PRÉSIDENCE DU CONSEIL

COMMISSARIAT A
L'ÉNERGIE ATOMIQUE

LES GITES D'URANIUM DU NORD-LIMOUSIN

par

Jean A. SARCIA et Jacqueline A. SARCIA

Rapport CEA n° **890**

1958

CENTRE D'ÉTUDES
NUCLÉAIRES DE SACLAY
SERVICE DE DOCUMENTATION
Boîte postale n° 2 - Gif-sur-Yvette (S.-et-O.)

SARCIA Jean A., SARCIA Jacqueline A.

Rapport CEA n° 890.

Les gites d'uranium du Nord-Limousin.

Sommaire. — Les auteurs replacent rapidement la région dans son cadre géographique et géologique.

Ils décrivent les principales caractéristiques pétrographiques, métallogéniques et tectoniques du secteur étudié par le Commissariat à l'Energie atomique depuis 1947, en insistant sur le mode de gisement des minéralisations uranifères.

Ces quelques pages sont destinées à la présentation générale des études de détail qui suivront, dont celle qui concerne la Mine Henriette est la première publiée.

1958 66 pages

SARCIA Jean A., SARCIA Jacqueline A.

Report CEA n° 890.

Uranium deposits in the Nord-Limousin.

Summary. — The authors briefly consider the region in its geographical and geological setting.

They describe the main petrographic, metallogenic and tectonic characteristics of the sector investigated by the Atomic Energy Commission since 1947, stressing the form of uraniferous mineral deposits.

This short account is intended as a general presentation of the detailed studies which will follow, of which that dealing with the mine Henriette is the first to be published.

1958 66 pages

Jean A. SARCIA et Jacqueline A. SARCIA

LES GITES D'URANIUM DU NORD-LIMOUSIN

I. - Caractéristiques générales de la province uranifère du Nord-Limousin

SCIENCES DE LA TERRE, Tome IV (1956), nos 3-4, pages 251 à 306, 12 fig., 4 pl. h.-t.
NANCY, 1958

LES GITES D'URANIUM DU NORD-LIMOUSIN

I. - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PROVINCE URANIFÈRE DU NORD-LIMOUSIN

par JEAN A. SARCIA et JACQUELINE A. SARCIA

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ. 241
INTRODUCTION. 241
GÉOGRAPHIE. 243
GÉOLOGIE. 244
Caractéristiques structurales 244
Pétrographie. 247
Minéralisations. 249

ILLUSTRATIONS

FIG. 1. — Schéma structural de l'Ouest du Massif Central. 242
2. — Gisements d'uranium du Limousin 246
3. — Succession schématique des dépôts dans un filon idéal du type nord-limousin 250

RÉSUMÉ

Les auteurs replacent rapidement la région dans son cadre géographique et géologique.

Ils décrivent les principales caractéristiques pétrographiques, métallogéniques et tectoniques du secteur étudié par le Commissariat à l'Energie Atomique depuis 1947, en insistant sur le mode de gisement des minéralisations uranifères.

Ces quelques pages sont destinées à la présentation générale des études de détail qui suivront, dont celle qui concerne la Mine Henriette est la première publiée (1).

INTRODUCTION

On distingue du point de vue historique :

— le Bas-Limousin : l'actuel département de la Corrèze ;
— le Haut-Limousin : l'actuel département de la Haute-Vienne ;
— la Marche : l'actuel département de la Creuse.

(1) Jean A. SARCIA et Jacqueline A. SARCIA. — Les gîtes d'uranium du Nord Limousin. II. — La mine Henriette. *Sciences de la Terre*, Nancy, 1958, t. IV, nos 3-4, pages 251 à 306, 12 fig., 4 pl. h.-t.

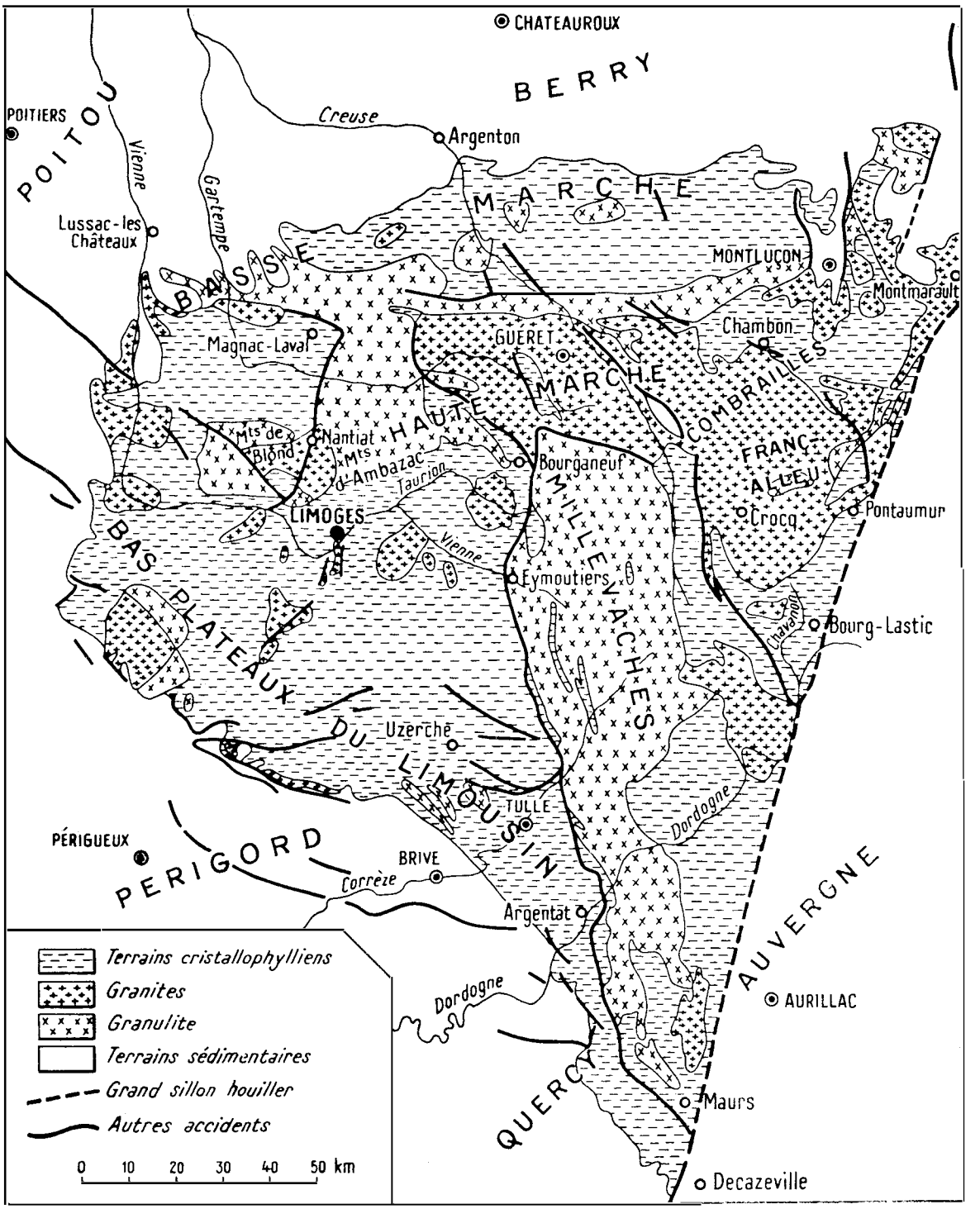


FIG. 1. — Schéma structural de l'Ouest du Massif Central.

Du point de vue géologique et géographique (fig. 1), ces notions s'effacent devant l'unité de toute la partie nord-ouest du Massif Central : c'est le Limousin *s.l.,* limité à l'Est par un accident géologique ancien, le grand sillon houiller, qui sépare l'Auvergne volcanique du Limousin cristallin. Vers le Nord, cette limite, jalonnée par les villes de Montmarault et Pontaumur, est plus discutable, car elle rattacherait au Limousin deux régions de transition, les Combrailles et le Franc-Alleu, à l'Est d'une frontière généralement admise : la vallée supérieure de la Creuse. Sans envisager ces nuances, *nous tiendrons pour Limousin le bloc cristallin et cristallophyllien situé à l'Ouest du grand sillon houiller, et limité d'autre part par les terrains sédimentaires secondaires et tertiaires* du Berry, du Poitou, du Périgord et du Quercy (1).

Nous y distinguerons, en gros, deux masses essentiellement cristallines, d'altitude moyenne relativement élevée :

— la *Haute-Marche,* ou plateau de Guéret (600 m), orientée E-W ;
— le *plateau de Millevaches s.l.* (800 m) (2) orienté N-S.

A leurs confins s'avancent en promontoire les *monts de Saint-Goussaud,* d'*Ambazac* et de *Blond,* d'altitude moyenne décroissante d'Est en Ouest.

Des bas-plateaux (300 m) essentiellement cristallophylliens s'étagent entre ces hautes terres et le sédimentaire : ce sont ceux de la *Basse-Marche,* au Nord et au Nord-Ouest, et du *Limousin occidental,* vers Limoges, Uzerche et Tulle.

Les permis du Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.) (Division minière de la Crouzille), couvrent et débordent vers l'Ouest les Monts d'Ambazac (permis sud), et le Sud-Est de la Basse-Marche (permis nord). Ils sont donc situés au centre de ce que nous appelons la « Province uranifère du Nord-Limousin ».

GEOGRAPHIE

Les Monts d'Ambazac s'élèvent, entre Thaurion et Gartempe, en un massif en croissant ouvert à l'Ouest ; la courbe altimétrique de 440 m les définit assez exactement; le point culminant est à 701 m d'altitude (Puy de Sauvagnat) ; l'abrupt nord-est, sur la Gartempe, est le plus accusé ; sur le Thaurion la rupture de pente est également brutale, mais bien en avant des monts, à la courbe de 360 m environ.

A l'Est, un isthme étroit les rattachent aux Monts de Saint-Goussaud, et par eux à la Haute-Marche.

Vers l'Ouest, les affluents de la Gartempe et de la Vienne coulent dans de larges vallées marécageuses, sur d'anciennes langues glaciaires.

---

(1) Carte géologique de la France au 1/1.000.000e, 4e éd., 1955. — Carte géologique de la France au 1/320.000e, feuille de Clermont, 1935.

(2) La « Montagne Limousine », comprenant du Nord au Sud, les plateaux de Feniers, Gentioux, Millevaches *s.s.* (Voir A. PERPILLOU. — Le Limousin. Etude de géographie physique régionale. Impr. Durand, Chartres, 1940, 238 p., 16 pl. dont 3 cartes h.-t.).

L'étude des profils en long des cours d'eau montre l'existence de plusieurs reprises successives de l'érosion ; les vallées supérieures sont étroites et profondes, et souvent en gradins.

Au Nord, passé la Gartempe, s'étagent vers l'Ouest et le Nord les molles ondulations de la Basse-Marche, qui font transition entre les Hauts-Plateaux de Guéret, le Berry et le Poitou.

GEOLOGIE

CARACTERISTIQUES STRUCTURALES (1)

Issue de la confluence des chaînes hercyniennes de la Marche et de Millevaches, le « complexe granulitique de la Haute-Vienne » constitue notamment les Monts de Saint-Goussaud, d'Ambazac et de Blond. Son contact avec le granite de la Haute-Marche se situe au Nord-Est et à l'Est des Monts d'Ambazac, dans les régions de la Souterraine et de Bénévent-l'Abbaye. Ailleurs, il sort des gneiss et micaschistes à deux micas, coupés d'amphibolites ou des granites à biotite syncinématiques hercyniens.

A l'Ouest d'Ambazac s'y juxtapose un granite porphyroïde sans doute récent, mais difficile à dater avec certitude.

Synchrone en gros au paroxysme hercynien et conforme aux gneiss, avec une orientation voisine de la méridienne passant au Nord-Ouest lorsqu'on va vers le Nord, la granulite a dû poursuivre assez tardivement une évolution alcaline qui a oblitéré les contacts des feuillets originaux : dans le Sud et l'Est des Monts d'Ambazac notamment, elle est franchement discordante.

Le complexe granulitique est affecté par un certain nombre d'importants accidents hercyniens tardifs.

Le prolongement nord de la *dislocation d'Argentat* s'y manifeste par de puissantes zones de mylonites ; sa branche nord accuse un moment la limite entre la granulite et le complexe granite gneiss du plateau de Guéret, qui appartiendrait à un môle résistant ancien : le bloc arverno-vosgien (2).

Sa branche principale NW, puis WNW, traverse les bas-plateaux marchois au Nord de la Gartempe (Fromental, Varnac), en direction de l'accident qui limite la granulite de la Marche au Nord de Magnac Laval ; en fait, elle se double de tout une série de bandes mylonitiques parallèles, plus ou moins continues, plus ou moins importantes,

---

(1) — Voir notamment : Carte géologique de la France au 1/80.000e - feuille de Guéret, 1906.
— E. RAGUIN. — Contribution à l'étude de la tectonique dans la région Ouest du Massif Central français. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, Paris, 1927, t. XXX, n° 164, pp. 1-57, 1 carte h.-t.
— E. RAGUIN. — Problèmes tectoniques dans les terrains cristallins du centre de la France. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 1930, 4e sér., t. 30, pp. 51-76.
— L. DE LAUNAY. — La zone granulitique de Millevaches. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, Paris, 1932, t. XXXV, n° 183, pp. 1-73, 1 carte.
— J. JUNG. — Zonéographie et âge des formations cristallophylliennes des massifs hercyniens français. *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 1953, 6e sér., t. 3, pp. 329-343 (bibliographie).
— F. KERVELLA. — Rapport inédit. *C.E.A.*, 1952.
— Levés des géologues et prospecteurs du C.E.A., 1948 - 1956.

(2) J. JUNG, *Op. cit.*

vers le système bordier nord de la Marche. Une zone mylonitique du même type passe au pied de l'abrupt nord des Monts d'Ambazac. Tous nos gisements se situent, du Sud au Nord, dans des dislocations de même direction.

L'*accident de Nantiat* (SSW-NNE), jalonné lui aussi par des mylonites, est sans doute moins important ; il oblitère le contact occidental de la granulite dans les gneiss et granites congénères, et sépare les Monts d'Ambazac de ceux de Blond qui leur sont à tous points de vue comparables.

Ces accidents seraient du type « écailles », orientées SW-NE : les observations faites dans les travaux miniers (1) confirment ce point de vue.

Les systèmes filoniens qui recoupent la granulite sont nombreux et importants. Ce sont :

— des lentilles de *pegmatites potassiques* à béryl et apatite, de mieux en mieux différenciées du Nord au Sud ; elles s'alignent grossièrement suivant la direction. N-S (Bessines, Chanteloube) ;

— des filons de *pegmatite sodolothique* de direction dominante SW-NE (La Chèze en Ambazac) ;

— des *microgranites* et des *lamprophyres,* de même direction, SW-NE en moyenne ;

— des *filons quartzeux, sulfurés, aurifères* (Beaune les Mines, Laurière, Maraillas...) ou *wolframifères* (Népoulas, Bersac...) ;

— des *filons uranifères,* à calcédoine et fluorine accessoires ;

— des *filons quartzeux « enfumés »*, à fluorine, apparemment les derniers de tous; ils sont rares ; on n'en connaît guère qu'au voisinage de la branche occidentale principale de la dislocation d'Argentat (Morterolles).

Ces deux derniers types de filons s'orientent essentiellement de NW à WNW.

On peut immédiatement remarquer que les accidents affectant la granulite se groupent en trois familles :

— N-S pour tout ce qui est simple différenciation dans celle-ci ; direction primordiale du massif lui-même, des enclaves structurales (granite à grain fin), des différenciations précoces et des poches de pegmatites potassiques (voir plus loin) ;

— SW-NE pour les pegmatites sodolithiques, et pour de grandes cassures ouvertes, aussitôt comblées par les microgranites et les lamprophyres ;

— SE-NW à ESE-WNW pour les mylonites, brèches et cassures connexes, minéralisées, dans certaines conditions, en uranium.

Il est certain que les efforts tectoniques dont résultent ces accidents ont dû se reproduire en s'atténuant à plusieurs reprises dans le temps : il existe ainsi des failles N-S (faille du puits P2 de la mine Henriette), relativement tardives, non minéralisées,

---

(1) Voir : J. et J. SARCIA. — Les gîtes d'uranium du Nord-Limousin. II. — La mine Henriette. *Sciences de la Terre,* Nancy, 1958, t. IV, nos 3-4, pages 251 à 306, 12 fig., 4 pl. h.-t.

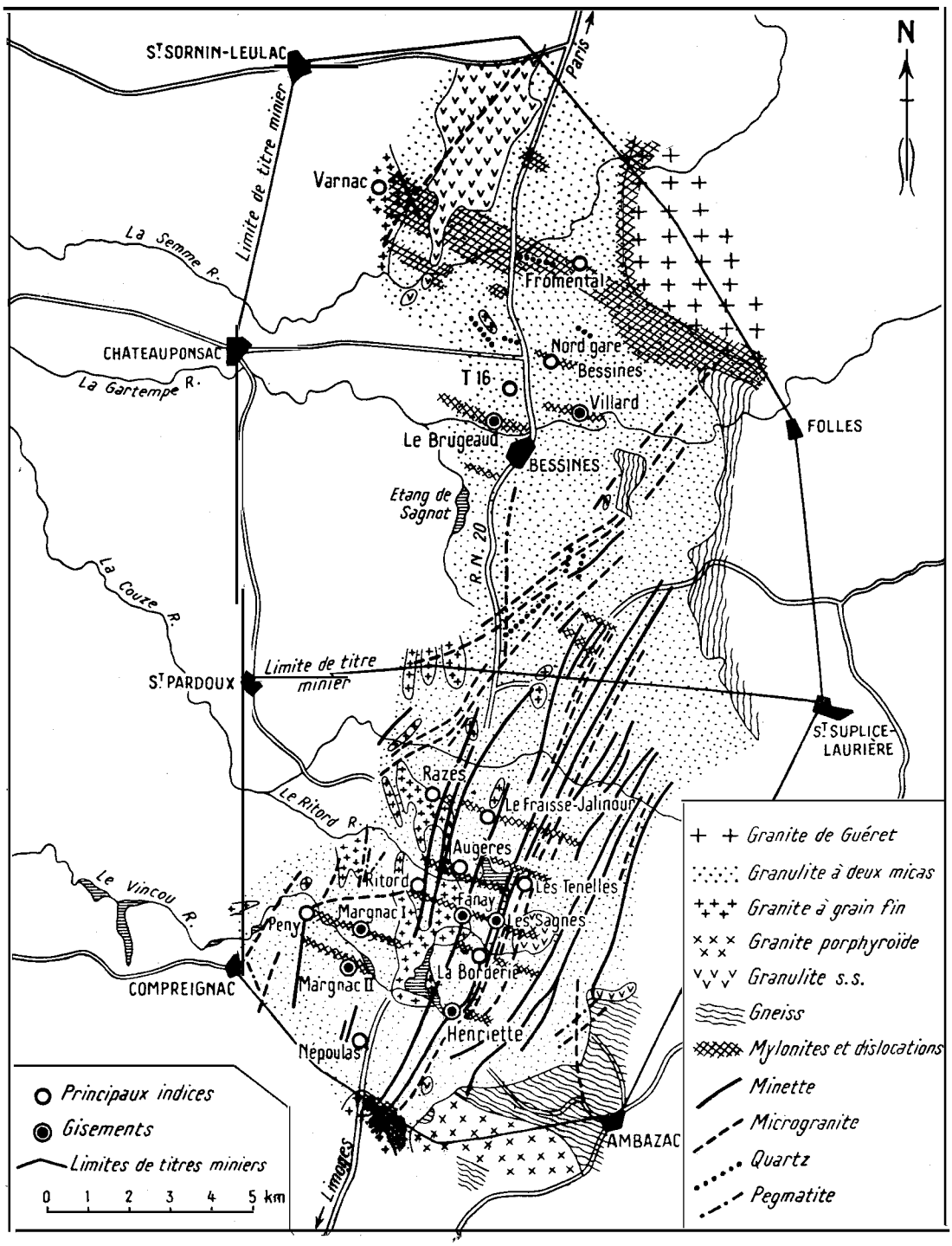


FIG. 2. — Gisements d'uranium du Limousin.

résultant d'efforts complexes auxquels correspondent des accidents principaux SE-NW. Ces failles N-S prennent de l'importance dans la région de la Gartempe (gisement de Brugeaud).

La plupart de ces accidents semblent se coucher en profondeur.

PETROGRAPHIE

Le complexe granulitique comporte différents faciès que nous allons décrire rapidement.

La *granulite à deux micas,* grain moyen (gisements de Brugeaud et des Sagnes) à gros (Augères, Margnac). C'est, d'après l'analyse, un « granite alcalin leucocrate », relativement sodique ($Na_2O/K_2O \geqslant 0,6$), auquel nous préférerons laisser son nom traditionnel de granulite, car ses affinités sont certaines avec la granulite hololeucocrate typique (Saint-Sylvestre) qui s'y différencie en amas, petits massifs, lentilles ou filons et pour laquelle le rapport des alcalins est encore supérieur : $Na_2O/K_2O \geqslant 0,8$.

La granulite à deux micas est ainsi caractérisée par la pertithisation et l'albitisation de microcline, et le développement de micas blancs, puis verdâtres, aux dépens de la biotite et des feldspaths. Texture atypique : le quartz y est quelconque, souvent d'ailleurs recristallisé en plages lenticulaires, qui confèrent parfois à la roche une vague orientation, accusée par l'allongement des feldspaths (Margnac).

Le faciès *granite à grain fin,* avec deux micas (type gisement de Fanay), nettement plus calcique et ferrique que la granulite, est fréquent vers le contact sud-occidental du massif (Népoulas), ou dans la région de Fanay, en longues traînées N-S ; il doit être considéré comme résultant de la granulitisation incomplète d'enclaves structurales gneissiques, conformes à l'allure générale du massif. Au Nord de la Gartempe, ces enclaves sont moins homogénéisées et présentent un faciès de migmatites de contact, bien observable aux environs de la mine des Brugeauds.

Ce granite donne souvent lieu à des concentrations uranifères primaires (Brugeaud Ouest) ou secondaires (Népoulas) ; même lorsque ce n'est pas le cas, sa radioactivité d'ensemble est toujours, à recouvrement égal, deux ou trois fois plus élevée que celle de la granulite, car ses biotites sont bourrées d'inclusions radioactives.

Autre différenciation dans le complexe granulitique : la *syénite* alcaline ($Na_2O/K_2O \geqslant 1$), quartzifère et micacée aux contacts, à peu près uniquement feldspathique (microcline-perthite et albite) au centre des amas, avec concentration secondaire des ferromagnésiens sous formes de petites lamelles de biotite néoformée et de chlorite, accompagnées de zircons et rutiles, dans les vides interfeldspathiques. Son grain correspond à celui de la granulite encaissante. Cette roche semble due à un « lessivage » sodique de la granulite (d'où disparition du quartz), dans des zones disloquées, vers la fin de la pétrogénèse (1). Les amas syénitiques s'allongent grossièrement suivant la direction NE-SW comme les pegmatites sodolithiques dont on est tenté de les rapprocher. Ils ne sont

(1) Voir notamment : — A.E. FERSMANN. Les pegmatites. Traduction sous la direction de J. Thoreau et R. du Trieu de Terdonck, Louvain, 1951.
— R.N. GATES et R.C. EMMONS. Selected petrogenetic relationships of plagioclase. *Geol. Soc. Amer.*, New-York, 1953, Memoir 52.

pas cartographiables à l'échelle de la figure 2. On n'en connaît actuellement que dans la région sud et sud-ouest des Monts d'Ambazac, à Margnac, Ritord, Fanay, aux Tenelles, et même à la mine Henriette (niveau 302).

Elles jouent un rôle dans le dépôt des minéralisations uranifères primaires et secondaires.

On distingue deux types extrêmes de *pegmatites,* les unes *typiquement potassiques, à béryl, en imprégnation* (faciès granite pegmatitoïde de Brugeaud), *différenciations et poches lenticulaires* (Bessines), d'orientation globale N-S dans la granulite, souvent accompagnées d'amas à biotite, muscovite, apatite et zircon très radioactifs (roche de Montcocu) ; les autres *typiquement sodolithiques,* à lépidolite, *en filons* généralement SW-NE, à cheval sur les contacts gneiss-granulite (La Chèze) ou granite porphyroïde-granulite (Royère).

Tous les types intermédiaires existent du Nord au Sud, notamment dans la célèbre série des pegmatites de Chanteloube (N.20) et de Chabannes. Le lithium, toutefois, y apparaît surtout sous forme de phosphates complexes (triphyllite, amblygonite) vers le cœur de la pegmatite, alors qu'il abonde sous forme de lépidolite dans les pegmatites du Sud du massif où la topaze l'accompagne, le béryl étant rare, voire absent.

Il y a une incontestable parenté entre ces pegmatites sodolithiques filoniennes et les amas ou lentilles de *granulite hololeucocrate* ou *aplite,* qui se différencient dans la masse granulitique à deux micas des monts d'Ambazac, mais présentent un faciès nettement intrusif dans la Basse Marche.

Il y a peu à dire des *microgranites ;* ils ont la même composition chimique moyenne que la granulite. Texture atypique, variant du « pétrosilex » à l'éponte, au granite micropegmatitique ou finement grenu au cœur des filons puissants. Le mica blanc n'y est jamais exprimé que sous forme de paillettes verdâtres, épigénétiques des feldspaths et de la biotite qui n'est jamais intacte.

Les *lamprophyres* sont en moyenne des micromonzonites lamprophyres quartzifères. Seules les roches voisines de l'éponte méritent en toute rigueur le nom de minette (orthose et biotite essentiellement) alors que dans le cœur des filons puissants, on observe tout une série de microdiorites et micromonzonites, toujours quartzifères, à augite abondante.

Ces types augitiques, vers le Nord des Monts d'Ambazac surtout, présentent parfois une épignénie amphibolique fibreuse, avec épidote, qui les rend beaucoup plus résistants aux altérations météoriques : ce sont les seuls lamprophyres qu'on connaisse frais et durs en surface, alors que les autres se présentent toujours très lessivés, argileux, avec parfois le même faciès d'altération en boules et pelures d'oignons que les basaltes.

