

# Les bassins anthracifères de la région de Roanne (Loire, Massif central), marqueurs d'une tectonique active durant le Viséen supérieur \*

*Anthracite basins of the Roanne area  
(Loire, French Massif Central),  
markers of Late Visean deformation*

Jacques BERTAUX (1), Jean-François BECQ-GIRAUDON (2), Hervé JACQUEMIN (3)

Mots-clés : Volcano-sédimentaire, Anthracite, Viséen, Paléogéographie, Graben, Fossé volcano-tectonique, Tectonique synsédimentaire, Loire.

## Résumé

Les « Tufs anthracifères » du nord-est du Massif central constituent un ensemble de formations volcaniques, hypovolcaniques et volcano-sédimentaires dont la disposition résulte du fonctionnement d'un fossé volcano-tectonique durant le Viséen moyen et supérieur.

Le report sur les cartes géologiques récentes des couches d'anthracite cartographiées par M.L. Grüner au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle permet de préciser la paléogéographie et le fonctionnement de ce fossé.

La cohérence des informations issues de deux approches (cartographie de niveaux sédimentaires d'anthracite-synthèse volcano-tectonique) illustre de façon exemplaire la nécessité de rechercher les documents cartographiques anciens contenant des renseignements précis sur des sites géologiques devenus inaccessibles.

## Abstract

The « Tufs anthracifères » in the northeastern Massif Central of France, include volcanic, hypovolcanic and volcano-sedimentary formations resulting from the tectonic activity of a volcanic graben during the Middle and Late Visean.

The plotting of anthracite beds, mapped by Grüner in the middle of the 19th Century, on recent geological maps provided specific information on the palaeogeography and behaviour of the graben.

The consistency of data obtained by two completely distinct approaches (mapping of anthracitic beds and volcano-tectonic synthesis) illustrates the benefit obtained from using ancient geological maps showing field information that is no longer available.

## Introduction

Dans la région de Roanne, des couches d'anthracite ont été exploitées, essentiellement aux XIX<sup>e</sup> et XX<sup>e</sup> siècles, dans les formations volcano-sédimentaires du Viséen supérieur. Elles ont donné leur nom aux « Tufs anthracifères », ensemble de volcanites acides et roches associées présent dans tout le nord-est du Massif central (fig.1). Ces couches ont été très précisément cartographiées par M.L. Grüner (1857) à l'époque des pre-

mières synthèses géologiques régionales, mais cette information ne figure pas sur les documents cartographiques plus récents (Gagny *et al.*, 1988). A l'occasion du réexamen de la collection des échantillons de M.L. Grüner à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, la consultation de ces documents cartographiques a permis une confrontation entre les informations d'ordre tectono-sédimentaire apportées par la présence et la disposition de l'anthracite, et la synthèse volcano-tectonique réalisée sur le « fossé de la Loire » par J.M. Leistel et C. Gagny (1984) et H. Sider *et al.* (1984).

\* Manuscrit reçu le 22 février 1993, accepté définitivement le 24 septembre 1993.

(1) ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération), 72, route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex.

(2) BRGM, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2.

(3) Ecole des Mines de Saint-Etienne, Département Géologie, 158, Cours Fauriel, 42023 Saint-Etienne Cedex 2.



## Extension des volcanites acides carbonifères dans le nord-est du Massif central

Les deux faisceaux dévono-dinantiens du Morvan et de la Loire, dans le nord-est du Massif central français (fig. 1), sont constitués par un ensemble de formations sédimentaires, volcaniques et hypovolcaniques, dont la majeure partie est représentée par la série des « Tufs anthracifères » d'âge viséen supérieur. Cette série reflète l'intense processus magmatique lié à l'épaississement crustal faisant suite à la collision des blocs laurussien et gondwanien entre 380 Ma et 340 Ma (Ledru *et al.*, 1989).

– Dans le Morvan, on distingue une série inférieure dévonienne (calcaires récifaux et diabases à rapporter au Givéto-Frasnien et shales psammitiques à céphalopodes, brèches et tufs d'albitophyres fameniens) surmontée par des roches sédimentaires détritiques à

« faciès culm » (Viséen inférieur et moyen) puis un puissant complexe volcano-sédimentaire (« Tufs anthracifères ») représenté par des laves, tufs et ignimbrites à composition évoluant de trachytes quartzifères à des rhyodacites, voire rhyolites (Carrat, 1969).

Au nord de ce faisceau du Morvan, dans la région de Blismes-Montreuil, une caldeira décakilométrique de forme ellipsoïdale, de grand axe WNW-ESE, est constituée par deux complexes essentiellement volcaniques (brèches, tufs, ignimbrites), et leur cortège de microgranite ; ce volcanisme acide appartient à une vaste association volcano-plutonique régionale, de caractère sub-alcalin potassique, dont l'expression plutonique serait représentée par le massif monzo-granitique de Château-Chinon (Carpena *et al.*, 1984). Des datations palynologiques et des mesures par traces de fission indiquent un âge carbonifère supérieur à permien pour ce volcanisme. Des schistes charbonneux autuniens se déposent dans des petits bassins à l'intérieur de la caldeira.

