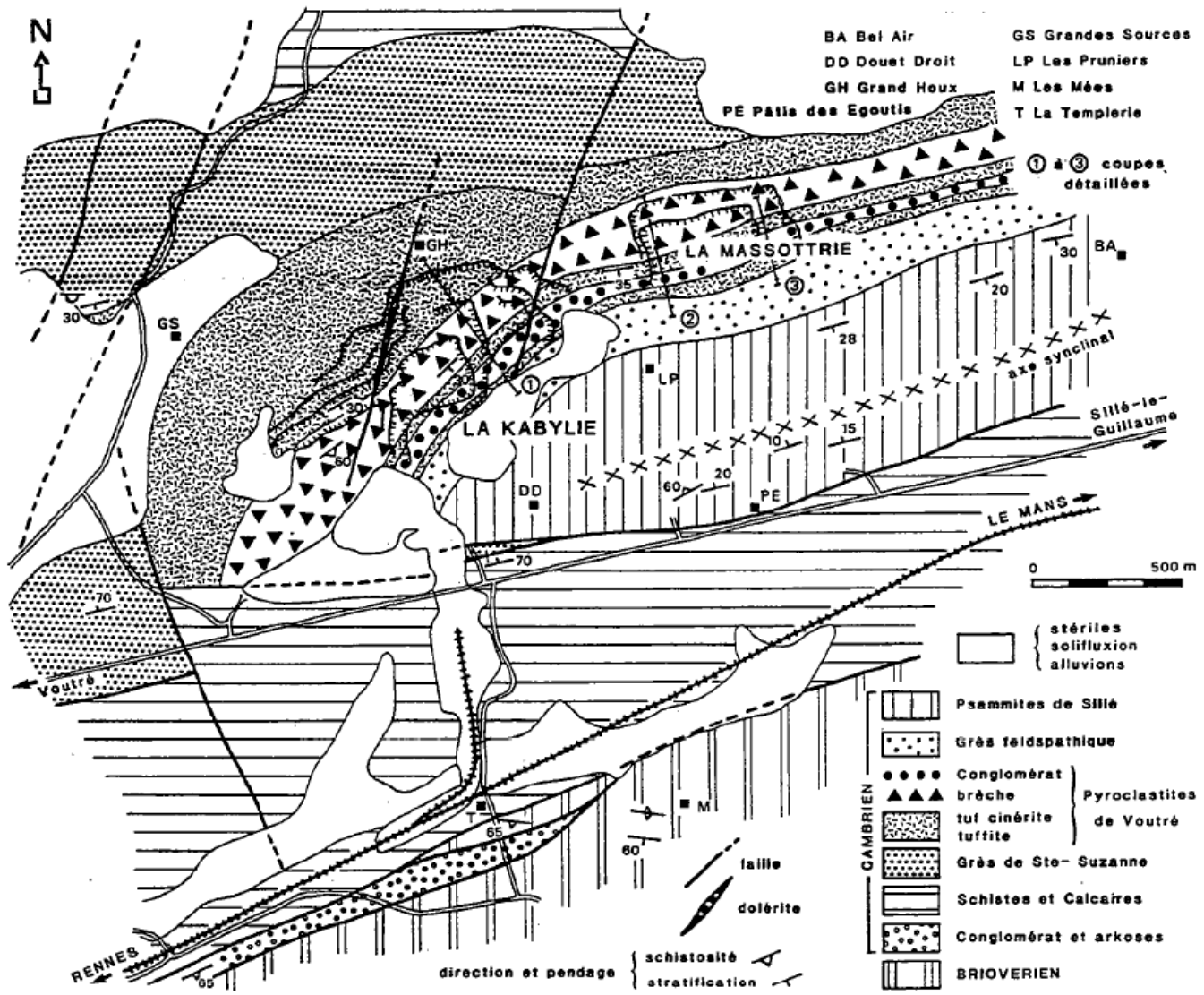




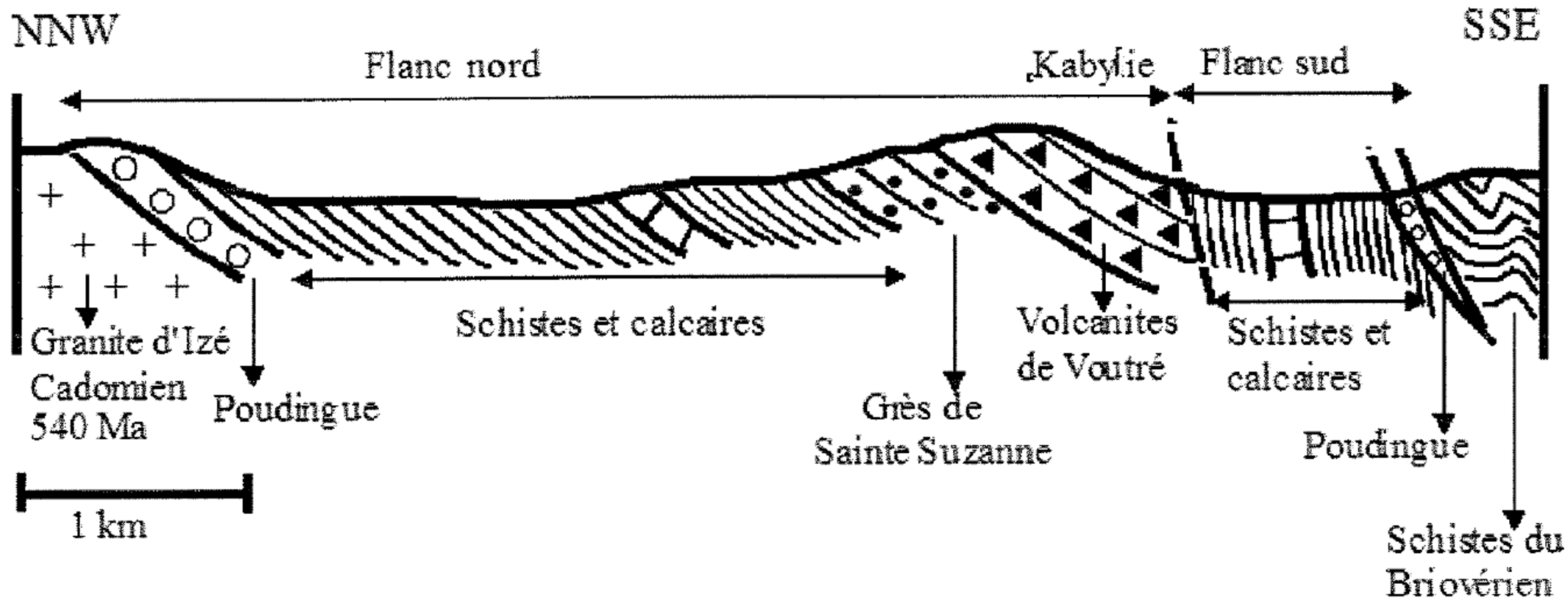
La carrière exploite le flanc Nord du Synclinorium paléozoïque (= Primaire) des Coëvrons près de sa fermeture péri-synclinale occidentale. Le Paléozoïque est discordant sur les formations précambriennes de l'Unité de Fougères (Mancellia) : schistes briovériens et granite (granodiorite) d'Izé de même composition chimique que le granite de La Haie-Traversaine (roche 1 du sentier géologique).