Les minettes passent parfois, quoique rarement, à des microsyénites banales (E. Bessines) ; on connaît mal leurs rapports avec les microgranites : les filons sont généralement distincts ; parfois, une minette s'accole à l'éponte d'un microgranite et le contamine sur une faible frange (Les Ténelles) ; à Varnac, la minette recoupe le microgranite et les deux filons traversent les mylonites sans aucune déformation. Dans la région de Saint-Yrieix, des filons aurifères recoupent le microgranite (1), mais sont recoupés par

(1) P.H. SEVENSMA : Les gisements d'or de la région de Saint-Yrieix, Haute-Vienne (France). Georg. et Cie S.A., *Univ. de Genève,* 1941, 115 p., 61 fig., 4 pl. h.-t.

des lamprophyres : ces deux venues filoniennes seraient donc assez distantes dans le temps.

MINERALISATIONS

On connaît des minéralisations *aurifères* et *wolframifères* avec sulfures connexes (blende, pyrite, galène, chalcopyrite), à gangue quartzeuse, périgranulitiques, et des minéralisations *uranifères,* intragranulitiques.

Nous nous bornerons ici à l'énoncé des caractéristiques générales de ces dernières.

— GISEMENT.

On observe des concentrations uranifères en filonnets de toutes tailles, de celle de la colonne Henriette (1) aux plus modestes fissures minéralisées, liées à des systèmes fracturés dirigés NW à WNW, dans les conditions suivantes :

— à la rencontre des lamprophyres (Henriette, Les Sagnes, Fanay, Ritord) ;

— à la rencontre des syénites (Margnac, Fanay, Ritord, Les Tenelles) ;

— à la rencontre de vieux accidents argileux hématisés au voisinage de lambeaux gneissiques endomorphisés (Brugeaud).

En somme, elles existent chaque fois qu'il y a discontinuité physique et chimique, favorisant l'ouverture des fissures lors des efforts tectoniques, et le dépôt de l'uranium sous forme de pechblende $UO_2(UO_3)$, qui, dans tous les cas, semble lié, au moins en partie, à la possibilité de réactions d'oxydo-réduction entre Fe^{3+} et U^{4+} (2).

Aucun phénomène tectonique important n'a succédé au dépôt de la pechblende. Néanmoins des rejeux de faible amplitude des systèmes minéralisés sont fréquents (Margnac IV, Brugeaud...). La minéralisation est alors dispersée sous forme de « produits noirs » (néo- et parapechblende) dans toutes les fissures environnantes et peut constituer des amas imprégnés (Brugeaud).

— ASSOCIATIONS.

La minéralisation primaire comprend de la pechblende et des sulfures de fer (pyrite-marcassite) ; la galène, la chalcopyrite et la bismuthite sont tout à fait accessoires.

Chaque fois que la minéralisation uranifère a été remaniée dans des conditions insuffisamment oxydantes pour que se forment des « produits jaunes », apparaissent les « produits noirs » à *parapechblende* et *néopechblende* accessoire. Cette dernière minéralise essentiellement la zone normale de cémentation des filons, souvent très étalée et confuse, par suite de l'instabilité du niveau hydrostatique dans ces granulites fissurées : remaniement connexe des sulfures de fer, sous forme de *melnicovite,* où peuvent recristalliser pyrite et marcassite.

---

(1) Extension maxima : 15 m. avec une puissance de 80 mm, en pechblende.

(2) La précipitation est probablement amorcée aussi par des phénomènes d'adsorption de l'uranium sur certaines argiles : on remarque, dans les microclines, le remplacement préférentiel par la pechblende de l'albite de la perthite (ou de ses produits d'épigénie).

Il n'y a pratiquement pas de gangue dans la plupart des cas. Lorsqu'elle existe elle est toujours discrète : barytine axiale à la mine Henriette ; quartz aux Sagnes, à Fanay, Margnac IV... ; quartz et fluorine aux Sagnes...

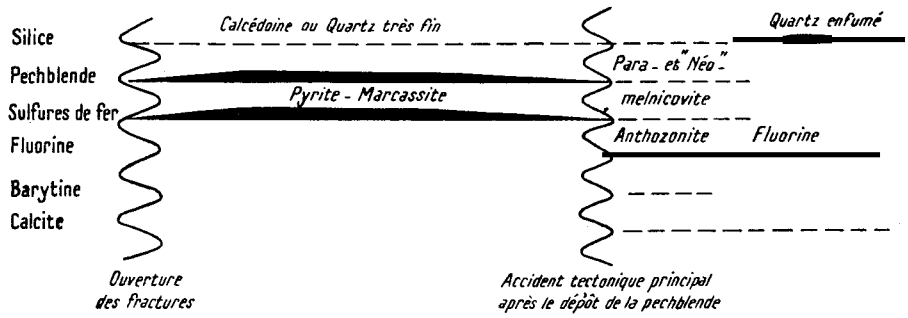


FIG. 3. — Succession schématique des dépôts dans un filon idéal du type nord-limousin.

Le *quartz* est du type calcédonieux ; rouge en surface, il blondit avec la profondeur : l'hématisation semble toujours, ici, supergène. Sa place est variable dans la succession apparente des minéraux : il semble généralement s'agir d'un dépôt synchrone à celui de la pechblende, l'ordre de cristallisation pouvant être perturbé par des facteurs locaux.

La *fluorine* est toujours posthume : elle entraîne une partie de la minéralisation uranifère remaniée sous forme de « produits noirs ». Elle est alors franchement du type *anthozonite ;* elle est banale, violette ou verte, dans les filons quartzeux « enfumés » du nord de la Gartempe.

Le même *quartz* « *enfumé* », à fluorine, qui cicatrise des fractures tardives dans le système d'Argentat, prend en écharpe la minéralisation uranifère de Villard. La dispersion est faible. Du quartz de ce type supporte un peu de chalcolite aux environs de Morterolles.

La *calcite* n'apparaît guère que dans les zones très tectonisées et relativement remaniées après le dépôt de la pechblende (Sapinière, Mine Henriette, Margnac II, Brugeaud et Brugeaud Ouest). C'est typiquement la gangue des « zones broyées rouges » ; elle y est d'ailleurs sporadique et décroît en quantité avec la profondeur. Elle est sans doute très tardive, ou tout au moins susceptible de remaniements constants, puisqu'elle emballe et recoupe souvent les gummites.

La minéralisation d'oxydation supergène est pauvre en espèces minéralogiques : il s'agit essentiellement de phosphates du groupe des *autunites,* souvent barytiques, et de silicates du groupe des *uranotiles ;* la *chalcolite* est rare (Mine Henriette, Augères...), les phosphates de plomb également (Margnac II), ce qui correspond à la pauvreté de la minéralisation primaire en congènères plombifères et cuprifères.

La figure 3 donne la succession schématique des dépôts dans un filon idéal du type nord-limousin.

Manuscrit remis le 29 décembre 1956.

Jean A. SARCIA et Jacqueline A. SARCIA

LES GITES D'URANIUM DU NORD-LIMOUSIN

II. - La Mine Henriette

SCIENCES DE LA TERRE, Tome IV (1956), nos 3-4, pages 251 à 306, 12 fig., 4 pl. h.-t.
NANCY, 1958

LES GITES D'URANIUM DU NORD-LIMOUSIN

II. - LA MINE HENRIETTE

par JEAN A. SARCIA et JACQUELINE A. SARCIA

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ 253
AVANT-PROPOS 254
ETUDE GÉOLOGIQUE 255
Caractéristiques générales 255
Historique 257
Description du gisement 263
Géographie 263
Pétrographie 263
Radiométrie 267
Structure 269
Les accidents NE - SW 269
Les accidents NW - SE 273
Les accidents N - S 280
Essai de synthèse 281
Minéralisation 281
Le minerai 281
Tonnages et teneurs 283
Remarques sur les procédés de recherche utilisés 287
MICROSCOPIE DU MINERAI ET DES ROCHES 290
Etude des roches 290
La granulite 290
La syénite 293
Les minettes 294
Etude des minéralisations 296
Généralités 296
La colonne Henriette du jour au niveau 235 environ 298
Minéralisations de la faille de la Sapinière 300
Minéralisations uranifères au-dessous du niveau 250 environ 302
Minéralisations suroxydées des têtes de filons 302
Remarques 303
Rapports entre la colonne Henriette et la faille de la Sapinière 303
La question d'âge 305

ILLUSTRATIONS

FIG. 1. — Croquis de situation de la Mine Henriette 256
2. — Plan de surface des travaux de fouilles aux environs de la mine Henriette 260
3. — Carte géologique des environs de la mine Henriette 264
4. — Carte de prospection radiométrique des environs de la mine Henriette 266
5. — Schéma structural de la mine Henriette 268
6. — Coupes des formations lamprophyriques 270
7. — Coupes verticales des principaux accidents 274
8. — Diagrammes des colonnes minéralisées 278
9. — Les sollicitations tectoniques et leurs résultantes aux cotes 0 et 302 279
10. — Bloc diagramme de la mine Henriette 282
11. — Minéralisation des colonnes Cantiant et Henriette 298
12. — Minéralisation de la colonne Henriette du niveau 30 au niveau 302 300
PL. I et II ..... *En face de* 288-289
III et IV ..... *En face de* 304-305

RESUMÉ

ETUDE GÉOLOGIQUE (par Jean A. Sarcia).

La mine Henriette, qui fut, en France, la première productrice de minerai riche d'uranium (1949), vient d'être fermée. Ce travail retrace l'histoire de la découverte du gisement, puis expose assez longuement les méthodes utilisées pour sa reconnaissance. La description qui suit est surtout axée sur le point de vue structural ; chacun des accidents minéralisés en pechblende est aussi étudié du point de vue de sa production en uranium métal.

La mine Henriette constitue un type de gisement uranifère intragranulitique remarquable par la simplicité de sa structure et la richesse de son minerai, concentré dans des cassures ouvertes au voisinage de filons lamprophyriques, comme il en existe de nombreux en Limousin. C'est le type même du petit gisement riche, qui peut être exploité seul avec des moyens modestes, ou s'intégrer dans un vaste complexe tel que celui très voisin de Fanay - Les Sagnes, qui sera décrit ultérieurement.

MICROSCOPIE DU MINERAI ET DES ROCHES (par Jacqueline A. Sarcia).

Cette étude est le complément de la précédente. Plus qu'à des caractéristiques strictement minéralogiques, on s'est attaché à la description des structures fines du minerai et des roches encaissantes ; on a notamment insisté : d'une part, sur le parallélisme étroit entre l'évolution de la granulite elle-même et celle des pegmatites classiques qui lui sont liées ; d'autre part, sur le faciès d'une minéralisation uranifère en fonction du type d'accident où elle s'est concentrée : cassures ouvertes, ou failles avec ou sans rejeu.

Evoquant enfin l'âge admis pour la pechblende de la mine Henriette (Trias à Jurassique moyen), on pose la question des rapports possibles entre la mise en disponibilité et la concentration de l'uranium dans des cassures tout à fait tardives de la granulite, et la longue évolution probable de celle-ci, bien postérieurement au paroxysme hercynien.

AVANT-PROPOS

La mine Henriette, dont nous entreprenons la description, fut le siège de la première exploitation de filons de pechblende en France. Les travaux sont maintenant achevés ; ils auront duré huit ans. Le gisement était riche, les teneurs très élevées. A l'échelle européenne, il y a cinq ans, ses réserves étaient importantes. Depuis, les découvertes faites dans le monde et en France même le replacent dans son cadre réel : celui des petits gisements.

Le gîte est remarquable tant par la richesse de son minerai que par les particularités de sa structure ; à ces deux titres, il mérite une description détaillée, car il est représentatif d'un type fréquent en Limousin : c'est en pensant aux nombreuses recherches effectuées actuellement en Creuse et en Corrèze que nous avons longuement retracé l'historique des travaux.

Le lecteur sera vraisemblablement frappé par les difficultés rencontrées dans la reconnaissance et l'exploration des formations : elles s'expliquent par la ténuité de ces dernières et par la complexité tectonique de la région.

Ce travail est la somme de celui des ingénieurs qui ont successivement assumé la responsabilité de la conduite géologique des travaux : MM. de Sakowitch (1948-49), Pélerin (1949-50) et (1954-55), Kervella et Le Caignec (1950-51), Dumoulin (1951-53), Laucagne (1953-54), Barreau (1955-57), des prospecteurs qui les ont assisté : parmi ces derniers, il nous est un devoir agréable de citer : MM. Lépine, Grandclément et Adelaine, qui découvrirent le premier filon de pechblende ; MM. Collomp, Deyrieux, Héry, Blachon et Blanchet, dont les levés journaliers furent à la base de la reconnaissance des formations.

ÉTUDE GÉOLOGIQUE

par Jean A. SARCIA

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

La mine Henriette (1) est située sur le flanc sud-ouest des Monts d'Ambazac, plateaux bosselés qu'entaillent de profondes vallées et dont le sommet se trouve au Puy de Sauvagnat, à 701 m d'altitude.

Les phénomènes glaciaires y ont laissé leur empreinte : les bas-fonds sont fréquemment occupés par d'anciennes coulées boueuses qui fossilisent parfois des tourbières ; l'étude des failles et filons de nos gisements fait ressortir l'extrême intensité des phénomènes de solifluxion.

Les Monts d'Ambazac, promontoire vers lequel convergent les Hauts-Plateaux de la Marche et ceux du Limousin (Plateau de Millevaches), sont essentiellement granulitiques. La branche nord-occidentale de la dislocation d'Argentat les sépare du bloc occidental du Massif Central ; la faille de Nantiat, SSW-NNE, en isole les Monts de Blond-Vaulry qui leur sont à maints points de vue comparables (2). A 2 km 5 au Sud du gîte d'Henriette affleurent des gneiss mésocrates, riches en lits amphiboliques. Le contact est net, sans être brutal : sur une trentaine de mètres au plus, le gneiss se « granulitise », la hornblende étant remplacée par la biotite ou celle-ci, partiellement, par la muscovite, alors que croît le microcline ; quant à la granulite, son grain devient plus fin et elle s'enrichit localement en minéraux ferro-magnésiens. Vers le SW, la granulite est en contact avec un granite porphyroïde à biotite, au faciès typiquement intrusif, dont les caractéristiques générales sont encore mal connues : il semble néanmoins qu'on doive le considérer comme postérieur à la granulite (3).

Les accidents filoniens apparemment liés à la granulite sont abondants et importants ; ce sont :

1° à cheval sur le contact, tant dans la granulite que dans les gneiss :

— des pegmatites sodolithiques orientées SW-NE, à lépidolite, topaze et niobo-tantalates (La Chèze, Le Coudier, Chèdeville, Les Hureaux, Puy Garsault) ;

— des roches du type microgranite, de même orientation d'ensemble ;

— des filons quartzeux, arsenio-sulfurés et sulfurés, parfois wolframifères (Népoulas et mine d'Henriette au 68) et surtout aurifères (Puy Garsault, Mazaudon, Maraillas, Beaune-les-Mines, La Fosse-aux-Bœufs, etc...) ;

---

(1) Département de la Haute-Vienne, arrondissement de Limoges, canton d'Ambazac, commune de Saint-Sylvestre, hameau de la Crouzille.

On y accède par la Route Nationale n° 20 qu'on quitte au carrefour de la Crouzille (345 km au Sud de Paris, 20 km au Nord de Limoges) pour prendre la Route Départementale n° 5 ; le gisement se trouve à la pointe SE de l'Etang de la Crouzille, à 1.5 km du hameau et à 5.5 km d'Ambazac (fig. 1).

Coordonnées Lambert : x = 523,079 à 523,083, y = 109.534 à 109.538 pour le puits principal (P2).

Voir la carte Michelin au 1/200.000e, feuille 72, et la carte d'Etat Major au 1/50.000e N° 155, coupure « Guéret SW ».

(2) Cf. Carte géologique de la France au 1/80.000e, feuille de Guéret, et Carte géologique de la France au 1/1.000.000e, 4e édition, 1955.

(3) Et le rapprocher du granite d'Auriat, postérieur aux granulites du plateau de Millevaches, décrit par E. RAGUIN : *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, Paris, 1927, t. XXX, n° 164, pp. 1-57, 1 carte h.-t.

2° dans la granulite même :

— des lentilles, grossièrement alignées N-S, de pegmatites potassiques à béryl et phase terminale sodolithique (phosphates lithinifères) et fluorée (topaze), telles que celles de Chabannes et des Hureaux ;

— des lamprophyres de la famille des microsyénites et des micromonzonites quartzifères : les minettes ; elles s'alignent suivant une direction N-S à NNE-SSW ;

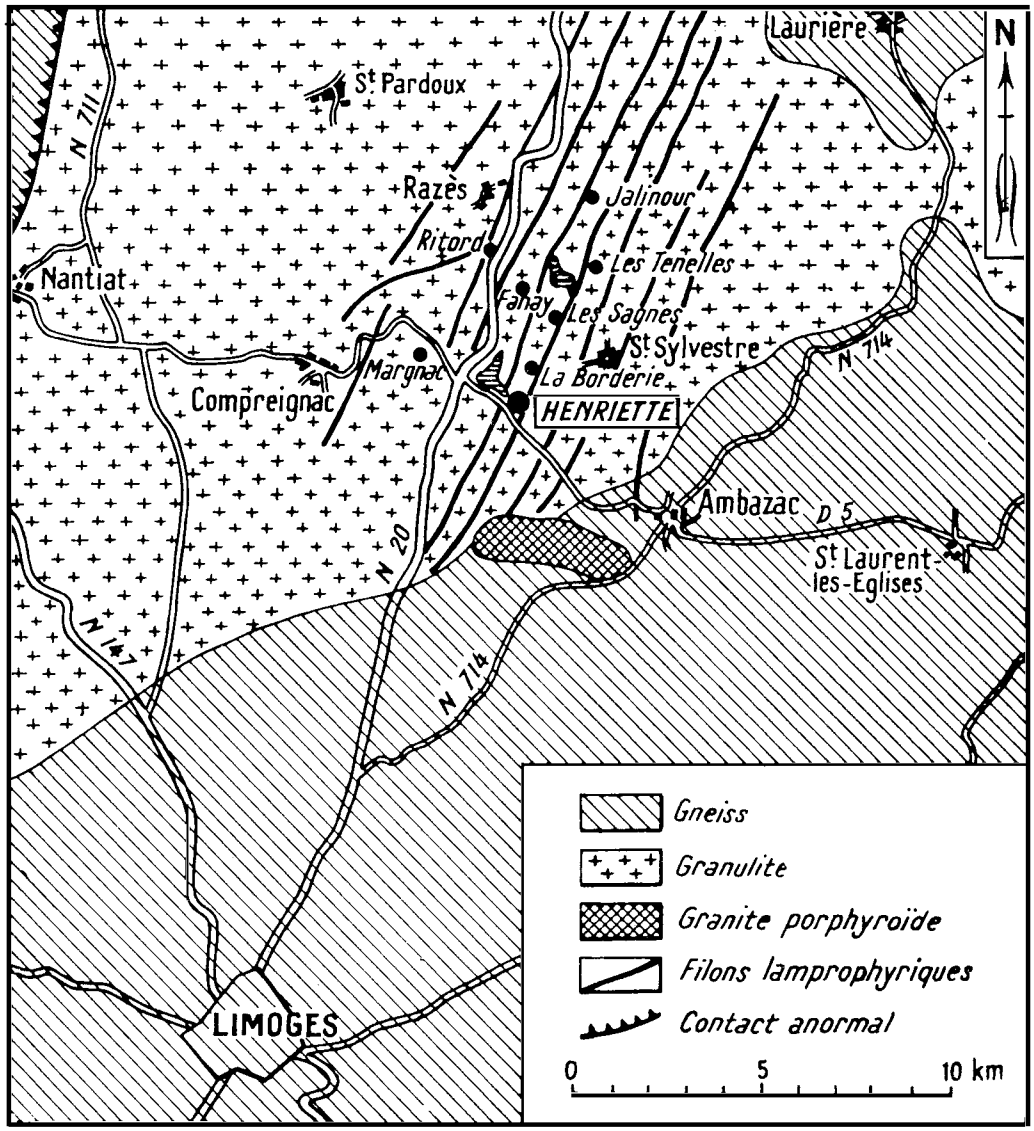


FIG. 1. — Croquis de situation de la mine Henriette.

— des filonnets uranifères WNW-ESE recoupant les faisceaux lamprophyriques : la mine Henriette exploite les plus méridionaux d'entre eux. Sur le même faisceau se succèdent vers le NE les gisements de la Borderie, des Sagnes, des Tenelles, de Jalinour ; à l'Ouest, les faisceaux voisins sont actuellement jalonnés par les indices de Népoulas, Margnac-Peny, Ritord, Razès.

HISTORIQUE

Au XIXe siècle, les porcelaineries de Limoges prirent un rapide essor, et la région, où de nombreux amas de pegmatites étaient déjà connus, fut très activement prospectée pour l'albite et l'orthose nécessaires aux fabrications. Ces recherches furent fructueuses, et les exploitations qui suivirent permirent la découverte de nombreuses espèces rares, rendant le Limousin célèbre dans le monde des minéralogistes. A Margnac, à Chanteloube, à La Chèze, à Beaune-les-Mines, des minéraux uranifères — autunite, chalcolites, uranocre — étaient entre autres signalés (1) ; l'importance réelle de ces minéralisations n'était pas connue, aucune prospection particulière ne leur ayant été consacrée.

En 1947, le Commissariat à l'Energie Atomique (C.E.A.) en entreprit l'étude. A la fin de juillet, une première mission, sous la direction de M. Doucet, reconnut de la chalcolite dans une carrière ouverte dans l'amas pegmatitique de Chabannes ; puis quelques mouches de ce minéral et d'autunite dans les quartz aurifères de Beaune ; enfin, en septembre, une prospection de nuit à la lampe de Wood mit en évidence de beaux dépôts d'autunite et de « produits jaunes », dans le talus droit de la route départementale n° 5, à la pointe SE de l'Etang de la Crouzille ; cette découverte fut à l'origine de la mise en évidence du gisement d'Henriette. Plus que la présence d'autunite, l'existence des « produits jaunes » - des gummites banales - était importante, car elle suggérait la proximité de formations à pechblende. L'installation d'une mission plus étoffée fut dès lors décidée, et devint effective en octobre 1948. Les recherches continuèrent sur les zones pegmatitiques, sans découverte de concentration exploitable. Par contre, l'exploitation des indices du mois de septembre précédent s'effectua rapidement et avec plein succès.

Il n'est pas sans intérêt, du point de vue méthodologique, d'entrer dans les détails de la découverte du gisement et d'exposer son histoire.

Le premier indice rencontré (point A, fig. 2) fut le fruit d'observations faites au gammaphone d'abord, à la lampe de Wood ensuite. A 100 m au NE, un second point (dit « C » par la suite) fut relevé avec le seul secours du premier appareil. Un décapage sommaire à la pioche permit de supposer que ces deux points appartenaient à un même filon, mais l'absence d'affleurements ne permettait pas de le démontrer ; une radioprospection systématique, à la maille de 5 m, avec un appareil de type AVP plus précis que le gammaphone, s'imposait donc : elle fut réalisée à la mi-novembre 1948 et mit en évidence :

— aux points A et C, après décapage, des radioactivités très élevées (supérieures à 1350 chocs/seconde) ;

— entre les deux, une anomalie légère (53 c/s) mais significative dans une zone où le « mouvement propre » n'atteignait guère que 10 c/s ; ce point fut plus tard désigné sous le nom de « point B » (2) ; il se situait dans une zone marécageuse où toute observation était impossible : on creusa donc une tranchée ; à mesure qu'on s'enfonçait dans une terre tourbeuse, la radioactivité croissait. A 1 m 10 de profondeur, on atteignait une arène granitique très ferrugineuse ; l'eau arrivait abondante et se teintait d'un beau rouge franc. Quelques blocs ferrugineux enrobés d'argile, assez lourds, apparurent : lavés, on constata qu'il s'agissait de blocs de gummite jaune. La tranchée fut approfondie, et le 25 novembre 1948, on en sortit le premier échantillon français de pechblende massive.

(1) *Cf.* BARRET : Géologie du Limousin. Limoges, 1892, et P. DIDIER : Les espèces minérales du Limousin. Limoges, 1926.

(2) Le point initialement trouvé n'était que de 23 chocs/sec. : les recherches dans un rayon de 2 mètres permirent la détection du point à 53 chocs/sec.

Ces détails nous ont paru intéressants à rappeler, car ils mettent en évidence le déroulement d'une méthode de recherche désormais classique, où l'emploi des mesures de radioactivité tient une place déterminante.

La minéralisation primaire trouvée, il restait à définir la structure du gîte ; dès janvier 1949, des tranchées et de petits sondages à main furent exécutés sur le point B, puis sur le point A. Un terrain très difficile, un outillage encore insuffisant, ne permirent pas de préciser l'allure d'un système qui déjà s'avérait complexe. Il apparut que des recherches dans des zones moins superficielles seraient plus aisées. Le fonçage d'un puits de recherche (P 1) commença le 4 mai 1949 (Pl. I, fig. 1) : son centre avait les coordonnées Lambert 523,080 et 109,571 ; la cote de l'orifice se trouvait à 429,8 m ; il visait à étudier les prolongements du point B, compte tenu des connaissances acquises qui se résumaient en ceci :

— perpendiculairement à un filon de minette orientée NE-SW, existent des minéralisations uranifères dans des cassures NW-SE correspondant en surface (Pl. I, fig. 2) aux points A (« colonne Henriette ») et B (« colonne Cantiant »).