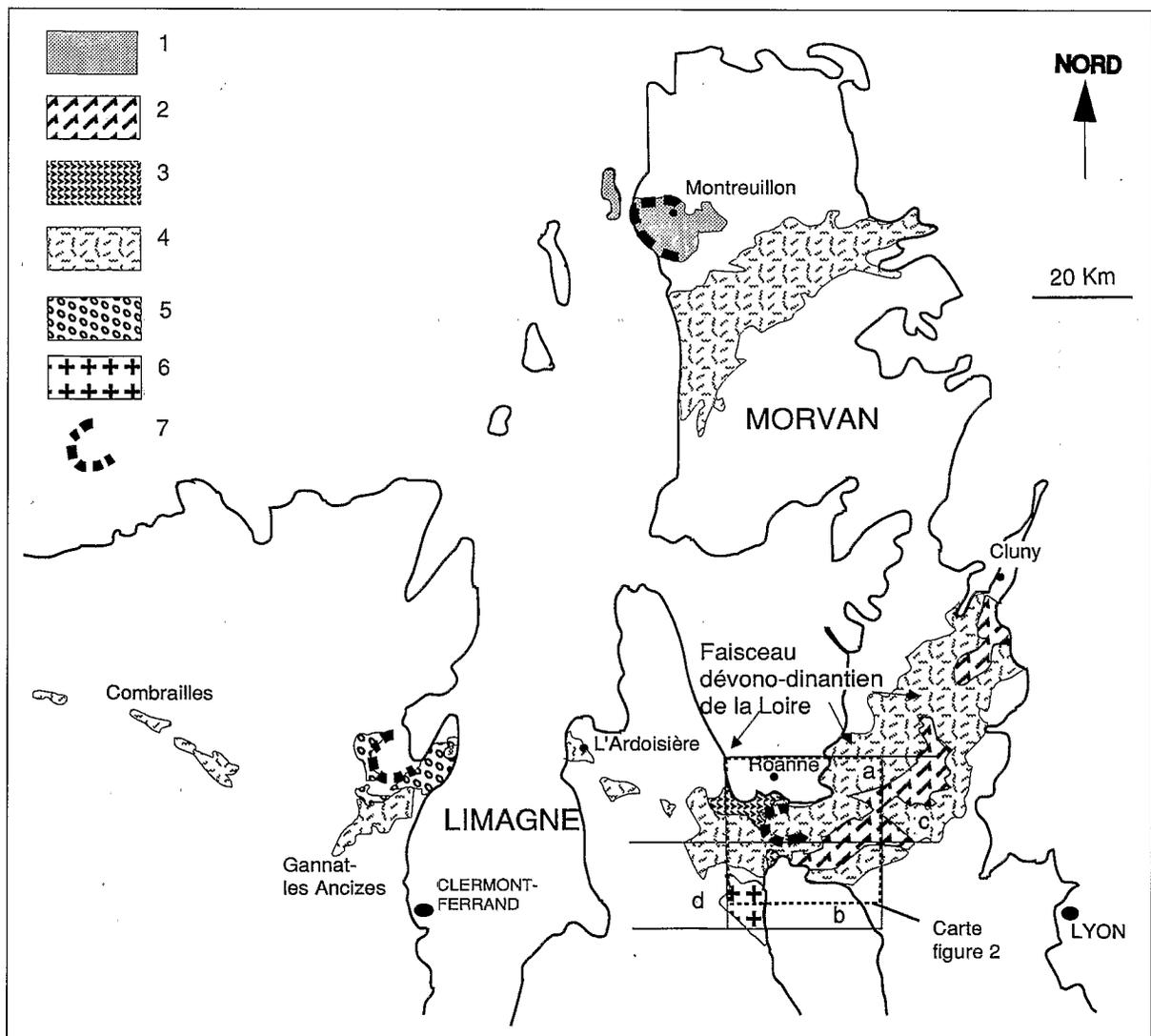


Fig. 1. – Extension des volcanites acides du Viséen supérieur et du Stéphano-Permien.

1 : rhyolite de Montreuillon. 2 : ignimbrite à faciès « Tuf Picard ». 3 : rhyolite de Villerest. 4 : faciès « Tufs anthracifères ». 5 : microgranite de Pouzol-Servant. 6 : granophyre. 7 : structures elliptiques (caldeiras).

Fig. 1. – Extension of Late Viséan and Stephanian Autunian acid lavas.

1: Montreuillon rhyolite; 2: « Tuf picard » ignimbrite; 3: Villerest rhyolite; 4: « Tufs anthracifères » facies; 5: Pouzol-Servant microgranite; 6: granophyre; 7: elliptical structures (caldeiras).