-  **SH** Glacis pierreux de solifluxion issus des formations gréseuses paléozoïques
-  **kp** Formation des pyroclastites de Voutré (170 m) -
-  **k1** Formation des conglomérats (25 m) et arkoses (125 m) - Cambrien inférieur
-  **k2** Formation des schistes et calcaires et schistes à bancs calcaires (750 à 1400 m) - Cambrien inférieur
-  **k3-4** Formation des Grès de Sainte-Suzanne (350 à 400 m) - Cambrien inférieur à moyen
-  Granodiorite à cordiérite d'Izé (540 Ma - Limite Précambrien-Cambrien)
-  **b2S** Siltites et argilites et schistes à galets - Briovérien supérieur
-  **b2GS** Alternance grauwackes/siltites - Briovérien supérieur
-  **b2Gk** Grauwackes - Briovérien supérieur



Cadre géologique détaillé des carrières de Voutré (la Kabylie et la Massottrie) à l'extrémité occidentale du synclinal des Coëvrons



Coupe transversale du synclinal des Coëvrons au niveau de la Kabylie (Dupret et Le Gall, 1978)



# Géologie

Localement, le flanc Sud chevauche le flanc Nord le long d'une faille orientée WSW-ENE qui élimine les Grès de Sainte-Suzanne, les Pyroclastites (ou volcanites) de Voutré et les Grès feldspathiques du flanc Sud. Les carrières de la Kabylie et de la Massottrie sont séparées par un accident de direction N 15° où les roches très fracturées ne sont pas exploitables.

Les couches constituant les Volcanites de Voutré y ont un pendage SSE compris entre 35 et 60°.

C'est J. Le Gall (1993) qui a levé la succession des couches visibles de la Formation des Pyroclastites de Voutré. Mais les carrières ne permettent pas une coupe totale de cette formation. Elles entament bien les Grès feldspathiques sommitaux mais ne débutent pas aux Grès de Sainte-Suzanne basaux. La partie inférieure des Volcanites de Voutré a donc été étudiée dans de rares affleurements voisins.

**Le point important à noter est cette succession ne comprend pas de coulées de laves, mais uniquement des projections de matériaux volcaniques.**

Le terme « **pyroclastite** » désigne une roche composée d'éclats de roches volcaniques fragmentées par détente explosive des gaz volcaniques, le tout émis par une bouche volcanique (événement).

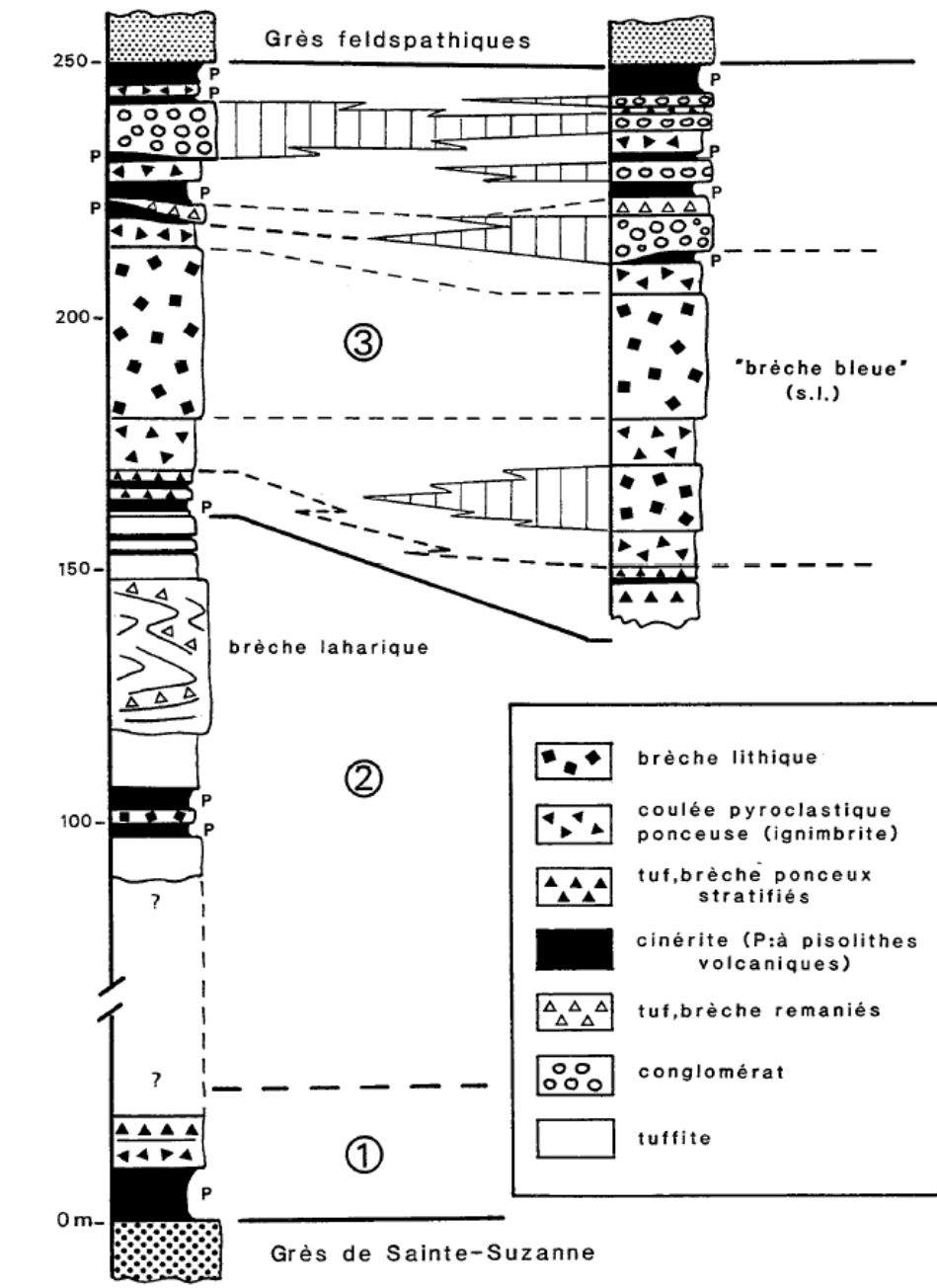
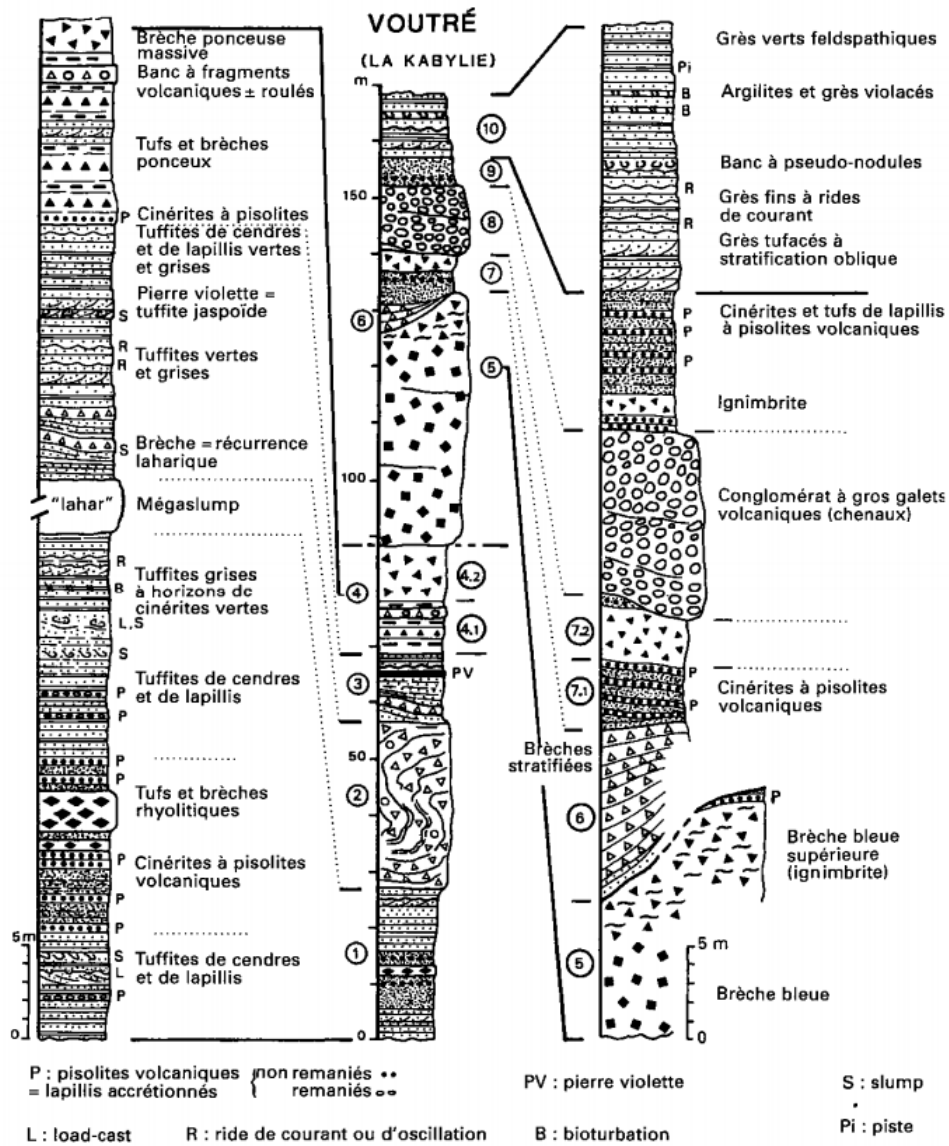
Selon la taille des éclats, on distingue :

