

LES STRATOVOLCANS D'ALENÇON

Daniel Levert

avec les contributions de Michèle Nawrath, Dominique Rossier,
Arnaud Prié, Bruno Beyaert, Jacky Juchet,
membres de la Commission de volcanisme de la SAGA.

Le saviez-vous ? Le bocage normand, aux alentours d'Alençon, à la croisée des départements de l'Orne, de Mayenne et de la Sarthe (figure 1), nous cache une longue et très intéressante histoire volcanique. La plupart des habitants de ces départements ne savent pas que leur région était, certes en des temps lointains, une très vigoureuse province volcanique dotée de nombreux et puissants stratovolcans (figure 2) culminant vers 3 000 m. Ces volcans grandioses, souvent explosifs et de type plinien, ont laissé, après leur intense érosion de plusieurs centaines de millions d'années, de très belles reliques de produits volcanogènes, aujourd'hui exploitées dans plusieurs grandes carrières de la région.

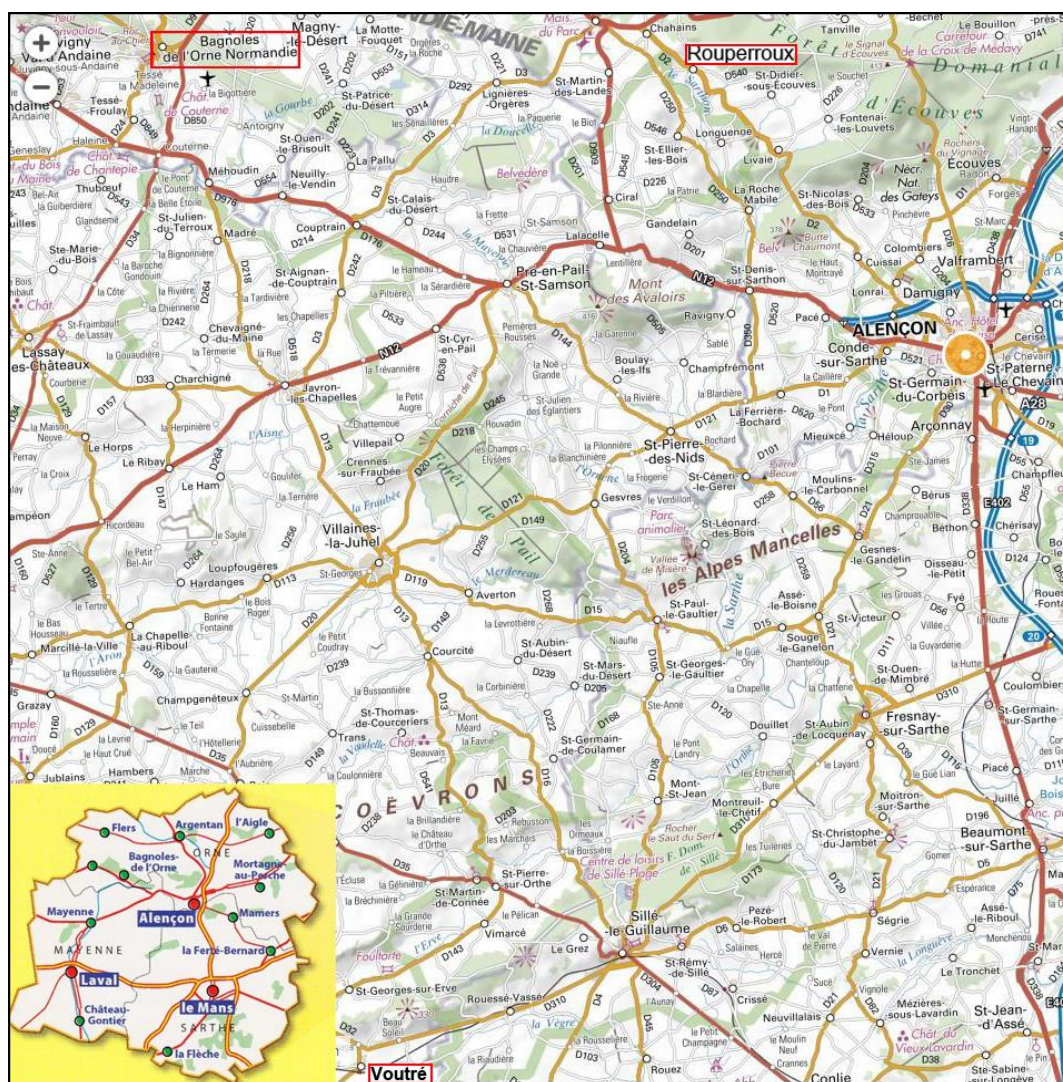


Figure 1. Carte de localisation de la zone étudiée et de la province volcanique du Maine, à la croisée des départements de l'Orne, de la Mayenne et de la Sarthe.

La connaissance de cet impressionnant volcanisme aurait pu se limiter à la connaissance acquise par les carriers ; c'était sans compter sur la perspicacité et le travail de titan de quelques rares géologues. Parmi ces géologues, Jean Le Gall de l'Université de Caen a reconnu d'importants et nombreux dépôts de produits d'éruptions volcaniques dans la province du Maine, au voisinage d'Alençon. Ces produits se retrouvent notamment dans les massifs paléozoïques d'Écouves (carrière de Roupperroux, Orne) de Multone, Perseigne, Héloup, Pail, Assé-le-Boisne, des Coëvrons (carrière de Voutré, Mayenne) et de Charmie.

Forte de ces précieuses informations, la Commission de volcanisme de la SAGA s'est rendue, en 2019, dans cette région, motivée par la volonté de comprendre ce volcanisme, inattendu dans cette province. Notre collègue Roland Maherault, qui possède de solides racines dans le Maine, a contacté les responsables des sociétés d'exploitation des carrières citées ci-dessus. Dominique Rossier, l'animateur de notre Commission, a organisé et mis en perspective bibliographique notre projet d'observation sur le terrain. C'est dans ce cadre que les auteurs ont réalisé cet article qui n'est qu'une vue partielle et sélective de ce que nous avons pu découvrir.



Figure 2. Image d'interprétation de l'environnement volcanique du Maine au Cambrien, lors des éruptions pliniennes et phréatopliniennes. Le volcan actuel Taal, aux Philippines, donne une bonne idée du volcanisme cambrien du Maine. Source Wikipédia.

Nous avons donc choisi d'évoquer le volcanisme cambrien du Maine sur les bases suivantes :

1) l'imposante thèse de doctorat de l'Université de Caen que Jean Le Gall a présentée en 1993 et qui regroupe, encore aujourd'hui, la plus grande partie des connaissances disponibles sur ce paléovolcanisme régional : *Pétrogenèse des magmas andésitiques et ignimbritiques et leur signification dans l'évolution géodynamique cado-mienne. Reconstitution des dynamismes éruptifs d'une province paléovolcanique : l'exemple du graben cambrien du Maine (Est du Massif Armoricain).*

2) nos observations, effectuées notamment dans les carrières de Roupperroux et de Voutré.

Mais avant d'entrer dans les lieux, regardons leur environnement.

Lecture de paysage au lieu-dit « la Biochère »

Notre voyage dans les profondeurs du temps et de l'espace débute donc par une lecture de paysage. De la Biochère, lieu-dit à 15 km au nord-ouest d'Alençon, la vue porte sur une crête rectiligne, au sud du synclinal de Sées. On aperçoit, à l'ouest, les installations de la carrière de Roupperroux que nous allons visiter et qui émergent au niveau de la crête. Cette crête est une barre horizontale et boisée qui marque les hauteurs d'un relief de type appalachien (figure 3). Cette barre résulte d'une inversion de relief causée par la reprise de l'érosion sur des terrains sédimentaires initialement pénéplanés, puis plissés par la tectonique compressive varisque. En effet, les dépôts du sillon du synclinal de Sées furent dégagés par l'érosion au Quaternaire.

Il est intéressant de noter que, si le sommet est occupé par une bande forestière de résineux, le versant est garni par une bande de feuillus et la plaine en creux est agricole (figure 4a). Cette végétation différenciée correspond généralement à des natures différentes du terrain.

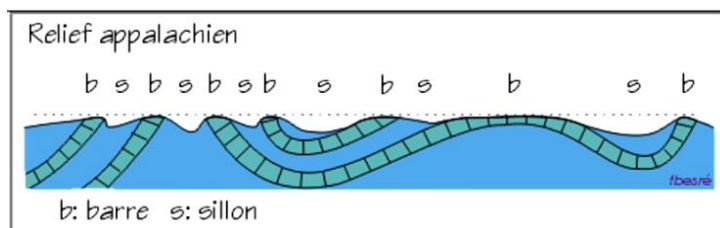
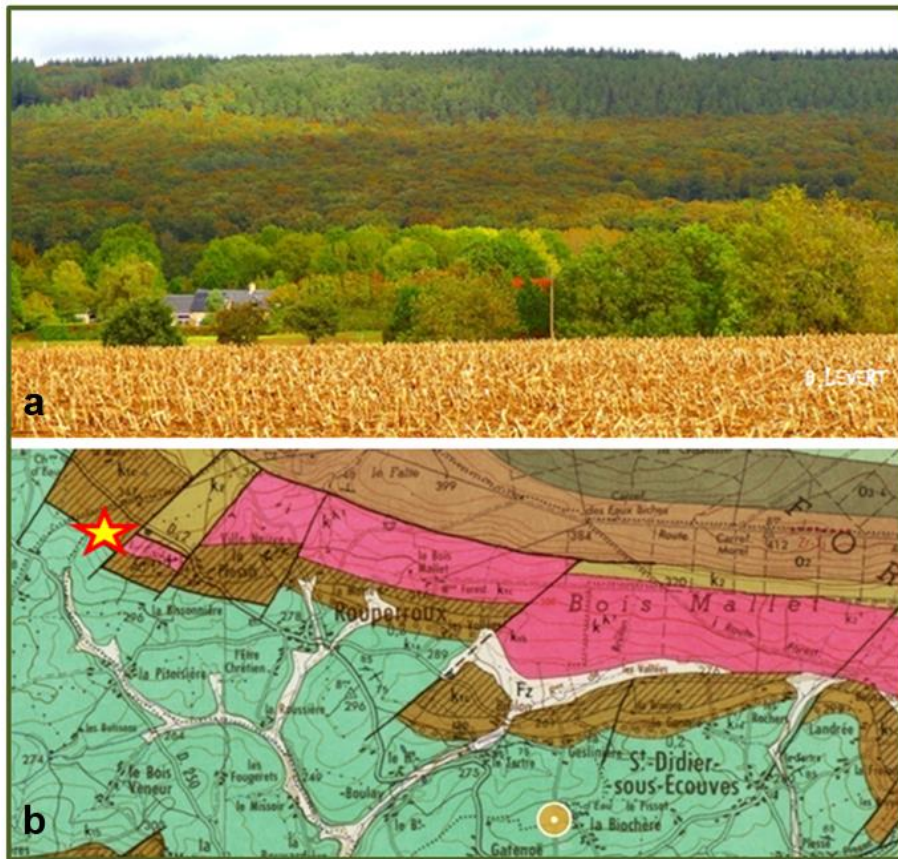


Figure 3. Coupe illustrative d'un relief appalachien : la disparition par l'érosion de la partie sommitale de l'anticlinal permet aux différentes strates géologiques amputées de s'exprimer en barres et sillons. Les barres plus résistantes forment, sur le terrain, des crêtes parallèles à l'axe de l'anticlinal/synclinal, telle la crête sud du synclinal de Sée que nous observons.