– A l'ouest de la plaine de la Limagne, des lambeaux de « Tufs anthracifères » (laves, tufs et ignimbrites rhyodacitiques) ont été étudiés dans les Combrailles par G. Bazot (1970), et dans la région de Gannat - Les Ancizes par G. Vennat (1982). Dans ce secteur, le massif de microgranite de Pouzol-Servant représente une structure annulaire, d'ordre décakilométrique, de type effondrement en « cauldron », liée à l'émission de pyroclastites : les tufs d'âge viséen supérieur de composition identique au microgranite, qui affleurent au sud et à l'est du massif.

– A l'est de la Limagne, le faisceau dévono-dinantien de la Loire s'étend de l'Ardoisière, au NW, à Cluny au NE, traversant la Montagne Bourbonnaise, le Roannais et le Beaujolais.

C'est dans ce faisceau que M.L. Grüner a décrit les couches d'anthracite de la région de Roanne faisant l'objet de cette note.

## Description du fossé volcano-tectonique de la Loire

Les formations dévono-dinantiennes de ce secteur ont donné lieu à de nombreux travaux dans le cadre du lever des cartes géologiques à 1/50 000 de Roanne (fig. 1, a) (Gagny *et al.*, 1989 a), Feurs (fig. 1, b) (Gagny *et al.*, 1989 b), Noirétable (fig. 1, d) (Didier *et al.*, 1989) et Amplepuis (fig. 1, c) (Sider *et al.*, 1989). Une synthèse a été proposée par J.M. Leistel et C. Gagny (1984) qui ont substitué à la notion de synclinorium de la Loire (Alb. Michel-Levy, 1908) celle de fossé volcano-tectonique : le volcanisme acide des « Tufs anthracifères » occupe un fossé d'orientation N 50° E à N 70° E. Cette structure, d'importance régionale, affecte la croûte, et fait communiquer la zone d'anatexie crustale, génératrice du magmatisme viséen supérieur, avec la surface (Bertaux, 1982).

Ce fossé aurait fonctionné dès le Viséen moyen lors des dépôts de la plate-forme carbonatée marine de Régnay-Montagny, au nord-est de la feuille de Roanne. Au Viséen supérieur, cette plate-forme limitant au nord le fossé était jalonnée par des conglomérats le plus souvent d'origine fluviale.

L'essentiel des formations du fossé volcano-tectonique est d'origine magmatique.

- Les faciès hypovolcaniques sont représentés par :
  - le microgranite porphyrique qui se met en place durant tout le Viséen supérieur (Bertaux et Gagny, 1978). Sur la bordure ouest du fossé, les filons de ce microgranite sont disposés en structures circulaires ou elliptiques (Bertaux, 1979) de grand axe N 70 E.
  - le granophyre de Boën-sur-Lignon, d'âge également viséen supérieur, dont la mise en place se fait dans une structure en caisson d'axe N 70 E située à l'extrémité sud-ouest du fossé.

- Les faciès laviques sont essentiellement représentés par la rhyolite de Villerest qui, à l'ouest du fossé, serait associée aux structures circulaires de microgranite pour constituer un amphithéâtre volcanique (caldeira) (Gagny *et al.*, 1989 a). Au NW de la carte de Feurs (Leistel, 1984), la lave d'Amions (cf. fig. 1 et 2) serait un équivalent, s'épanchant vers l'extérieur, de la caldeira de Roanne.

- Les faciès pyroclastiques se subdivisent en :
  - Tufs communs à la base, qui constituent en fait un

ensemble volcano-sédimentaire avec des brèches, conglomérats, tufs, laves et ignimbrites dénommés « unité de Neaux » sur les feuilles de Roanne et Feurs. Ce sont ces tufs communs qui contiennent les niveaux d'anthracite cartographiés par M.L. Grüner.

- Tuf Picard, faciès d'ignimbrite installé dans une gouttière d'axe N 70 E, suivie depuis les gorges de la Loire au SW jusqu'à Lamure-sur-Azergues au NE (et probablement au-delà), c'est-à-dire sur plus de 40 km sur une largeur moyenne de 4 à 5 km (Leistel, 1984) (fig. 2).

Des arguments géochimiques confirment la parenté du granophyre, du tuf Picard et de la rhyolite de Villerest ; nous sommes en présence d'une trilogie volcano-plutonique, avec des termes hypovolcaniques (granophyre), ignimbritiques (tuf Picard) et laviques (rhyolite de Villerest). On pourrait y ajouter des faciès plutoniques comme les granites du Mayet-de-Montagne et des Bois Noirs, d'âge et de chimisme identiques aux volcanites des tufs anthracifères (Binon et Pin, 1989).