- les **cendres** dont la taille est inférieure à 2 mm,
- les **tufs volcaniques (ou lapillis)** dont la taille des éléments va de 2 à 64 mm,
- les **brèches volcaniques** à gros éléments anguleux de lave dispersés dans des cendres volcaniques.

Le terme « **ignimbrite** » désigne également une roche volcanique constituée par des fragments de lave émise sous forme de flot de gouttelettes vésiculées par le dégazage du magma et se déplaçant en **coulées pyroclastiques ponceuses** sur les gaz chauds et comprimés produits. Les gouttelettes se brisent en échardes de verre qui se soudent à chaud lors de leur retombée. Une ponce est une lave très riche en bulles de gaz.

A partir de ces pyroclastites, le vulcanologue essaie de reconstituer les dynamismes éruptifs qui les ont produites et leur remaniement éventuel par les mécanismes érosifs et de transport des matériaux.





**Succession lithologique détaillée de la Formation des Pyroclastites de Voutré dans la carrière de la Kabylie (d'après J. Le Gall - 1993)**



---

7- Cinérites : ponces massives au sommet et cinérites vertes pisolithiques à la base

6- Brèches stratifiées : elles érodent la brèche bleue

5- Brèche bleue

- Fragments de laves siliceuses (dacite, andésite) et de ponces mesurant jusqu'à 5 cm, dispersés dans une matrice cendreuse très fine.  
- Non stratifiée à la base : il s'agirait de coulées boueuses issues d'éruptions explosives phréato-magmatiques. Le sommet résulterait de coulées pyroclastiques ponceuses

4- Pyroclastites ponceuses

Ponces = fragments de laves siliceuses projetés en l'air et dont les gaz dissous forment des bulles

---

3- Tuffites supra-lahar : cendres volcaniques stratifiées à niveaux de brèches. L'horizon violacé (« Pierre violette » = pv) est une cendre très silicifiée.

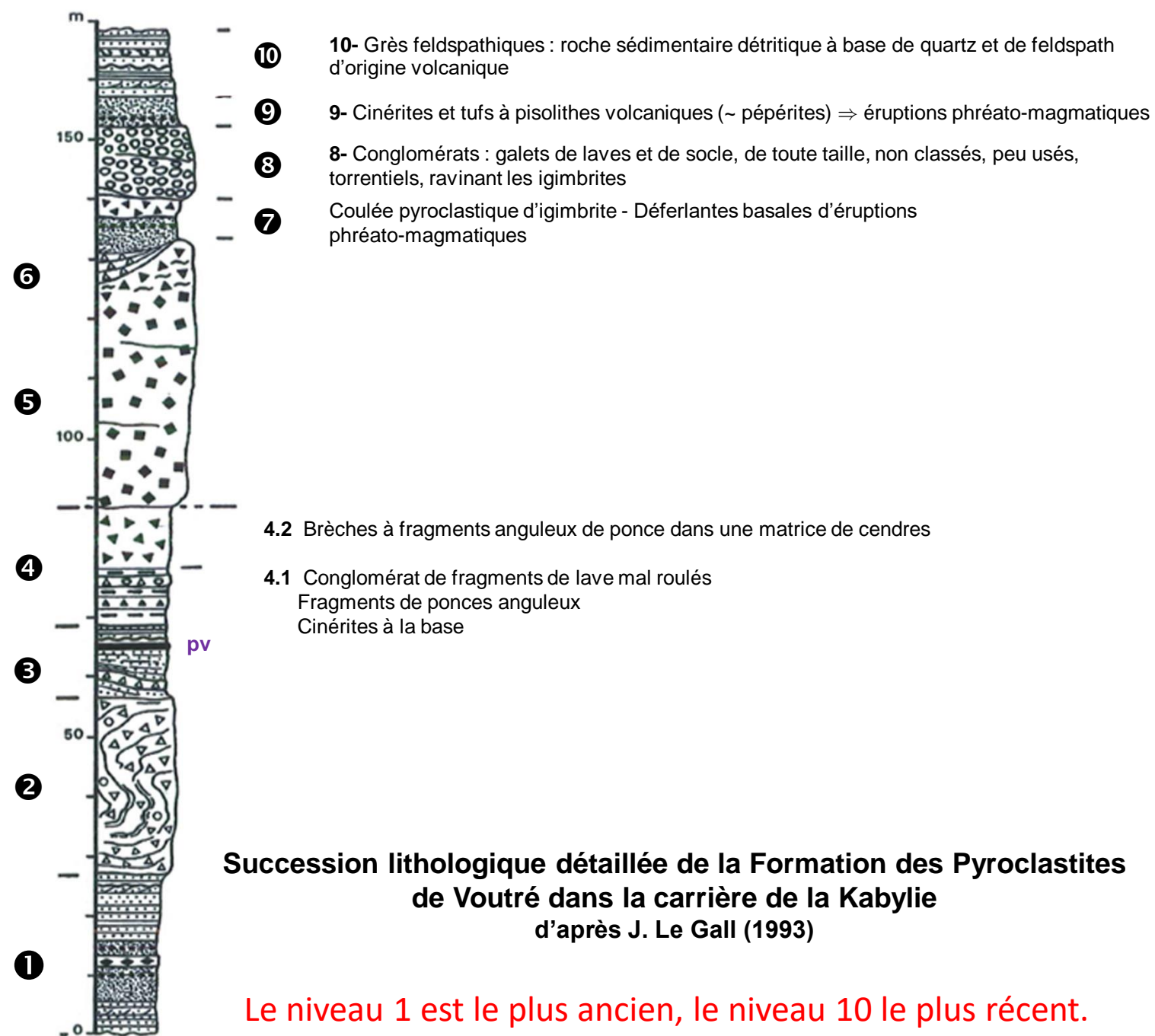
2- Brèche laharique : fragments de lave (rhyolite, andésite) anguleux dispersés dans des cinérites, le tout ayant formé une coulée de boue (= lahar) jusqu'au bassin sédimentaire

---

1- Ensemble infra-lahar : tuffites et pyroclastites stratifiées : cendres et projections volcaniques de laves déposées dans l'eau et stratifiées

---

**Grès de Sainte-Suzanne**



Le niveau 1 est le plus ancien, le niveau 10 le plus récent.