Dès septembre, le puits P 1 dépasse 30 m de profondeur ; il suit le filon sur les 4 premiers mètres, puis celui-ci disparaît sur la face nord ; une série de recoupes permettent de le retrouver :

— à la cote - 5 : par un simple rochage de 0 m 35 ;
— à la cote - 6 : il faut pousser de 1 m ;
— à la cote - 12 : aux approches de la minette, la complexité structurale devient telle qu'il faut tracer un véritable sous-niveau : 70 m de galeries et recoupes en faible section donnent de précieux renseignements pour la poursuite des recherches en profondeur.
— à la cote - 21 : travaux moins importants (30 m) ; la liaison minette-minéralisation est établie, les caractéristiques géométriques précisées, mais la complexité structurale de l'ensemble se confirme ;
— à la cote - 30 : un premier étage est tracé avec une extension qui en fait à la fois un niveau de recherche et d'exploitation ; à la fin de l'année 1949, il totalise 175 m 60 de galeries et recoupes ; la méthode de reconnaissance est simple : découper la zone minéralisée par un quadrillage de galeries à la maille de 10 mètres ; on met ainsi en évidence l'étroite relation existant entre minette et minéralisation. On constate de plus que la colonne Cantiant atteint bien le niveau 30, mais que, sous le nom de « filon de l'albraque », elle se coince à 32 m 90 de profondeur.

Il n'est pas sans intérêt de noter que dès l'année 1949 démarrent les sondages au diamant à partir de la surface. Du 2 mars au 6 avril sont cherchés les prolongements des colonnes Henriette et Cantiant : la première par un sondage vertical, la seconde par trois forages inclinés de 50 à 60° s'opposant ; on recoupe les minettes, mais l'essentiel des formations n'est pas atteint. Une deuxième campagne a pour but principal de définir l'allure des minettes, la recherche proprement dite des formations minéralisées ne venant qu'en second ; le projet comporte 20 sondages verticaux, disposés en quinconce, suivant une maille qui ne doit pas excéder 5 m, puis 10, et enfin 20 m, au fur et à mesure que les connaisances se préciseront ; de même les profondeurs iront en s'accroissant : 20, puis 50, et enfin 100 m. En fait, 14 sondages seulement sont exécutés, du 21 avril au 19 août 1949, et leur caractère systématique s'assouplit. Les 495 m forés permettent de préciser l'allure des minettes sur 100 m de long et autant de profondeur, mais ne recoupent pas franchement les minéralisations. Une troisième campagne, basée sur les mêmes principes de recherche systématique (une maille de 7,50 m dans un réseau en quinconce, jusqu'à 50-60 m de profondeur par trous verticaux) est exécutée du 1er juin au 14 novembre 1950. Les résultats de ces 524 m de sondages complètent ceux de la deuxième campagne, et des prolongements du filon Cantiant sont même recoupés à 78 m de profondeur.

Les seuls résultats positifs des 1125 m forés à cette date sont donc la définition des minettes jusqu'à 130 m de profondeur, et l'existence de la minéralisation jusqu'à la cote - 78 ; leur modicité vient à la fois de l'inadaptation du matériel alors disponible, et de la complexité du gite.

A partir des travaux miniers déjà existants des sondages de fond sont exécutés du 12 septembre au 15 novembre, soit :

— 4 forages inclinés, totalisant 55 m 60 depuis le niveau 11, pour démontrer l'aval pendage ;
— 1 forage horizontal de 25 m 14 pour compléter la reconnaissance du niveau 21 ;
— 8 forages horizontaux (333 m 10) pour définir l'allure des formations au niveau 30.

Les résultats obtenus sont dus à l'utilisation d'un matériel cette fois bien adapté, à la possibilité de procéder aux carottages électriques — élément absolument primordial — et à l'accroissement de nos connaissances grâce au traçage du niveau 30.

D'autre part, le fonçage d'un puits plus important (P 2) est entrepris le 10 novembre 1949 ; ses coordonnées sont les suivantes : — x : de 523,079 à 523,083 — y : de 109,534 à 109,538 — z : à 434 m.

L'inauguration officielle aura lieu le 10 juillet 1950, le puits dépassant alors 100 m de profondeur (Pl. I, fig. 4).

En 1950, les recherches s'amplifient.

En surface, une importante série de tranchées et de décapages (fig. 2) apporte des renseignements très précis sur le tracé des principaux filons de minette et de la faille de la Sapinière ; la radioprospection du chantier et de ses abords immédiats est complétée, mais n'apporte aucune nouvelle zone d'anomalies ; la prospection géophysique entreprise en 1949 sur la colonne Cantiant par la méthode de polarisation spontanée n'ayant donné aucun résultat, un nouvel essai est tenté en fin d'année par la méthode électromagnétique « Turam », pour compléter les connaissances acquises sur les filons de minette, en profitant de la différence de résistivité entre celle-ci et le granite encaissant ; les résultats sont satisfaisants et les grandes lignes structurales du gisement apparaissent : c'est ainsi qu'on note l'existence de trois filons de minette sensiblement parallèles, généralement orientés NE, pentés de 60 à 70° vers le NW, et plus ou moins décalés par une série de failles subverticales dirigées NW-SE dans l'ensemble. Ces filons sont baptisés, respectivement du NW au SE, « Cantiant », « Lefort » et « Courty », du nom d'ouvriers de la division ; leurs puissances est de 6 m pour le premier, 1,20 m pour le second et 1,50 m pour le dernier. Trois campagnes de sondages au diamant (4e, 5e et 6e), totalisant 2.880 m, ont entre temps contrôlé et orienté les différentes méthodes utilisées.

Les travaux miniers, d'autre part, s'accélèrent grâce au fonçage du puits P 2. Au niveau 12, quelques mètres de galerie précisent le style tectonique ; un sondage horizontal (46 m) reconnaît à ce niveau la colonne Henriette, connue au niveau 30, et permet de l'identifier à la formation du point A.

Au niveau 30 (cote 400), les travaux sont particulièrement poussés (575 m de galeries et recoupes au total) : ils comportent des allongements au toit et au mur de la minette Cantiant, recoupent les formations et atteignent au NE un grand accident minéralisé (autunite), la faille dite « de la Sapinière » ; restent à reconnaître les minettes Lefort et Courty, déjà recoupées par des sondages verticaux à partir du jour, et horizontaux à partir du niveau 30. Une structure qui devait se poursuivre sans perturbations majeures jusqu'au niveau 235 est donc mise en évidence, et dicte un schéma de traçage très simple

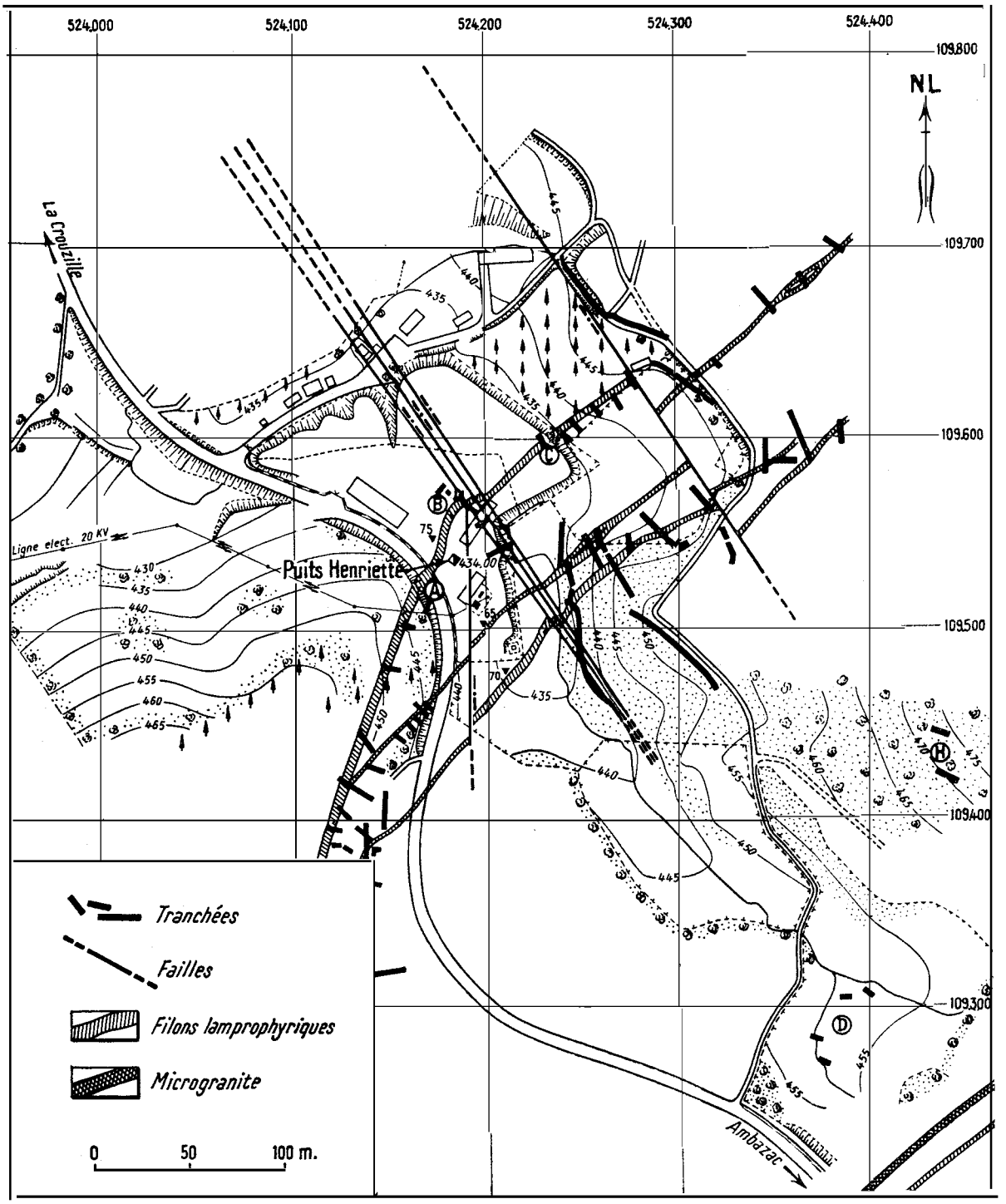


FIG. 2. — Plan de surface des travaux de fouilles aux environs de la mine Henriette.

à partir du puits P 2 : travers-bancs d'accès aux minettes, allongements parallèles au mur et au toit, recoupe des filons, allongements dans ceux-ci.

Au niveau 68 (cote 366), les travaux sont, cette année-là, plus limités (169 m de galeries) ; ils suivent le schéma indiqué, sans atteindre la faille de la Sapinière.

Au niveau 100 (cote 334), on trace 316 m de travers-bancs, d'allongements et de recoupes, selon les mêmes principes ; la colonne Henriette est donc continue sur 110 m ; la continuité de la fracture qui correspond à la colonne Cantiant aux niveaux supérieurs est moins certaine, mais elle demeure probable ; la faille de la Sapinière n'est pas étudiée à ce niveau.

En 1951, les recherches progressent systématiquement aux trois niveaux avec extension aux autres minettes, en élargissant la zone d'investigation à partir des contacts.

Au niveau 30, le traçage de la minette Cantiant s'allonge jusqu'au delà de la faille de la Sapinière ; les minettes Lefort et Courty sont recoupées, et cette dernière tracée aux contacts.

Au niveau 68, même orientation des travaux.

Au niveau 100, la zone de recherche est élargie à 25 m de part et d'autre de la minette principale ; cette décision fut prise comme suite aux observations formulées au sujet des indices de Sault Sainte-Marie (Canada) (1), où l'on note, dans un contexte assez similaire à celui du Limousin, des lentilles de pechblende parallèles aux contacts diabase-granite, jusqu'à une distance qui n'excède pas 12 m de celui-ci ; dans ces conditions, le traçage, au lieu d'être effectué au contact immédiat des minettes, l'est à 25 m de part et d'autre ; des bretelles joignent les deux galeries tous les 15, puis 25 mètres, et l'espace intermédiaire est exploré par sondages percutants. Les résultats sont négatifs. La minette Courty est également tracée au mur, et, dans une faille directionnelle, on suit une minéralisation en pechblende et produits noirs, pauvre mais exploitable ; la faille de la Sapinière par contre se révèle à ce niveau sans intérêt économique.

Les recherches en sont alors à un point où l'approfondissement du puits se révèle indispensable. Il sera réalisé l'année suivante, ce qui permettra le traçage du niveau 135 (cote 299).

Au niveau 68 (Pl. II), les allongements au contact de la minette principale permettent d'atteindre et de suivre la faille de la Sapinière, qui se montre minéralisée en pechblende et produits noirs à bonne teneur. Quelques filonnets à pechblende sont observés au mur de la minette Courty.

Au niveau 100, les recherches extensives ne sont pas reprises, mais la continuité verticale de la minéralisation est démontrée par une série de montages.

Au niveau 135, la colonne Henriette est recoupée, et les allongements poussés en direction de la Sapinière. Des montages et des sous-étages démontrent la continuité de la minéralisation jusqu'au jour. Il n'est pas sans intérêt de signaler que la nature et les dimensions des colonnes nécessitent une prudence dans la conduite des travaux, qui pourrait passer pour superflue dans d'autres gisements : c'est ainsi que tous les travaux

(1) S. Norman KESTEN. — Radioactive occurence, Sault Sainte-Marie. *Canadian Mining Journ.*, Gardenvale (Québec), vol. 71, n° 8, p. 46.

d'approfondissement sont précédés de sondages destinés à prouver les minéralisations aux niveaux projetés, et que toutes les évaluations de réserves à vue s'appuient sur des sous-étages distants de 10 m.

En 1953, gros travail d'équipement : le puits P 2 atteint la cote 184 environ ; on exploite les panneaux compris entre les niveaux 30 et 68, 100 et 135 ; les recherches se poursuivent sur la colonne Henriette, dont des sondages au diamant démontrent l'existence au niveau 235 (cote 199) ; dans la faille de la Sapinière, au niveau 68, des allongements, montagnes, et sous-étages, mettent en évidence l'intérêt de la minéralisation entre les niveaux 30 et 68 ; sur les bancs Lefort et Courty, quelques lentilles de pechblende de faible extension sont recoupées aux niveaux 30 et 100.

En 1954, profitant des connaissances acquises aux étages supérieurs, des recherches simplifiées sont axées sur la colonne Henriette et la faille de la Sapinière, suivant le schéma général déjà exposé, jusqu'au niveau 235 ; la continuité de la colonne est établie par montages.

En 1955, un nouveau raval amène le puits P 2 à la cote 114 ; un niveau 302 (cote 132) est tracé, avec un grand développement (620 m environ), car des conditions structurales nouvelles apparaissent vers la cote 184 : la minéralisation principale s'engage dans le champ complexe de failles et de fractures, connu dans les niveaux supérieurs au SE ; elle s'y disperse et devient inexploitable.

Au niveau 68, par contre, l'extension des minéralisations connues dans la faille de la Sapinière s'accroît d'une cinquantaine de mètres.

En 1956 enfin, tandis que l'on procède à l'exploitation des réserves connues entre les niveaux 135 et 250, s'effectuent les dernières recherches d'extension :

— dans le plan horizontal, la colonne Henriette se présente comme le remplissage d'une diaclase ouverte : cette structure semble trop anormale pour être réelle ; il s'agit plus vraisemblablement d'une vaste fracturation s'ouvrant au contact des lamprophyres ; il faut donc suivre les prolongements de cette diaclase, s'ils existent, jusqu'à d'autres filons avec l'espoir d'y trouver de nouvelles ouvertures et de nouveaux dépôts ; cette théorie se révèle exacte : les fractures où gît la colonne ne se limitent pas à elle, mais s'étendent sur plusieurs dizaines de mètres ; au contact des lamprophyres les cassures s'ouvrent avec nouvelles concentrations de pechblende, mais l'ouverture étant proportionnelle à la puissance du filon, seuls sont exploitables les dépôts du principal ;

— on peut également concevoir des relais de lentilles, parallèles, mais décalées : des sondages horizontaux (80 m) de part et d'autre de la fracture Henriette étudient cette possibilité ;

— dans le plan vertical, il est possible qu'en profondeur la colonne Henriette se reconstitue après avoir traversé le champ de fractures : des sondages à partir du niveau 302 vérifient cette hypothèse aux niveaux 335, 370 et 402.

Au delà, même si la colonne reprend sa régularité, étant donné les travaux à exécuter, il n'y a plus aucun intérêt à l'exploiter.

Le dépilage de toutes les minéralisations exploitables connues s'est achevé le 31 janvier 1957.

Des sondages ont recherché, sur plus de 600 mètres au NW des travaux miniers, d'éventuelles concentrations uranifères dans la faille de la Sapinière. Les résultats sont pratiquement négatifs.

Le 23 février 1957, nous avons effectué la visite de fermeture de la mine.

La découverte et l'étude de la mine Henriette ont rencontré des difficultés nombreuses ; d'une part, en 1949, les gisements de ce type étaient peu connus, et ils demeurent encore exceptionnels ; les travaux publiés à leur sujet sont très rares ; d'autre part, de tels filons, pour si riches qu'ils soient, n'en constituent pas moins un très mince et très étroit ruban dont il est difficile de suivre la continuité, au milieu du champ de failles qui hâche le secteur.

DESCRIPTION DU GISEMENT

GEOGRAPHIE

Le carreau de la mine occupe la vallée inférieure d'un ruisseau affluent du « lac de la Crouzille », étang artificiel construit par les religieux de l'Abbaye de Grandmont aux environs de 1270.

Cette vallée s'allonge du NW au SE sur 1,5 km. Les flancs en sont accusés, mais de pente régulière : de 467 à 426 m, elle varie de 31 à 49 %, la moyenne s'établissant à 42 % ; le fond est plat et s'incline doucement vers l'étang ; de 438 à 426 m, le profil en long du ruisseau montre une pente très faible : de 3,6 ‰. La largeur moyenne du lit majeur (30 à 40 m) est sans commune mesure avec l'insignifiance du ruisseau : elle est en rapport avec les phénomènes glaciaires qui ont marqué cette région au début du Quaternaire ; le fond de la vallée est occupé par des coulées de boues qui ont empâté la topographie antérieure ; les nombreuses tranchées de recherche effectuées (26) donnent la coupe suivante :

— terre végétale tourbeuse, argileuse, ou argilo-sableuse : 0 m 80 à 1 m 50 (exceptionnellement 1 m 70 à 1 m 80) ;

— galets granulitiques arrondis, enrobés dans une boue argilo-tourbeuse : 0 m 50 à 0 m 80.

Sur les flancs les coulées ont disparu : une cinquantaine de tranchées et de nombreux ouvrages montrent simplement un sol végétal de faible épaisseur (0,20 m) essentiellement sableux, très perméable, pauvre en argile, sans tourbe et sans galets ; de médiocres prairies occupent les parties basses, le reste est boisé.

PETROGRAPHIE

Le gisement d'Henriette apparaît dans un cadre pétrographique extrêmement simple (fig. 3) : granulite recoupée par des roches filoniennes en faisceaux (lamprophyres et microgranite).

Le complexe granulitique comprend :

— une *granulite à deux micas* (1), tantôt à texture très lâche, tantôt plus serrée : d'où les notions de « granulite à gros grain » et de « granulite à grain moyen » rigoureusement identiques par la structure et la composition, et dans certains cas (vers le Nord de la mine au delà des travaux) de « granulite à grain fin ». Les deux premières sont sur le terrain d'une définition malaisée; la « granulite à grain fin » par contre, se manifeste par une radioactivité générale assez forte — due à l'abondance relative de la biotite très chargée en inclusions radioactives — chaque fois qu'elle n'est pas masquée par un sol relativement épais, ce qui est fréquent ;

(1) Voir ci-dessous l'étude microscopique par Jacqueline A. SARCIA.

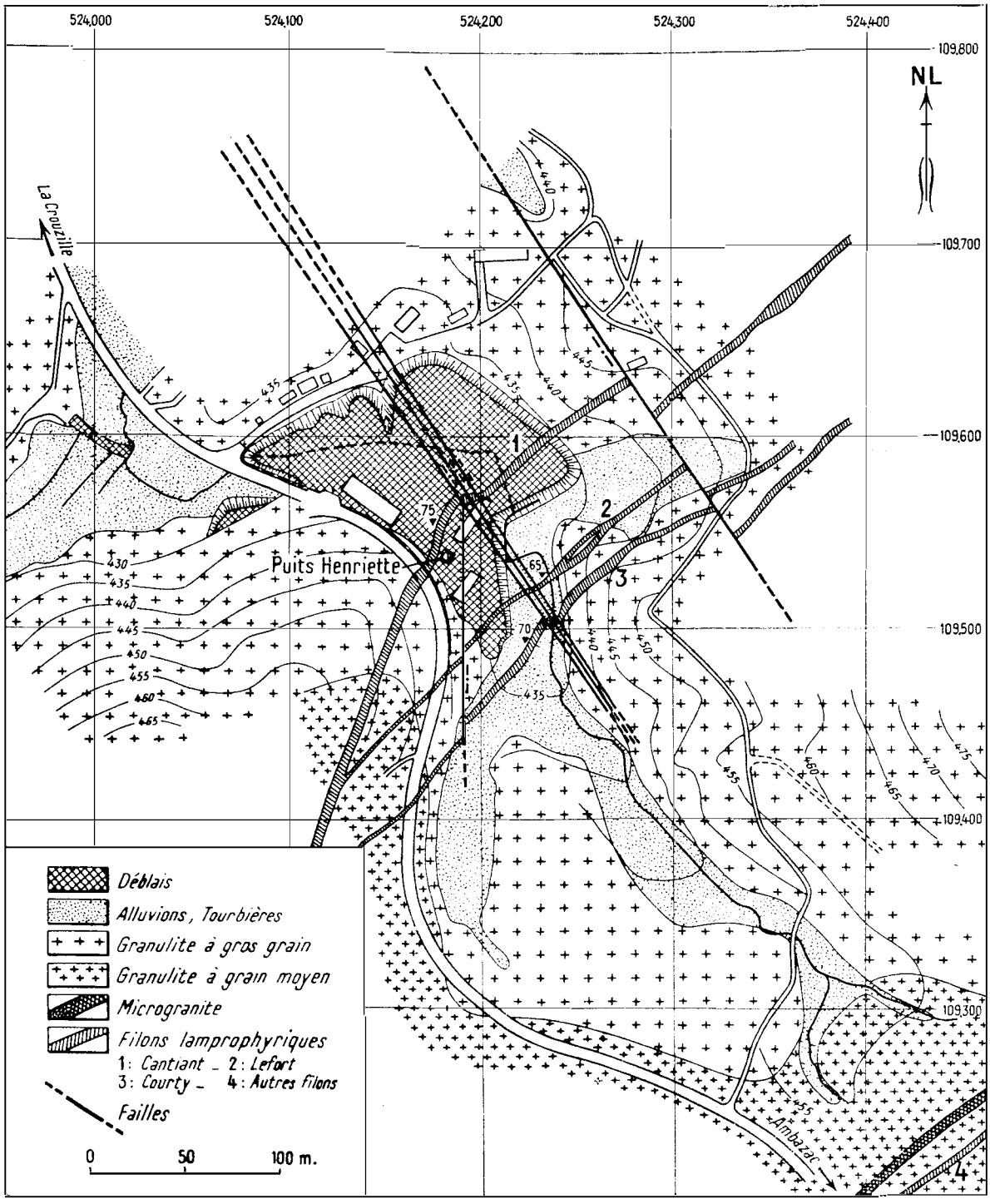


FIG. 3. — Carte géologique des environs de la mine Henriette.

— des passées lenticulaires *pegmatitiques* de dimensions très réduites dans le secteur même de la mine ;

— des lenticules et des filonnets d'*aplite* ;

— des amas de *granulite s.s.*, hololeucocrate, finement grenue : ils prennent de l'importance vers le Nord et forment quelques massifs dans la région de Saint-Sylvestre ;

— enfin, au voisinage des pegmatites surtout, des « nuages » mésocrates, riches en biotite bien développée et souvent en quartz, sorte de « greisens noirs », vite fondus dans l'ensemble.

Ces différenciations, toujours de petites dimensions (ordre du mètre au plus) et relativement peu fréquentes, laissent au contexte pétrographique du gisement une remarquable homogénéité d'ensemble, tant latéralement que verticalement : on ne voit pas en effet de différence bien notable entre la granulite de la surface et celle qu'ont rencontrés les sondages au niveau 402, ni du point de vue chimique, ni du point de vue structural ou minéralogique. Partout la granulite à deux micas se définit d'après les analyses comme un « granite alcalin leucocrate » fortement potassique (5,3 % environ) et riche en soude 3,3 % environ), alors que la proportion de chaux est voisine de 1 %, ce qui se traduit minéralogiquement par le développement du microcline toujours perthitique et l'abondance de plagioclases plus proches de l'albite que de l'oligoclase ; la muscovite l'emporte très généralement sur la biotite.

Nous tenons à lui conserver le nom de *granulite* pour des raisons qui seront exposées ailleurs (1).

Les *passées pegmatitiques,* modestes répliques de la poche très voisine de « Chabanne », ne sont remarquables que par la présence de quelques minéraux caractéristiques, béryl vert pâle et apatite vert-huileux, de petites dimensions comme le grain de la roche elle-même, qui ne dépasse jamais quelques centimètres ; les autres minéraux sont ceux de la granulite, avec parfois un vague zonage qui repousse le mica noir en auréole autour de la poche, et concentre vers le cœur, les feldspaths, la muscovite et le quartz.

L'*aplite* est classique, saccharoïde, à quartz, microcline et albite accompagnés d'un peu de muscovite ; elle existe en filonnets dans la granulite (quelques centimètres de puissance) et apparaît aussi entre elle et les pegmatites.

Lorsque le grain de l'aplite croît et qu'elle s'enrichit en muscovite, la roche devient une granulite hololeucocrate, à structure typique. On n'y observe guère d'autre minéral accessoire que l'apatite.

En somme, tout ce complexe granulitique est caractérisé par sa pauvreté en fer (rarement 3 % et souvent moins de 2 %) et en bore. Le peu de tourmaline noire connue dans les environs semble devoir être rattachée à un autre granite : le granite porphyroïde des Courrières. On y connaît un peu de fluor : topaze microscopique dans le cœur de l'amas pegmatitique de Chabanne, mais surtout dans les pegmatites sodolithiques du Sud du secteur; cet élément doit aussi exister à l'état de traces dans les micas (2).