D'un point de vue chronologique, le fossé de la Loire serait le témoin d'une activité précoce dans le cycle varisque (anté-Namurien), et correspondrait à la réponse de la couverture à une tectonique profonde en cisaillement est-ouest (Sider, Leistel et Gagny *in* Leistel, 1984). Dans ce modèle, l'attitude générale de la gouttière ignimbritique suggère son contrôle selon une orientation sub-orthogonale à la direction d'extension générale ; il en va de même pour la structure en caisson du granophyre. Dans le secteur de l'amphithéâtre volcanique, les contraintes liées au bombement magmatique se surimposent aux contraintes régionales précédentes. Le fossé volcano-tectonique fait place à une caldeira dont la morphologie est aujourd'hui soulignée par les filons de microgranite porphyrique.

Le schéma de fossé volcano-tectonique décrit surtout la structuration des formations volcaniques et hypovolcaniques rapportées au Viséen supérieur (série des Tufs anthracifères). Les conditions d'affleurements médiocres n'ont pas permis le suivi et l'interprétation des niveaux de matériel d'origine volcanique repris de façon évidente dans un processus sédimentaire. Or, le réexamen de la cartographie très précise, à l'échelle de 1/15 000, des couches d'anthracites (Grüner, 1857) porte un éclairage nouveau sur le fonctionnement du bassin sédimentaire et la relation de ces niveaux charbonneux avec le volcanisme et la tectonique active contemporains.

## Disposition des couches d'anthracite

La figure 2 donne la disposition des couches d'anthracite, telle qu'elle a été reportée par M.L. Grüner (1857) qui décrit précisément les districts de Combres-Régnay, Charbonnière Lay-le-Désert, Bully-Jœuvres et enfin La Bruère (aujourd'hui la Bruyère) ou Amions. Il faut préciser que les couches d'anthracites étaient alors en exploitation, soit en tranchées soit par puits, et qu'elles étaient visibles à l'affleurement. Aujourd'hui les traces d'anthracite ont presque totalement disparu, et seule la cartographie à 1/15 000 (fig. 3) que M.L. Grüner en a réalisée nous reste comme source d'information, précieuse pour reconstituer la structure des bassins à anthracite du Viséen supérieur.