La carte géologique (figure 4b) indique que les crêtes correspondent à des grès, et notamment du Grès armoricain ; dans la bande de feuillus apparaît rapidement une roche ignimbritique (en rose). C'est une roche volcanogène très intéressante, non seulement pour les carriers, mais également pour les géologues professionnels, ainsi que pour les amateurs de géologie. La carrière de Roupperroux s'est d'ailleurs positionnée dans une « lentille » ignimbritique, encadrée par deux failles tectoniques qui l'ont fait localement glisser nord-est/sud-ouest.



Figures 4. Bandes de végétation différenciée (4a) et nature géologique des terrains.
En rose, sur l'extrait de la carte géologique à 1/50 000 de La Ferté-Macé (4b), les terrains ignimbritiques (couverts par des feuillus) ; au-dessus, en marron, les grès (couverts de résineux).
L'étoile montre la « lentille » d'ignimbrites exploitée par la carrière de Rouperroux ; le cercle situe le point d'observation.

La position de ces grès, au-dessus des volcanites ignimbritiques, montre bien le retour de la mer et son recouvrement des dépôts volcaniques. Nous avons réalisé un examen rapproché de ces Grès armoricains à Bagnoles-de-l'Orne, situé à 25 km à l'ouest de la Biochère.

Ce que disent les grès armoricains examinés à Bagnoles-de-l'Orne

Le Grès armoricain est composé de grains de sable, d'origine sédimentaire, initialement assemblés par un ciment siliceux. Le ciment a ensuite totalement recristallisé autour des grains de sable pour former une roche homogène nouvelle et très résistante à l'érosion : un grès quartzitique ou quartzite. L'épaisseur de ces bancs résiduels de quartzites atteint 400 m par endroits en Normandie.

Ces grès, aujourd'hui souvent en position sommitale et au-dessus des ignimbrites volcanogènes, étaient à l'origine le garnissage sableux d'un fond océanique peu profond. En effet, leur examen montre de nombreuses traces de bioturbation, appelées ichnofaciès (figures 5 et 6) et attribuées notamment à

des trilobites, dont *Ogyginus armoricanus*, ainsi qu'à des lingules, dont *Ectenoglossa lesueurri*. Ces animaux benthiques sont connus pour vivre dans des mers d'une profondeur de l'ordre de 100 à 200 m. Les témoignages de l'activité de ces animaux sont importants pour nous, amateurs de volcanologie, car ils nous indiquent bien que le volcanisme du Maine s'est développé dans un contexte de mer peu profonde, favorable à la vie des lingules et trilobites.



Figure 5. Observation d'ichnofaciès conservés dans le grès à Bagnoles-de-l'Orne.

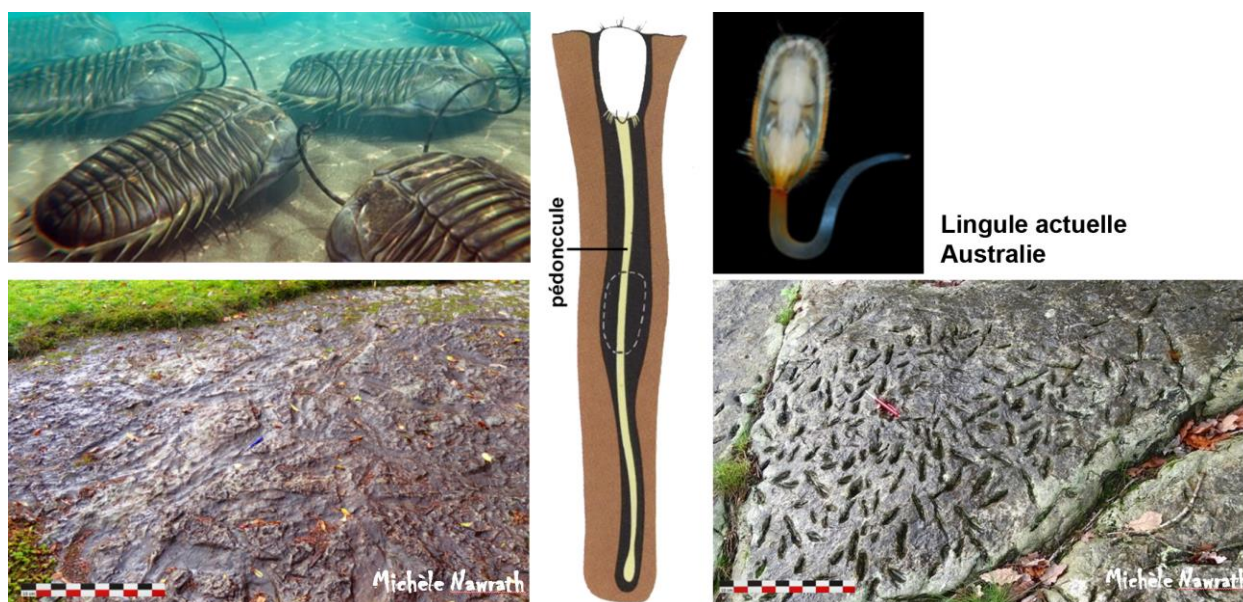


Figure 6. Vue de détail des ichnofaciès dus à des trilobites (en bas, à gauche) et à des lingules (en bas, à droite) dans le Grès armoricain.
En haut, à gauche, reconstitution de trilobites dans leur milieu de vie ; au centre, schéma montrant une lingule en position de vie dans le sable.

Les terriers de lingules (brachiopodes) se présentent (figure 6) sous la forme de fentes pluri-centimétriques qui abritaient la coquille un peu aplatie, en forme de parallélépipède rectangle, de l'animal qui a toujours des représentants dans la nature actuelle.

Par contre, les pistes de trilobites (arthropodes) sont celles d'animaux vivant au Cambrien et à l'Ordovicien ; ils ont ensuite progressivement disparu pour s'éteindre totalement lors de l'extinction de masse à la fin du Permien. Leurs traces sont visibles sur la surface initialement horizontale du sable (aujourd'hui grésifié) et basculée, avec un pendage de 25° vers le nord-est et orientée N125.

Les mouvements tectoniques responsables de ce basculement ont eu lieu lors de l'orogénèse varisque au Carbonifère.

À partir de ces observations, nous pouvons donc déduire que les trilobites nous indiquent pour le volcanisme du Maine un âge antérieur, d'ordre cambrien, et que le fond océanique est resté horizontal jusqu'aux plissements varisques, au Carbonifère, soit vers -360 Ma.

Donc, les volcanites ignimbritiques résiduelles, inventoriées par Le Gall, ont subsisté telles quelles après la pénéplanation totale des stratovolcans du Maine, situés en zone côtière, puis ont continué à être recouvertes, à l'Ordovicien et jusqu'au Dévonien, par les sables d'une mer peu profonde, visités par des animaux benthiques dont les trilobites et les lingules. La tectonique varisque a ultérieurement plissé les terrains au Carbonifère et formé les anticlinaux et synclinaux observés aujourd'hui.

Datation et localisation du volcanisme à l'origine des volcanites

Comme nous l'avons laissé prévoir ci-dessus les Grès armoricains, les volcanites ont bien été datées antérieurement à l'Ordovicien, dans la fourchette -540 à -465 Ma, soit essentiellement au Cambrien. Ce sont donc ces « volcanites cambriennes du Maine » que nous observerons dans les carrières de Rouperroux et Voutré.

Les études de paléogéographie (Scotese, 2001) montrent que, lors de l'activité volcanique, le Maine se situait au sud de l'hémisphère sud, soit à 15 000 km de son emplacement actuel (figure 7).



Figure 7. Paléogéographie à la fin du Cambrien et position de la terrane Armorique-Maine. In Vreken, 2014.

Le climat était doux, apparemment sans glace permanente, pendant plusieurs dizaines de millions d'années.

Dès le Cambrien inférieur, puis au cours de l'Ordovicien, se produit dans la région une phase d'extension qui ouvre l'océan Rhéique au nord de l'ensemble Gondwana/Armorica (figure 8). Ce paléo-océan se refermera bien plus tard, lors de l'orogénèse compressive varisque.

Cette tectonique a des conséquences très importantes pour notre étude car, dès le début du Cambrien, se produisent :

1. dans un premier temps la formation de blocs basculés en milieu maritime, qui crée des grabens, qui seront ensuite garnis de dépôts sédimentaires continentaux ;

2. puis le déclenchement du volcanisme explosif du Maine.

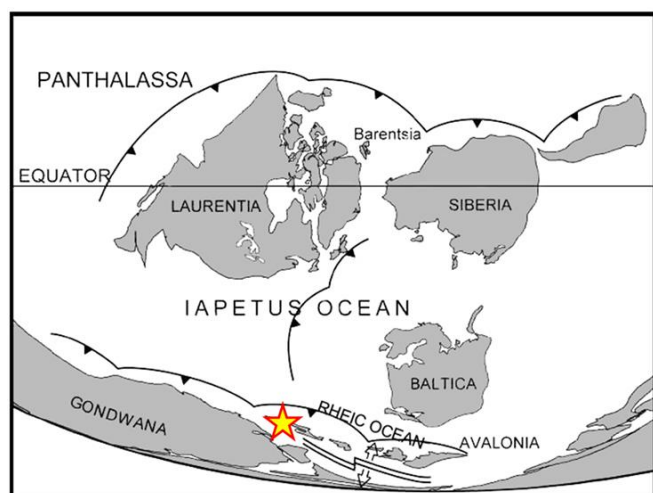


Figure 8. Situation du Maine lors de l'ouverture de l'océan Rhéique, active dès le Cambrien. D'après Scotese, modifié.