Il convient de rattacher au complexe quelques zones de peu d'extension recoupées au niveau 302 formés de « *syénite alcaline* » apparaissant en différenciations dans la granulite, par disparition du quartz et du mica blanc. La biotite n'y est plus représentée que par des agrégats chloriteux et ferrugineux.

---

(1) Jacqueline A. SARCIA, *op. cit.*

(2) A vérifier systématiquement.

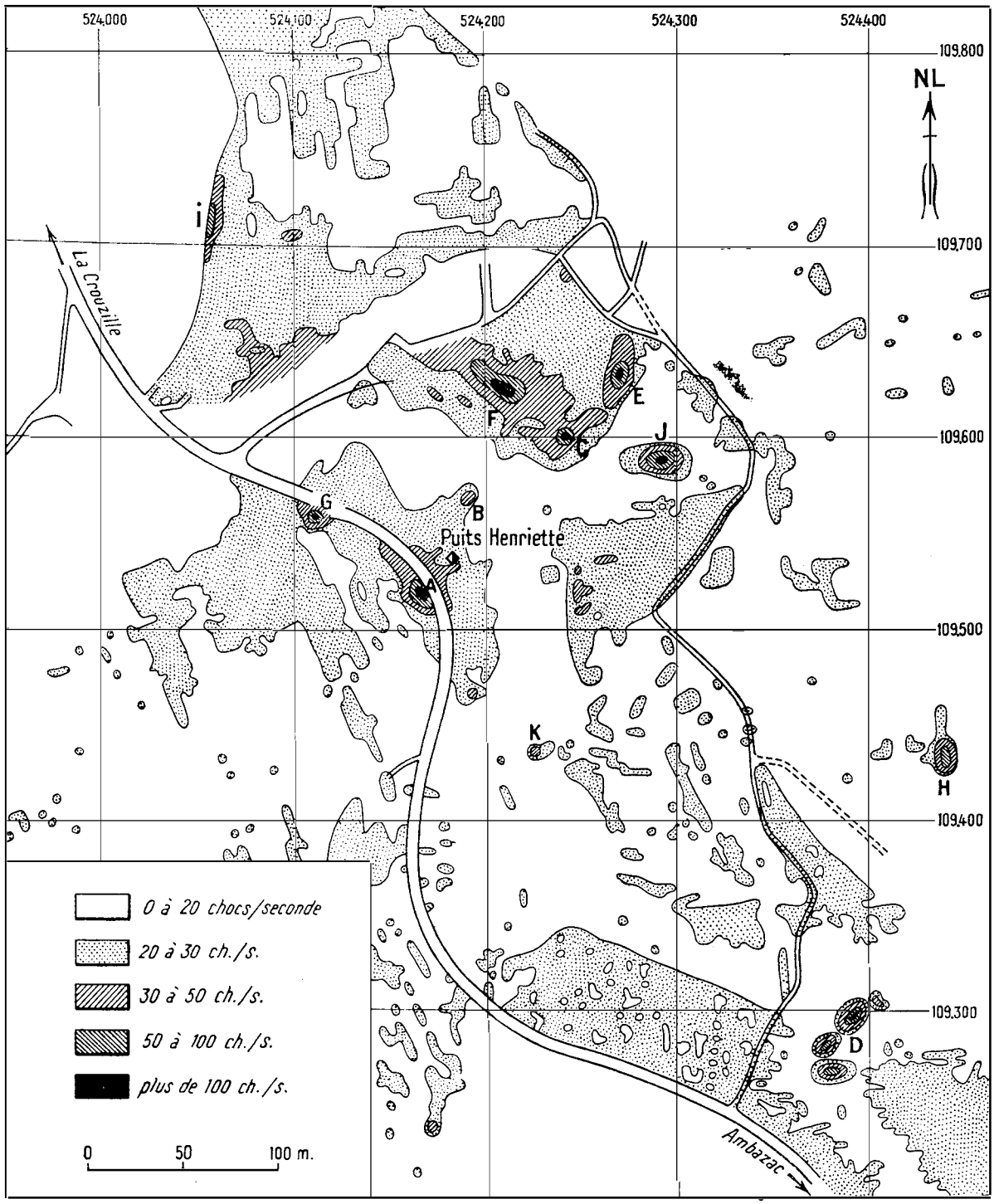


FIG. 4. — Carte de prospection radiométrique des environs de la mine Henriette.

La même roche acquiert une grosse importance dans des gisements voisins (Margnac, Fanay), où elle joue vis-à-vis de la minéralisation un rôle comparable à celui des lamprophyres, quoique correspondant à un processus différent (1).

Les *lamprophyres,* correspondant à des « micromonzonites quartzifères » à biotite dominante, dites « minettes », sont longuement décrits ailleurs (2).

Ces roches sont intéressantes :

— par leur mode de gisement : typiquement intrusif avec contact souvent bréchique à toutes les échelles (voir chapitre « Tectonique ») ;

— par leur composition chimique et minéralogique, riche en fer (biotite) et phosphore (apatite) : caractéristiques qui semblent bien avoir conditionné la concentration de la pechblende dans les cassures associées (3).

Assez loin du gisement, affleure un *microgranite* à deux micas (biotite seule visible à l'œil nu), à texture fine, de composition très voisine de celle de la granulite et qui ne se signale à l'attention que par de belles associations micropegmatiques. Il est sans rapports connus avec les lamprophyres.

RADIOMETRIE

La zone de la mine a été l'objet de radioprospections très détaillées sur des surfaces de l'ordre de 1 km², à la maille de 5 m, soit 40.000 mesures ; les appareils utilisés étaient du type AVP (séries 200 et 300).

Le fond des activités s'établit à moins de 20 chocs par seconde (20 c/s) ; lorsque l'épaisseur de la terre végétale diminue, les mesures varient de 20 à 30, et sur la roche en place de 30 à 40 c/s ; dans les passées rubéfiées, ces valeurs atteignent 50, 60 et même 70 c/s (points G et I) ; bien que les diverses roches de la région se caractérisent par des radioactivités spécifiques différentes, l'irrégularité de l'épaisseur des sols n'en permet guère le repérage radiométrique. Les zones minéralisées apparaissent par contre nettement, avec une intensité qui est fonction de leur richesse et du recouvrement (fig. 4) ; ainsi :

— le point A donnait plus de 1350 c/s : il comportait une belle minéralisation (titrant près de 1 % d'uranium métal) ;

— le point B par contre, malgré sa richesse (10 à 15 % de métal), ne se manifestait que par une activité de 53 c/s, mais il gisait sous 1 m de tourbe et de boues glaciaires gorgées d'eau ;

— le point C, dépassait 1350 c/s, avec une teneur du même ordre que celle des minéralisations du point A, sous un recouvrement insignifiant (0 m 20) ;

— les points D, variaient de 100 à 150 c/s ; ils correspondaient à de légers dépôts d'autunite et de chalcolite, enfouis sous un recouvrement très humide, épais de 2 m 50 à 3 m ; l'importance relative de cette activité est indiscutablement liée à des circulations d'eau ou de radon ;

— les points E, H, J et K (respectivement 150, 70, 100 et 70 c/s) correspondaient à des dépôts de faible teneur, mais sous faible recouvrement (0 m 30) ;

— le point F, très actif, marque l'emplacement d'un ancien stock de minerai.

Il convient donc de noter l'importance déterminante des morts-terrains, dont l'épaisseur, la compacité et la teneur en eau conditionnent les mesures et leur interprétation.

(1) Nous y reviendrons plus tard (travaux en cours).

(2) Jacqueline A. SARCIA, *op. cit.*

(3) J. GEFFROY et J. A. SARCIA. — Contribution à l'étude des pechblendes françaises. *Sciences de la Terre,* Nancy, 1954, t. II, nos 1-2, pp. 1-157, 23 fig., 2 tabl., Pl. I-XII.

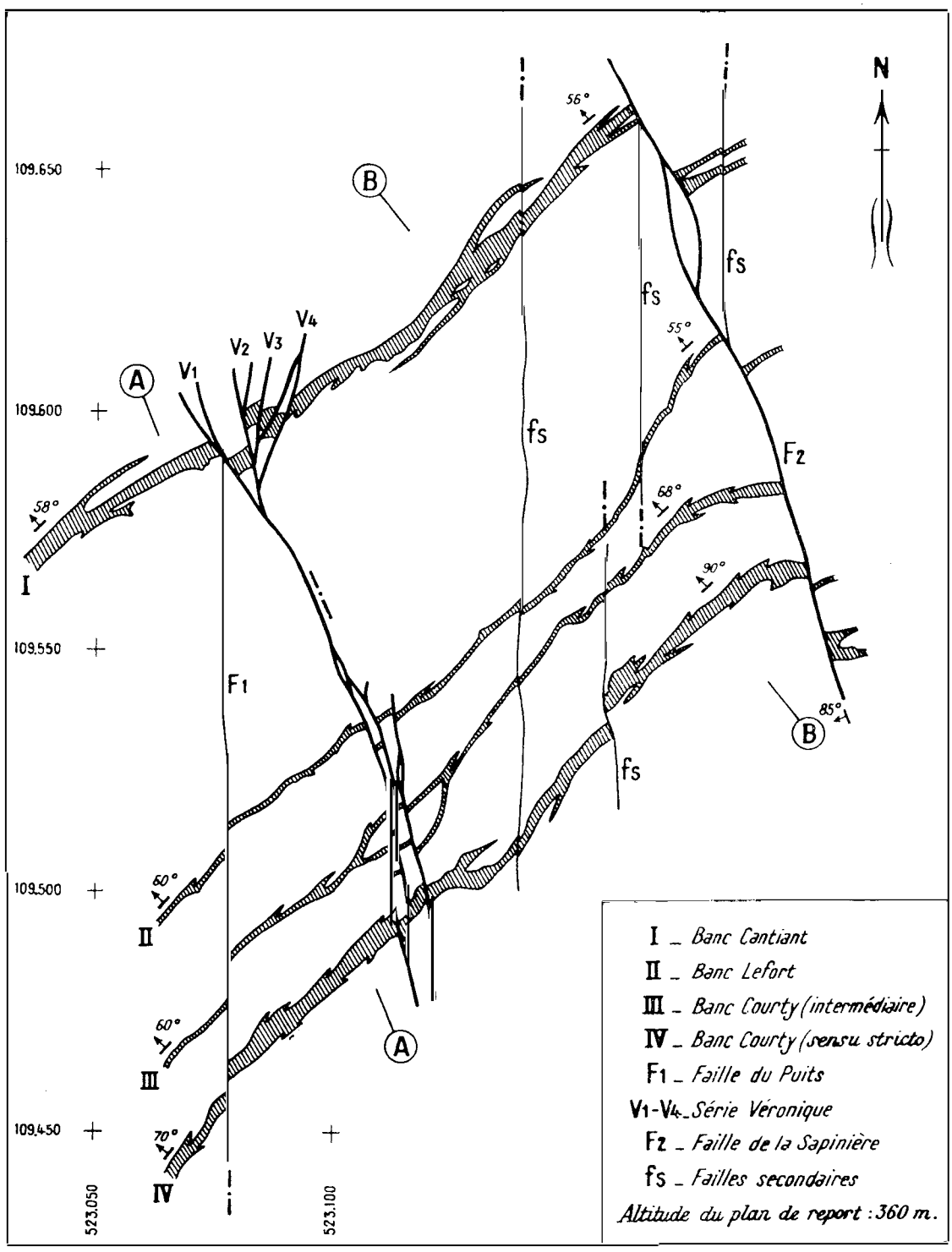


FIG. 5. — Schéma structural de la mine Henriette.

STRUCTURE

La structure du gisement (1) relève de la combinaison de trois familles d'accidents (fig. 5) ; ce sont :

Des accidents de direction dominante NE - SW :
- — larges fractures ouvertes comblées par les lamprophyres ;
- — failles directionnelles à celles-ci ;
- — quelques rares fissures remplies de pechblende au contact des lamprophyres.

Des accidents de direction dominante NW - SE :
- — failles et fractures, dans les ouvertures desquelles, au contact des lamprophyres, s'est concentrée la minéralisation uranifère.

Des accidents de direction dominante N S :
- — failles et fractures d'importance secondaire, telles que la faille du puits P2 : ces accidents ne sont jamais minéralisés.

LES ACCIDENTS NE-SW

Les filons lamprophyriques.

Les travaux miniers les ont suivi sur 250 m environ, mais les recherches de surface démontrent la continuité du banc principal sur au moins 9 km, depuis le contact des gneiss au Sud, jusqu'à la hauteur de Jalinour au Nord ; verticalement, par galeries et sondages, on les recoupe jusqu'au niveau 430, soit sur plus de 500 m en tenant compte du pendage. Cette observation est d'une importance fondamentale pour la suite de nos recherches dans la région. En surface, le faisceau couvre 90 à 120 m de largeur, mais en profondeur les éléments semblent diverger et s'étaler sur près de 250 m (fig. 6).

A l'échelle régionale, leur direction est N 30° E, mais les grandes fracturations locales (N 50° W) les déportent vers l'E SE sur près du tiers de leur extension, de la mine Henriette aux Tenelles. Leur pendage général varie de 50 à 60° vers le NW. La puissance des bancs principaux est d'au moins 5 mètres ; celle des bancs secondaires varie entre 1 et 2 mètres.

Niveaux	Direction	Pendage (vers le NW)		Puissances (en m)		
		au SW	au NE	au SE	au NW	Moyennes
0	N 45° E	70°	70°	5	5	5
— 30	N 43° E	59°	65°	4,5	6	5,25
— 68	N 49° E	68°	62°	3	6	4,5
— 100	N 49° E	68°	62°	3	4	3,5
— 135	N 50° E	57°	62°	4	3	3,5
— 170	N 45° E	36° — 66°	51° — 68°	3	3	3
— 202	N 48° E	40° — 55°	36° — 52°	1,5 — 3,5	2 — 3	5
— 235	N 43° E	59° — 55°	50° — 34°	2 — 3	3 — 2	5
— 302	N 37° E	68° — 60°	27° — 55°	2 — 2	3 — 3	5
— 335	# N NE	68° — 60°	27° — 55°	1,5 — 2	2 — 4	4,75
— 402	# N	68° — 60°	55°	1 — 2	2 — 1 — 1	4

TABLEAU I. — Caractéristiques géométriques du filon Cantiant.

(1) Dans ce qui suit, nous prendrons toujours la cote du puits P2 comme base pour la définition des niveaux, sous-étages et profondeurs.

Nous décrirons successivement les 3 filons traditionnellement distingués dans les travaux miniers : Cantiant, Lefort et Courty.

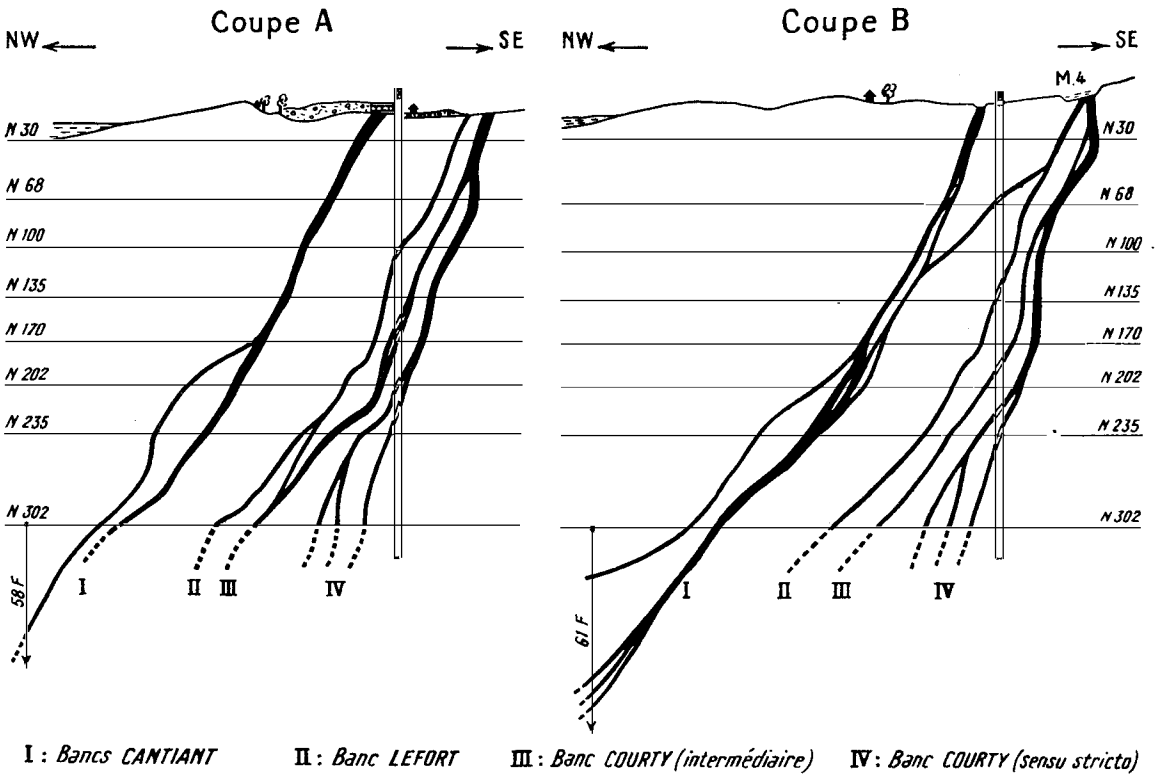


FIG. 6. — Coupes des formations lamprophyriques.

Le FILON CANTIANT est le plus important ; les autres n'en constituent que des digitations ; c'est à son contact qu'ont été recoupées les colonnes les plus minéralisées et c'est pourquoi il a été le plus étudié.

Du tableau I se dégagent les remarques suivantes :

— les *directions* oscillent très peu autour de N 45° E (1) jusqu'au niveau 202 ; au-dessous elles s'infléchissent franchement vers le Nord ainsi que les sondages nous l'indiquent ; mais il peut ne s'agir que d'une flexuration locale ;

— les *pendages* sont toujours NW ; leur valeur générale est de 58° au SW et 56° au NE ; bien que faible, cette différence traduit le fait que le banc a tendance à se coucher vers le NE, et particulièrement à partir du niveau 302 où l'on note 7° de diminution moyenne du pendage au SW, 13° au NE ; il n'est pas impossible que cette tendance soit commune à tous les filons de la région ;

— les *puissances* semblent croître du SW (4 m) au NE (5 m) ; mais il s'agit d'un phénomène local ; avec la profondeur, légère tendance au rétrécissement, qui s'observe surtout entre les niveaux 100 et 170 ; mais cela est dû à des causes tectoniques de portées limitées.

Bien que l'allure du filon Cantiant soit en gros régulière, il comporte deux importantes digitations : les filons Lefort et Courty. De plus, en profondeur, ce filon se digite : vers

(1) Il s'agit bien entendu de valeurs moyennes, et uniquement dans la zone de nos travaux ; on sait par exemple qu'au SW de celle-ci, le filon demeure N 8° E sur 130 m et tourne de nouveau vers le N 27° E.

le niveau 175, on suit la branche nord sur plus de 250 m, et les sondages la recoupent au-delà du niveau 402 ; elle est sensiblement plus mince mais elle est très régulière ; la branche sud continue à se digiter : au niveau 370, il y a 3 bancs, et au niveau 339 la série Cantiant comporte 4 filons distincts.

Les apophyses sont de règle ; on en trouve une dizaine à tous les niveaux, au toit et au mur ; elles sont de faible extension (quelques mètres) et de peu de puissance (quelques décimètres) ; les plus importantes s'observent au NE, vers la faille de la Sapinière ; elles s'allongent sur 25 à 30 m de long, et leur puissance atteint 1 à 1 m 50 ; parallèles au banc principal, elles se sont mises en place dans le système de fractures qui s'ouvre plus bas (niveau 202) et permet aussi la mise en place de la digitation nord.

Le filon Cantiant est d'autre part affecté par des failles et fractures : sans parler des rejets que nous envisagerons plus loin, constatons que les épontes sont nettes, mais souvent soulignées par une salbande argileuse, parfois rougeâtre, présentant des traces de friction essentiellement horizontales. De plus, surtout aux niveaux profonds (284 et 302), apparaît un fait singulier : la minette est limitée par des plans franchement géométriques, se coupant sous des angles divers, mais très fréquemment aigus ; il y existe des blocs prismatiques de granite, aux faces planes, aux angles vifs, suggérant une mise en place du lamprophyre à la faveur d'un effondrement interne, les blocs de granite s'étant détachés suivant les vieilles diaclases (Pl. I, fig. 3 et 5) ; cette hypothèse est confirmée par l'extrême fracturation du granite à ces profondeurs, fracturation antérieure aux lamprophyres qu'elle n'affecte pas.

Les contacts du filon Cantiant sont particulièrement riches en filonnets uranifères : on n'en compte pas moins d'une dizaine en moyenne par niveau (digitations comprises) ; leur existence ne modifie en rien l'allure du banc.

Le FILON LEFORT, quasi stérile, a été peu étudié.

C'est une branche du filon Cantiant dont il se sépare à 22 m au SW de nos travaux (au niveau 30) ; il est connu par les travaux miniers sur 220 m de long ; en surface, on le suit sur près de 300 m ; il est douteux qu'il se prolonge beaucoup plus loin (1).

En profondeur, les travaux ont permis de le recouper jusqu'au niveau 302, soit sur 370 m de hauteur suivant le pendage. Les directions sont sensiblement parallèles à celles du banc Cantiant ; il en est de même des pendages, quoique les flexurations s'y montrent plus accentuées, comme si ce banc, moins massif que le premier, avait été plus sensible aux sollicitations tectoniques : sa puissance moyenne n'atteint en effet qu'un mètre ; elle décroît d'ailleurs régulièrement en profondeur :

Niveaux :	0	30	68	100	170	202	235
Puissance :	1 m 40	1 m 30	0 m 95	1 m	0 m 90	0 m 75	0 m 70

Au SE, partant du niveau 230, une mince digitation le rattache à la série Courty au niveau 284. Au NW, un filonnet plus important s'en détache à la cote — 32 et rejoint le système Cantiant à 128 m de profondeur : cette digitation semble relayer la branche nord du filon Cantiant, et, comme celui-ci, s'est mise en place dans une large fracture inclinée (45°), oblique par rapport au caisson principal.

(1) Cependant, au Nord, entre la Borderie et les Sagnes, sur 800 m de long, on a suivi un filon de minette qui pourrait bien le prolonger.

Outre ces deux branches, il est connu en surface (tranchées TB 1 et TB 2 bis), formant deux fines digitations qu'on suit sur 50 m environ.

Aucune minéralisation n'est connue au contact de ce banc, sauf au passage de la faille de la Sapinière.

Les FILONS COURTY constituent la série la plus orientale, issue comme la précédente du filon Cantiant dont elle se sépare en surface à 125 m au SW de nos travaux ; elle est connue sur 4 km au NNE jusqu'à l'étang de Gouillé. On la recoupe sur 200 m horizontalement et 360 m verticalement (niveau 302). Dès la surface, au NW, et dès le niveau 41, au SE, la série comporte deux bancs : le filon « intermédiaire » près du filon Lefort, et le filon Courty *sensu stricto*. Ils demeurent parallèles en direction et en pendage.

Le filon intermédiaire est d'une puissance irrégulière (2 à 3 m) qui tend à diminuer avec la profondeur. Il est en moyenne plus mince que le filon principal (1,70 m), alors que celui-ci atteint 2,60 m et même 3 m si l'on compte les digitations. On n'en connaît que peu au filon intermédiaire : l'une sur 50 m de haut entre les cotes 152 et 202 au SE, deux autres au NW, entre 18 et 50 m, et entre 88 et 106 m de profondeur.

Le filon Courty *s.s.*, très puissant (4 m) jusqu'au niveau 202, se divise en deux à ce niveau, puis sa branche nord se dédouble encore au niveau 270 : la puissance tend à diminuer avec la profondeur.

L'allure d'ensemble de la série, tant en direction qu'en pendage, est sensiblement parallèle à celle des autres filons (1).

A son contact, aux niveaux 30, 68 et 100, des filonnets de pechblende ont été recoupés ; leur importance limitée n'a pas justifié le traçage de la série aux cotes inférieures.

AUTRES FILONS. — A 310 m au SE de la série étudiée existe un filon de microgranite puissant de 6 m, flanqué 10 m plus loin, d'un filon de minette puissant de 1 m. Ces filons, tout à fait parallèles entre eux et à la série précédente, se poursuivent comme le filon Cantiant sur 9 km du SSW au NNE, du contact des gneiss à la hauteur de Jalinour et même au-delà. Les travaux miniers n'ont pas suivi ces formations, sur lesquels aucun indice n'était connu.

En résumé, les travaux ont suivi un faisceau lamprophyrique comprenant un filon principal « Cantiant », d'où se détachent deux filons corollaires « Lefort » et « Courty ». Conformément aux structures régionales, le faisceau s'allonge vers le N 30° E, avec un pendage de 50 à 60° vers le NW; il est connu sur 9 km horizontalement et plus de 500 m verticalement. Le système, complexe en profondeur (9 filons), se simplifie dans les zones superficielles (3 filons) ; une tendance légère mais certaine à l'amincissement se manifeste en descendant ; cependant, aux profondeurs atteintes, aucune disparition immédiate des lamprophyres ne peut être envisagée.

Les failles.

Il s'agit d'une série de failles sensiblement parallèles aux minettes, mais les recoupant, car de pendage moyen plus accentué.

(1) Cette identité se poursuit sur les 4 km pendant lesquels cette formation lamprophyrique est suivie.

— FAILLE DITE « DE LA RECOUPE 418 » (*filon Courty*). Connue sur 150 m de long et 200 m de haut, sa direction moyenne est N 40° E ; son pendage moyen passe de 80° NW au niveau 68, à 58° NW au niveau 100 ; la faille coupe donc le banc Courty entre ces deux niveaux ; les rejets sont mal connus, mais faibles. La puissance varie de 0,05 à 0,10 m. Cette faille recoupe la faille de la Sapinière, sans rejets apparents.

Les filonnets de pechblende existant au contact du lamprophyre sont cassés et dispersés à son passage : postérieure à la faille de la Sapinière, elle l'est donc aussi aux minéralisations uranifères.