# Succession lithologique détaillée de la Formation des Pyroclastites dans la carrière de la Kabylie

**1- Ensemble infra-lahar (épaisseur supérieure à 27 m) : un bloc est présent sur le sentier géologique avec des ripple-marks en surface**

Des couches bien stratifiées, litées, d'épaisseur décimétrique, le composent. Ce sont des cendres volcaniques et parfois des brèches qui ont été remaniées par l'eau comme le prouvent les ripple-marks visibles sur certains bancs. Des cendres tombaient sur terre et étaient transportées par ruissellement jusqu'au bassin marin voisin peu profond. Dans certains cas, elles retombaient directement dans l'eau comme le prouvent les niveaux cinéritiques non stratifiés.

**2- Brèche laharique (épaisseur de 30 m) :** Cette brèche est formée de fragments anguleux de lave mesurant 3 à 5 cm, de type rhyolite (lave riche en silice, dite « acide ») et de type andésite (lave plus pauvre en silice, à chimisme dit « intermédiaire », entre « acide » et « basique »), non classés en fonction de leur grosseur, emballés dans des cendres volcaniques. De rares galets de rhyolite sont présents. La mise en place s'est faite par coulée de boue (= lahar) de matériaux volcaniques, puis par glissement en masse (= slump) du dépôt responsable des replis.

**3- Tuffites supra-lahar (épaisseur de 13 m) :** Ce sont des roches stratifiées, sédimentées dans l'eau, faites de cendres volcaniques comprenant aussi des débris plus gros de laves et d'autres roches. L'horizon violacé (« Pierre violette ») est une cendre très silicifiée.

**4- Pyroclastites ponceuses (épaisseur : 20 m) :** Ce niveau comprend aussi quelques lits de tuffites et un niveau conglomératique (4.1) dénonçant un remaniement par les courants marins. L'essentiel (4.2) est constitué de fragments anguleux de ponce, roche volcanique riche en silice (acide), très poreuse à l'origine, issus de la pulvérisation d'un magma visqueux par des explosions violentes et dont les fragments se dégazent en formant des bulles. Cela suggère des éruptions de type plinien (de Pline le Jeune qui observa l'éruption du Vésuve en 79 lors de laquelle son oncle Pline l'Ancien fut tué, éruption qui recouvrit Pompéi et Herculanium).

**5- Brèche bleue (épaisseur 40 m) : un bloc est présent sur le sentier**

Dépourvue de stratification, cette formation est constituée de fragments anguleux de lave dacitique (acide) et andésitique (plus basique), hétérométriques, dispersés dans une matrice fine. Des éruptions phréato-magmatiques dues à la rencontre du magma en cours d'ascension avec de l'eau, soit d'une nappe phréatique, soit d'une mer peu profonde, seraient responsables d'explosions et de la fragmentation du magma. Elles auraient donné lieu à des coulées pyroclastiques, puis à des coulées boueuses. Les coulées pyroclastiques sont des mélanges à haute température de gaz volcaniques, de vapeur d'eau et de particules solides de lave. Plus denses que l'air, elles se déplacent à grande vitesse sur les pentes en empruntant les vallées. Quand leur pression diminue, les matériaux tombent au sol. Ces coulées pyroclastiques résultent de la retombée d'un panache d'éruption plinienne dans lequel les émissions explosives de gaz l'emportent sur l'émission de coulées de lave.



Niveau cendreux





Bloc avec ripple-marks en surface  
Sur la coupe, les niveaux cendreux présentent une stratification entrecroisée très nette