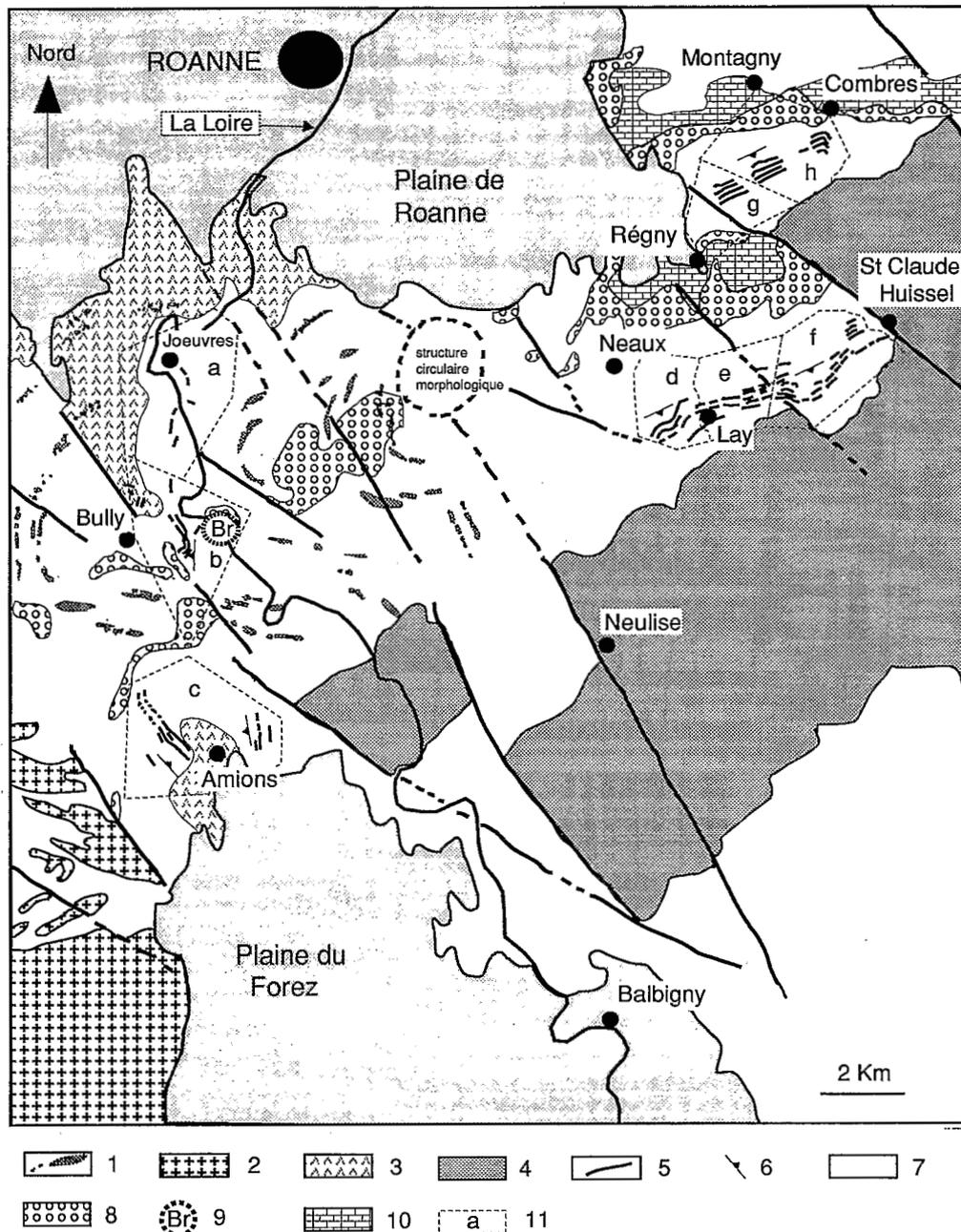


Fig. 2. – Carte géologique de la région de Roanne avec localisation des couches d'anthracite.

1 : filons de microgranite porphyrique. 2 : granophyre. 3 : rhyolite de Villerest et d'Amions. 4 : ignimbrite à faciès « Tuf picard ». 5 : anthracite. 6 : pendage des couches d'anthracite. 7 : terrains viséens, essentiellement « Tufs anthracifères ». 8 : conglomérat. 9 : brèche du pont de Presle. 10 : calcaire de Régny-Montagny. 11 : concessions d'anthracite ; a : Jœuvres ; b : Bully-Fragny ; c : Amions-La Bruyère ; d : Charbonnière ; e : Lay ; f : Le Désert ; g : Régny ; h : Combres.

Fig. 2. – Geological map of the Roanne area, with position of anthracite seams.

1: porphyritic microgranite dykes; 2: granophyre; 3: Villerest and Amions rhyolite; 4: « Tuf picard » ignimbritic facies; 5: anthracite seam; 6: dip of anthracite seam; 7: Visean « Tufs anthracifères »; 8: conglomerate; 9: « pont de Presle » breccia; 10: Régny-Montagny limestone (Middle Visean); 11: anthracite mining leases; a: Jœuvres; b: Bully-Fragny; c: Amions-La Bruyère; d: Charbonnière; e: Lay; f: Le Désert; g: Régny; h: Combres.

Dans la partie nord-est de la carte, les couches des districts de Combres-Régny et Charbonnière-Lay-le Désert, au nombre de quatre, sont régulièrement orientées N 70° E avec un faible pendage vers le sud. Ces couches constituent en fait des lentilles dont l'épaisseur moyenne se situe entre 0,5 et 2 mètres, séparées par des « serrées » plus ou moins importantes (disposition en « chapelets »). Leur disposition est conforme à la structure du fossé volcano-tectonique. Elles sont situées dans

les tufs « communs » (tufs de Neaux), entre une formation gréso-conglomératique fluviale au nord et la gouttière ignimbritique du tuf Picard au sud (fig. 2).

Les deux districts sont situés de part et d'autre d'un accident décrochant senestre orienté N 140° E, la faille de Saint-Claude-Huissel, qui décale vers le nord les couches du district de Combres-Régny. Le jeu de cet accident est à rapporter à une phase tectonique postérieure, qui a provoqué le jeu en décrochement sénestre



des grands accidents subméridiens du Morvan à la Loire (Carpena *et al.*, 1984). Avant le jeu de cet accident, les couches d'antracite de ces deux districts se suivaient en continu sur près de huit kilomètres. On remarque également que les couches sont légèrement déviées au passage de failles de même direction mais à jeu plus modeste.

A l'ouest, les couches d'antracite ont une disposition différente, avec une orientation qui, du nord au sud, varie de N 20 E à N-S, puis N 150 E (districts de Jœuvres, Bully-Fragny et la Bruyère). On constate également, aussi bien vers Bully-Fragny que vers Amions, la proximité des couches d'antracites avec les laves émises en bordure de la caldeira (laves de Villerest ou d'Amions) (*cf.* fig. 1 et 2).

## Discussion

Le report de la cartographie des couches d'antracite (Grüner, 1857) sur un fond géologique moderne permet de préciser la paléogéographie du bassin viséen et ses relations avec les émissions volcaniques contemporaines.

A l'est du bassin, les niveaux à anthracite représentent la zone distale fluvio-palustre qui succède, vers le sud, aux conglomérats fluviatiles représentant la sédimentation grossière issue du démantèlement des reliefs situés au nord (fig. 2 et 4).

La disparition, vers l'est et l'ouest, de la sédimentation palustre au profit de sédiments stériles fluviatiles, pourrait témoigner de l'existence de distributeurs cou-

lant nord-sud vers un axe de drainage situé au centre du fossé et dont les directions d'écoulement restent inconnues. Les « Tufs de Neaux » qui renferment les couches d'antracite sont essentiellement des dépôts volcano-sédimentaires résultant du remaniement et la resédimentation de roches d'origine volcanique, pénécontemporaines du fossé. Les conditions d'affleurement très médiocres ne permettent pas de rassembler un nombre suffisant de données pour reconstituer de façon satisfaisante l'évolution interne du bassin (Bertaux et Rubiello, 1981).