— FAILLE DITE « DE LA GALERIE 9 » (*filon Cantiant*). Elle est connue aux niveaux 68 et 100 sur 60 m de long au moins ; sa direction est N 36° E ; son pendage passe de 72° à 68° NW d'un niveau à l'autre ; sa puissance baisse de 0,20 à 0,10 m en moyenne avec la profondeur ; ses rejets semblent faibles ; au niveau 68, elle comporte deux branches strictement parallèles qui convergent quelques mètres plus bas. Elle décale légèrement les minéralisations et leur est donc postérieure.

— FAILLE DITE « DE LA GALERIE 514 » (*filon Cantiant*). Il s'agit d'une faille qui n'a de commun avec les deux précédentes qu'une similitude de direction et de position près des minettes. Elle est connue aux niveaux 100 et 135, au toit, au mur, et dans le filon Cantiant, sur 100 m de long et une cinquantaine de mètres de haut. Sa direction varie de N 30° E à N 45° E ; son pendage oscille autour de 65° vers le NW ; sa puissance est très régulière : 5 cm ; ses rejets, peu importants, n'ont pu être définis avec certitude (1). Cette faille a été rejetée de 3 à 4 m horizontalement, tantôt vers le Nord, tantôt vers le Sud, par des branches du groupe Véronique ou de la Sapinière, auquel elle est donc antérieure. Mais un rejeu bien postérieur est certain, car elle broye des filonnets de pechblende.

Les fissures minéralisées.

Nous n'en décrirons que deux, les plus caractéristiques.

— AU NIVEAU 135, DANS LA GALERIE 514, on connaît dans la minette, au mur, une mince fissure (4 mm) remplie de pechblende et de pyrite. Elle s'allonge sur 3 mètres, et sa hauteur n'excède pas 2 mètres. Sa direction est parallèle à celle du filon lamprophyrique (N57°E), ainsi que son pendage (54° N43°W).

— AU NIVEAU 302, DANS LA GALERIE 921, au mur de la digitation sud du filon Cantiant, on suit sur 5 m de long et 3 m de haut une lentille atteignant 20 mm de large ; elle est orientée N 36° E. et son pendage est de 63° N54°W.

Elle est comprise entre deux branches orientales de la faille Véronique.

— *Les quelques autres filonnets* connus sont encore plus limités et leur description serait superflue.

LES ACCIDENTS NW-SE

Les failles.

On en connaît deux séries sensiblement parallèles, liées entre elles par des branches multiples ; ce sont, du SE au NW, la série Véronique et la faille de la Sapinière.

(1) Dans la recoupe 514, à l'avancement 77 m, un rejet horizontal de 0,35 m a été noté.

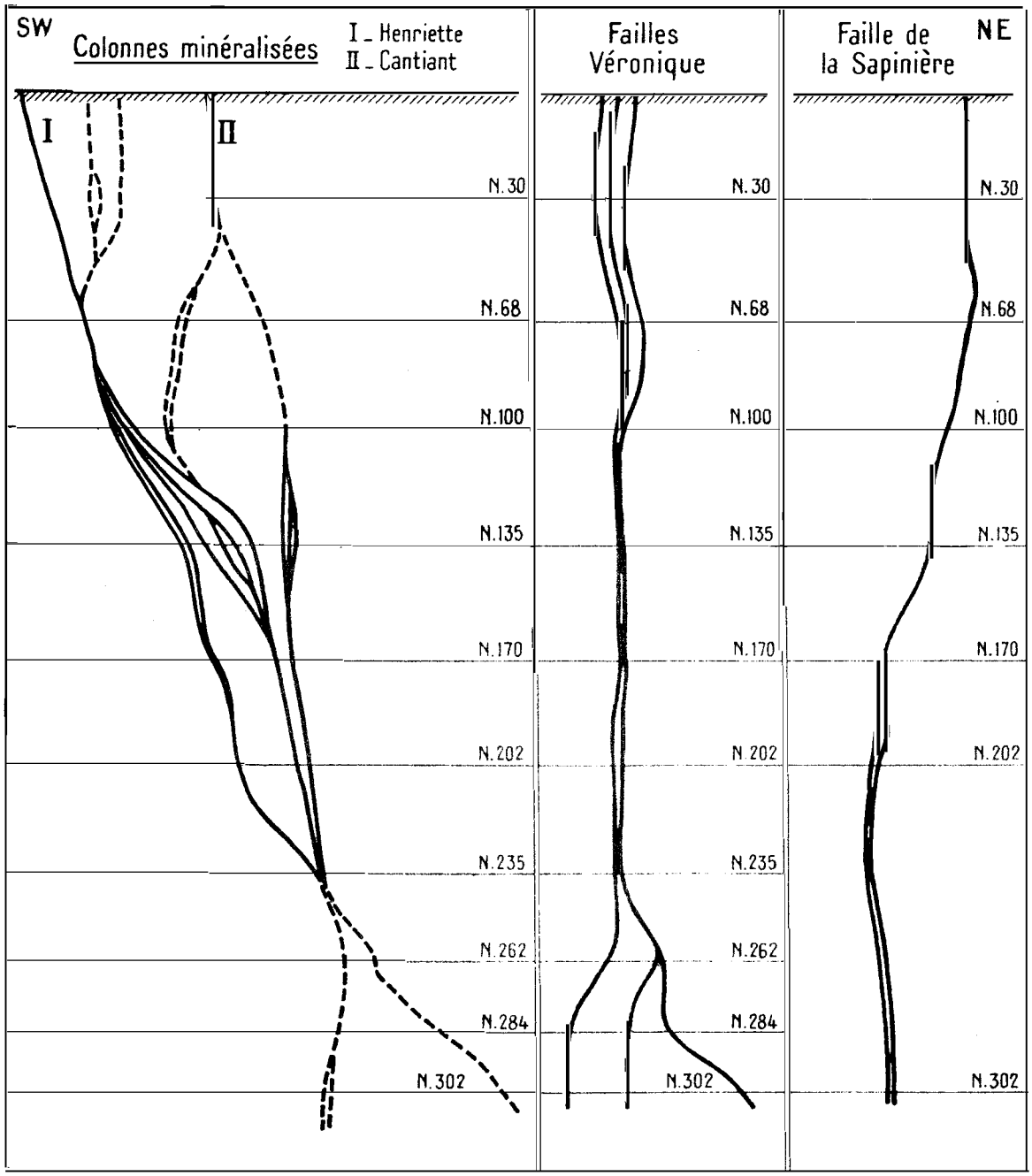


FIG. 7. — Coupes verticales des principaux accidents.

La série Véronique.

On lui connaît au moins 400 m d'extension horizontale ; mais il est certain qu'elle se prolonge bien au-delà dans les deux sens. En profondeur, elle est suivie sur 400 mètres.

Sa direction moyenne, NW-SE, est conforme à celle des grandes structures régionales ; elle varie peu autour de cette direction (moins de 10°) tant en plan qu'en profondeur. Le pendange d'ensemble est quasi vertical ; quelques flexurations s'observent : très légères (10° max.) entre les niveaux 30 et 68, nettement accusées (25 à 30°) du niveau 235 au sous-étage 284. La série est complexe : traditionnellement, il a été distingué deux failles dites Véronique I et Véronique II ; en fait, de la surface au niveau 100, il en existe trois ; de là au niveau 235, deux seulement ; au-dessous, quatre (fig. 7). La puissance de ces failles est faible : elle varie pour chacune des branches de 5 à 10 cm ; cependant, dès qu'elles se rapprochent à moins de 1 m 50 (niveaux 135 à 235), la roche qui les sépare est complètement écrasée, et le remplissage argileux atteint 0 m 70 à 1 m, et même 1 m 25 au niveau 235.

Les rejets ont été étudiés sur la minette Cantiant (tabl. II).

Niveaux	Véronique I	Véronique II	Véronique III
30	3,25 m vers le SE	0,60 m vers le SE	1,60 m vers le SE
68	8 »	7 »	1,25 »
100	10,50 »	4 »	6 »
135	8 »	2,25 »	2,25 »
170	14 »	5,50 »	6 »
202	13 »	2,50 »	2,50 »
235	16,50 »	2,50 »	
262	8 »	7,50 »	
302		2,50 »	

Tableau II. — Série Véronique : rejets horizontaux réels.

Une première constatation s'impose : tous ces rejets s'effectuent vers le SE. Véronique I limite le bord oriental du banc n'ayant apparemment pas bougé ; Véronique II et III bordent à l'Est la partie en mouvement vers le Sud. Entre ces branches sensiblement parallèles une lame a glissé, d'un seul tenant vers l'Ouest, par gradins vers l'Est. Ces branches ont pratiquement joué en même temps. A leur contact les filons lamprophyriques s'inclinent dans le sens du déplacement.

Une deuxième remarque est à faire : les rejets de Véronique I s'accroissent en profondeur, ceux des autres branches variant irrégulièrement autour d'une moyenne de 3 à 4 mètres. Les rejets verticaux réels sont faibles : ils existent néanmoins, et surtout en profondeur ; au niveau 302 on note de nombreux rejets de l'ordre de 0,30 m, et quelques-uns atteignent le mètre (1).

On connaît dans la série, au contact des lamprophyres, un remplissage sporadique en pechblende, légèrement cataclasée et suroxydée : la faille est indiscutablement *antérieure à la minéralisation,* mais de légers rejeux postérieurs sont néanmoins certains.

(1) Dans le montage 11 (-273 m), on observe un rejet vertical de 1.50 m des minettes Cantiant par une faille de ce groupe.

La structure verticale de la série est singulière : on passe d'une grande complexité en profondeur à une relative simplicité dans les zones superficielles : les efforts se sont surtout exercés en profondeur. Leur résultante verticale est faible ou nulle ; il s'agit essentiellement de *mouvements tangentiels*.

La faille de la Sapinière.

Par sa longueur connue, ses rejets, la relative importance de son remplissage et ses minéralisations, elle a toujours apparu comme un élément directeur de la géologie de la mine.

Elle est connue sur 400 m par les travaux miniers - du jour au niveau 302 - et des mesures de résistivité la suivent actuellement en surface sur 600 m. Il est hors de doute qu'elle se prolonge bien au-delà vers la région de Margnac (1), soit sur au moins 2 km.

Sa direction générale est N 48° W, et, dans la zone de nos travaux N 28° W ; le pendage moyen atteint 84° vers le SW ; la puissance du remplissage argileux oscille autour de 0,50 (tabl. III).

Niveaux	Directions	Pendages	Puissances	Rejet horizontal réel vers le SE
0	N 26° W	90°	0,6 m	23
30	N 27° W	90°	0,5	21,5
68	N 32° W	81°	0,6	17
100	N 23° W	72° — 81°	0,6	14
135	N 23° W	90°	0,55	14,5
170	N 23° W	81°	1,1	?
202	N 27° W	81°	0,5	4,5
302	N 14° W	90°	0,4	5,5

Tableau III. — Caractéristiques de la faille de la Sapinière.

En profondeur les directions varient peu autour du NNW, mais au niveau 302, elles obliquent franchement vers le Nord ; il ne s'agit d'ailleurs là que d'un phénomène local. Les pendages ne subissent guère de variations autour de la verticale. Les puissances sont toujours très régulières sauf au niveau 170 où elles doublent, car la faille comporte ici deux branches très rapprochées l'une de l'autre. La structure d'ensemble est nettement plus simple que celle de la série Véronique : aucune digitation importante, aucune tendance à la subdivision en branches multiples. Il existe dans la faille, au contact des lamprophyres, entre les niveaux 30 et 80, de gros amas de pechblende. L'accident a certainement rejoué depuis leur dépôt mais de façon très limitée.

Les rejets verticaux ne sont pas connus avec certitude. Ils sont sans aucun doute faibles. L'étude des rejets horizontaux montre qu'ils décroissent nettement avec la profondeur : on passe de 23 m en surface à 6 m 50 au niveau 302. Il y a là une différence très remarquable avec la série Véronique où l'inverse s'observe : nous y reviendrons plus loin.

(1) Les mesures dues à la section géophysique du C.E.A. ont été effectuées par M. Blanchet et étudiées en collaboration avec M. Collin. Dans un milieu granitique à haute résistivité (5 000 à 50 000 Ohms/mètre), la faille se montre relativement très conductrice (résistivité inférieure à 1 000 Ohms/mètre).

Les fractures minéralisées.

Elles s'ouvrent au contact des minettes et leur remplissage constitue le principal des corps minéralisés exploités. Elles ont le caractère franc de cassures ouvertes, puis immédiatement remplies. On n'en compte pas moins d'une dizaine en moyenne dans chaque étage. Nous n'étudierons en détail que la fracture Henriette, qui, par ses dimensions et sa continuité, constitue l'élément minéralisé principal du gisement. Les autres - une cinquantaine, dont 39 sur la minette Cantiant et 11 sur les groupes Lefort et Courty - présentent une telle similitude qu'une description d'ensemble est possible :

— les pendages sont tous subverticaux ;
— l'ouverture est comprise entre 2 et 10 millimètres ;
— l'extension horizontale ne dépasse jamais 3 mètres ;
— verticalement, les cheminées ou les sapes menées dans ces formations ont démontré qu'elles n'excèdent guère 5 m de hauteur.

Ces cassures sont peu digitées, leurs bords sont francs. Elles sont souvent décrochées de plusieurs décimètres par les failles du groupe NE-SW. Au point de vue strictement tectonique, elles ne constituent qu'un élément tout à fait mineur dans le gisement.

Niveaux	Direction	Pendage	Ouverture moyenne (en mm)	Extension (en m) (2)	Extension (en m) (3)	Nombre de branches
2	N 67° W	72° N23°E	28	6	6	1
30	N 63° W	72° N27°E	17	11	15	1
68	N 50° W	63° N40°E	15	10	13	1
100	N 58° W	72° N32°E	16	12,5	12,5	6
135	N 45° W	63° N45°E	12	5	5	6
170	N 62° W	72° N28°E	80	12,5	16,5	3
202	N 54° W	77° N28°E	38	11	11	2
235	N 50° W	63° N40°E	27	7,7	7,7	1

TABLEAU IV. — Caractéristiques moyennes de la colonne Henriette.

L'accident où s'est logée la minéralisation de la COLONNE HENRIETTE est beaucoup plus important (fig. 8). Voici ses caractéristiques :

— direction très constante : N 56° W pour l'ensemble ; avec la profondeur, les variations n'excèdent pas 11° dans un sens ou dans l'autre ;

— pendage général vers le NE ; il est très régulier et ne se couche nettement qu'au niveau 120, et surtout à partir du niveau 260 où les pendages semblent atteindre 36° vers le NE d'après les résultats des sondages de 1956 ;

— ouverture par contre extrêmement variable aussi bien dans le plan vertical que dans le plan horizontal : parfois nulle, on l'a vu atteindre 380 mm au-dessous du niveau 135 (— 142 m) ; les variations du simple au décuple sont fréquentes ; en règle générale, les lèvres s'ouvrent dans les deux mètres précédant le contact des filons lamprophyriques, mais se referment à la traversée de ceux-ci. Ce phénomène est courant dans nos autres gisements (Fanay, les Sagnes, la Borderie, les Tenelles, etc...) (1) et semble dû à la relative plasticité des minettes vis-à-vis des efforts tectoniques. Il est intéressant de noter que les dimensions de l'ouverture paraissent proportionnelles à la puissance des filons traversés : c'est-à-dire qu'elles sont plus importantes sur le filon Cantiant que les autres.

(1) Il a de même été observé à Sault-Sainte-Marie (Canada).
(2) Remplissage massif.
(3) Queues minéralisées en produits noirs.

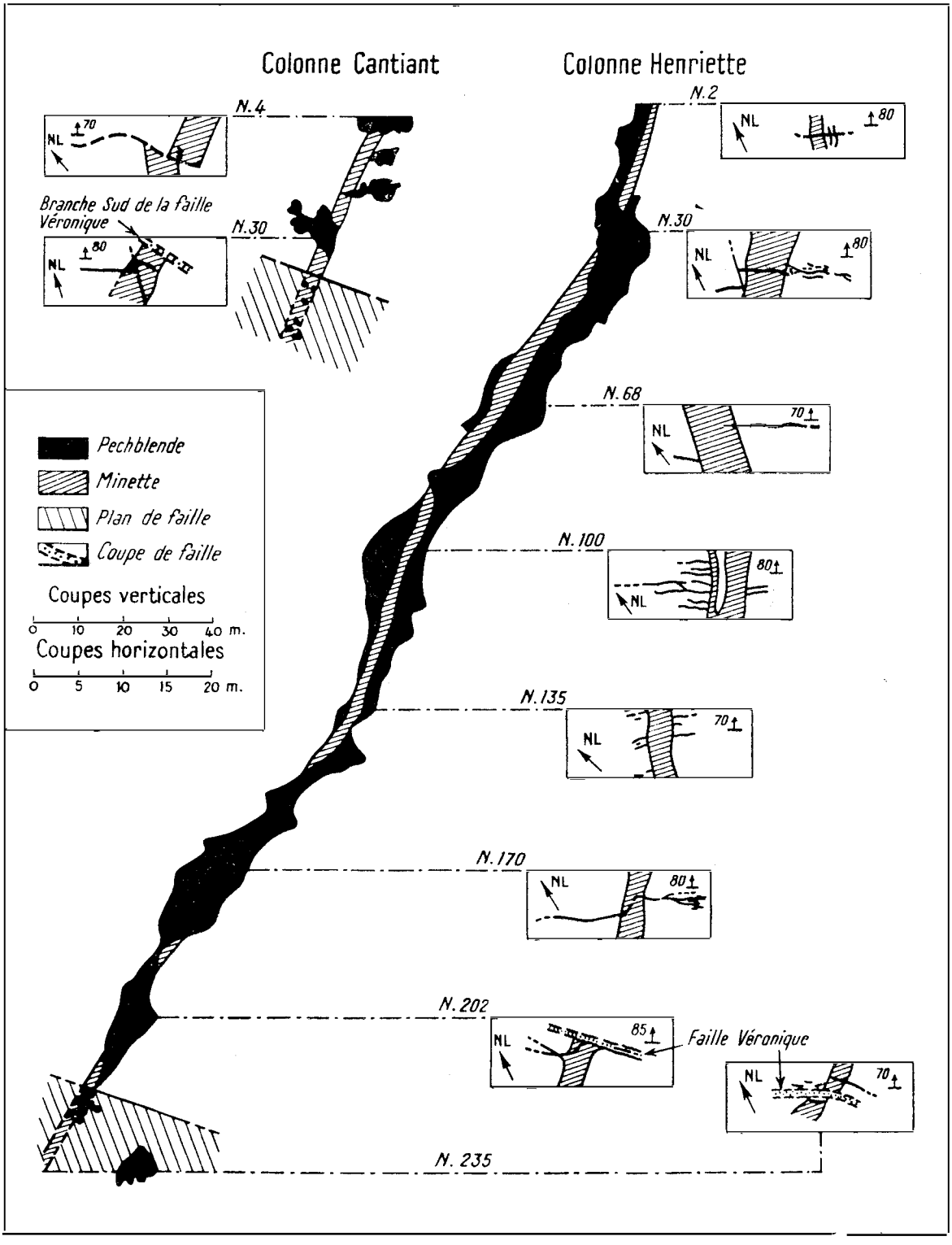


FIG. 8. — Diagrammes des colonnes minéralisées.

L'ouverture moyenne, calculée à partir des dépilages du jour au niveau 235, est de 40 mm ; elle est réputée mince de 10 à 30 mm, moyenne de 30 à 50 et large dès 50 mm. De très belles passées, entre les niveaux 145 à 185, ont oscillé entre 80 et 100 mm.

L'extension horizontale varie de 1 à 15 m, si l'on se limite aux remplissages en pechblende massive ; de 6 à 16,50 m en comptant les queues minéralisées en produits noirs ; l'accident lui-même a été suivi sur 65 m aux niveaux 170 et 302.

Verticalement, la colonne minéralisée se suit régulièrement du jour au niveau 217 (1) ; elle n'est d'ailleurs pas simple, sauf au niveau 68 ; au niveau 135, elle comporte jusqu'à 6 branches principales. Au-dessous du niveau 217, la minéralisation se disperse dans les fractures de la série Véronique et la colonne perd son individualité en tant que corps minéralisé ; le système de fractures auquel elle appartient se poursuit néanmoins, et les sondages le recoupent jusqu'à -402 m : à partir de la base du puits P2, on peut donc l'estimer connu sur plus de 500 m en vraie hauteur.

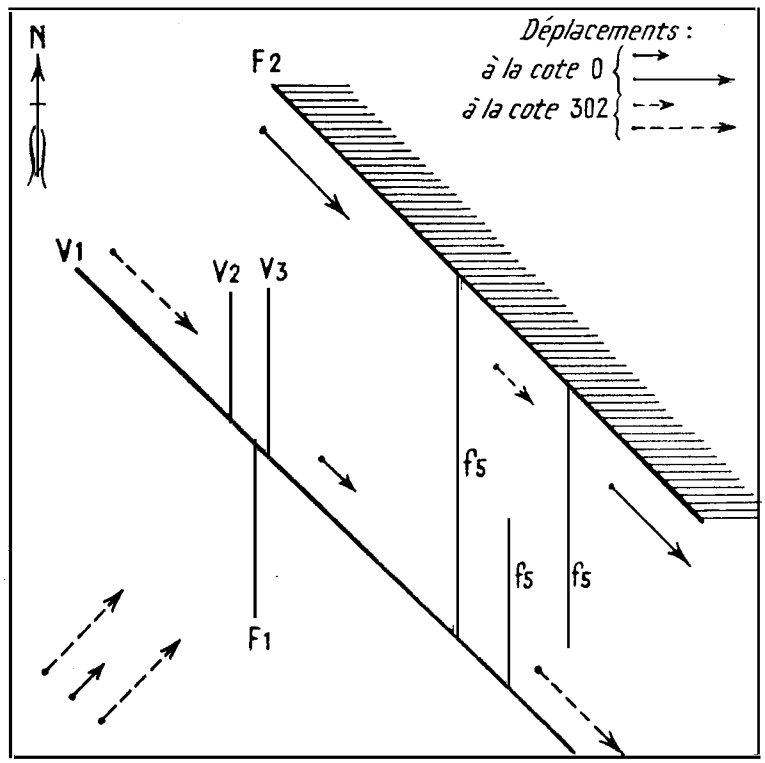


FIG. 9. — Les sollicitations tectoniques et leurs résultantes aux cotes 0 et 302.

Dans de nombreux gisements, en particulier à Joachimsthal (Tchécoslovaquie) (2), Urgéréica (Portugal) (3), Bauzot (France) (4), il a été remarqué que les parties à fort pendage des fractures étaient particulièrement bien ouvertes ; par contre les zones flexurées

(1) En fait, dès le niveau 202, elle gît dans une ouverture de la faille Véronique I.

(2) STEP J. et BECKE F. : Das Vorkommer des Uranpecherzes Zu. St. Joachimsthal. *Akad. der Wiessensch.*, Wien, 1904, Math. Nat. Klasse, Sitzungsberichte. Vol. 118. pp. 585-618.

(3) CAMERON E.N., JAMES J.A., BOWIE S.H.U. : Observations orales.

(4) G. H. CARRAT : Le gisement d'uranium de Bauzot (Saône-et-Loire). *Sciences de la Terre*, Nancy, 1955, t. III, nos 3-4.

se montraient étroites. Il en est de même dans cette colonne ; au niveau 135, une ouverture minima de 12 mm est enregistrée pour une extension limitée à 5 m : la surface horizontale n'atteint, comme nous le verrons plus loin, que 0,06 m², ce qui est très inférieur à la section moyenne (0,21 m²).

La colonne Henriette comporte des digitations :

— *les colonnes dites de « l'allongement 208 »*. Sensiblement parallèles (N 45° W à N 30° W), elles sont verticales de la surface à la cote —50, et s'inclinent ensuite de 67° vers le SW ; elles rattrappent la colonne Henriette un peu au-dessus du niveau 68 ; on en compte 6 dont 3 seulement ont 25 mm d'ouverture ; les autres atteignent 10 mm à peine. Elles ne s'observent qu'au mur du banc Cantiant, avec une extension n'excédant pas 3 m. Leur régularité dans le plan vertical ne peut être apprécié, les dépilages restant à effectuer.

— *la colonne dite « Cantiant »* est individualisée du jour à la cote — 35 ; elle est parallèle à la colonne Henriette en pendage et direction ; son ouverture est tout à fait irrégulière, tant en plan qu'en profondeur : souvent nulle, elle atteint 120 mm en surface et varie normalement de 20 à 40 mm. Les zones ouvertes ont de 7,50 à 12,50 m d'extension horizontale. La fracture, unique jusqu'à — 35, semble ensuite se subdiviser en multiples cassures rejoignant celles de la série Véronique dès la cote — 45, et celles d'Henriette un peu au-dessous du niveau 100.

Dans toutes ces fractures minéralisées, le contact est immédiat entre le minerai et la roche, sans transition ; l'imprégnation dans les épontes est très brève et très limitée : le Professeur R. Coppens (1) a noté l'existence dans la roche encaissante, partant du filon, de filonnets étroits (quelques dixièmes de mm) reliant entre elles des inclusions de mêmes dimensions ou plus petites encore. Il s'agit de pechblende logée dans des microfractures accompagnant la cassure. Le phénomène, notable dans les deux premiers millimètres, décroit ensuite très rapidement en moins d'un centimètre ; il n'est plus guère perceptible au-delà de 5 cm du filon.

LES ACCIDENTS NORD-SUD

La faille du puits P2 et les fractures N-S.

Les travaux ont montré à tous les niveaux l'existence de failles ou fractures multiples, orientées N-S, à pendage subvertical, à faible remplissage argileux (quelques centimètres). Leur extension n'excède guère 30 à 40 m horizontalement et 50 m verticalement. La plus importante est celle qui coupe diagonalement le puits P2 : elle est connue sur 200 m de long ; on la suit régulièrement du jour au niveau 235, puis elle se digite, et au niveau 302 se résoud en cassures nombreuses ; son pendage, légèrement Ouest, varie à peine de quelques degrés autour de la verticale ; au niveau 110, elle atteint exceptionnellement une puissance de 0,50 m.