Le graben du Maine, un graben parmi d'autres ?

La tectonique extensive cambrienne au nord de Gondwana/A Armorica s'est manifestée par l'ouverture de failles en transtension (figure 9), associées à de nombreuses failles normales, ce qui a provoqué très certainement la création régionale de nombreux grabens.

Alors que le graben du Maine, soumis à la transtension, subissait une forte subsidence, de nombreux bassins en « pull apart » se sont nécessairement formés dans le graben. Ces bassins ont ensuite accumulé les produits d'érosion continentaux principalement sableux, en grande quantité.

Ces sables ordoviciens ont donné les grès quartzitiques très résistant à l'érosion. C'est la résistance de ces grès quartzitiques qui a entraîné l'inversion de relief à l'origine du relief appalachien observable depuis la Biochère.

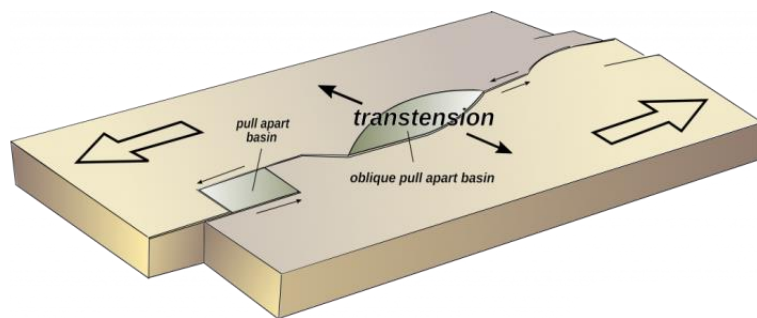


Figure 9. Mécanisme d'ouverture de bassins sédimentaires en « pull apart », lors d'une transtension.

©Marina Corradini.

C'est dans un graben, le graben du Maine, que Jean Le Gall a reconnu le volcanisme cambrien (figure 10). Il en dresse schématiquement l'organisation régionale et constate que les principales failles du graben du Maine organisent approximativement les principaux reliefs de la région.

Il est donc possible de reconnaître les principaux massifs de la région dont les matériaux se sont accumulés dans des bassins en « pull apart » : Écouves (carrière de Roupperoux), Multone, Perseigne, Héloup, Pail, Assé-le-Boisne, Coëvrons (carrière de Voutré) et Charmie.

Le graben est aujourd'hui long de 75 km et large de 50 km. Il est contenu entre deux principales failles normales N20. À l'intérieur du graben, en raison de la transtension, de nombreuses dépressions de forme losangique, appelées rhombochasmes, se sont formées. Ces effondrements sont à l'origine des bassins de sédimentation en « pull apart » orientés N60-N70, apparus lors de l'ouverture du graben par transtension dextre N150-N160.

Au cours de la tectonique extensive cambrienne, le graben du Maine a aussi connu une subsidence de l'ordre de 3 000 m, comme le montrent les logs stratigraphiques de la région, avec trois niveaux de volcanites séparés par plus de 1 000 m de dépôts.

C'est ainsi que la subsidence du graben a protégé et conservé en profondeur les volcanites cambriennes, accumulées en bordure de bassins comme à Roupperoux ou à l'intérieur de bassins en « pull apart », comme dans les carrières de Voutré que nous allons visiter.

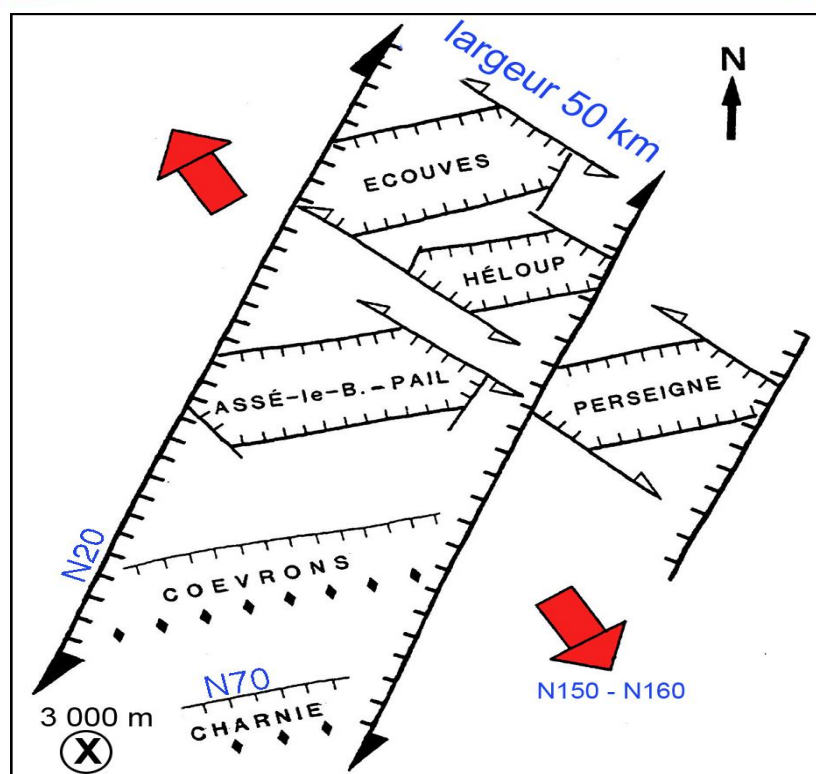
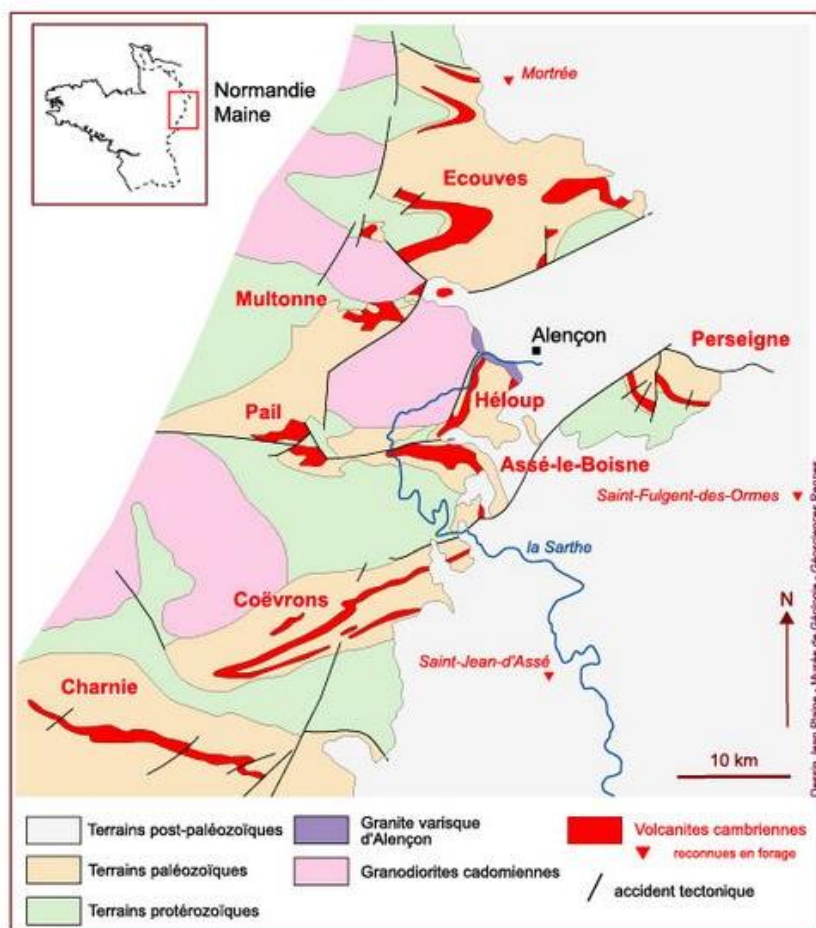


Figure 10. Situation topographique des rares reliques de volcanites conservées dans les massifs intra-graben.
L'ouverture du graben en transtension (schéma du bas) crée des bassins en « pull apart »
à l'origine des principaux massifs actuels du graben du Maine, lui-même subsident de 3 000 m. D'après Le Gall, 1993.

Dynamisme éruptif des volcans du Maine et leurs calderas

L'étude par Jean Le Gall des volcanites a montré non seulement la répartition topographique des volcanites, mais surtout, à l'aide de la texture des volcanites, la présence de plusieurs ensembles volcaniques liés à des calderas distinctes, dont certaines ont un diamètre important d'environ 20 km. Pour mémoire : la caldera similaire la plus proche de nous, celle de Santorin en mer Égée, fait 17 km de diamètre.

Il est bien établi que les dépôts d'ignimbrites sont exclusivement le fait de certains styles éruptifs de type plinien. Ce volcanisme est généralement très puissant et très violent ; des quantités de magma considérables sont projetées à des hauteurs stratosphériques, ce qui a pour conséquence la vidange rapide de très grandes chambres magmatiques, qui entraîne inévitablement leur effondrement, avec en surface la création d'une dépression de plusieurs dizaines de kilomètres, appelée caldera (figure 11).

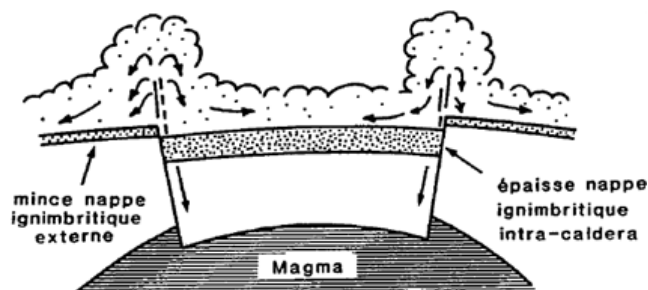


Figure 11. Formation d'une caldera, apparition d'un volcanisme de failles bordières, puis accumulation d'ignimbrites proximales intra-caldera et le développement de nappes de coulées pyroclastiques extra-caldera, destinées à former des ignimbrites distales. D'après Cas et Wright, 1987 in Le Gall, 1993.

Les dépôts d'ignimbrites

Le magma ignimbritique fragmenté, éjecté à l'état pâteux, entraîne une partie de l'encaissant solide qui fournit des brèches diverses.

L'évacuation de l'ensemble des produits fragmentés s'organise dans la colonne selon la pression interne dans cette colonne (figure 12).

- Si la pression interne dans la colonne est inférieure à la pression atmosphérique, les téphras sont expulsés abondamment dans la stratosphère => colonne plinienne.