Ripple-marks



Détail de la stratification  
entrecroisée







Brèche bleue



Brèche bleue  
Détail





Brèche  
bleue

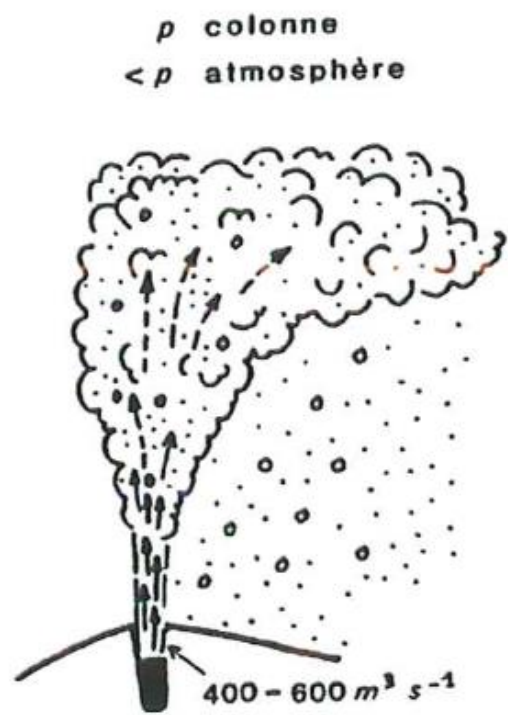




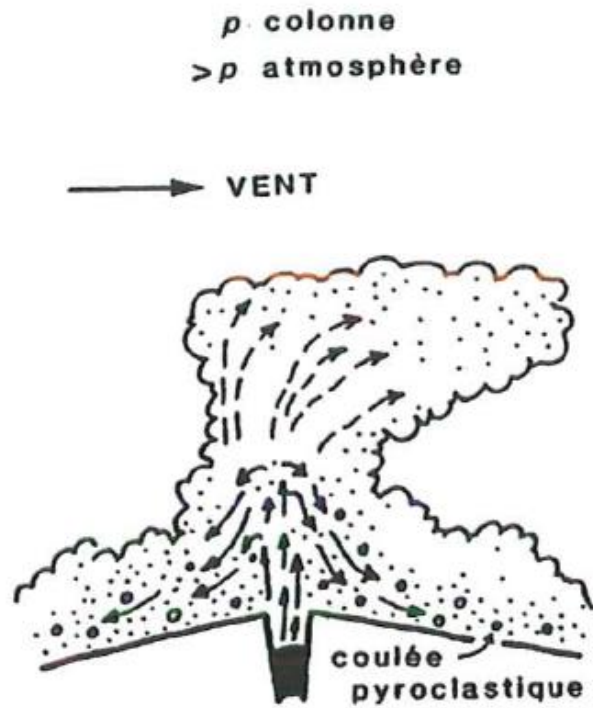
Brèche  
torrentielle



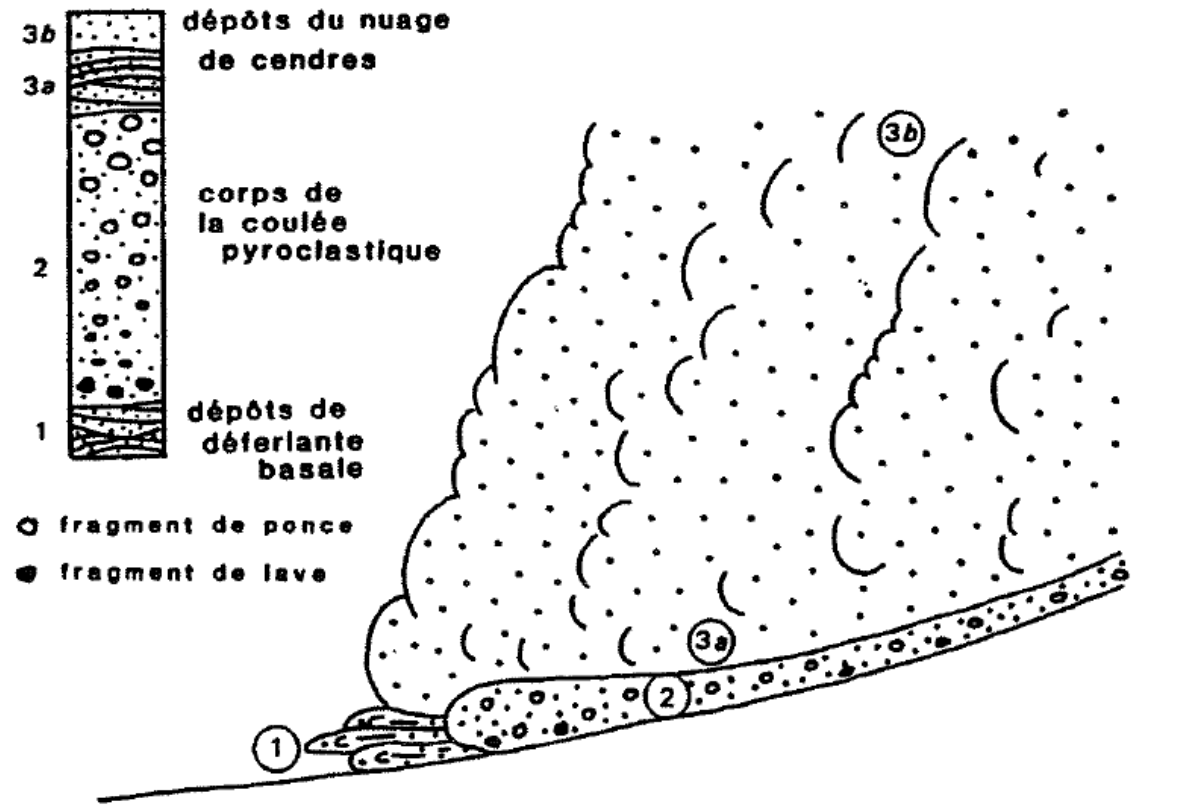




Colonne plinienne



Colonne ignimbritique



Anatomie d'une coulée pyroclastique idéale (Cas et Wright, 1987)

Schéma de colonnes plinienne et ignimbritique (Cas et Wright, 1987)



**6-** Brèches stratifiées (1 à 10 m d'épaisseur) : Cette unité ravine la Brèche bleue et a comblé des chenaux creusés par des écoulements d'eau. Elles se composent de cinérites stratifiées, de fragments de lave acide (rhyolites), dacitiques, andésitiques et de quelques fragments de Grès de Sainte-Suzanne. Les brèches témoignent du démantèlement d'appareils volcaniques aériens et de leur socle dont les déblais transportés sur de courtes distances par des « torrents » se sont accumulés dans le bassin sédimentaire en comblant les chenaux.

**7-** Cinérites (4 à 6 m) et ponces massives (3 à 7 m) :

- La base de cette unité est constituée par des cinérites parfois stratifiées résultant de cendres volcaniques remaniées par les courants.
- La partie médiane est une ponce grossière résultant d'éruptions phréato-magmatiques.
- La partie supérieure, faite de ponce massive, résulte d'une coulée pyroclastique d'ignimbrite.

**8-** Conglomérats (épaisseur 10 à 15 m) : **un bloc est présent sur le sentier**

Ils comprennent 3 niveaux dont l'épaisseur va de 1,5 m à 10 m. Ils comblent des ravins et sont séparés par des niveaux de tufs. Les galets, non classés, ont une taille dominante de 5 à 6 cm, certains atteignent 50 cm. Ils sont de nature lavique (rhyolite, ignimbrite et quelques ponces) à l'exception de quelques galets de socle (schistes et grès). Peu usés, ils ont eu un transport torrentiel sur une courte distance. La stratification très frustrée laisse entendre une mise en place en milieu aérien.

**9-** Cinérites et tufs de lapilli à pisolithes volcaniques (épaisseur de 7 à 8 m) : Ils achèvent la série des volcanites de Voutré. Ils comprennent :

- à la base, des cinérites finement litées à pisolithes volcaniques (= petites boules de cendres de la grosseur d'un petit pois due à l'accrétion de cendre autour d'un grain plus gros),
- au milieu, un banc massif non stratifié à multiples fragments de ponces mesurant 3 à 5 mm,
- au sommet, une alternance stratifiée de cinérites fines ou grossières à pisolithes et de tufs ponceux.

Le tout témoigne d'éruptions phréato-magmatiques.

## Résumé des cycles d'éruptions volcaniques

L'ensemble des dépôts de Voutré conduit à distinguer trois grands cycles éruptifs :

**A-** Un cycle précoce d'éruptions phréato-pliniennes émettant des cendres à pisolithes volcaniques puis des coulées pyroclastiques ponceuses (couche 1 sur le log de la diapositive 12).

**B-** Un cycle intermédiaire d'éruptions pliniennes ou phréato-pliniennes rejetant des ponces et des cendres, contemporain du démantèlement de coulées volcaniques et de dômes de laves acides donnant des dépôts volcano-sédimentaires (couches 2 et 3 sur le log).

**C-** Un cycle supérieur d'éruptions explosives phréato-magmatiques donnant des nappes ignimbritiques (couches 4 à 9 sur le log).