Le rejet vertical réel n'est pas connu, les rejets horizontaux sont de 6 m au niveau 30 et 20 m au niveau 235 (mesuré sur les minettes Lefort et Courty).

L'évolution en profondeur des rejets des accidents du groupe Véronique d'une part, de la Sapinière d'autre part (voir tableaux II et III) implique, dans le compartiment qu'ils limitent, un effort de torsion dont les accidents N-S semblent les résultantes, si l'on admet

(1) Répartition de la radioactivité dans un granite au contact d'un filon de pechblende. (Rapport inédit, juin 1953).

la réalité de poussées venant du SW ; autrement dit, il faut y voir la manifestation d'efforts de compression et de torsion combinés (fig. 9).

ESSAI DE SYNTHESE

Il ne me paraît pas utile, dans le cadre de cet ouvrage, de pousser plus loin l'analyse tectonique du gisement : j'y reviendrai ailleurs. Je me bornerai donc à replacer dans le temps, les uns par rapport aux autres, les différents accidents ci-dessus décrits (1).

Si l'on admet que les « granulites » du Limousin sont contemporaines du paroxysme hercynien (2), l'étude du gisement Henriette démontre les effets de trois phases tectoniques postérieures, d'importance décroissante.

Au cours de la première se manifestent des efforts de tension aboutissant à l'ouverture de vastes fractures linéaires, aussitôt comblées par les lamprophyres : il s'agit sans doute d'un contrecoup plus ou moins tardif de la grande dislocation d'Argentat. Cette phase se poursuit par quelques compressions de même direction NE-SW : failles « de la bretelle 45 bis » au niveau 100 et « de la galerie 14 » au niveau 135, mais de pendage différent de celui des lamprophyres qu'elles affectent.

La phase suivante se manifeste par des accidents moins vastes ; c'est elle néanmoins qui détermine la physionomie du gisement (fig. 10) : il apparaît un champ de failles et fractures NW, hâchant la granulite et les lamprophyres ; la faille N-S « du puits P 2 », ainsi que de nombreuses fractures de même orientation, résultent des mêmes efforts : elles ont pour corollaires tout une série de failles ou fractures secondaires orientées NE-SW, limitant d'étroits compartiments abaissés ou soulevés au cours de mouvements nettement tangentiels : les poussées sont venues du SW et sont particulièrement intenses en profondeur; le style « charriage » semble donc persister.

Dans des fractures ouvertes NW (à pendage NE), dans les recouvertures des failles principales, a déposé la pechblende : elle daterait au plus du Jurassique moyen (3).

Une dernière phase d'ébranlement, rajeunissant les accidents anciens, remaniant légèrement la pechblende, s'observe dans les failles Véronique et de la Sapinière, dans celle de la « galerie 514 » ; celles de la « galerie 9 » et de la « recoupe 418 » rejettent même légèrement les filons minéralisés. Ces efforts ont néanmoins été très faibles ; il n'est guère possible de les dater.

MINERALISATION

LE MINERAI

La minéralisation de la mine Henriette, jusqu'au niveau 135, a déjà été longuement décrite par Jacques Geffroy et Jacqueline A. Sarcia (3). L'étude en a été reprise et com-

(1) En 1952, un essai d'analyse tectonique selon les procédés de M. le professeur Wegmann avait déjà été entrepris par R. Le Calgnec, du jour au niveau 135. Ces études ont depuis été reprises et étendues jusqu'au niveau 302.

(2) E. RAGUIN. — Contribution à l'étude de la tectonique dans la région Ouest du Massif Central français. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, Paris, 1927, t. XXX, n° 164, pp. 1-57, 1 carte h.-t.

E. RAGUIN. — Problèmes tectoniques dans les terrains cristallophylliens du centre de la France. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 1930, 4e sér., t. 30, pp. 51-76.

L. DE LAUNAY. — La zone granulitique de Millevaches. *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, Paris, 1932, t. XXXV, n° 183, pp. 1-73, 1 carte.

M. ROQUES. — Pétrographie et tectonique du Bas-Limousin. *Revue Sc. nat. Auvergne*, Clermont-Ferrand, 1935, nouv. sér., t. I.

J. JUNG. — Zonéographie et âge des formations cristallophylliennes des massifs hercyniens français. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 1953, 6e sér., t. 3, pp. 329-343.

(3) J. GEFFROY et J. A. SARCIA. *op. cit.*

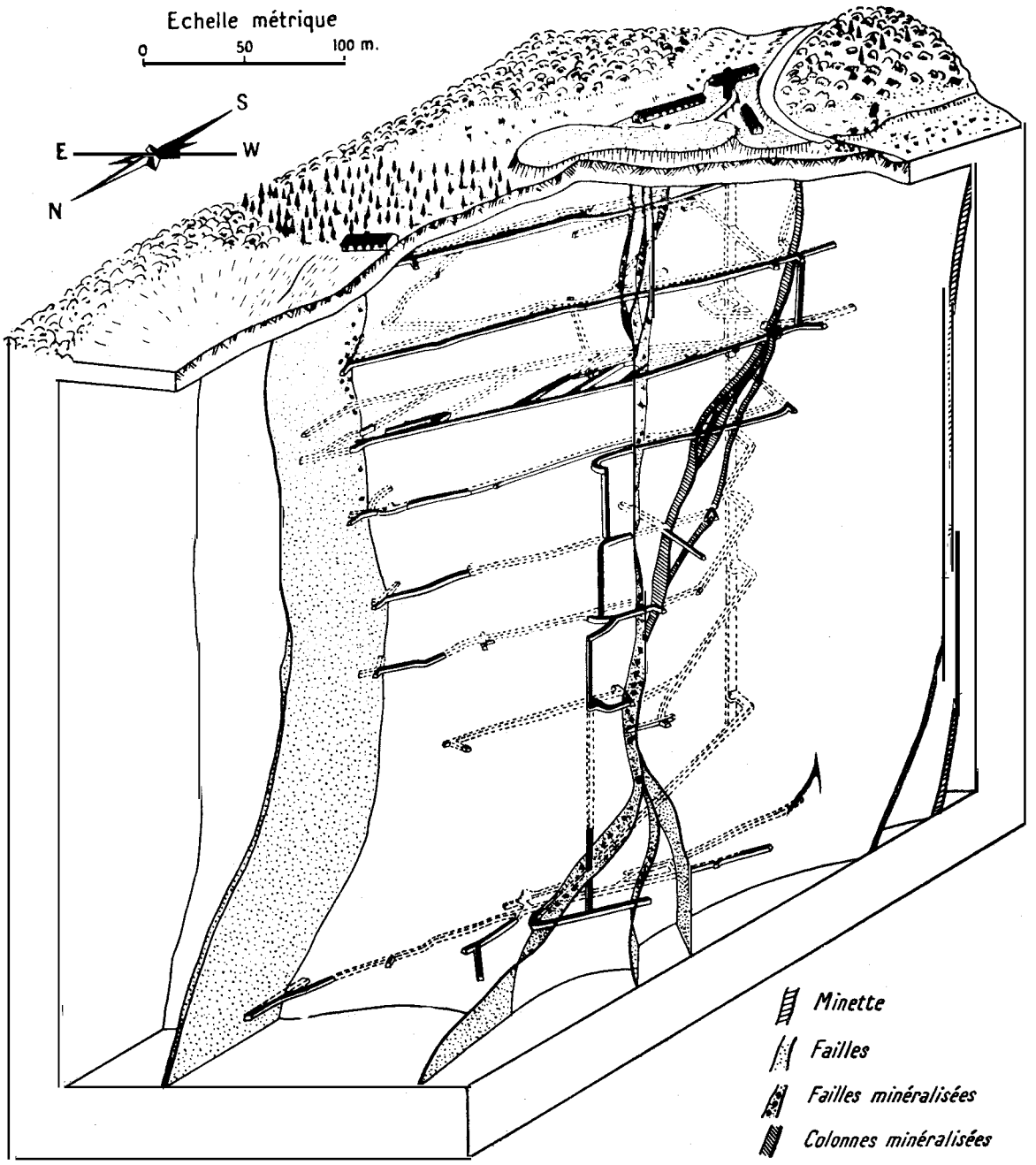


FIG. 10. — Bloc diagramme de la mine Henriette.

plétée dans le travail de Jacqueline A. Sarcia publié en même temps que celui-ci. Nous nous bornerons donc à l'énoncé de ses principales caractéristiques minéralogiques :

— minéralisation uranifère primaire constituée par de la *pechblende* massive associée en partie à peu près égale à de la *pyrite* et de la *marcassite* (1) : toute la production de la mine, jusqu'à ce jour, a été ainsi assurée en minerai scheidé, titrant jusqu'à 40 % d'uranium métal ;

— *gangue* sporadique et peu abondante, barytique, dans l'axe des filons ou les recoupant de façon quelconque ; rien entre la granulite ou la minette et la pechblende, qu'une mince lisière bréchique riche en sulfures (surtout dans la minette) ;

— peu d'argile dans les filons riches : contact franc avec la roche encaissante assez saine, sauf phyllitisation des feldspaths et pyritisation de la biotite ; les argiles apparaissent dans les zones remaniées très disloquées (failles de la Sapinière et autres...) avec le minerai dispersé, pauvre, à « *produits noirs* » ; la calcite est alors un associé fréquent et l'*hématite* l'accompagne, corollairement à la disparition des sulfures de fer ;

— minéralisation d'altération supergène banale, à *gummites jaunes* et *autunite barytique*.

TONNAGES ET TENEURS

Le gisement Henriette est d'importance modeste à l'échelle mondiale : mais sur le plan européen, il est comparable à ceux de Jachimov et du Nord du Portugal. Seules les colonnes riches ont été réellement exploitées.

La colonne Henriette.

C'est en fait un long et étroit ruban, très mince : s'il mesurait 1 m de haut, il aurait à la même échelle 2,1 cm de large et 1,4 dixième de mm d'épaisseur environ.

Rappelons que l'extension maximum (prise sur un plan horizontal) n'a pas excédé 15 m, mais n'a jamais été nulle : le minimum (1 m) a été observé dans les dépilages à la cote — 188 ; l'extension moyenne apparente est de l'ordre de 6,10 m ; l'extension réelle atteint à peine 5,10 m (2).

La colonne est continue du jour au niveau 218, soit sur une hauteur réelle de 255 m, ce qui est exceptionnel pour des colonnes de ce type et n'a jamais été signalé ailleurs à notre connaissance (3).

Les puissances moyennes — de pechblende massive — ont atteint, à la cote — 170, 86 mm ; à différents niveaux, elles diminuaient jusqu'à 4 mm. En moyenne cependant, une valeur de 36 mm peut être retenue pour la colonne proprement dite, ce qui est relativement considérable (4).

La surface verticale a été mesurée avec soin dans les dépilages : elle est de l'ordre de 1.450 m².

---

(1) d'où la difficulté pour conserver sains les gros échantillons.

(2) Ces valeurs, si modestes qu'elles semblent, sont néanmoins considérables si on les compare à celle des formations de même type : Sault-Sainte-Marie : 1 m 20 à 1 m 50 (*op. cit.*) ; au Brugeaud (25 km au Nord de la Crouzille) : 2 et 3 m.

(3) Ainsi au Brugeaud : filons Jean, 11 m ; Cyrille, 8 m ; Gus, 7 m. Il eût été intéressant de connaître l'extension verticale du Geistergang à Joachimsthal ; nous n'avons pu obtenir ce renseignement.

(4) Des comparaisons semblent intéressantes :
— Sault-Sainte-Marie : maximum : 20 mm ; moyenne : 1,5 à 6 mm.
— Guarda et Sabugal : selon des renseignements oraux, très inférieurs à ceux d'Henriette.
— Joachimsthal : 30 à 40 mm et très rarement 20 cm (L. de Launay, Traité de métallogénie, gîtes minéraux et métallifères, *Librairie Polytechn. Béranger*, Paris, 1913, t. II, p. 82). Encore s'agit-il de minerai d'un titre certainement inférieur.
— Brugeaud : maximum : 40 et 88 mm ; moyenne : 10 à 28 mm.
— Ritord : maximum : 70 mm ; moyenne : 22 mm.

Les surfaces horizontales sont très variables, suivant les niveaux :

— au jour	: 0,17 m²	— au niveau 135	: 0,06 m²
— au niveau 30	: 0,18 m²	— au niveau 170	: 1 m²
— au niveau 68	: 0,15 m²	— au niveau 202	: 0,42 m²
— au niveau 100	: 0,20 m²	— au niveau 235	: 0,21 m²

La moyenne s'établit à 0,21 m².

Le volume est connu : 53 m³ environ ; sa masse est facile à vérifier, compte tenu d'une densité que de nombreuses mesures fixent à 6,2 : soit 330 tonnes environ.

Si l'on considère la colonne proprement dite, la teneur en uranium contenu varie de 20 à 50 % ; elle est en moyenne de 31,2 % pour un minerai bien trié.

Il est certain que la teneur d'ensemble décroît avec la profondeur : ce fait n'est pas en relation avec la nature du minerai, mais avec un triage moins facile ; en effet, en descendant, la colonne entre dans la zone d'action du groupe Véronique, et l'abattage sélectif dans les masses argileuses devient malaisé.

On peut évaluer le tonnage total extrait à 103 tonnes de métal ; cette colonne à elle seule constituerait donc un petit gisement.

Le tonnage au mètre d'approfondissement pour l'ensemble donne une valeur moyenne de 0,438 tonnes.

En fait, de très larges écarts ont été constatés en quelques mètres. C'est ainsi qu'au niveau 135, la valeur très faible de 102 kg était à peine atteinte, alors que 35 m plus bas, on observait le chiffre considérable de 1,483 tonne. Les variations sont rapides, mais graduelles.

Le tableau V en donne un aperçu, d'ailleurs insuffisant :

Niveaux :	2	30	68	100	135	170	202	235
Tonnage de métal au m d'approfondissement (*en tonnes*)	0,348	0,374	0,422	0,336	0,102	1,483	0,702	0,240

TABLEAU V.

Ces variations excessives ont toujours rendu très délicate l'évaluation de ce gîte et conduit à des découpages très poussés (9 à 10 m entre sous-étages) pour limiter les risques d'erreur.

Nous avons déjà signalé qu'il n'y a pratiquement pas de minéralisations d'épontes. Il faut ajouter qu'à certains niveaux (30, 68 et 170) la minéralisation se prolonge sur 3 à 4 m aux extrémités de la formation dans des cassures : il s'agit de minces filonnets de pechblende, individuellement très riches, mais impossibles à scheider. Leur abattage dans d'étroits dépilages de 0,80 m, donne un produit à faible teneur (0,2 %) ; leur tonnage est négligeable (1,5 tonne environ de métal) ; leur puissance réduite moyenne est de l'ordre de 12 mm pour un produit titrant 30 % de métal.

Au delà du niveau 235, la minéralisation se disperse dans une zone très fracturée où, bien que le tonnage se maintienne, l'exploitation cesse d'être possible, car les teneurs deviennent insuffisantes (1 ‰) étant donné les conditions particulières au gisement.

La colonne Cantiant.

Elle n'est connue que de la surface à la cote —49, soit sur une hauteur réelle de 55 m environ.

Sa largeur maximum atteint 12 m en surface et au niveau 30, mais elle est souvent nulle ; une moyenne réduite s'établierait à 3 m sur la hauteur considérée.

Les puissances sont de même extrêmement variables : de 0 à 86 mm. Entre ces limites, le filon varie surtout entre 20 et 40 mm. Etant donné la structure discontinue de la formation, le calcul d'une puissance moyenne est assez illusoire : il peut être fait cependant à titre de comparaison, et donne 14 mm.

La colonne a une surface de 165 m² ; les surfaces horizontales, souvent nulles, ont atteint jusqu'à 3 m² ; leur moyenne d'ensemble s'établit à 0,042 m².

Le volume minéralisé est de 2,31 m³, correspondant à 16,17 tonnes de minerai titrant 25 % en moyenne, soit environ 4 tonnes de métal. Le type de minerai est identique à celui de la colonne Henriette. Une telle masse est évidemment très limitée, mais non négligeable dans des gisements de ce type.

A la cote —49, la colonne entre dans la zone d'action des failles des groupes Véronique et sa dispersion la rend inexploitable. Des sondages percutants ont retrouvé sa trace au niveau 68. Elle n'y comporte plus que des produits noirs et de minces filonnets de pechblende (1 à 2 mm) broyés, noyés dans la masse argileuse des failles.

Comme pour la colonne Henriette, il a été noté longitudinalement (sur 3 à 4 m) des prolongements minéralisés, mais trop minces pour être exploités (1).

Lentilles minéralisées.

Il existe un grand nombre de lentilles irrégulièrement réparties au toit et au mur de tous les lamprophyres, à tous les niveaux. Il est rare que leur exploitation nécessite plus qu'une courte cheminée ou une simple tranchée à la couronne ou à la sole des galeries qui les recoupent. Elles n'ont guère plus, en général, de 1,5 m de long, 1,20 m de haut et 15 mm de puissance. Chacune ne produit guère plus de 100 kg de métal sous forme d'un très beau minerai scheidé titrant 35 %. Cependant, il a été rencontré au niveau 30 (galerie 208) et au niveau 302 des lentilles plus vastes qui ont nécessité des amorces de dépilages.

Leurs dimensions atteignaient : 5 m de long, 3 m de haut et 10 mm de puissance moyenne (20 mm au maximum), soit un volume de 0,15 m³, une masse minéralisée de 1 tonne, et un poids de métal récupéré de 150 à 200 kg.

En conclusion, ces filons de pechblende - très riches - représentent, malgré la modestie de leur dimension, des appoints non négligeables de métal.

Leurs dimensions et leur disposition perpendiculaire ou, beaucoup plus exceptionnellement, parallèle aux lamprophyres, rappellent tout à fait le gîte de Sault-Sainte-Marie.

Remplissages uranifères des failles.

Nous nous bornerons à décrire le plus typique, celui de la faille de la Sapinière.

(1) La colonne Cantiant n'a pas une importance comparable à celle d'Henriette ; ses dimensions et sa structure la rapprochent de certains éléments de Joachimsthal ; en particulier du Hildebrandgang (à 214 m de profondeur).

Comme nous l'avons déjà dit, cette faille connue sur plusieurs centaines de mètres de long et plus de 400 m de haut n'est réellement minéralisée qu'au contact des filons lamprophyriques. On note :

— en surface : autunite.
— au niveau 30 : autunite avec quelques rognons résiduels de pechblende.
— au niveau 68 : un mélange complexe d'autunite, produits noirs et pechblende.
— aux niveaux 100 et 135 : produits noirs et un peu d'autunite.
— au-dessous : produits noirs, de moins en moins abondants.

Les concentrations ne peuvent justifier une exploitation qu'entre la surface et le niveau 80 ; au-dessous, les teneurs sont inférieures à 1 ‰ de métal. Dans tous les cas, l'abondance des produits argileux rend très difficiles l'exploitation et plus encore le traitement.

L'extension horizontale maximum des zones minéralisées dépasse 120 m (niveau 68 : galeries 311, 314, 318) ; aux niveaux 30 et 135, les longueurs n'excèdent pas respectivement 27 et 13 m. La puissance varie très peu entre 0,80 et 1 m ; elle est en moyenne de 0.90 m. La surface latérale connue est de 4 670 m² ; en réalité, elle doit atteindre 15 600 m² environ. La surface horizontale tracée au niveau 68 est de l'ordre de 112 m². Le volume minéralisé exploré est de 3 736 m³ ; le volume réel est de 12 500 m³. Les tonnages correspondants s'établiraient respectivement à 8 200 et 27 375 tonnes, la densité moyenne étant de 2,19 (1).

Les teneurs varient horizontalement : elles augmentent avec la proximité des lamprophyres, et des masses de plusieurs centaines de kg de minerai titraient jusqu'à 1,5 % au contact de la minette Cantiant. Verticalement, les teneurs moyennes croissent de la surface (0,15 %), au niveau 30 (0,16 %) et jusqu'au niveau 68 (0,26 %) ; elles décroissent ensuite : 0,12 % au niveau 100 ; 0,096 % au niveau 135 ; au-dessous, elles deviennent négligeables (0,03 % au niveau 302).

Une teneur moyenne de la surface au niveau 135 s'établit à 0,235 % suivant les traçages et doit, en réalité, titrer 0,156 % dans l'ensemble de la formation.

Le tonnage de métal prévisible atteint donc 19 tonnes, mais des extensions probables pourraient le porter à 36 tonnes. En effet, il n'y a aucune raison de supposer stérile la faille de la Sapinière aux niveaux 30, 100 et 135, à l'aplomb des zones minéralisées du niveau 65. En profondeur, la reprise de minéralisations locales est probable. Mais leur importance ne peut justifier leur recherche, vu leur teneur véritablement limitée. Rappelons, en effet, qu'au niveau 65, le mieux connu, le tonnage minéralisé n'excédait guère 0,6 tonne au mètre d'approfondissement.

De minces ouvertures dans les failles Véronique sont également minéralisées en pechblende au contact des lamprophyres. En voici des exemples :

Niveaux	Longueur (en mètres)	Puissance réduite (en mètres)	Tonnage métal au mètre d'approfondissement
135	2,25	0,041	0,193
170	1	0,002	0,004
202	1	0,034	0,071
235	1	0,021	0,044

TABLEAU VI.

(1) Les valeurs extrêmes vont de 1,84 à 3,15.

FILONNETS A PECHBLENDE BROYÉE DANS DES FAILLES.

Il nous suffira de donner quelques précisions sur ceux « de la recoupe 418 ».

La formation tracée est constituée par une série de minces filonnets de pechblende broyée et dispersée dans la masse argileuse d'une grande faille dite « de la galerie 418 ». L'extension et les caractéristiques géométriques de celle-ci ont déjà été données : nous n'y reviendrons pas.

Les filonnets - une dizaine au total - se localisent au toit et au mur des filons de la minette Courty. La faille étant oblique par rapport à cette dernière, il est des zones où les veines de pechblende sont intactes et leurs caractéristiques observables. Ils sont espacés de 2,50 à 3 m ; leur longueur (du NW au SE) n'excède pas 3 m, et elle est en moyenne de 0,75 m ; leur hauteur maximum ne dépasse guère une dizaine de mètres. Beaucoup de filonnets existent en sus dans la masse, mais ils se réduisent à de courtes lentilles hautes de 1 à 1,50 m. La puissance de ces veines est très faible : 2 à 4 mm, mais les dix filonnets nettement observés sont de l'ordre du centimètre.

Leur exploitation individuelle étant hors de question, il faut envisager, sur le plan minier, la masse argileuse dans laquelle ils se noient avec leurs produits noirs de broyage. La longueur de celle-ci est au plus de 32 m au niveau 68, et de 15 m au sous-étage 60. Sa puissance n'excède jamais 0,80 m ; elle est en moyenne de 0,40 m. Sa hauteur n'est connue avec certitude que sur une trentaine de mètres, mais il est probable qu'elle se prolonge sur au moins cinquante mètres.

Les sections horizontales varient de 12 à 25 m^2 ; les surfaces verticales étudiées atteignant 470 m^2, mais la surface probable totale dépasse certainement 1 000 m^2. Les volumes minéralisés sont compris entre 375 et 1 400 m^3, soient des tonnages de 750 à 2 800 tonnes, la densité s'établissant à 2.

Les teneurs des filonnets et lentilles sont toujours de 30 à 35 % de métal, comme pour tous les éléments minéralisés de la mine. Mais le titre à considérer est celui de la masse et il est très bas : 0,08 % au niveau 30, 0,12 % au sous-étage 60, 0,16 % au niveau 68, si l'on considère la puissance réellement minéralisée (0,40 m). La masse est à dépiler sur 0,80 m, ce qui ramène les teneurs à 0,04 % au niveau 30, à 0,06 % au sous-étage 60, à 0,08 % au niveau 68, soit pour l'ensemble à une moyenne de 0,075 %. C'est évidemment très faible et le tonnage de métal existant (0,6 tonne) ou espérable (2 tonnes) est insuffisant pour justifier l'exploitation de produits qu'une gangue argileuse considérable rendrait d'ailleurs difficilement traitables.

Il en est de même pour toutes les formations similaires de la mine qui, de ce fait, ne constituent pas des réserves exploitables (1).

REMARQUES SUR LES PROCÉDÉS DE RECHERCHE UTILISÉS

Bien que la mine Henriette soit d'un type assez particulier, il est certain que la poursuite des recherches dans l'Ouest du Massif Central conduira à la découverte de gîtes comparables : certains sont déjà connus dans les monts d'Ambazac (La Borderie,

(1) Un système analogue existe à Sault-Sainte-Marie : une faille prend en biais (70° verticalement et horizontalement), un filon lamprophyrique minéralisé en filonnets de pechblende, longs de 1 m 20 à 1 m 50 et puissants de 12 mm 5. Leur fréquence donne à la faille une teneur 2 à 3 fois plus importante que celle que nous aurions ici.

Les Tenelles, Ritord) et dans le plateau de Millevaches. C'est pourquoi il nous paraît utile d'insister sur certains points qui, après huit ans de travaux, nous paraissent fondamentaux.

LES LEVÉS GÉOLOGIQUES.

Dans des pays aussi couverts que le Limousin en général, les affleurements minéralisés sont assez rares. Ils existent pourtant : celui du point A fut à l'origine de la découverte du gisement ; les levés devront donc être faits avec grand soin, mais on en doit attendre plutôt des données structurales que la découverte de points minéralisés.

LES LEVÉS RADIOMÉTRIQUES.

Ils sont fondamentaux et ont permis le repérage de l'immense majorité des points trouvés ; ainsi, à la mine Henriette, les trois points importants (A, B et C) furent trouvés « au compteur ». Les plans-compteurs ne sont valables que dans la mesure où leur maille est adaptée aux surfaces anormalement actives : or, à la mine Henriette, elles n'excèdent jamais quelques mètres carrés ; d'où la nécessité d'une maille de 5 m au maximum (l'optimum eût été un mètre).

D'autre part, la vigueur du modelé et l'irrégularité du recouvrement imposent absolument une étude critique serrée des chiffres bruts, avant tout essai d'interprétation.

LES ÉTUDES GÉOPHYSIQUES.