- si la pression interne dans la colonne est supérieure à la pression atmosphérique, c'est une colonne ignimbritique qui laisse rapidement retomber des fragments de lave en coulée pyroclastique, qui

produisent au sol, au voisinage de la cheminée, des empilements de ces fragments pâteux, mélangés à des ponces qui se soudent vers 530 °C : formation d'ignimbrites soudées en dépôts proximaux ; ces ignimbrites sont observables dans la carrière de Rouperroux.

En périphérie du volcan, les particules plus fines se répandent en téphras qui ne se soudent pas. Nous en retrouverons, entre autres, dans la carrière de Voutré, après leur charriage fluvio-marin ou par des lahars.

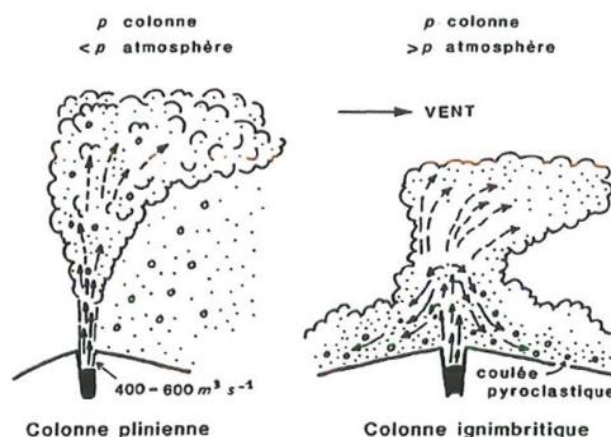


Figure 12. Schéma de colonnes pliniennes et ignimbritiques. D'après Cas et Wright, 1987 in Le Gall, 1993.

Chimisme des laves

Les ignimbrites du Maine sont issues de magmas rhyolitiques (figure 13), donc acides, à forte viscosité, dans lesquels les gaz contenus, H₂O et CO₂, provoquent par leur détente dans la cheminée du volcan des explosions très puissantes. Il y a aussi formation simultanée de ponces rhyolitiques par détente violente des gaz contenus.

Ce type de magma induit un volcanisme de style plinien, en zone sèche et phréato-plinien, en zone humide.

Ignimbrite + Rhyolite vitreuse	
SiO ₂	74,78
Al ₂ O ₃	13,72
Fe T	2,54
MnO	0,04
MgO	0,54
CaO	0,51
Na ₂ O	3,67
K ₂ O	3,83
TiO ₂	0,26
P ₂ O ₅	0,11

Figure 13. Analyse moyenne des volcanites du Maine, D'après Le Gall, 1993.

Les volcans du Maine ont émis essentiellement des ignimbrites et téphras acides qui représentent plus de 90 % du volume total des émissions. D'autres laves présentes sont donc en quantité bien moindre : des andésites, dacites et rhyolites visqueuses.

Chronologie des crises volcaniques de style plinien ou phréato-plinien

Le Gall a identifié, dans le graben du Maine, cinq crises volcaniques majeures, repérées de V0 à V5, même si V2 n'est détectée que dans la caldera d'Assé-le Boisne-Pail.

Les crises volcaniques correspondant au cycle V1 ont partiellement comblé d'ignimbrites la caldera

d'Écouves (carrière de Roupperroux), ce cycle peut éventuellement se décomposer en 3 phases.

Les pyroclastites des carrières de Voutré sont issues des volcans de la caldera d'Assé-le Boisne-Pail ; elles correspondent aux crises paroxysmales V3 et V4.

Le log stratigraphique, reconstitué par Le Gall dans le synclinal des Coëvrons (figure 14), décrit les séquences volcano-sédimentaires dans le graben du Maine. Il met aussi en évidence l'importante subsidence d'environ 3 000 m du graben, provoquée par les charges volcano-sédimentaires détritiques associées à la tectonique transtensive.

Ce log stratigraphique montre, en raison des épaisseurs importantes de dépôt, que les couches sédimentaires se sont mises en place sur des dizaines de millions d'années.

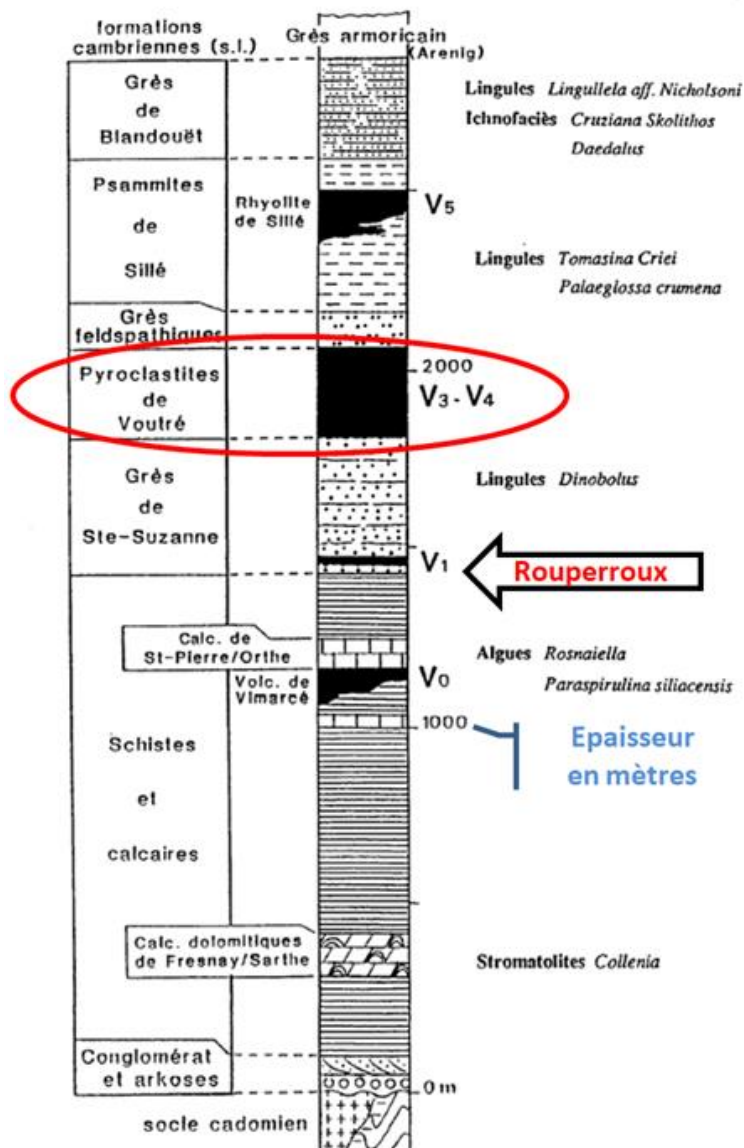


Figure 14. Altitude des dépôts ignimbritiques à partir du socle cadomien des cycles volcaniques V1 à V5 dans la succession de la sédimentation cambrienne du synclinal des Coëvrons. Altitude des volcanites de Voutré environ 2 000 m. D'après Le Gall, 1993.

Il montre aussi que les premières manifestations du volcanisme cambrien, dans la zone étudiée, n'étaient pas en domaine maritime, car les volcanites de Vimarcé sont essentiellement en contexte de schistes. Par contre, le volcanisme de la caldera d'Écouves (carrière de Roupperroux) s'est produit alors que la mer, probablement en raison de la tectonique extensive, gagnait la zone, car des grès (sables) de Sainte-Suzanne ont précédé les ignimbrites de Roupperroux.

Ensuite, et pendant des dizaines de millions d'années en bordure de l'océan Rhéique, se sont encore accumulés des sables, sur une épaisseur de 1 500 m, provenant de l'érosion intensive des reliefs de la terrane Armorica. Les pyroclastites volcano-sédimentaires de Voutré, situés vers la cote 2000, se sont accumulés dans des bassins du domaine maritime déjà bien établi dans la durée. Ce domaine maritime prendra fin, des dizaines de millions d'années plus tard, lors de la fermeture de l'océan Rhéique, au Carbonifère en raison de la tectonique compressive varisque.

Remarque. Il est fascinant de réaliser que ces volcans se sont manifestés alors qu'aucune plante ne couvrait les roches terrestres et que la vie animale n'était pas encore sortie de l'océan. Nous sommes, de ce fait, aujourd'hui les premiers êtres vivants à ... contempler les reliques des volcans du Maine et à tenter d'imaginer comment les éruptions se sont produites.

Le métamorphisme des roches visibles dans les carrières visitées

Maintenant que nous connaissons mieux l'origine et l'histoire des roches en exploitation dans les carrières, nous allons voir des différences fondamentales, et pour nous très intéressantes, de l'état dans lequel elles se trouvent aujourd'hui.

Un métamorphisme intense caractérise les lithologies des roches des carrières de Roupperroux et Voutré. Depuis leur formation initiale au Cambrien, l'ensemble des produits volcaniques, métastables par nature, ont eu le temps considérable d'environ 500 Ma pour évoluer.

Les volcanites métastables ont donc recherché leur équilibre physico-chimique spontanément, mais aussi avec la contribution des facteurs du métamorphisme que sont la pression, la température et l'eau, auxquels elles ont été longuement exposées (figure 15).

Ces roches volcanogènes, initialement à proximité de la surface, ont subi une diagénèse lors de leur

recouvrement, à l'Ordovicien, par des sables marins qui sont ensuite devenus les Grès armoricains.

Les plissements varisques du Carbonifère leur ont fait franchir le seuil de l'anchizone, en pouvant les porter jusqu'aux conditions du degré épizonal ($T = 300$ à 400 °C ; $P < 2$ kb).

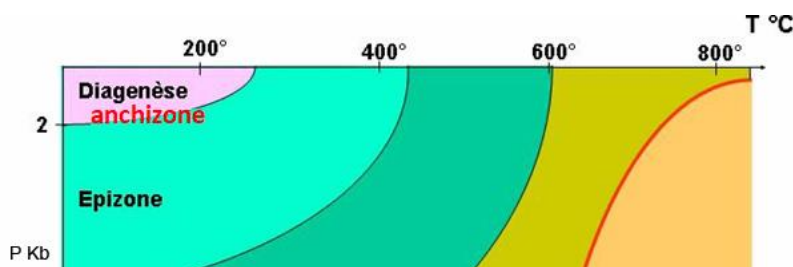


Figure 15. Toutes les volcanites du Maine ont subi un métamorphisme pouvant atteindre le degré épizonal : $T = 300$ à 400 °C ; $P < 2$ kb.

Source : Wikipédia.