Dans la zone occidentale (secteurs de Bully-Fragny, Jœuvres et d'Amions-La Bruyère), la disposition et les variations des niveaux d'antracite sont plutôt conditionnées par la morphologie de la caldeira ainsi qu'en témoignent leurs orientations variables (fig. 2 et 3). A ces couches anthraciteuses correspondaient des zones basses, palustres, ceinturant l'édifice volcanique et où s'accumulaient les restes d'une végétation croissant sur les flancs mêmes du volcan. Dans ce contexte, la brèche du pont de Presle affleurant à proximité, serait bien d'origine volcanique, ce qui est cohérent avec sa position au cœur de la caldeira ; elle est surmontée par des conglomérats fluviatiles, à clastes de carbonates, qui passent latéralement au faciès commun des tufs de Neaux selon le dispositif décrit précédemment.

Du point de vue de la dynamique synsédimentaire, les dépôts d'antracite semblent correspondre à deux dynamiques distinctes mais voisines par leurs causes (fig. 4) : à l'ouest, c'est la subsidence liée à l'activité de la caldeira qui est responsable des dépôts de charbon tan-

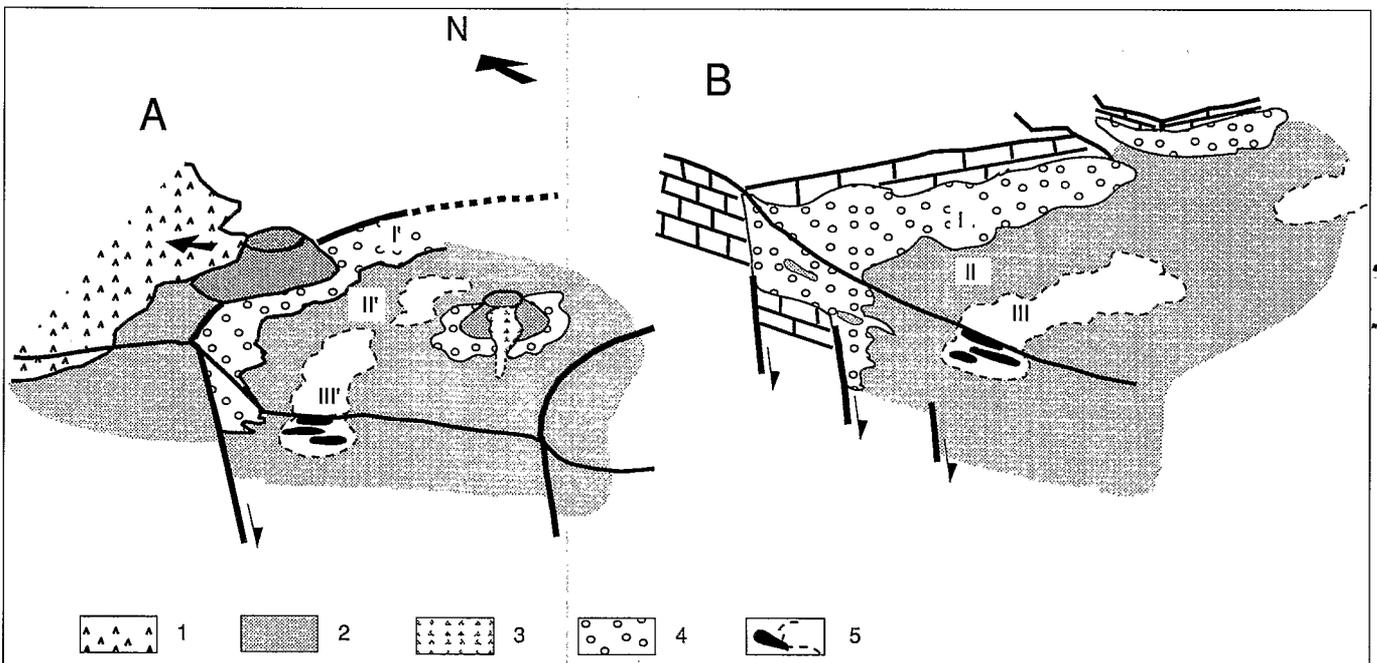


Fig. 4. – Schéma synthétique du bassin anthracifère de Roanne au Viséen supérieur.

A : secteur ouest, anthracite dans la caldeira. B : secteur est, anthracite en couches allongées selon la direction du fossé. 1 : rhyolite de Villerest. 2 : Tufs de Neaux (« Tufs anthracifères »). 3 : « pont de Presle » breccia; 4 : conglomérat. 5 : palustrine zone, with coal deposit (anthracite); I : proximal area (predominantly torrential alluvial fans); II : medial zone (fluviatile); III : distal zone (palustrine). I', II', III' : equivalent zonation within the caldeira.