Elles ont permis la mise en évidence des minettes et des grandes failles ; mais elles ont totalement échoué dans la recherche des formations minéralisées ; leur emploi ne peut prétendre qu'à préciser les structures générales.

LES ÉTUDES GÉOCHIMIQUES.

Elles n'ont pas été employés à temps et ne peuvent être que l'objet d'un jugement *a posteriori* : il est certain que de larges anomalies auraient été mises en évidence jusqu'au lac, et que les points A et C auraient été localisés ; le point B n'aurait sans doute pas apparu.

PLANCHE I

FIG. 1. — Les débuts de la mine Henriette : le fonçage du puits P1 (p. 258).
Au fond, les baraquements où se sont abrités les services techniques et administratifs de la mine jusqu'en 1954.

FIG. 2. — « L'affleurement de la route » : deux filons de minette dans le granite (p. 258).
Sous le marteau, à droite, le filonnet uranifère repéré en septembre 1947

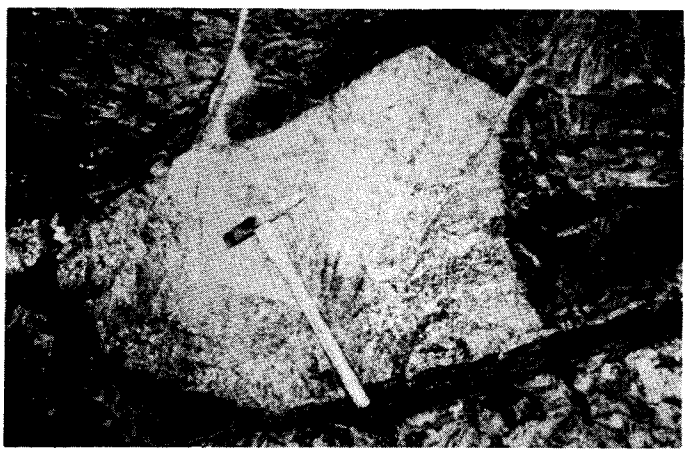
FIG. 3. — Bloc de granite emballé dans la minette (niveau 302) (p. 271 et 294).

FIG. 4. — Le Puits Henriette (p. 259).

FIG. 5. — Contact entre minette et microgranite au niveau 302 (p. 271).

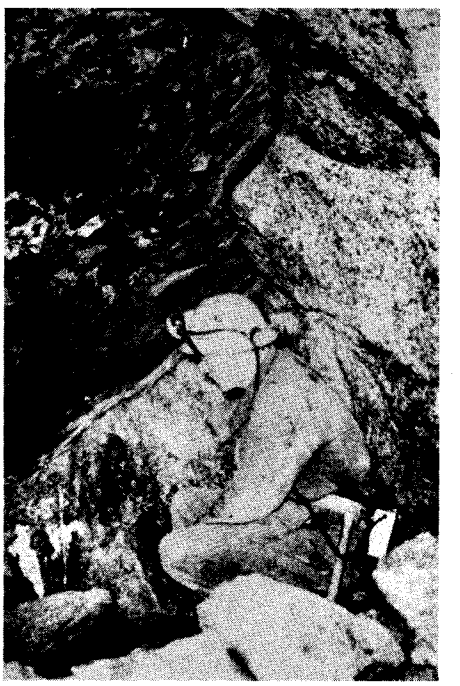
1

2



3

4



5

1

2

Jean et Jacqueline A. SARCIA. — *Gîtes d'uranium du Nord-Limousin. II. - La mine Henriette*

LES FOUILLES.

Elles sont indispensables pour étudier des points qui, ne l'oublions pas, sont isolés dans des formations parallèles. Leur principe peut être discuté dans le cas des grandes structures, il ne peut l'être ici.

LES SONDAGES.

Les raisons qui rendent nécessaire l'exécution des fouilles expliquent la prudence avec laquelle il convient d'envisager les recherches par sondage : les campagnes systématiques, quelles que soient les mailles adoptées, ont toujours échoué. Si l'on se souvient que les filons minéralisés ne sont que de minces rubans, on en comprendra aisément la raison. Seuls sont à envisager des sondages de 50 à 60 m, implantés avec le plus grand soin, destinés à recouper de proche en proche des formations dont on connaît suffisamment la direction et le pendage. Autrement dit, une vérification par sondage est possible quoique souvent difficile ; une reconnaissance est en principe très aléatoire.

LES TRAVAUX MINIERS.

Des travaux miniers de recherche sont indispensables à la définition des gîtes de ce type. Ainsi, dans la mine Henriette, les niveaux où ils furent le plus poussés sont les niveaux 30, 100 et 302 ; dans le premier, il s'agissait de vérifier la structure du gisement telle que les travaux de surface permettaient de la prévoir ; dans le second, on cherchait à élargir les reconnaissances ; dans le troisième, il était indispensable d'apprécier l'importance du changement de structure prévu dès le niveau supérieur.

Dans tous les cas, le principe de ces travaux est simple, mais rigoureux : à partir d'un puits, accès aux minettes par travers-bancs, allongements au toit et au mur jusqu'à recoupe des formations, allongements dans celles-ci. Il y a grand intérêt à ne pas espacer les niveaux de plus de 35 mètres ; une évaluation précise peut nécessiter un ou même deux sous-étages entre eux. Un contrôle géologique très sérieux est indispensable.

De tels gîtes excluent les grands équipements, étant donné les faibles tonnages à extraire. Ils impliquent une progression très prudente (1).

La recherche et la reconnaissance de ces petits gisements riches font donc appel à des techniques de recherche assez fines (2) : ils nécessitent un travail géologique beaucoup plus minutieux que celui qui suffit généralement.

(1) Nous ne développerons pas ici cet aspect méthodologique, nous réservant d'y revenir dans une étude ultérieure.

(2) Il n'est pas sans intérêt de rappeler que J. Thoreau et R. du Trieu de Terdonck arrivaient aux mêmes conclusions dans l'étude du gisement de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga), où les éléments minéralisés sont, malgré tout, plus importants et plus nombreux que dans la mine Henriette.

PLANCHE II

FIG. 1. — Le filon Henriette dans le montage 5 (dépilage (p. 261).
Remarquer la netteté des contacts, bien que la fracture ne soit pas ici rectiligne.

FIG. 2. — Le filon Henriette à la base du montage 5 (niveau 68) (p. 261).

Sans développer des considérations d'économie minière, qui n'ont pas leur place ici, il importe de préciser les éléments qui font la « richesse » de tels gîtes. On ne les trouvera pas dans le rapport du tonnage minéralisé produit au tonnage extrait, qui dans ces types de mine est particulièrement défavorable (ici de 1 à 3) ; si l'on considère le rapport du tonnage minéralisé connu au tonnage extrait, on obtient 2 à 3 ce qui demeure médiocre. On le trouvera plutôt dans le rapport du tonnage scheidé au tonnage à traiter qui est de 1 à 3, ce qui est déjà excellent. La proportion est bien meilleure encore si l'on considère les rapports en métal contenu : 84 % de l'uranium produit ne nécessitent aucune concentration et le minerai est susceptible d'un traitement immédiat sans subir de préparation.

C'est là que réside l'indéniable intérêt de ces gîtes, malgré les travaux de recherche relativement considérables qu'ils exigent (1).

MICROSCOPIE DU MINERAI ET DES ROCHES

par Jacqueline A. SARCIA

Il n'est traité, dans ce qui suit, que des caractéristiques intrinsèques du minerai et des roches de la mine Henriette ; ce travail ne se conçoit que comme un appendice à celui de Jean A. Sarcia sur la géologie de la mine : il conviendra donc de s'y reporter pour replacer dans leur cadre les observations consignées ici.

ÉTUDE DES ROCHES

LA GRANULITE

Aspect macroscopique.

C'est une roche claire, grise (quartz), rose et blanche (feldspaths) à l'état frais ; elle s'arénise facilement par suite de la phyllitisation des feldspaths ; la limonite se concentrant dans les diaclases, l'arène reste blanche.

Sa texture, largement grenue (grain moyen à gros), est homogène dans l'ensemble ; on y connaît cependant des passées plus grossières (pegmatitiques) ou finement cristallisées (aplitiques), généralement hololeucocrates elles-mêmes, mais accompagnées de traînées mésocrates riches en biotite et en quartz ; ces accidents ne sont jamais de dimensions importantes. Localement, l'allongement des cristaux feldspathiques et des plages quartzeuses confèrent à la roche une vague orientation, qui n'est guère sensible en grand : néanmoins, le diagramme des résistivités orientées, mesurées sur le terrain, accuse une notable anisotropie dont cette disposition est peut-être statistiquement responsable. Les minéraux ont tendance à se grouper par familles ; aucun d'eux n'est typiquement automorphe, sauf certains petits feldspaths, de rares grains de quartz, de l'apatite ; les grands cristaux feldspathique ne sont pas terminés ; la muscovite se présente surtout en agrégats confus ; la biotite est plus dispersée.

(1) Ces données seront étudiées et discutées dans une prochaine publication traitant des problèmes d'exploitation et de recherche posés par cette mine.

Examen microscopique.

Ces observations immédiates sont confirmées par l'examen microscopique de la roche.

LE QUARTZ.

Il existe d'ordinaire en plages polycristallines quelconques d'individus engrenés de toutes tailles ; les plus grands d'entre eux sont généralement constitués par un groupement de petites plages d'orientation très voisine, d'où extinction roulante de l'ensemble : quelques cristaux d'allure automorphe sont en réalité complexes, et d'abondantes et fines inclusions de rutile soulignent les limites des individus. Tout se passe comme si le quartz de la roche avait presque entièrement recristallisé, soit *in situ,* soit autour des autres minéraux.

LES FELDSPATHS.

Ils sont représentés par un enchevêtrement d'espèces potassiques et calcosodiques en quantités voisines, et où dominent parfois les longues plages maclées du microcline ; ce feldspath est blanc translucide à l'état frais, alors que les plagioclases, même dans les roches les plus saines, sont toujours roses par imprégnation d'hématite. Dans les roches altérées, il est kaolinisé, mais l'imprégnation hématitique est toujours faible.

Le *microcline* montre plus ou moins son quadrillage caractéristique sur p ; les plages sont maclées Carlsbad essentiellement, mais parfois Baveno. Il est largement perthitisé (g^1 commun) ; les veinules de plagioclase maclé sont grossièrement normales à l'allongement de l'hôte, mais s'anastomosent fréquemment en grandes plages dentelliformes de remplacement, voire en longs cristaux terminés en continuité optique avec la perthite ; le plagioclase, où subsistent parfois quelques taches troubles résiduelles de microcline, contient de 5 à 8 % d'anorthite.

Le feldspath potassique enclave poecilitiquement de la biotite, de l'apatite et des plages subautomorphes, mais plus ou moins résorbées, de quartz et d'un plagioclase très altéré au centre (phyllites et hématite), vaguement zoné, la mince frange plus sodique restant saine ; les contacts entre le microcline et ces minéraux sont nets : il n'existe ni micropegmatite, ni myrmékite.

On observe enfin, dans le microcline, des plages et des cristaux maclés très frais d'albite *sensu stricto* (2 ou 3 % An) ; des lames de muscovite franche à contours quelconques ; quelques paillettes vert-pâle de « séricite » (1) dispersées ou groupées en touffes, notamment au contact entre le feldspath et la biotite altérée.

Le *contenu plagioclasique* de la roche est donc complexe : il semble qu'on doive y reconnaître deux phases principales de cristallisation, donnant :

— d'une part des cristaux subautomorphes très altérés, zonés : ceux qu'on observe inclus dans le microcline, voisins d'un oligoclase à 15 % An ;

— d'autre part des plages plus fraîches, de toutes tailles et de toutes formes, très généralement assez allongées, enchevêtrées entre elles ou autour de l'oligoclase, ou encore enracinées dans le microcline (Pl. III, fig. 4) : elles sont nettement plus sodiques que les précédentes, et oscillent entre la composition du plagioclase de la perthite et l'albite *s.s.*

Ces feldspaths, et surtout le premier, sont l'hôte d'abondantes paillettes de « séricite » et de muscovite en plages plus ou moins développées, orientées selon les plans naturels de séparation.

(1) Ces paillettes sont trop fines pour avoir pu être déterminées avec précision.

Les micas.

Nous venons de signaler la « séricite » et la *muscovite* dispersée épigénétique du microcline ou des plagioclases ; elle existe aussi en groupements quelconques de grandes lames, contenant souvent des oxydes ferriques entre leurs plans de clivage, d'où une nuance bronzée parfois sensible à l'œil nu ; ces groupements, partiellement inclus dans les plages quartzeuses, sont généralement centrés sur des feldspaths en voie de remplacement ou sur des lambeaux de *biotite* (Pl. III, fig. 3) : ce mica, quantitativement subordonné à la muscovite, est rarement intact ; les lamelles, étroites, riches en auréoles pléochroïques (zircon), sont souvent déchiquetées, lessivées d'une partie de leur contenu ferrotitané (hématite, rutile d'exudation), plus ou moins chloritisées, auréolées de « séricite », ou remplacées par des lamelles de muscovite, isotaxiques ou non. Des lambeaux de biotite assez fraîche sont aussi fréquents au cœur des grands cristaux de muscovite, les axes étant généralement parallèles.

Apatite.

L'apatite, en cristaux bien développés parfois visibles à l'œil nu, est fréquente de façon générale dans la roche ; en petits cristaux, elle est souvent incluse dans la biotite.

Interprétation.

On peut interpréter comme suit les observations faites sur la granulite : développement du *microcline* autour d'un plagioclase ancien relativement calcique ; cristallisation de *muscovite* aux dépens des feldspaths et de la biotite ; *perthitisation* corollaire, puis *albitisation* : cette dernière phase comprenant aussi le remaniement partiel du *quartz* (recristallisation) qui peut disparaître localement, remplacé par l'albite (voir plus loin : syénitisation) ; enfin apparaissent la « *séricite* », qui est peut-être une gilbertite, et la *chlorite*.

En somme, *la masse granulitique tout entière témoigne d'une évolution parallèle à celle des pegmatites de la région.* On y observe d'ailleurs des déformations, des cassures et des décollements interscristallins comblés par le quartz, ou par un ciment très finement grenu à albite, microcline, quartz et mica blanc : composition même des aplites et des granulites hololeucocrates qui peuvent se différencier dans la granulite à deux micas (1) ; on y peut voir l'indice d'ébranlements tectoniques en rapport avec le déclanchement de la phase ultime de l'évolution alcaline du complexe, qui s'épanouit dans les pegmatites sodolithiques filoniennes du Sud du secteur. Les pegmatites potassico-sodiques banales à apatite et béryl, magnifiquement représentées par la lentille de Chabannes ainsi qu'au Nord-Est, témoigneraient d'une différenciation plus précoce : elles n'en sont pas moins largement albitisées vers l'axe, où le lithium apparaît, mais sous forme de phosphates dans le cœur quartzeux (2).

---

(1) $Na_2O/K_2O = 0,8$ pour la granulite hololeucocrate, et 0,6 pour la granulite à deux micas.

(2) Directement associés à cette pegmatite, et gainés de gilbertite, on connaît des filonnets quartzeux wolframifères et cuprifères du même type que ceux qu'ont recoupé les travaux miniers du niveau 58 (voir plus loin).

Composition chimique.

L'analyse chimique (1) donne les résultats suivants :

	Niveau 100 Travers - banc principal	Niveau 320 Travers - banc principal
SiO_2	69,99	69,95
Al_2O_3	15,95	15,04
Fe_2O_3	0,38	1,41
FeO	1,57	1,25
MnO	0,04	traces
MgO	1,05	1,12
CaO	0,96	1,22
Na_2O	3,28	3,30
K_2O	5,29	5,42
TiO_2	0,35	traces
P_2O_5	0,21	0,035
H_2O+	0,39	0,70
H_2O-	0,31	0,12
CO_2	0,46	traces
Total :	100,23	99,565

Dans le système Lacroix, la roche est un « granite alcalin leucocrate ». Je préfère lui laisser le nom de *granulite,* bien que dans certains cas il se justifie assez mal : il ne conviendrait classiquement qu'aux seules différenciations grenues équantes hololeucocrates signalées plus haut ; mais il est impossible de les en isoler.

Ecrasement.

Il n'y a pas dans le gisement de mylonites compactes, mais seulement des roches ébranlées ou disloquées, brèches cimentées par la minéralisation uranifère ou par leurs propres débris plus ou moins modifiés (argiles hématitiques) ; on connaît néanmoins aux environs de la mine des éboulis de mylonites quartzo-phylliteuses orientées.

LA SYENITE

Les travaux du niveau 302 ont rencontré une roche un peu particulière, connue en surface dans les environs de Margnac, Ritord et Fanay : à première vue semblable à la granulite à laquelle elle passe sans hiatus, elle s'en distingue rapidement par :

— une teinte rose générale, tranchant sur le blanc-gris ou le blanc rosé de la granulite ;
— l'absence de mica blanc, sauf dans la zone de passage à la granulite ,
— l'absence de biotite fraîche, mais la présence d'agrégats d'éléments noirs indéfinissables à l'œil nu, entre les feldspaths ;
— l'absence ou extrême rareté du quartz, sauf dans la zone de passage à la granulite.

Dans les zones tectonisées, cette roche se comporte à peu près comme la granulite, avec une intense rubéfaction généralisée. Celle qui est décrite ici est légèrement mylonitique. Ses caractéristiques microscopiques sont les suivantes :

(1) Analyses du Laboratoire de Minéralogie du C.E.A., à Châtillon.

— Contenu feldspathique exactement semblable, tant du point de vue structural que minéralogique, à celui de la granulite, à ceci près que l'hématite imprègne indifféremment les feldspaths potassiques et sodiques (Pl. III, fig. 6).

— Pratiquement pas de quartz.

— Un peu de mica blanc dans les feldspaths.

— Groupement des minéraux ferro-magnésiens dans des miaroles souvent limitées par les terminaisons automorphes des feldspaths (Pl. III, fig. 5) : on y observe des lamelles de chlorite, mêlées à de nombreux petits zircons, des fragments d'apatite et des oxydes de fer et de titane.

Les ébranlements tectoniques se sont traduits par une certaine désorganisation de la roche : grands feldspaths tordus ou brisés, cimentés par leur poussière clastique mêlée de phyllites et d'hydroxydes ferriques.

Nous désignons cette roche sous le nom de « syénite alcaline » (1), nous réservant de reprendre son étude sur le matériau plus abondant fourni par d'autres gisements (2). De telles roches sont généralement interprétées (3) comme dues à des migrations d'éléments : concentration préférentielle de la soude et désilicification consécutive, liées à des zones de tension et dislocation dans un corps granulitique en cours d'évolution. Elles se rattacheraient donc naturellement aux autres différenciations dans le complexe granulitique, aplites et pegmatites, du type sodolithique notamment.

LES MINETTES

Elles se présentent à l'état frais comme des roches vert-sombre, plus ou moins compactes, ponctuées de vert pâle ou de blanc : la biotite n'est identifiable à l'œil nu que dans les types les plus largement cristallisés : le grain croît de l'éponte au cœur du filon : on passe d'une roche holomélanocrate à aspect microlitique à une roche mésocrate finement grenue. Le contact avec la granulite est brutal et peut aisément être observé en lames minces : il est souvent souligné par un liséré bréchique, où les fragments de la granulite sont cimentés par la pâte lamprophyrique : des filonnets quartzeux accompagnés de chlorites ou d' « argiles » (4) ferrugineuses, ou encore de calcite, ont pu s'installer dans des réouvertures locales : tout se passe comme si le matériau lamprophyrique plastique avait rempli des cassures ouvertes de la granulite, dont des fragments peuvent subsister enclavés dans la minette (Pl. I, fig. 3).

Dans les zones superficielles, les minettes s'altèrent par phyllitisation des feldspaths et lessivage des biotites en une roche argileuse brunâtre ; on observe certains stades intermédiaires de désagrégation en boules analogue à celle des basaltes.

L'examen microscopique d'un grand nombre de préparations montre que les différences structurales et minéralogiques qu'on peut observer de l'une à l'autre, et dans les différents filons, ne dépendent que du point de prélèvement de l'échantillon par rapport à l'éponte : structures et composition minéralogique variant régulièrement du contact

1) Dénomination confirmée par l'analyse chimique (Na_2O/K_2O supérieur à 1).

2) Margnac, Fanay, Ritord (Etudes en cours).

3) R. N. Gates et R. C. Emmons. — Selected petrogenetic relationships of plagioclase. *Geol. Soc. Am.*, Mem. 52.

— A. E. Fersmann : Les pegmatites. - Traduction sous la direction de J. Thoreau et R. du Trieu de Terdonck, Louvain, 1951.

(4) non déterminées.

granulitique vers l'axe, dans un filon puissant (filon principal) ; il n'y a guère de variations dans les filons minces, qui correspondent à un type moyen. L'analyse chimique montre d'ailleurs à très peu près l'identité des compositions chimiques.

Au contact de la granulite, on observe que celle-ci peut rester à peu près intacte (contact net), ou présenter, dans le cas d'un contact bréchique (Pl. III, fig. 2), des modifications telles que brisures et éparpillement des cristaux, altération phylliteuse et ferrugineuse des feldspaths (surtout des plagioclases), recristallisation éventuelle d'un peu de quartz ; en somme, c'est une structure cataclastique banale cimentée sur une faible marge par de la pâte lamprophyrique très finement cristallisée ; aucun phénomène notable de métamorphisme thermique n'est à noter.

Le lamprophyre a souvent un fond feldspathique en fins sphérolites à croix noire juxtaposés (orthose), pailleté de biotite lamellaire, où s'isolent des phénocristaux :

— immédiatement au contact, quelques éléments granulitiques altérés, avec rarement « cuisson » des feldspaths qui apparaissent alors craquelés et presque isotropes ;

— un peu partout, du quartz souvent bourré de fins rutiles, très vraisemblablement arraché au granite et subsistant après digestion des feldspaths et des micas : il se présente en amas globuleux plus ou moins résorbes, souvent monocristallins, parfois recristallisés sur les bords, isolés de la pâte lamprophyrique par une coque de composition variable, mais toujours riche en fer (grains de magnétite), où l'on peut rencontrer de l'orthose sphérolitique, un fin feutrage d'apatite et de biotite ou d'une amphibole aciculaire vert pâle (de la famille trémolite actinote) pénétrant dans le quartz, ou encore de calcite finement grenue (Pl. III, fig. 1) ; quelle que soit la composition minéralogique exacte de l'ensemble, elle est toujours caractérisée par une concentration du fer, sous forme d'oxyde ou de silicate complexe ;

— des squelettes polygonaux cernés d'oxyde de fer (magnétite ou autres) évoquant généralement le contour de cristaux de péridots ou parfois de pyroxènes : ils sont remplis, dans les échantillons les plus frais, de produits serpentineux et talqueux responsables des points clairs signalés plus haut ; dans les roches altérées, de chlorite, de limonite ou de calcite.

L'apatite est abondante en cristaux aciculaires dans le fond de la roche.

Vers l'axe du filon, le grain croît : le fond feldspathique présente souvent de grandes structures en gerbes ou épis d'orthose assez fraîche ; on y distingue quelques cristaux d'un oligoclase très albitique ; le quartz de remplissage est assez abondant. La biotite domine en lames de toutes tailles, souvent cernées de magnétite, avec nombreuses inclusions de rutile et d'apatite. Elle se chloritise et se limonitise par altération. Les grands squelettes polygonaux sont remplis de chlorite et de rutile avec parfois calcite et quartz ; ils sont souvent cernés par de longues lamelles de biotite plaquées sur eux.

Les globules quartzeux sont enfermés dans une coque de grains d'augite. L'augite existe aussi en phénocristaux trapus, sains, parfois en voie de remplacement par la biotite ; avec elle apparaissent l'épidote et le sphène parmi les minéraux d'altération ; elle-même se chloritise finalement avec, dans certains cas, un stade amphibolique intermédiaire.

L'axe des filons puissants présente une structure grenue, fine, parfois pseudo-doléritique par développement et enchevêtrement des cristaux de biotite ; le fond de la roche est grenu, quartzo-feldspathique, riche en oligoclase ; l'augite est abondante.

Au voisinage des zones minéralisées, la majeure partie des oxydes de fer dispersés dans la roche ou exsudés des biotites est transformée en pyrite.

En somme, seule la roche lamprophyrique du contact granulitique mériterait en toute rigueur le nom de « minette », microsyénite lamprophyrique à orthose et biotite, les faciès augitiques devant être définis comme micromonzonite quartzifère ; c'est d'ailleurs à cette définition que conduit le calcul des paramètres de A. Lacroix sur les résultats d'analyses globales, effectués sur les différents filons (1).

	Niveau 100 Filon principal	Niveau 100 Filon Courty	Niveau 100 Filon Lefort	Niveau 302 Filon principal
SiO_2	57,30	55,21	59,36	54,33
Al_2O_3	15,64	14,77	15,48	16,00
Fe_2O_3	3,60	1,85	2,68	4,51
FeO	2,83	4,77	2,99	3,44
MnO	0,07	0,15	0,05	0,02
MgO	5,65	6,09	4,47	5,45
CaO	2,93	4,96	2,50	5,96
Na_2O	2,10	2,22	1,79	2,11
K_2O	5,92	5,02	5,22	5,62
TiO_2	1,15	1,05	1,10	traces
P_2O_5	0,65	1,15	0,52	0,03
H_2O+	1,92	2,34	2,76	1,50
H_2O-	0,48	0,35	0,96	0,20
CO_2	0,09	traces	traces	traces
	100,33	99,93	99,88	99,17

Le terme de « minette », historiquement consacré, leur est cependant conservé.

On connaît enfin, en surface, un filon de *microgranite* que les travaux miniers ont dû atteindre au niveau 68 : les éboulements dans ce quartier abandonné ne permettent pas de le vérifier : il s'agit d'une roche banale dans l'Est du secteur, à structure microgrenue-micropegmatitique, de composition minéralogique et chimique identique à celle de la granulite ; on ne lui connaît aucune relation avec les lamprophyres.