Les minéraux primaires des ignimbrites notamment, mais aussi ceux des lapilli et des blocs, ont évolué, se sont métamorphisés.

- Plagioclases : albitisation (altérés = saussuritisés).
- Feldspaths potassiques : perthites développées.
- Pyroxènes et amphiboles : déstabilisation totale => chlorite, épidote, calcite et zéolites.
- Biotite : chloritisation.
- Mésostase vitreuse : recristallisation => quartz et chlorite.

L'examen macroscopique et microscopique des roches doit donc tenir compte de ce métamorphisme. Par exemple, les ignimbrites proximales de la carrière de Roupperroux sont en fait des méta-ignimbrites, en raison de leur métamorphisme plus ou moins prononcé.

Les deux carrières visitées montrent des lithologies bien spécifiques

La carrière de Roupperroux (Orne) a été reconnue par Le Gall comme positionnée à l'intérieur de la caldera d'Écouves, en raison de sa lithologie constituée d'ignimbrite proximale soudée (figure 16).

Par contre, la carrière de Voutré (Mayenne) exploite des dépôts volcano-sédimentaires provenant essentiellement des volcans d'une autre caldera : la caldera d'Assé-le-Boisne-Pail, située à 20 km de la carrière. La lithologie observable dans cette carrière correspond principalement à des sédiments terrigènes, mélangés à des téphras rhyolitiques.

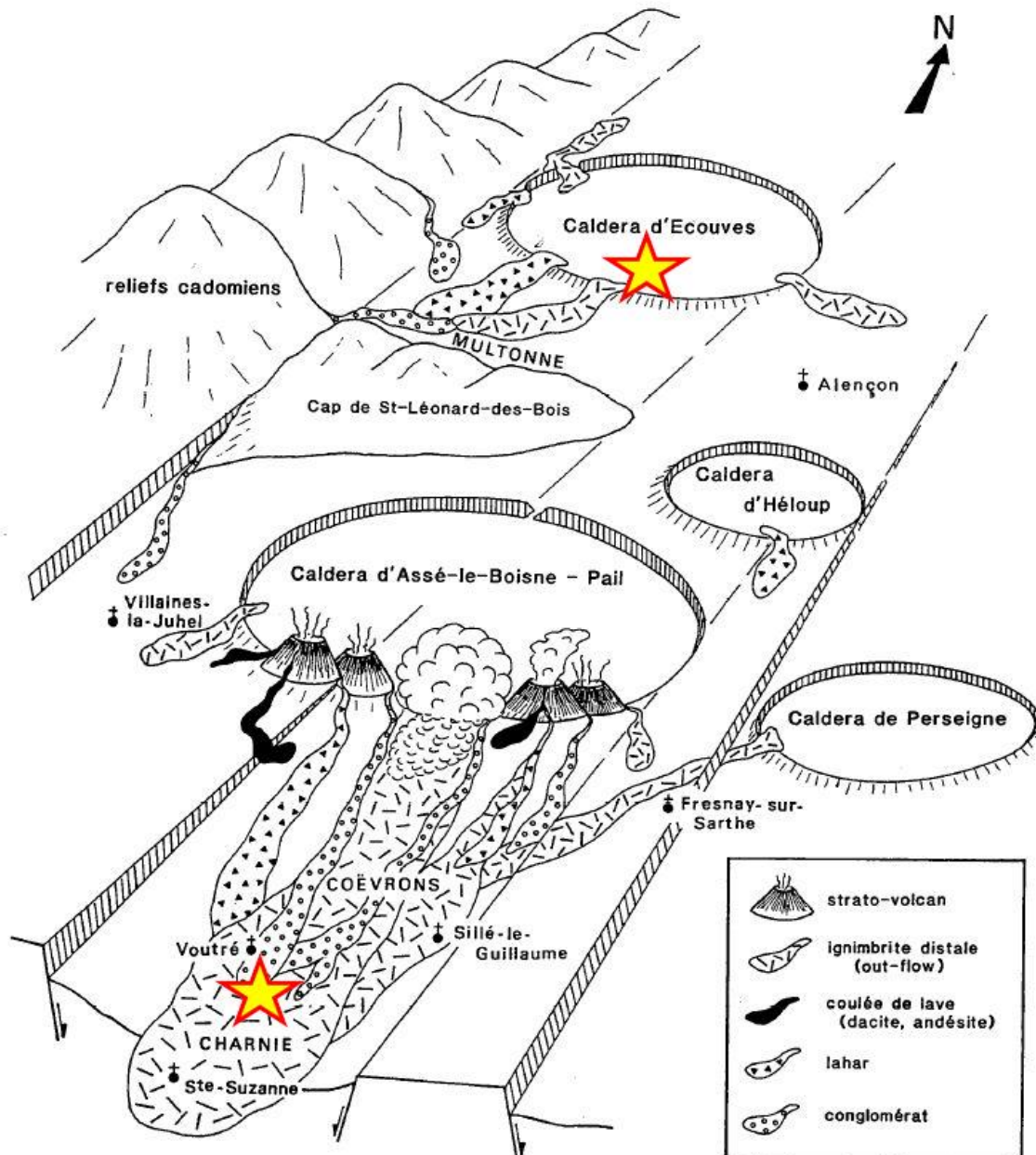


Figure 16. La carrière de Roupperoux est située à l'intérieur de la caldera d'Écouves.
La carrière de Voutré est située dans un bassin d'accumulation de dépôts volcano-sédimentaires
qui proviennent des volcans de la caldera d'Assé-le-Boisne-Pail.
D'après Le Gall, 1993.

Nous verrons ci-après que chaque carrière expose des lithologies très différentes, et pour nous complémentaires, représentant l'ensemble des produits émis lors des principales manifestations du volcanisme cambrien du Maine.

A. Lithologie de la carrière de Roupperoux

C'est la face nord d'une « lentille » de nappes ignimbritiques intra-caldera (cf. étoile sur la figure 4),

que les carrières exploitent, sur une hauteur de 80 m (figure 17) ; mais le gisement est épais de 300 m environ.

Sont aussi connus des filons intrusifs de lave rhyolitique visqueuse, vestiges de conduits d'alimentation de phases volcaniques tardives, moins violentes.

Ces roches forment un ensemble massif de couleur rouge violacé, grise ou verdâtre, selon les minéraux d'altération présents.

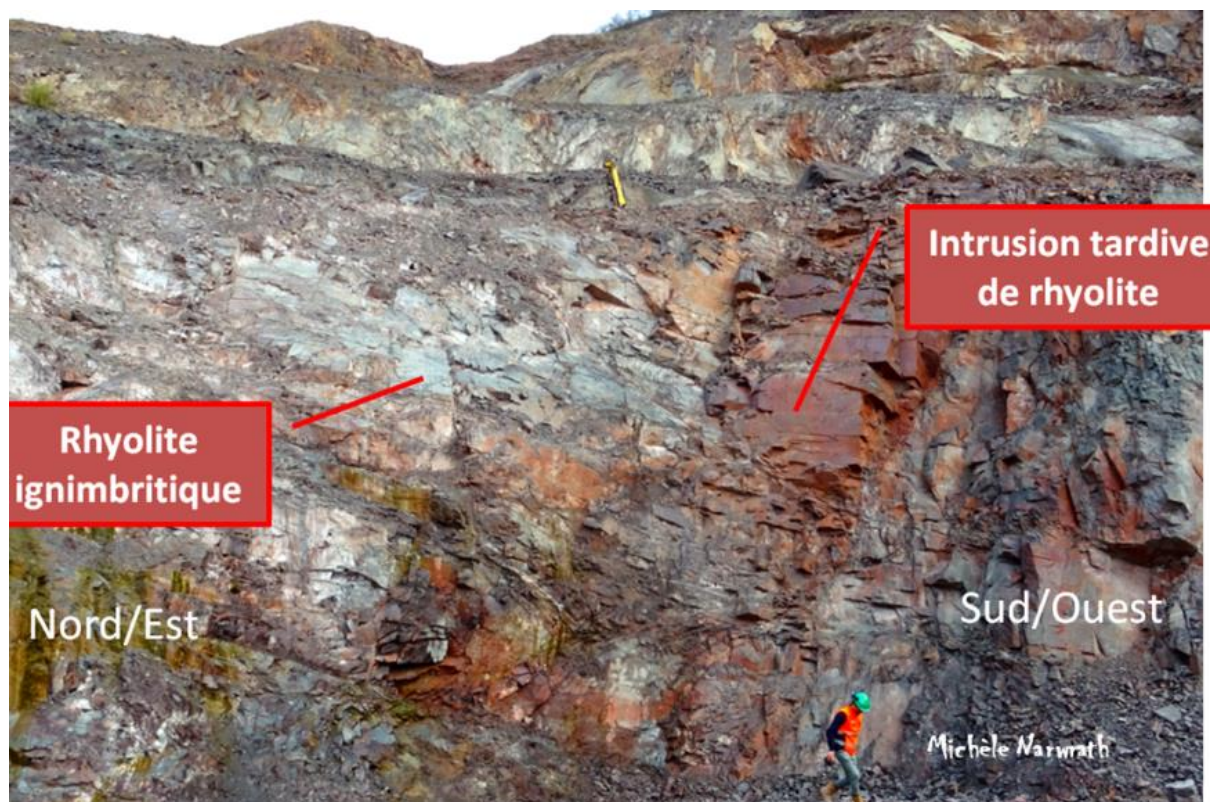


Figure 17. Carrière de Rouperroux.
Les nappes d'ignimbrites soudées, aujourd'hui inclinées d'environ 25°, se sont initialement déposées horizontalement dans la caldera d'Écouves.

Le mode de dépôt des fragments de lave pâteuse permet aux plus gros fragments de s'individualiser en « flammes » (figure 18), éléments orientés, allongés et flexueux, de toutes tailles (jusqu'à 5 cm de longueur).

feldspaths. De plus gros cristaux fracturés de quartz et de feldspaths et des lapilli de ponces sont dispersés dans la matrice, c'est une méta-ignimbrite flammée.

B. Lithologie de la carrière de Voutré

Durant l'ouverture transtensive du graben du Maine, des bassins en « pull apart » en cours de formation ont été les collecteurs privilégiés des dépôts volcano-sédimentaires, comme ceux que nous allons voir dans cette carrière de Voutré (figure 19).