Fig. 4. – Outline of the Roanne anthracite basin during Late Viséan time.

A: western area, anthracite in the caldeira.

B: eastern area, anthracite in the half-graben.

1: Villerest rhyolite; 2: Neaux Tufs (« Tufs anthracifères »); 3: « pont de Presle » breccia; 4: conglomerate; 5: palustrine zone, with coal deposit (anthracite); I: proximal area (predominantly torrential alluvial fans); II: medial zone (fluviatile); III: distal zone (palustrine). I', II', III': equivalent zonation within the caldeira.

dis qu'à l'est l'allongement de direction N 70° E des couches de charbon est en accord avec un jeu normal en demi-graben de même direction.

Les conclusions qui peuvent se déduire de l'évolution du fossé à partir de la simple cartographie des couches de charbon sont cohérentes avec l'interprétation issue de l'étude des formations magmatiques : les deux types de formations rendent compte du fonctionnement d'un fossé volcano-tectonique de direction N 70° E et limité au sud-ouest par une caldeira de dimension décakilométrique : ce type d'environnement tectonosédimentaire, fortement marqué par un volcanisme actif, semble avoir été une caractéristique du nord-est du Massif central au Paléozoïque supérieur puisque deux caldeiras d'âge viséen supérieur sont connues dans la région (Roanne et Pouzol-Servant) auxquelles il faut associer, à partir du Stéphanien, la caldeira de Montreuillon (fig. 1).

## Conclusion

Les informations issues de la cartographie des couches d'antracite réalisée par M.L. Gruner dans les années 1840-1850, ont été intégrées sans problèmes dans le schéma évolutif du fossé volcano-tectonique de la Loire tel qu'il a été proposé récemment (Leistel et Gagny, 1984) :

- A l'ouest du bassin, la sédimentation houillère est sous le contrôle direct de l'évolution morpho-tectonique de la caldeira de Bully-Amions.

- A l'est du bassin, les couches de charbon, qui s'allongent selon la direction du fossé, permettent de définir une zone fluvio-palustre, distale par rapport aux bordures du fossé tectonique, qui succède, latéralement, à une zone fluvio-torrentielle bordière où dominent les cônes alluviaux proximaux issus des reliefs de bordure du fossé. Les tufs de Neaux sont donc des dépôts sédimentaires fluviaux dans lesquels la composante volcanique, résultant du remaniement de volcanites pénécemporaines, reste très importante.

## Références bibliographiques

BAZOT G. (1970). - L'association magmatique dinantienne des Combrailles dans le Nord du Massif central français. La couverture oligocène et ressources thermales et minérales. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Fac. Sci. Clermont-Ferrand, 178 p.

BECC-GIRAUDON J.-F., VAN DEN DRIESSCHE J. (1993). - Continuité de la sédimentation entre le Stéphanien et l'Autunien dans le bassin de Graissenac - Lodève (sud du Massif central) : implications tectoniques. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **317**, (III), pp. 939-945.

BERTAUX J. (1979). - Deux structures « circulaires » emboîtées de microgranites de nature et d'âge différents dans le Paléozoïque supérieur de la région de Roanne (Loire). *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **288**, (D), pp. 1643-1646.

BERTAUX J. (1982). - Origine métamorphique des grenats des volcanites acides d'âge viséen supérieur dans le Nord-Est du Massif central français. *Bull. Soc. fr. Minéral.*, **105**, pp. 212-222.

BERTAUX J., GAGNY Cl. (1978). - Apport de la pétrologie structurale à l'étude de filons de microgranite intrusifs dans les Tufs anthracifères (Viséen de la région de Roanne, Loire). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **20**, n° 6, pp. 883-887.

Il existe, dans le fossé viséen supérieur de la Loire, trois domaines s'allongeant parallèlement à l'axe du fossé et passant latéralement de l'un à l'autre, du nord au sud ; ils reflètent des distances de plus en plus importantes par rapport à la bordure nord. Cette disposition, et l'absence de contact faillé entre les calcaires marins du Viséen moyen et les conglomérats fluviaux du Viséen supérieur, suggèrent un dispositif évoluant en demi-graben sous l'effet de failles à jeu normal situées vers le sud, failles actives pendant la sédimentation. Ce processus traduirait un régime tectonique en extension comparable à celui qui présidera à l'ouverture des bassins stéphano-autuniens, sous l'effet de l'effondrement gravitaire de la croûte hercynienne épaissie (Faure et Becq-Giraudon, 1993 ; Becq-Giraudon et Van Den Driessche, 1993).

En utilisant des données anciennes, obtenues à une époque où de grands chantiers d'aménagement et de nombreuses exploitations locales ont permis une moisson abondante d'observations sur la géologie régionale, la connaissance du fonctionnement du fossé a pu être améliorée en y incluant les processus sédimentaires qui étaient à l'oeuvre et en précisant la paléogéographie du graben au Viséen supérieur. Cet exemple montre tout l'intérêt pour la connaissance géologique régionale de l'utilisation des anciens travaux cartographiques basés sur des affleurements (le plus souvent liés à l'activité humaine) aujourd'hui entièrement disparus.