## Les centres éruptifs et la paléogéographie

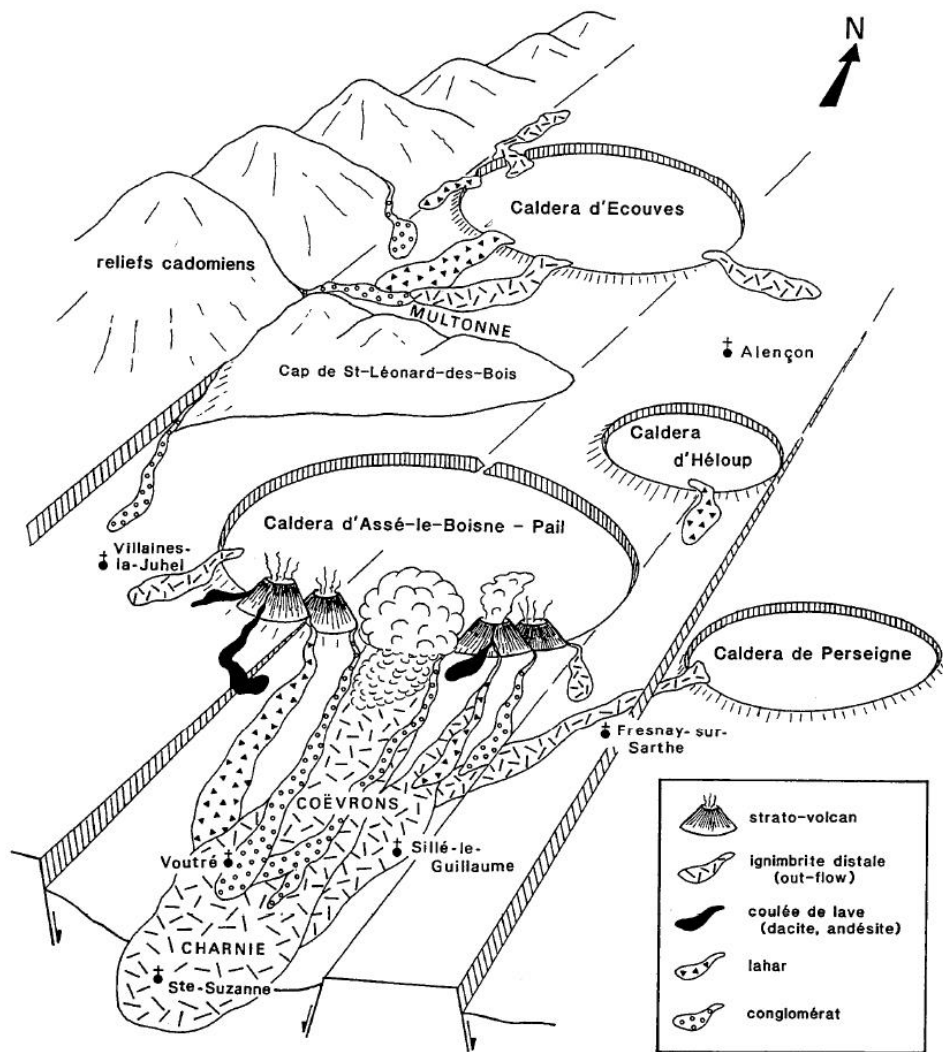
Ni coulée de lave ni centre éruptif n'ayant été trouvés dans les Coëvrons pour cette période du Cambrien inférieur et moyen, les éruptions se produisaient en un autre lieu, pas très éloigné.

J. Le Gall (1993) a proposé la reconstitution paléogéographique suivante :

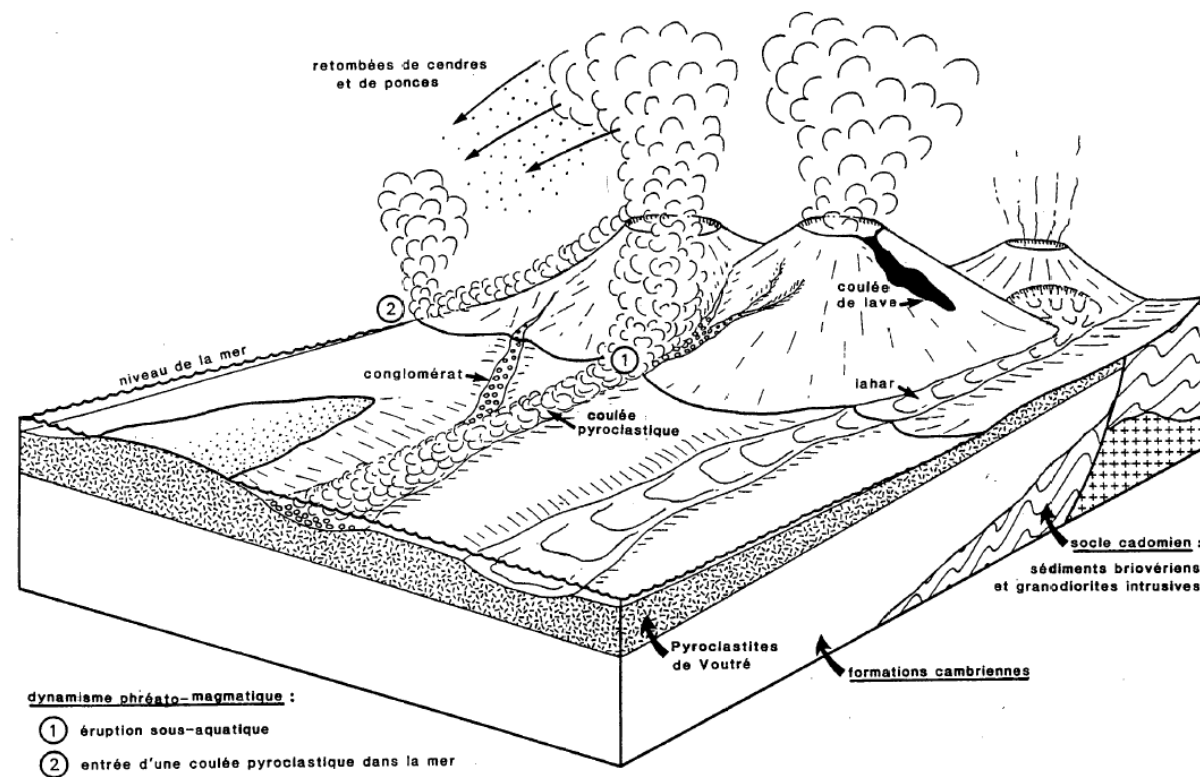
- La région du Maine aurait été occupée entre - 540 et - 500 Ma par un fossé volcano-tectonique orienté NNE (N 15).
- Dans ce fossé, les coulées pyroclastiques auraient été émises par des volcans jalonnant la périphérie d'une caldera d'effondrement : la caldera d'Assé-le-Boisne dans le Nord de la Sarthe.

***Une caldera ( = « chaudron » en espagnol) est une cuvette d'effondrement liée à la vidange, par émission des laves, de la chambre magmatique située sous les appareils volcaniques.***





Reconstitution du fossé volcano-tectonique du Maine d'après J. Le Gall (1993)



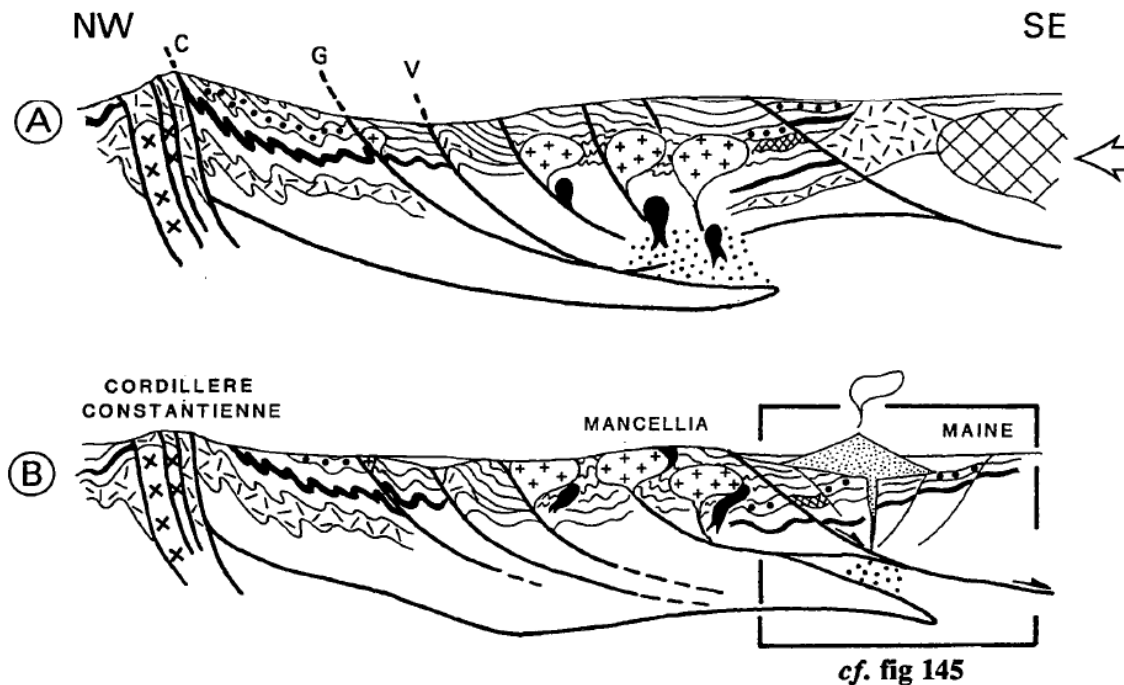
Reconstitution du cadre paléogéographique des éruptions volcaniques à l'origine de la Formation des Pyroclastites de Voutré