Le conglomérat volcano-sédimentaire (poudingue), typique de Voutré (figure 20), correspond à une accumulation en phase boueuse, aujourd'hui lithifiée, de différentes roches. Plusieurs phases éruptives ont été enregistrées dans ce bloc :

- les strates de cinérites vertes 1 et 3 sont certainement des nuages de téphras qui sont tombés en mer ;

- la couche de microbrèches 2 transportées là rapidement par des courants fluvio-marins ;

- le poudingue aux galets modérément usés, transportés moins rapidement, par des courants torrentiels/lahars sur une distance de l'ordre de 20 km qui sépare Voutré des volcans de la caldera d'Assé-le-Boisne-Pail, à l'origine de ces dépôts.



Figure 18. Exemple de méta-ignimbrite proximale flammée. Carrière de Rouperroux. Les flammes sombres de verre recristallisé sont bien visibles, ainsi que quelques lapilli de ponce.

Ces flammes se sont constituées lors du dépôt d'un fragment de verre rhyolitique subalcalin qui, ultérieurement, a recristallisé lors du métamorphisme, en un assemblage de petits cristaux de quartz et



Figure 19. Carrière de Voutré. Dépôts volcano-sédimentaires, initialement accumulés dans un bassin tectonique en « pull apart » à l'origine du massif des Coëvrons. Ces dépôts ont parcouru 20 km dans un domaine maritime.



Figure 20. Poudingue de dépôts volcano-sédimentaires à Voutré : 1 = strate de cinérite, 2 = strate de microbrèches, 3 = nouvelle strate de cinérite, puis 4 = conglomérat avec cinérite et brèches pyroclastiques.

Examen pétrologique des roches

Pétrographie des roches de la carrière de Roupperroux

Outre l'ignimbrite flammée typique des roches de la carrière de Roupperroux (voir figure 18), on observe des petits blocs bien plus rares d'ignimbrite rhyolitique soudée (sans flamme apparente), dont la pâte mélanocrate est proche d'une obsidienne, car refroidie plus rapidement (figure 21).

On note quelques clastes de siltite (S) et de ponce (P). Ces clastes de siltite/cinérite chloritisée corres-

pondent à une reprise d'un dépôt antérieur de cendres finement pulvérulentes, puis lithifiées et altérées avec formation de chlorite verte. Les chlorites sont des aluminosilicates hydratés qui ont libéré, lors de la diagenèse, leur potassium.

Ces clastes de siltite proviennent de dépôts de cendres volcaniques en zone marine, ils signent très vraisemblablement une séquence d'éruption phréatomagmatique, dans une caldera partiellement emplie d'eau de mer.



Figure 21. Bloc d'ignimbrite rhyolitique soudée mélanocrate, contenant des clastes de siltite (S) et de ponce (P).

Les séquences éruptives qui se succèdent peuvent reprendre des dépôts antérieurs d'ignimbrites solidifiées. L'énergie considérable développée par ces éruptions, puissamment explosives, brise la roche en brèches, souvent de taille centimétrique. La roche de la figure 22 montre un bloc d'ignimbrite soudée intact, au contact d'un amas de brèches d'ignimbrites consolidées par un tuf cinéritique métamorphisé.

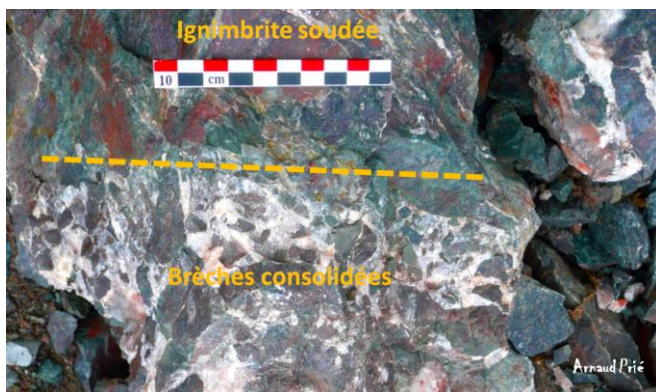


Figure 22. Brèches d'ignimbrite consolidées par un ciment cinéritique au contact d'un bloc intact.

Examen d'une ignimbrite flammée au microscope

Cette roche est similaire à celle de la figure 18. La micrographie nous rappelle que ces roches sont intensément métamorphisées (figure 23) : flamme à l'origine vitrifiée, ici recristallisée en microcristaux fracturés de quartz et de feldspaths, dans une matrice vitroclastique claire, dévitrifiée. C'est bien une méta-ignimbrite.

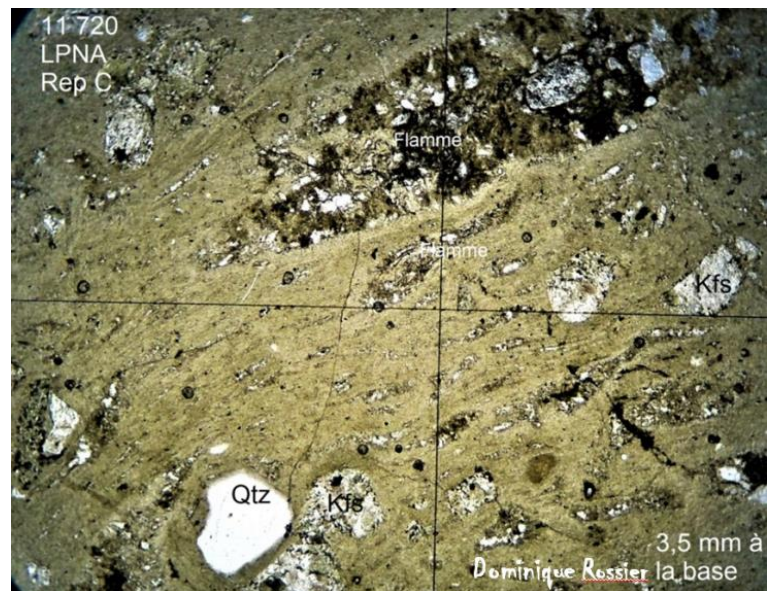


Figure 23. Ignimbrite flammée totalement recristallisée = méta-ignimbrite.

Pétrographie des roches de la carrière de Voutré

Les dépôts volcano-sédimentaires observés à Voutré (figure 19) sont composés de nombreuses strates (figure 24) et il serait fastidieux de les examiner toutes ici.

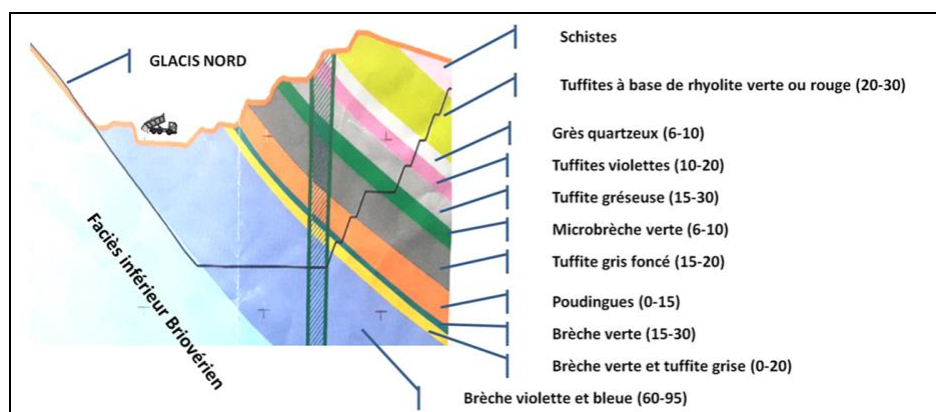


Figure 24. Principaux dépôts volcano-sédimentaires ; les chiffres entre parenthèses indiquent leur épaisseur en mètres. D'après un document fourni par les carrières de Voutré, simplifié.

Par contre, nous avons choisi de démontrer la présence du milieu marin lors des phénomènes volcaniques, en mettant en évidence l'action de l'eau avant la lithification des roches. Nous verrons aussi quelques roches dont la pétrogenèse a été préservée de l'action de l'eau.

Roches présentant des figures sédimentaires dues à l'action de l'eau

- Rides de courant

Au pied des fronts de taille et sur le haut du belvédère nord, des blocs gréseux montrent des rides de courant. La faible ondulation des rides (figure 25) indique un courant marin plutôt faible, souvent associé à une épaisseur d'eau décimétrique.



Figures 25. Rides de courant (ripple marks) imprimées à la surface de tuffites cinéritiques.

- Emplacement d'un chenal fluvio-marin

Les dépôts de boues volcano-sédimentaires proviennent des volcans de la caldera d'Assé-le-Boisne-Pail, après un charriage fluvial des sédiments, cendres, lapillis et brèches, ensuite lithifiés par diagenèse (figure 26). La tectonique régionale varisque du Carbonifère les a déformés et fracturés.



Figure 26 Emplacement d'un chenal fluvio-marin nord/sud de charriage des boues volcano-sédimentaires, provenant de la caldera d'Assé-le-Boisne-Pail.

- Boues de densité variable

Les couches de boues de densité variable ont une charge de recouvrement inégale que manifeste la variation des tons (figure 27). Ces boues proviennent de téphras rhyolitiques, de faible granulométrie, des éruptions pliniennes qui ont formé dans l'eau de mer une boue qui a été entraînée par un courant fluvio-marin. La couleur violette est due à la présence d'oxyde de manganèse.

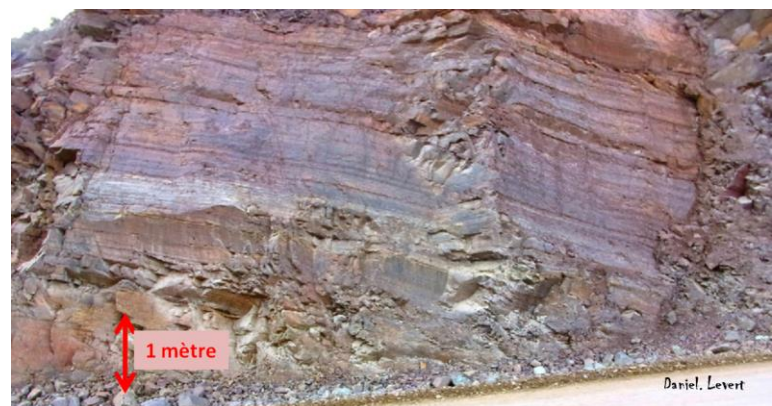


Figure 27. Les couches de boues de densité variable ont donc une charge de recouvrement inégale.

- Cinérite (tuf de cendres)

Ce sont des cendres très fines (< 2 mm), accumulées en milieu marin, lithifiées, puis transformées par le métamorphisme épizonal. La cendre rhyolitique est altérée avec formation de chlorite verte (figure 28).



Figure 28. Cinérite formée par les téphras rhyolitiques très fins, chloritisés en milieu marin.