## Remerciements

Les auteurs remercient Jean-Luc Bouchardon (Ecole des Mines de Saint-Etienne) pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et ses suggestions lors de la rédaction du manuscrit, et les relecteurs anonymes qui ont contribué à son amélioration. Cette publication est la contribution scientifique n° 93061 du BRGM.

BERTAUX J., RUBIELLO M.F. (1981). - Cartographie de la feuille géologique de Roanne au 1/50 000. Pétrologie, géochimie et pétrologie structurale du magmatisme du Viséen supérieur. Essai de synthèse régionale. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Nancy I, 313 p.

BINON M., PIN C. (1989). - Géochronologie Rb-Sr et U-Pb des granites du Mayet-de-Montagne et des Bois Noirs, Montagne bourbonnaise (Massif central). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1989, (8), **5**, n° 4, pp. 695-703.

CARPENA J., DOUBINGER J., GUERIN R., JUTEAU J., MONNIER M. (1984). - Le volcanisme acide de l'Ouest-Morvan dans son cadre géologique : caractérisation géochimique, structurale et chronologique de mise en place. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **26**, n° 5, pp. 839-859.

CARRAT H. G. (1969). - Evolution de la granitisation et du volcanisme dans le Morvan. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **11**, pp. 574-587.

DIDIER J., BARBARIN B., GAGNY Cl, LEISTEL J.M., KERRIEN Y. (1989) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Noirétable (695) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 72 p. Carte géologique par J.M. Leistel, Cl. Gagny, B. Barbarin, M. Jeanbrun, C. Pellaton, J. Delfour (1988).

- FAURE M., BECQ-GIRAUDON J.F. (1993). – Sur la succession des épisodes extensifs au cours du désépaissement carbonifère du Massif central français. *C. R. Acad. Sci. Fr.*, **316**, (II), pp. 967-973.
- GAGNY Cl., BERTAUX J., RUBIELLO M.F., BOUILLER R. (1988). – Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Roanne (672) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières. Notice explicative par Cl. Gagny, R. Bouiller, Y. Kerrien (1989), 81 p.
- GAGNY Cl., BOUILLER R., KERRIEN Y. (1989 a). – Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Roanne (672) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 81 p. Carte géologique par Cl. Gagny, J. Bertaux, M.F. Rubiello, R. Bouiller (1988).
- GAGNY Cl., LEISTEL J.M., SIDER H., BOUILLER R., KERRIEN Y. (1989 b). – Notice explicative, Carte géologique de la France (1/50 000), feuille Feurs (696) - Orléans : Bureau de recherches géologiques et minières, 59 p. Carte géologique par Cl. Gagny, J.M. Leistel, H. Sider, R. Bouiller (1989).
- GRÜNER M.L. (1857). – Description géologique et minéralogique du département de la Loire. Imprimerie impériale, Paris, 1 vol.
- LEDRU P., LARDEAUX J. M., SANTALLIER D., AUTRAN A., QUENARDEL J.M., FLOCH J.P., LEROUGE G., MAILLET N., MARCHAND J., PLOQUIN A. (1989). – Où sont les nappes dans le Massif central français ? *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **5**, n° 3, pp. 605-618.
- LEISTEL J.M. (1984). – Evolution d'un segment de la chaîne hercynienne dans le Nord-Est du Massif central français - Le fossé volcano-tectonique de la Loire. Thèse doctorat (nouvelle formule), Université de Nancy I, 315 p.
- LEISTEL J.M., GAGNY Cl. (1984). – Mise en évidence d'une fosse volcano-tectonique au Viséen supérieur dans le Nord-Est du Massif central français. *Rev. Géol. dynam. Géogr. phys.*, **25**, n° 1, pp. 19-31.
- MICHEL-LEVY Alb. (1908). – Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 120, **18**, pp. 193-490.
- SIDER H., LEISTEL J.M., GAGNY Cl. (1984). – Evolution structurale d'un fossé volcano-tectonique carbonifère. L'exemple du fossé de la Loire (faisceau hercynien de la Loire, NE du Massif central français). in Leistel, 1984.
- SIDER H., GAGNY C., KERRIEN Y., MOUTERDE R., FLEURY R. (1989). – Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Amplepuis (673) - Orléans ; Bureau de recherches géologiques et minières, 81 p. Carte géologique par H. Sider, Cl. Gagny, R. Mouterde, J.L. Parel, A. Guyou, Y. Kerrien, R. Fleury (1988)
- VENNAT G. (1982). – Un exemple de relation volcanisme-plutonisme : chronologie, pétrologie, dynamisme d'un complexe volcano-plutonique dans la région de Gannat-Les Ancizes (Massif central français). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Clermont-Ferrand, 155 p.