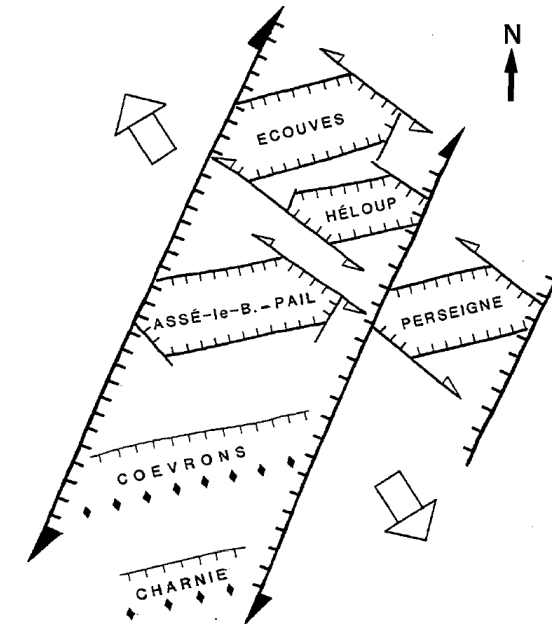
## Origine du magmatisme du Maine

A la fin du Précambrien supérieur, les dépôts briovériens (de *Briovera* : nom celte de Saint-Lô) ont été plissés en une chaîne de montagnes : la chaîne cadomienne ou chaîne panafricaine de direction générale SW-NE, et le bassin de la Mancellia s'est fermé (voir le granite de la Haie-Traversaine - roche 1 du sentier). Selon le modèle de J. Le Gall (1993), de grands écaillages crustaux à vergence Nord seraient impliqués lors de cette fermeture.

Les contraintes responsables du plissement ont ensuite perduré au début du Cambrien et provoqué l'ouverture d'un fossé d'effondrement : le graben du Maine de direction actuelle N 15°, graben envahi par la mer Celtique et dont la subsidence a duré tout le Cambrien (de - 540 à - 500 Ma). Au fur et à mesure de son enfoncement qui a atteint 2500 m dans les Coëvrons et de son élargissement, il a été comblé par des sédiments marins de faciès peu profond.



Les magmatismes mancilliens et du Maine dans l'évolution géodynamique du domaine mancillien



Essai de reconstitution de l'ouverture du graben du Maine selon un régime d'extension oblique



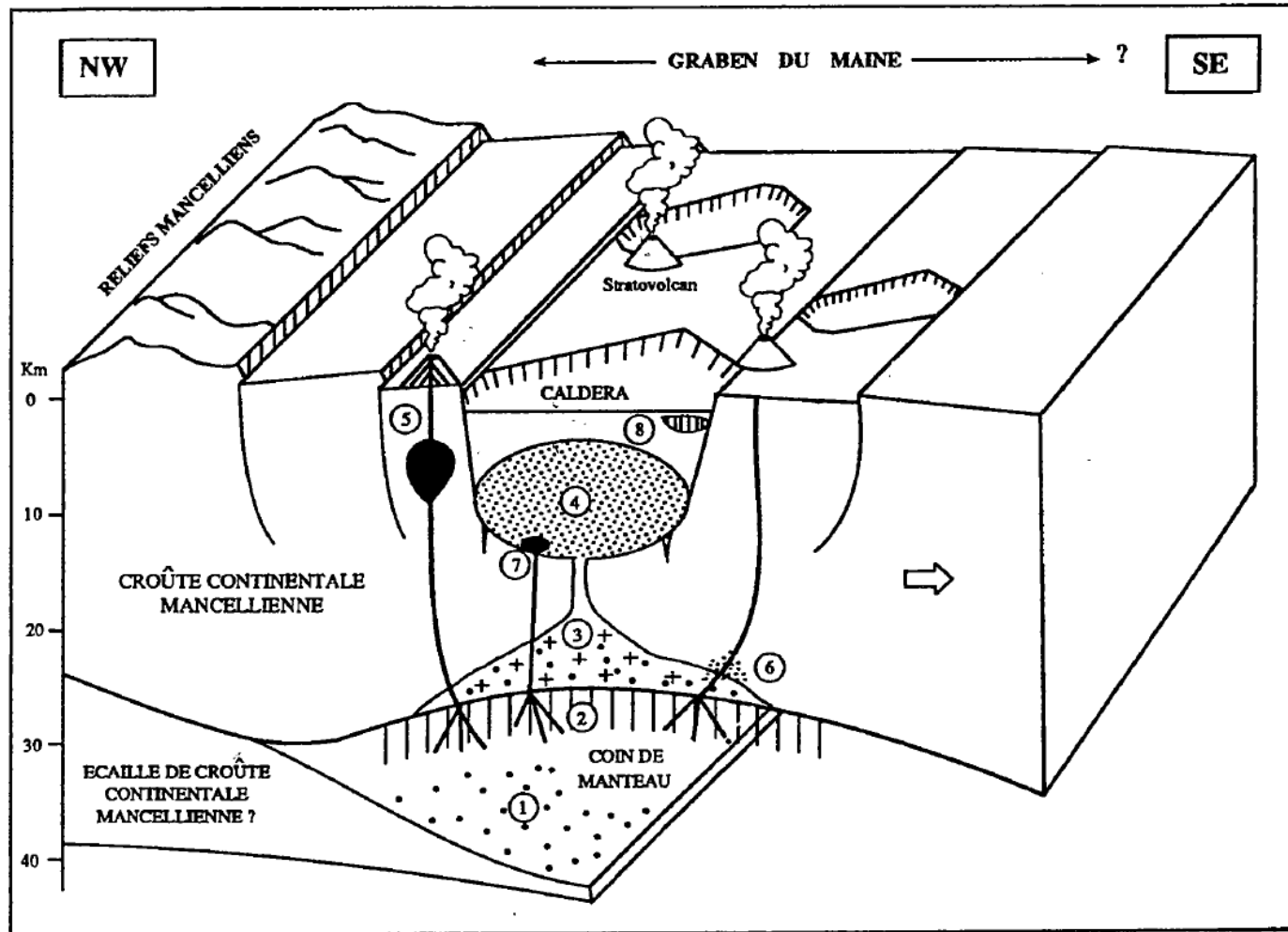
Lors de cette distension cambrienne, le rejeu en failles normales des grandes failles listriques crustales à vergence Nord a pu entraîner, par un mécanisme de **décompression adiabatique**, la fusion partielle d'un coin de manteau situé au-dessus d'une écaille de croûte continentale mancennienne et la genèse de magmas andésitiques.