- Face de rupture d'un bloc composite

La présence de siltite et de cinérite dans ce bloc (figure 29) illustre les effets de l'eau entraînant des boues et des brèches.

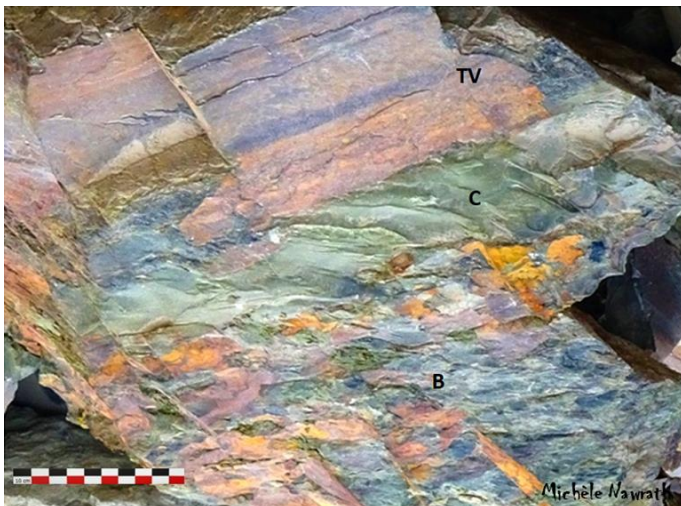


Figure 29. Bloc composite. TV : strate de siltite tuffacée violacée. C : strate de cinérite chloritisée verte. B : brèche pyroclastique.

- Phénomène de microslumping

Une cinérite massive, prélevée dans la carrière de la Massoterie, montre au microscope un phénomène de slumping très caractéristique de l'écoulement par glissement et affaissement en masse de sédiments, alors en boues très pâteuses (figure 30). L'écoulement aqueux est bien mis en évidence, ici à très faible échelle : stratification régulière, de période égale à environ 1 mm.

Il est intéressant de remarquer dans cet échantillon de volcanite observé à fort grossissement que la stratification est en fait marquée d'une multitude de sphérolites de 0,1 à 0,3 millimètres de diamètre. Les

sphérolites (figure 31) apparaissent fréquemment par dévitrification des échantillons vitreux de roches volcaniques, ici c'est de la rhyolite vitrifiée. Cette dévitrification s'est produite en raison des temps très longs qui ont permis à la rhyolite vitreuse cambrienne, physico-chimiquement instable, de cristalliser en un état plus stable aujourd'hui.

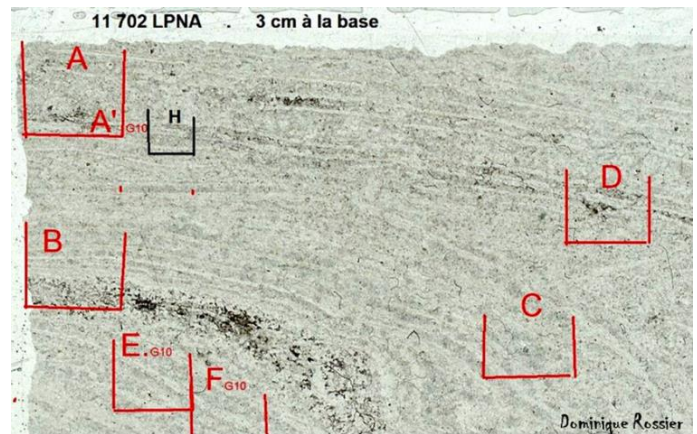


Figure 30 - Phénomène de slumping (affaissement) à l'intérieur des boues. Les lettres servent de repères pour l'étude de la lame.

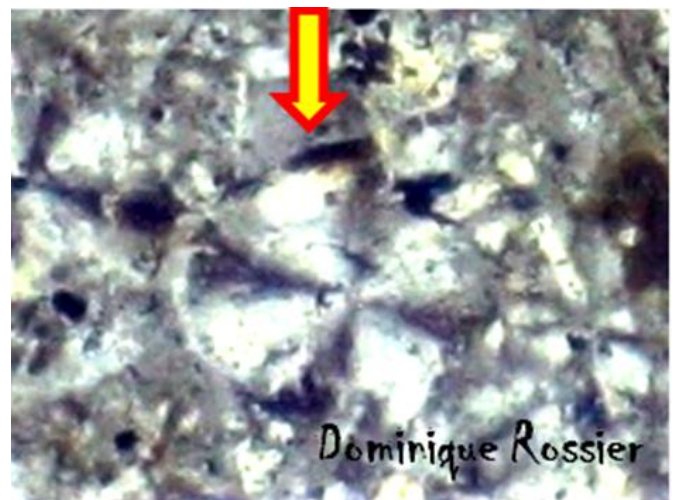


Figure 31. Sphérolites de 0,1 à 0,3 millimètres de diamètre.

Quelques autres roches volcano-sédimentaires observées à Voutré

- Microbrèche tuffacée contenant de très nombreux clastes de nature différente

C'est typiquement une roche volcano-sédimentaire, composée de types de clastes très divers (décrits de A à F ci-dessous), de tailles plurimillimétriques, consolidés dans un ciment à grain très fin (figure 32).

Claste A : pyroclaste de lave volcanique vitreuse, à faible caractère basique, dévitrifiée lors de son éjection, au contact de l'eau.

Claste B : pyroclaste à grain uniformément très fin. La matrice, uniforme, est partiellement vitreuse, contient des sphérolites de diamètre inférieur à 0,05 mm, très peu visibles. Les plagioclases sont complètement altérés en séricite. Absence quasi-totale de phénocristaux de quartz.

Claste C : pyroclaste entièrement ponceux, avec des vésicules de 0,2 mm remplies de quartz et/ou de sphérolites.

Claste D : de 2 mm de diamètre, uniformément composé de sphérolites de même taille de 1/10 de millimètre. Les sphérolites sont bien développées et quartzo-feldspathiques.

Claste E : ignimbrite centimétrique étirée, à très petites échardes peu visibles et nombreux phénocristaux de plagioclases très altérés.

Claste F : il s'agit d'un épicleste car il a une composition d'andésite, en raison d'une grande abondance de phénocristaux de plagioclases, nettement zonés et certains sont déformés. Les ferromagnésiens, pyroxènes et amphiboles, sont complètement chloritisés, à l'exclusion de biotites. La mésostase fine consiste en microlites de plagioclases. Pyroclaste résultant d'une reprise d'un magma andésitique lors d'une phase d'éruption.

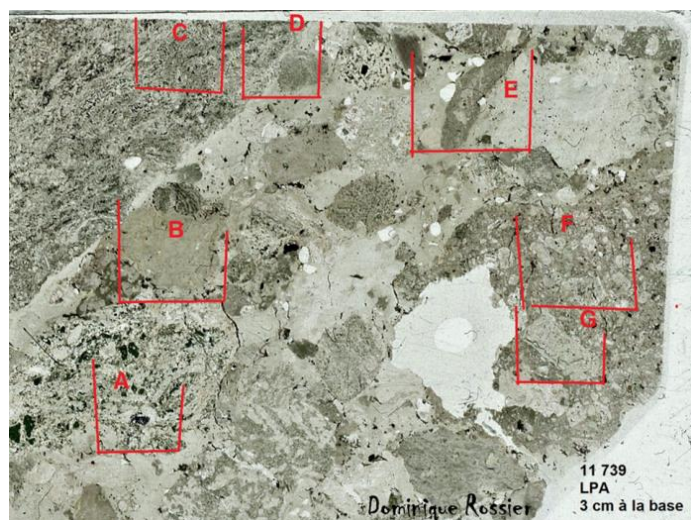


Figure 32. La roche est une microbrèche tuffacée car composée d'une très grande variété de pyroclastes et d'épiclestes.

Interprétation génétique de la roche : composée de pyroclastes et d'épiclestes : cette roche est une microbrèche tuffacée. C'est un bel exemple de roche volcano-sédimentaire.

- Pyroclastite zonée, ignimbrite distale « froide » lithifiée

- Zone 1 (figure 33). La stratification est régulière, de période variant de 1 à 3 mm ; pas de figure de charge. Les couches sombres sont constituées d'un

empilement dense de sphérolites quartzo-feldspathiques de diamètre 0,1 à 0,2 mm, discernables par la figure classique de la croix de Malte. Les échardes de lave vitreuse rhyolitique, créées lors de l'éruption, se sont agglomérées en strates ; la coulée pyroclastique s'est lithifiée rapidement. Puis, par un métamorphisme anchizonal, elle a connu une dévitrification avec formation de sphérolites (figure 34).

- Zone 2. Brèche tuffacée. Clastes à grains de taille très variable, inférieure à 1 cm avec des angles et arêtes vives pour certains. On note la présence de phénocristaux de quartz.

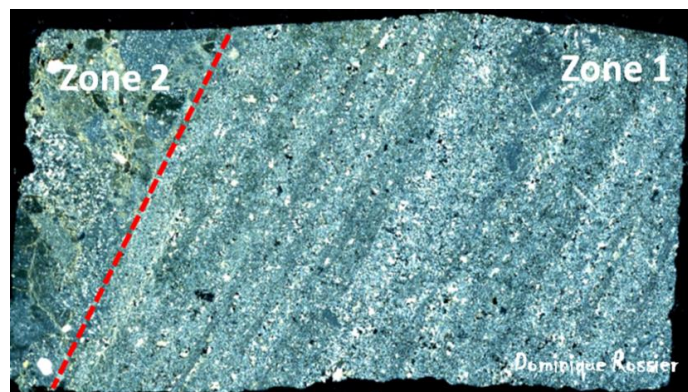


Figure 33. Ignimbrite distale, non soudée mais lithifiée, montrant une transition nette entre un dépôt de cinérite (zone 1) et un tuf de lapilli millimétriques (zone 2). Champ de 4 cm environ.

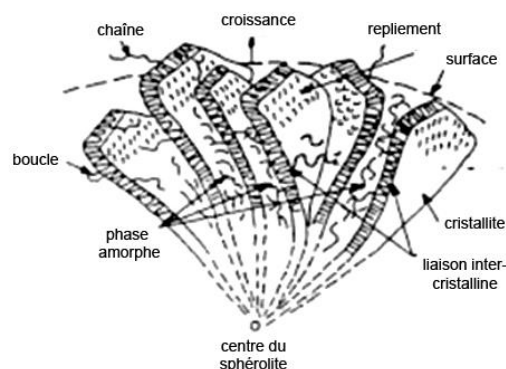
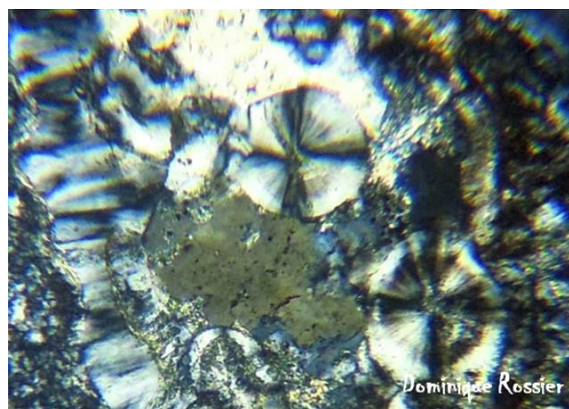


Figure 34. Sphérolites quartzo-feldspathiques de diamètre 0,1 à 0,2 mm et schéma structural. Dessin D. Rossier.

L'alternance de la stratification bien visible en zone 1 est due à une succession rythmée d'explosions, avec éjection et fragmentation extrême du magma et émission de faibles quantités de ponce. L'origine du dépôt pourrait être une coulée pyroclastique ponceuse, par déferlante. C'est une pyroclastite dévitrifiée, résultant d'une « coulée pyroclastique sèche », donc en l'absence d'eau, qui manifeste un métamorphisme de degré anchizone.

- Une pure pyroclastite

L'échantillon est un tuf de lapilli de fluidalité marquée avec de nombreux phénocristaux plurimillimétriques de quartz et plagioclases. Les quartz sont euhédraux, entiers (pas de golfe), arrondis aux angles, de taille < 2 mm (figure 35). Les plagioclases sont saussuritisés avec un début de désagrégation sur leur périphérie (figure 36), vraisemblablement par l'entraînement mécanique de la « coulée » pyroclastique. Les macles polysynthétiques restent visibles et peuvent être utilisées pour une mesure par la méthode de Michel-Lévy : $22^\circ \pm 2^\circ =$ albite ou oligoclase. On note la présence de petits cristaux jaunes d'épidote.

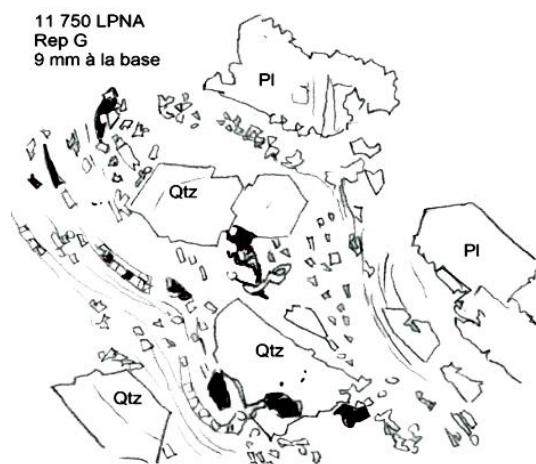


Figure 35. Les quartz sont euhédraux ; les plagioclases saussuritisés.
Dessin D. Rossier.

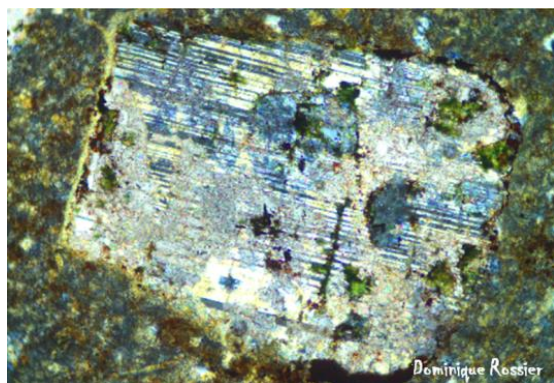


Figure 36 – Grand plagioclase altéré, saussuritisé (1,5 mm environ).

La composition du téphra d'origine est plutôt dacitique, à cause de l'abondance de plagioclases et l'absence apparente de feldspaths potassiques, ainsi que la présence de ferromagnésiens et d'épidote. On n'observe pas de fragments lithiques épicles : c'est donc une pure pyroclastite, également très marquée par le métamorphisme.

- Microbrèche tuffacée

La microbrèche illustrée dans la figure 37 contient de petits clastes de rhyolite mélanocrate partiellement vitrifiée. Les lapilli de ponce également présents dans la matrice cinéritique sont affectés par le métamorphisme anchizone (voir figure 15). L'explosion d'une éruption avait repris un dépôt antérieur, solidifié, de rhyolite vitreuse mélanocrate pour le fragmenter en très petits clastes visibles dans cette microbrèche tuffacée.



Figure 37. Microbrèche tuffacée.

Conclusion

Quelle aventure ! Admire un volcanisme puissant dans le Maine était impensable, mais nous y sommes arrivés. Nos efforts d'amateurs de géologie démontrent bien que l'on ne voit pas avec ses yeux, mais avec ses neurones. Sans nos neurones, nous aurions été aveugles...

Le remarquable travail des scientifiques de l'Université de Caen, associé aux coupes stratigraphiques réalisées par les carrières dans les massifs d'Écouves et des Coëvrons, fournit un riche ensemble d'informations qui permettent de retracer, avec une bonne précision, l'histoire du paléovolcanisme de cette région.

Remerciements

Les contributeurs à cet article « Stratovolcans d'Alençon », tous membres de la Commission de volcanisme de la SAGA, animée par Dominique

Rossier, qui a visité notamment les carrières de Roupperoux et Voutré, tiennent à remercier vivement celles et ceux qui nous ont accordé leur temps, dispensé leurs connaissances, favorisé un chaleureux accueil et nous ont permis de découvrir cette très attachante région de France qui offre, à qui sait les contempler, des trésors de l'histoire du très puissant et ancien volcanisme du Maine. Nous remercions tout particulièrement :

Thibaut Ménard à la direction des Carrières de Roupperoux ;

Caroline Gaugain et Josselin Lobjois à la direction des Carrières de Voutré ;

Michel Ameline et Isabelle Aubron à la direction du Parc naturel régional Normandie-Maine ;

Bernard Langelier pour ses connaissances intimes de la géologie de la région ;

Dominique Rossier pour, en outre, la riche étude micrographique des roches.

Références bibliographiques

Doré F., Dupret L., Le Gall J., Chalot-Prat F., 1977. Carte géologique de France à 1/50 000, feuille La Ferté-Macé (250). Éditions BRGM, Orléans.

Le Gall J., 1993. Pétrogenèse des magmas andésitiques et ignimbritiques et leur signification dans l'évolution géodynamique cadomienne. Reconstitution des dynamismes éruptifs d'une province paléovolcanique : l'exemple du graben cambrien du Maine (est du Massif Armoricain). Thèse d'État de l'Université de Caen, 370 pages. En ligne sur : <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00655933>

Le Gall J., 1995. Le volcanisme cambrien du graben du Maine (est du Massif armoricain). *Géologie de la France*, n° 3, p. 23-34. En ligne sur :

<http://geolfrance.brgm.fr/volcanisme-cambrien-graben-maine-massif-armoricain-reconstitution-dynamismes-eruptifs>

Maherault R. et Rossier D., 2019. Géologie du Maine et volcanites cambriennes. Compte rendu du voyage de reconnaissance en Maine/Alpes Mancelles des 15 et 16 avril 2019. Consultable sur la partie réservée aux adhérents du site internet de la SAGA.

Plaine J., 2004. Les Chaudrons du Maine. Compte rendu de la sortie de la Société géologique et minéralogique de Bretagne du 25 Avril 2004, animée par Jean Le Gall, Université de Caen.

<https://sgmb.univ-rennes1.fr/12-excursions/46-maine>

Vreken H., 2014. Compte rendu de l'excursion de l'Association vendéenne de Géologie en Anjou Noir, sous la direction de Daniel Pouit : le granite de Bécon-les-Granits ; le minerai de fer du Segréen ; l'ardoise de Renazé, 13 avril 2014.

<http://avg85.fr/sortie-geologique-en-anjou-noir/>

<http://geologie.discip.ac-caen.fr/paleozoi/Carrouges/tectomagma.html>

<https://docplayer.fr/48719630-Histoire-geologique-de-la-region-des-pays-de-la-loire-racontee-a-partir-des-roches-du-jardin-de-roches-du-centre-beautour.html>

<http://www.scotese.com/>

<https://ent2d.ac-bordeaux.fr/disciplines/lithotheque/24-volcanisme-explosif/>

<http://www.fossiliraptor.be/rochesetphenomenesignes3.htm>

PROJET DE GÉOPARC MONDIAL UNESCO NORMANDIE-MAINE

En raison de la qualité des sites et paysages de son territoire, le Parc naturel régional Normandie-Maine s'est engagé, en juin 2018, dans une démarche de candidature pour l'obtention du label *Géoparc Mondial UNESCO*.

Un Géoparc est *un territoire structuré autour d'un ensemble de sites et paysages géologiques en lien avec d'autres sites relevant des patrimoines naturels, culturels, immatériels*.

Les sites géologiques de Normandie-Maine permettent de retracer près de 600 Ma d'histoire qui s'observent dans les roches, affleurements, fossiles et paysages. Ce patrimoine a aussi influencé l'installation des Hommes, l'occupation du sol et la diversité

des patrimoines naturels et culturels. Les sites retenus doivent contribuer à :

- *favoriser l'exploration, le développement et la célébration des liens entre la géologie et les autres aspects des patrimoines (naturel, culturel, immatériel) ;*
- *jouer un rôle pédagogique et d'information du public ;*
- *contribuer au développement local et durable du territoire du Géoparc.*

Deux listes ont été établies, en raison de la valeur scientifique, éducative et touristique des sites et des outils de valorisation déjà présents : 37 sites géologiques et 26 sites additionnels ont été retenus.

Pour en savoir plus sur le projet :

<https://www.parc-naturel-normandie-maine.fr/projet-geoparc.html>

Retrouver la liste des sites géologiques et non géologiques sur :

<https://www.parc-naturel-normandie-maine.fr/sites-geoparc.html>, voir [Géoactus n°4 - Novembre 2019](#).

LA COMMISSION DE VOLCANISME DANS LE MAINE



La Commission de volcanisme dans la carrière de Ruperroux, en plein travail d'étude des dépôts volcano-sédimentaires (Photo Michèle Nawrath).

Saga PARIS

Société Amicale des Géologues Amateurs

Muséum national d'Histoire naturelle

61 rue Buffon. 75005 Paris

Adresse postale : 43 rue Buffon. CP 48. 75005 Paris