Et selon un processus identique à celui déjà évoqué pour la genèse du plutonisme granodioritique de la Mancennia, les volcanites acides du Maine dériveraient de la fusion crustale des séries volcano-sédimentaires briovériennes sous l'action répétée de l'injection des magmas andésitiques en base de croûte.

Cela signifie que la distension a étiré et aminci la croûte continentale qui a alors exercé une pression moindre sur le manteau supérieur et provoqué la fusion partielle de sa péridotite.

**Remarque** : L'écaille subductée, froide et hydratée, a pu également contribuer à cette fusion par apport d'eau dont on sait qu'elle abaisse la température de fusion de la péridotite.



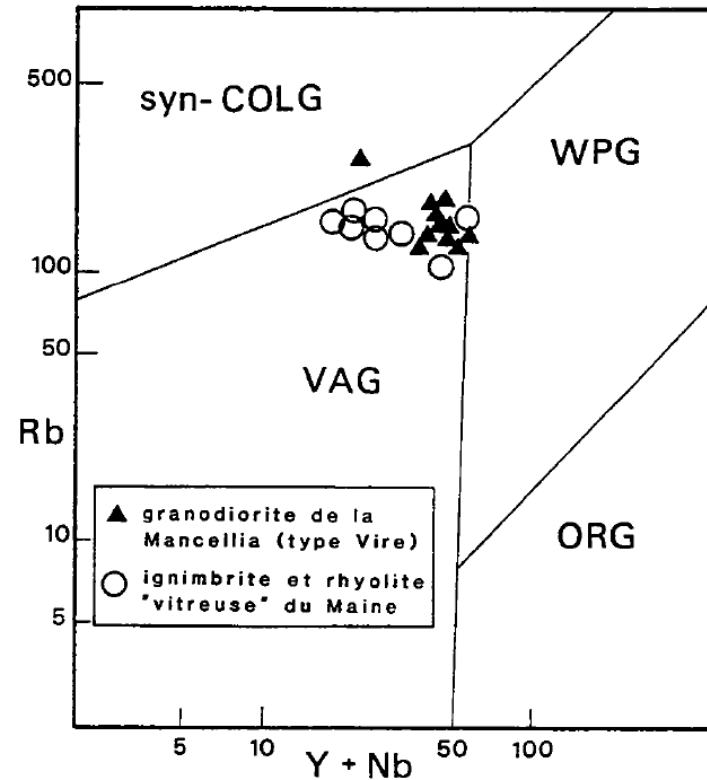


**Bloc-diagramme schématique illustrant l'origine probable des volcanites cambriennes du Maine**

- 1-** déshydratation d'une écaille de croûte mancellienne (subduction continentale?)
- 2-** zone de fusion partielle au sommet du coin mantellique = genèse des magmas andésitiques du Maine. Cette fusion est déclenchée soit par l'action des fluides issus du lambeau de croûte subductée, soit par un mécanisme de décompression adiabatique du manteau lors de la distension cambrienne.
- 3-** Fusion partielle de la croûte continentale inférieure et moyenne : production des magmas acides du Maine
- 4-** Chambres magmatiques, non ou peu zonées, dans lesquelles se déroulent des mécanismes de cristallisation fractionnée d'ampleur limitée (réservoirs ignimbrériques)
- 5-** Différenciation des magmas andésitiques par cristallisation fractionnée dans de petits réservoirs superficiels (production des laves dacitiques, rhyodacitiques et rhyolitiques)
- 6-** Interaction entre magma mantellique et croûte continentale : genèse des dacites à grenat
- 7-** Injection de magma basique à la base de la chambre magmatique (déclenchement de certaines éruptions ignimbrériques paroxysmales)
- 8-** Mise en place de dômes rhyolitiques



La similitude des signatures géochimiques entre les rhyolites et ignimbrites du Maine et les granitoïdes voisins de la Mancellia (granodiorite de la Haie-Traversaine par exemple - **Roche 1 du sentier géologique**), géographiquement et temporellement voisins (magmatisme mancennien briovérien supérieur et magmatisme du Maine Cambrien inférieur), suggère une origine commune pour ces deux magmatismes, à savoir un protolithe méta-sédimentaire qui pourrait être représenté par les séries volcano-sédimentaires issues de l'érosion des arcs volcaniques insulaires de la chaîne cadomienne puis métamorphisées par subduction continentale vers le Sud.



Syn-COLG : granite syn-collision  
 WPG : granite intra-plaque  
 VAG: granite d'arc volcanique  
 ORG : granite de ride océanique

**Position des granodiorites de la Mancellia et des volcanites du Maine dans le diagramme de discrimination de Pearce et al., 1984**



## Exploitation

La Société des Carrières de Voutré est une filiale des carrières de l'Ouest (groupe Basaltes).

Née au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle, la Carrière de Voutré est l'une des plus importantes de France et produit actuellement 2,5 millions de tonnes de matériaux par an.

Sa production, destinée à l'Île de France et aux départements de la Mayenne et de la Sarthe est acheminée par trains et par camions. Elle est utilisée pour les travaux publics (construction de routes, pistes d'aéroports, voies de chemin de fer...) et la production de béton.



## Synthèse

**Le magmatisme du Maine s'inscrit dans la poursuite de l'orogénèse cadomienne. Il n'est pas la manifestation d'un rifting lié à la distension ordovicienne qui donnera naissance à l'Océan Centralien.**

Dans le domaine Sud-armoricain, un magmatisme s'est également produit au début du Cambrien (  $519 \pm 10$  Ma environ) dans le Choletais avec :

- les rhyolites du Choletais (obsidiennes et ignimbrites associées)
- et l'ensemble hypovolcanique bimodal de Massais (Gabbros) - Thouars (microgranite et rhyolites),

Selon le modèle de mise en place proposé par Thiéblemont (1988), le magmatisme du Choletais s'inscrirait aussi dans une tectonique de distension ( « Rift du Choletais »).

1<sup>er</sup> temps :

Lors d'une phase de distension, une remontée du manteau asthénosphérique ( donc une remontée et un resserrement des isothermes ) aurait provoqué la fusion partielle à pression relativement basse de la péridotite mantellique (de type lherzolite à spinelle). Puis le magma basaltique formé aurait induit (par « underplating » ou « intraplating ») l'échauffement de la base de la croûte continentale amincie et une anatexie crustale. Magmas acides et magmas basaltiques ainsi produits ont pu ensuite se contaminer mutuellement, s'hybrider. Mais aussi, par différenciation, combinaison d'un processus de cristallisation fractionnée et d'assimilation crustale, donner naissance au vaste ensemble volcanique rhyolitique du Choletais (obsidiennes et ignimbrites).

**Une partie des magmas acides formés aurait atteint la croûte supérieure et y serait restée stockée, subissant une contamination plus poussée.**

2<sup>ème</sup> temps :

C'est une deuxième injection de magmas basaltiques formés en base de croûte qui **aurait provoqué la « vidange » des chambres magmatiques superficielles et l'éruption des magmas acides relictuels à l'origine des microgranites de Thouars et des termes hybrides associés.**

**Ainsi, au début du Cambrien, il apparaît nettement une polarité du domaine cadomien : en compression au Nord (Mancellia) et en extension au Sud (Choletais).**