ETUDE DES MINERALISATIONS

GENERALITES

Hormis des filonnets de quartz gras, pyriteux, mispickelifères, wolframifères ou cuprifères qu'ont parfois recoupés les travaux miniers (2), la minéralisation de la mine Henriette est *uniquement uranifère,* avec le couple pyrite-marcassite pour associé constant (Pl. III, fig. 7 et 8). Sa concentration en lentilles riches de peu d'extension au contact immédiat et à la traversée des filons lamprophyriques est sa caractéristique essentielle. La minéralisation remplit d'ordinaire des fissures de la granulite et des minettes, sans

(1) Analyses du Laboratoire de Minéralogie du C.E.A., à Châtillon.

(2) *Cf.* les pages 41 à 58 *in* J. GEFFROY et J. A. SARCIA. — Contribution à l'étude des pechblendes françaises. *Sciences de la Terre,* Nancy, 1954, t. II, nos 1-2, p. 1-157, 23 fig., 2 tabl., Pl. I-XII.

gangue intermédiaire ; la barytine parfois observée est pratiquement toute terminale. Le remplissage argilo-hématitique de la faille de la Sapinière à cristallisation ultime de calcite, peut comprendre des boules richement minéralisées elles aussi en pechblende, mais rares sulfures de fer.

Des conditions de tectonique locale sont responsables des différents faciès actuels de la minéralisation primaire. On distinguera ainsi :

1) *Minéralisation à pechblende et sulfures de fer* en remplissage massif dans des fissures régulières, *sans remaniement tectonique posthume important ;* « produits noirs » tout à fait accessoires (1), en queue de lentilles et dans les zones un peu disloquées. (Exemple : Colonne Henriette jusqu'au niveau 235 environ, Cantiant jusqu'au niveau 38, filonnets du quartier Courty-Lefort, etc...).

2) *Minéralisation à pechblende-parapechblende* en mouches, nodules et filonnets, dans les « boules » argilo-hématitiques qui se forment sporadiquement lorsqu'une faille importante recoupe les lamprophyres ; faibles rejeux tectoniques de tous âges, l'un d'eux accompagné d'une venue carbonatée ; néopechblende dans les fissures ultimes du système. (Exemple : faille de la Sapinière).

3) *Minéralisation à « produits noirs » dominants,* lenticules de pechblende et sulfures dans les cassures de tous ordres d'une mylonite bréchique disloquée, pourrie, plus ou moins rubéfiée ; calcite terminale locale ; remaniements tectoniques posthumes reprenant irrégulièrement les fractures anciennes : en fait, type intermédiaire entre les deux précédents. (Exemple : zone irrégulièrement minéralisée entre le niveau 250 environ et le niveau 335 environ.

La minéralisation d'oxydation supergène s'étend en gros sur une trentaine de mètres, en tête des filons (2) ; la classique zone de cémentation n'apparaît guère qu'à l'examen microscopique des minerais : présence de traces de covellite, remplissage des fissures voisines des filons par de la néopechblende. La pauvreté de la minéralisation primaire en congénère plombifères, cuprifères et autres, entraîne la rareté des espèces de ce type dans les minéralisations du « chapeau d'uranium » : l'autunite et les gummites jaunes banales en sont de très loin les principaux constituants.

---

(1) Sur les « produits noirs », *cf.* pp. 30-36 *in* J. GEFFROY et J. A. SARCIA, *op. cit.*
En voici les principales caractéristiques :
Les « produits noirs » s'observent toujours dans des zones peu oxydées, grises ou blanches, où le fer n'existe pas à l'état ferrique, mais sous forme de sulfures, du moins au contact immédiat de la minéralisation. Ce sont les minéralisations uranifères :
— *des zones broyées postérieurement au dépôt de la pechblende.* La destruction mécanique de ce minéral favorisant son attaque par des solutions errantes, on observe une minéralisation à « produits noirs » lorsque l'oxydation de l'uranium n'a pas été assez poussée pour qu'il passe totalement à l'état d'hydroxydes ou de sels d'uranium hexavalent. Ces « produits noirs » sont à *parapechblende* (UO^3) dominante, tendre, analogue à la coracite d'oxydation supergène banale ;
— *des zones de cémentation des filons uranifères.* Dans les régions fissurées à niveau hydrostatique variable, cette zone peut être très étendue : les « produits noirs » sont alors surtout constitués par de la *pechblende de néoformation* (UO_2 dominant) finement ou pas concrétionnée, parallèle à la covellite de cémentation des gîtes cuprifères par exemple.
Parapechblende et néopechblende sont nécessairement liées dans les gîtes très remaniés, très fracturés ; elles minéralisent les amas mylonitiques disloqués. La parapechblende s'y présente sous forme de produits terreux, mêlée d'argiles de décomposition feldspathique, de fragments cataclastiques divers : elle s'étale autour du filonnet primaire ; la néopechblende, issue de solutions minéralisées à ses dépens, imprègne largement les masses voisines lorsque les conditions locales de rH le permettent ; en conditions oxydantes, l'uranium dépose à l'état d'hydroxydes ou de sels d'U^{6+}. Les sulfures de fer congénères de la minéralisation primaire ont un comportement exactement parallèle : la néopechblende s'accompagne d'un gel de melnicovite où recristallisent pyrite et marcassite, et les « produits jaunes » de limonite.

(2) On note néanmoins de l'autunite dans la faille de la Sapinière au niveau 135, et même plus bas.

LA COLONNE HENRIETTE DU JOUR AU NIVEAU 235 ENVIRON

LA COLONNE CANTIANT, LES FILONNETS COURTY - LEFORT, LA COLONNE VERONIQUE DU NIVEAU 100 AU NIVEAU 202

Nous ne reviendrons pas sur la description détaillée de ces filons du jour au niveau 135 (1), nous contentant d'en rappeler les principales caractéristiques dans la figure 11 qui rend compte à la fois de l'abondance relative des constituants, de leur ordre apparent de dépôt, et du comportement tectonique de la région minéralisée postérieurement au dépôt de la pechblende.

Cette minéralisation était donc caractérisée par la régularité et la netteté du faciès filonien et par la constance des associations minérales, à quelques détails près, sur lesquels nous reviendrons plus loin.

Dès le niveau 135, s'accentuent dans la colonne Henriette les caractères d'une mise en place dans une zone structuralement plus complexe, et aussi de remaniements tectoniques posthumes plus sérieux.

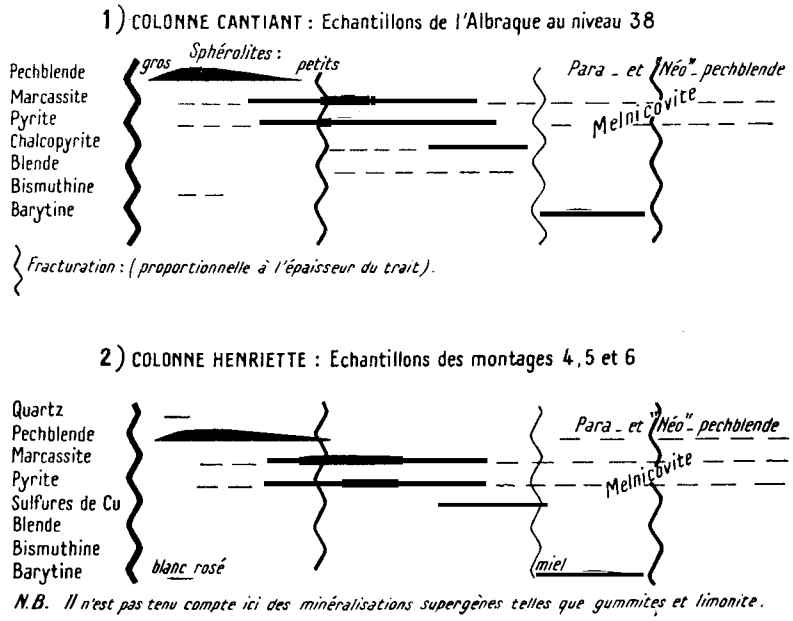


FIG. 11. — Minéralisation des colonnes Cantiant et Henriette.

En effet : 1° les épontes des filonnets sont moins nettes, souvent argileuses, parfois légèrement rubéfiées sur quelques millimètres ; 2° les faciès de brèches de granulite dans la pechblende, de pechblende elle-même dans les sulfures (pyrite, marcassite, puis chalcopyrite) ou dans une pâte tendre issue de sa propre suroxydation (parapechblende), se font de plus en plus fréquents ; en même temps apparaissent de plus nombreuses cassures à « produits noirs » (parapechblende et « néopechblende ») (Pl. IV, fig. 4).

(1) J. GEFFROY et J. A. SARCIA. — *Op. cit.*

Au niveau 135 également, s'observe une notable minéralisation à pechblende, du même type que celle de la colonne Henriette, dans la « faille Véronique » (1) ; cette minéralisation ne saurait en aucun cas être considérée comme due au remaniement de la colonne principale ; il s'agit bien d'une même minéralisation, dans deux systèmes tectoniques parents, mais distincts. Il en est de même au niveau 170 et au niveau 202 ; au niveau 235, la minéralisation principale gît dans la faille Véronique.

Les constituants minéralogiques (mis a part l'accroissement de la teneur en parapechblende) sont peu différents de ce qu'ils étaient aux niveaux supérieurs. On note cependant :

— une plus grande abondance de la *chalcopyrite,* qui reste un sulfure subordonné, mais plus fréquent, ou en plages plus grandes ; l'accompagnent parfois un peu de *chalcosine* et de *bornite,* sans association structurale caractéristique ; la chalcopyrite semble à peu près terminale dans l'ordre apparent de dépôt des minéraux : elle cimente pechblende, pyrite et marcassite, et n'a que peu bougé depuis sa cristallisation ; elle se situe fréquemment dans des accidents à l'éponte, entre la granulite encaissante et le minerai, ou avec les sulfures de fer en nodules dans les argiles de friction ;

— la *galène* est aussi plus fréquente et plus abondante : on la trouve surtout en inclusions métasomatiques dans la pechblende (plages de l'ordre du centième au cinquantième de mm), en remplissage des fissures de retrait (Pl. IV, fig. 7), ou de microgéodes entre les sphérolites (0,1 à 1 mm), sans figures de remplacement dentelliforme de la pechblende, comme la pyrite ou la marcassite, voire, plus rarement, la chalcopyrite ; elle semble un constituant relativement précoce du minerai, sans doute contemporain de la pyrite et de la marcassite primaires ; sa fréquence et son abondance semblent croître avec la profondeur, mais elle reste un constituant mineur ;

— la *barytine miel* n'existe plus qu'en filonnets de l'ordre du mm de puissance, recoupant parfois l'ensemble de la minéralisation ;

— la *blende,* peu fréquente, sauf dans le filon Cantiant au niveau 38 (albraque), reparaît dans des fissures de retrait de la pechblende (plages de l'ordre de quelques dixièmes de mm), où elle moule des cubes de galène, ces deux sulfures étant eux-mêmes moulés par de la pyrite (Pl. IV, fig. 8). Cette blende est toujours très claire, peu ferrifère, ce qui, selon des conceptions classiques, indiquerait une certaine constance dans les conditions physico-chimiques de formation du minerai, puisque le faciès de ce sulfure reste le même du niveau 30 au niveau 235 ;

— la *bismuthinite* (2), déjà repérée au niveau 135, persiste en cristaux automorphes de l'ordre de quelques centièmes de mm d'allongement, toujours auréolés d'une zone de parapechblende (Pl. IV, fig. 9) ; ce qui ferait penser plutôt à un remplacement métasomatique qu'à une cristallisation précoce, mais ce critère n'a rien d'absolu ; elle semble particulièrement fréquente dans les plages riches en très fines inclusions de galène, mais reste trop peu abondante pour avoir une signification métallogénique précise ;

le couple *pyrite-marcassite,* enfin, ne semble ni plus ni moins abondant qu'aux niveaux supérieurs (Pl. IV, fig. 5) ; peut-être se place-t-il ici plus volontiers dans les

(1) Un filonnet était connu déjà au niveau 100 dans cet accident.

(2) ou un sulfure bismuthifère plus complexe ; l'exiguité des cristaux n'a pas permis de détermination exacte.

décollements de l'éponte qu'au centre des veines ; le faciès *melnicovite* est toujours présent, mais apparaît essentiellement en relation étroite avec la parapechblende (Pl. IV, fig. 6) : il semble devoir être alors considéré comme dû à un remaniement des sulfures primaires, corollaires de la suroxydation partielle de la minéralisation uranifère.

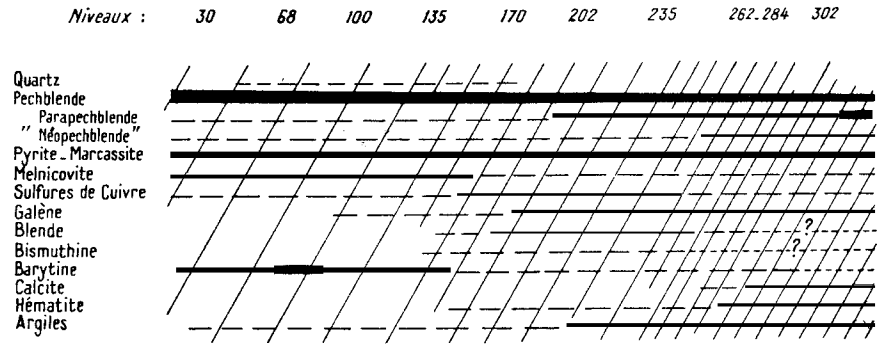


FIG. 12. — Minéralisation de la colonne Henriette du niveau 30 au niveau 302.

La figure 12 résume les caractéristiques générales de la colonne Henriette du jour au niveau 302, bien qu'elle cesse de se présenter comme un corps minéralisé homogène dès le niveau 250 environ : les filonnets diffus des niveaux inférieurs s'y rattachent incontestablement. En le comparant au tableau précédent, on remarque :

— que la blende et la bismuthinite semblent localisées vers la base des lentilles riches ; dans la colonne Cantiant, ces sulfures ne sont en effet connus que dans l'albraque (niveau 30 à 38 environ) ; on ne les connaît dans la colonne Henriette qu'à partir du niveau 135 ; et c'est au niveau 202 - 235 qu'ils sont le mieux représentés ;

— que l'hématite, en imprégnation des épontes et des gangues, n'existe pas dans les filons peu ou pas remaniés, et n'apparaît que lorsque la caisse filonienne a été suffisamment disloquée, ré-ouverte par rejeu posthume des accidents minéralisés, pour favoriser l'oxydation plus ou moins poussée des minéraux ferrifères (biotite et sulfures notamment) par des infiltrations supergènes banales.

MINERALISATIONS DE LA FAILLE DE LA SAPINIERE

Elle est bien connue du jour au niveau 202, puis recoupée au niveau 302.

Il s'agit de dépôts uranifères dans une zone de failles riche en argiles de décomposition feldspathique, imprégnées d'hématite à la traversée des filons lamprophyriques, et recoupées localement par des filonnets de calcite (1). On y observe parfois des amas manganésifères (psilomélane et manganite).

(1) Un peu de calcite terminale accompagne toujours ce genre de formations : elle semble surtout abondante dans les niveaux superficiels ; est-elle d'origine profonde, ou ne provient-elle pas plutôt du lessivage, peut-être supergène, des minéraux calciques (plagioclases, apatite...) des roches encaissantes écrasées ?

La minéralisation uranifère s'y présente :

— en filonnets banaux à pechblende et sulfures de fer, dans les cassures adjacentes à la faille, au voisinage des minettes ;

— en mouches et lenticules dans les masses hématisées, dans la faille proprement dite. Les sulfures de fer sont alors rares et corrodés, comme toujours dans ce type de minéralisation où ils semblent avoir été précocement oxydés et avoir fourni notamment une partie de l'hématite qui imprègne le carbonate. La pechblende est elle-même plus ou moins oxydée (parapechblende) ; un liséré décoloré (inférieur à 1 mm) la souligne toujours dans les argiles rouges (Pl. IV, fig. 3), indiquant une zone d'oxydo-réduction entre le fer et l'uranium : soit précoce (on lierait alors le dépôt même de la pechblende à la présence de zones oxydées anciennes), soit secondaire (l'auréole correspondant à la suroxydation de l'uranium aux dépens du fer, dans les conditions d'oxydation générale du filon [1]). Il convient de remarquer que la calcite, rouge lorsqu'elle imprègne la masse minéralisée, corrodant pechblende et sulfures, est souvent incolore au contact immédiat des mouches de pechblende (liséré de l'ordre de 0,01 mm, parfois plus), et l'est toujours lorsqu'elle remplit les fissures ultimes du système, ou lorsqu'elle a cristallisé dans l'axe de filonnets à remplissage tranquille de pechblende et sulfures non remaniés [2].

L'hématisation des épontes, comme celle des gangues, apparaît donc encore ici non comme une conséquence de la minéralisation uranifère elle-même, mais comme le résultat de l'oxydation supergène d'une zone disloquée riche en fer.

Il faut d'ailleurs distinguer :

— l'hématisation certainement postérieure au dépôt de la pechblende : celle de la calcite dans la Sapinière, ou de la granulite de l'éponte en certains points de la faille Véronique minéralisée en pechblende, avec rejeu posthume assez net à partir du niveau 135; il y a d'ailleurs de l'autunite, en petite quantité, jusqu'au niveau 135 au moins dans la Sapinière ;

— l'hématite, souvent accompagnée d'oxydes de manganèse, mêlée aux argiles de remplissage d'une faille ancienne ayant depuis longtemps servi de chenal à des circulations oxydantes certainement supergènes [3] : elle est antérieure au dépôt de la pechblende, qu'elle a pu provoquer par brusque variation physico-chimique du milieu ; un rôle parallèle est joué d'autre part par les bancs de minette [4].

La faille de la Sapinière ne comporte plus guère d'hématite lorsqu'on s'éloigne des minettes ; on n'y observe plus que des dépôts pelliculaires de « produits noirs », néopechblende et parapechblende issues de la remise en mouvement partielle de la pechblende broyée voisine. Plus loin encore, la faille n'est pratiquement plus minéralisée.

---

(1) C'est peu vraisemblable, car, dans ces conditions, tout l'uranium devrait être passé à l'état de gummites ou de phosphates.

(2) Filonnets au niveau 302.

(3) L'hématisation décroit lentement avec la profondeur.

(4) J. GEFFROY et J. A. SARCIA. — *Op. cit.*

MINERALISATIONS URANIFERES AU-DESSOUS DU NIVEAU 250 ENVIRON

La minéralisation, depuis le niveau 250 environ, présente un mélange des caractéristiques des deux types que nous venons de décrire :

— filonnets sains à pechblende fraîche, de remplissage tranquille de fractures ouvertes ;

— dépôts de pechblende sur des plans de cassure argileux, généralement hématisés mais décolorés à son contact (Pl. IV, fig. 1 et 2) ;

— remaniement plus ou moins complet d'origine tectonique de ces dépôts, d'où abondance de « produits noirs » des deux types.

Des filonnets de calcite errent un peu partout, et toujours dans les zones broyées hématisées, ou à leur voisinage.

La pechblende est encore localisée au contact des minettes, mais aussi d'un des lambeaux syénitiques reconnus à ce niveau : elle tend à remplacer le plagioclase des perthites.

A l'abondance de la galène près, la minéralisation est du même type que celle des niveaux supérieurs. Il convient d'insister sur ce point que la cause de sa dispersion dans cette zone est *structurale* (1) *et non pas métallogénique.*

MINERALISATIONS SUROXYDEES DES TETES DE FILONS

On y détermine les espèces suivantes (2) :

1) — **Dans la colonne Cantiant.**

— DANS LES MONTAGES 1, 2, 3 :

Uranotile α : $CaO.\ 2UO_2.\ 2SiO_2.\ 6H_2O$, en oursins très fins d'aiguilles jaune pâle : rare.

Sabugalite : $HAl(UO_2)_4(PO_4)_4.\ 16H_2O$, sur de la limonite, accompagnée d'autunite ; rare.

Méta-uranocircite : $Ba(UO_2)_2(PO_4)_2.\ 8H_2O$, en petits cristaux tabulaires jaunes, associés à de la chalcolite parallèlement à (001), isolés dans la granulite : très rare.

Chalcolite : $Cu(UO_2)_2(PO_4)_2.\ 8$ ou $12H_2O$, en très petits cristaux lamellaires verts : très rare.

Bassétite : $Fe(UO_2)_2(PO_4)_2.\ 8H_2O$, en gerbes de larges cristaux lancéolés jaune pâle dans la gummite et la limonite ; très rare.

Uranospathite : (phosphate d'uranyle hydraté), en cristaux rectangulaires aplatis, jaune pâle, associés à la basséitite.

(1) *Cf. supra* l'étude géologique du gisement.

(2) *Cf.* J. CHERVET et G. BRANCHE. — Contribution à l'étude des minéraux secondaires d'uranium français. *Sciences de la Terre*, Nancy, 1955, t. III, nos 1-2, pp. 1-190, 35 fig., pl. I-IX.

Autunite, souvent attaquée par les eaux errantes avec perte de tout ou partie du calcium ; elle perd en même temps sa fluorescence, et ses clivages sont souvent envahis par des hydroxydes de fer; l'ensemble épigénise souvent directement la pechblende, à partir du remplissage des fissures de retrait.

— Au niveau 15 :

Ianthinite : $UO_{2,84}$. xH_2O, en minces veinules recoupant la pechblende ; très rares oursins de fins cristaux.

2) — **Dans la colonne Henriette.**

— Dans le montage 4 :

Becquerelite : $2UO_3$. $3H_2O$ ou $7UO_3$. $11H_2O$, en petits cristaux jaune et ambre pâle, dans la gummite terreuse, avec uranotile α; très rare.

Curite : $2PbO$. $5UO_3$. $4H_2O$, en cristaux rouge orangé, au contact de la pechblende, dans les masses de gummite rouge orangé.

Phosphuranylite : $Ca(UO_2)_4(PO_4)_2(OH)_4$. $2H_2O$, formant des croûtes jaune foncé de lamelles rectangulaires, en épigénie de l'autunite.

Renardite : $Pb(UO_2)_4(PO_4)_2(OH)_4$. $7H_2O$, en très petits cristaux jaune d'or, associés à la pechblende et à l'uranotile α ; très rare.

Uranotile α (le même que celui du montage 1).

Autunite : $Ca(UO_2)_2(PO_4)_2$. $10\text{-}12H_2O$ (types barytifères, formant une série intermédiaire entre l'autunite et l'uranocircite), en agrégats arborescents, à axes inclinés à partir d'un point commun, de petits cristaux jaune citron à vert jaunâtre, souvent saupoudrés de phosphuranylite; abondants en croûtes fragiles, dépassant 2 cm d'épaisseur.

3) — **Les autres formations minéralisées** ne se sont manifestées en surface que par la présence de quelques paillettes d'*autunite.*

4) — **A tous les niveaux et sur les échantillons tirés du fond**, le léchage du minerai par l'acide sulfurique, libéré par l'oxydation des sulfures, aboutit à la formation rapide des minéraux suivants, parfois associés à du gypse : *Uranopilite:* $6UO_3$. SO_3. $18H_2O$ et *Zippéite :* $2UO_3$. SO_3. $5H_2O$.

REMARQUES

RAPPORTS ENTRE LA COLONNE HENRIETTE ET LA FAILLE DE LA SAPINIERE

Jusqu'au niveau 235 environ, on pouvait supposer que la minéralisation de la seconde résultait d'un remaniement de la première. Cette hypothèse est détruite par les observations qu'ont permises les travaux au niveau 302 ; bien que l'âge de la pechblende de la Sapinière n'ait pas encore été déterminé, il est à peu près certain que la différence de faciès entre les deux minéralisations provient uniquement d'un support structural différent : l'une remplit des cassures ouvertes, l'autre imprègne une mylonite

argileuse instable, toutes les deux au voisinage de lamprophyres (1). Le fait qu'il existe des filonnets du type Henriette au contact des minettes dans le quartier Sapinière, et le mélange des deux types au niveau 302, confirment ce point de vue ; si, de plus, la minéralisation de la Sapinière n'était que le produit du remaniement tectonique des filonnets à pechblende voisins, on l'y trouverait à peu près uniquement sous forme de parapechblende traînée et de néopechblende diffuse, et non pas de pechblende saine comme elle l'est en de nombreux points. Tout indique d'ailleurs que les ébranlements tectoniques n'ont joué qu'un rôle discret postérieurement au dépôt de la pechblende, n'affectant un peu plus sévèrement que les zones déjà fragiles en elles-mêmes antérieurement à la phase de minéralisation : celle où s'enfonce la colonne Henriette dès le niveau 135, les abords de la faille de la Sapinière, les failles directionnelles dans les contacts des minettes (minéralisation partiellement broyée de la recoupe 418), etc...

Les minéralisations uranifères des « zones broyées rouges » ne constituent donc pas en Limousin un type métallogénique, *mais un type structural de gisement,* qu'il s'agisse de minéralisations dans une faille proprement dite, rubéfiée par oxydation ancienne des minéraux ferromagnésiens qu'elle affecte, ou d'imprégnation diffuse dans une vaste zone mylonitique disloquée, comportant de nombreuses fractures ou failles rouges d'importance limitée, au contact desquelles s'observent toujours les plus riches concentrations (2).

(1) La même diversité de faciès de la minéralisation se présente dans le gisement voisin de Margnac II, comparable en grand au quartier Sapinière.

(2) Les « lentilles riches » du gîte de Margnac II.

PLANCHE III

FIG. 1. — Minette typique. *Lame mince, lumière naturelle,* × *30* (p. 295).
On remarquera, vers le centre-est de la préparation, une plage quartzeuse et son auréole. En bas, calcite et quartz remplissant un vide dû à la disparition d'un minéral primaire non identifié.

FIG. 2. — Brèche de contact granulite-minette. *Lame mince, lumière polarisée,* × *30* (p. 295).
La minette apparaît en sombre dans le quart NW de la préparation.

FIG. 3. — Granulite. *Lame mince, lumière naturelle,* × *30* (p. 292).
Biotite et plagioclases (gris, poussiéreux) subautomorphes dans le microcline ; des lamelles de muscovite envahissent la biotite (lamelles isotaxiques au centre-est), et son contact avec le plagioclase (lamelles d'orientation quelconque).

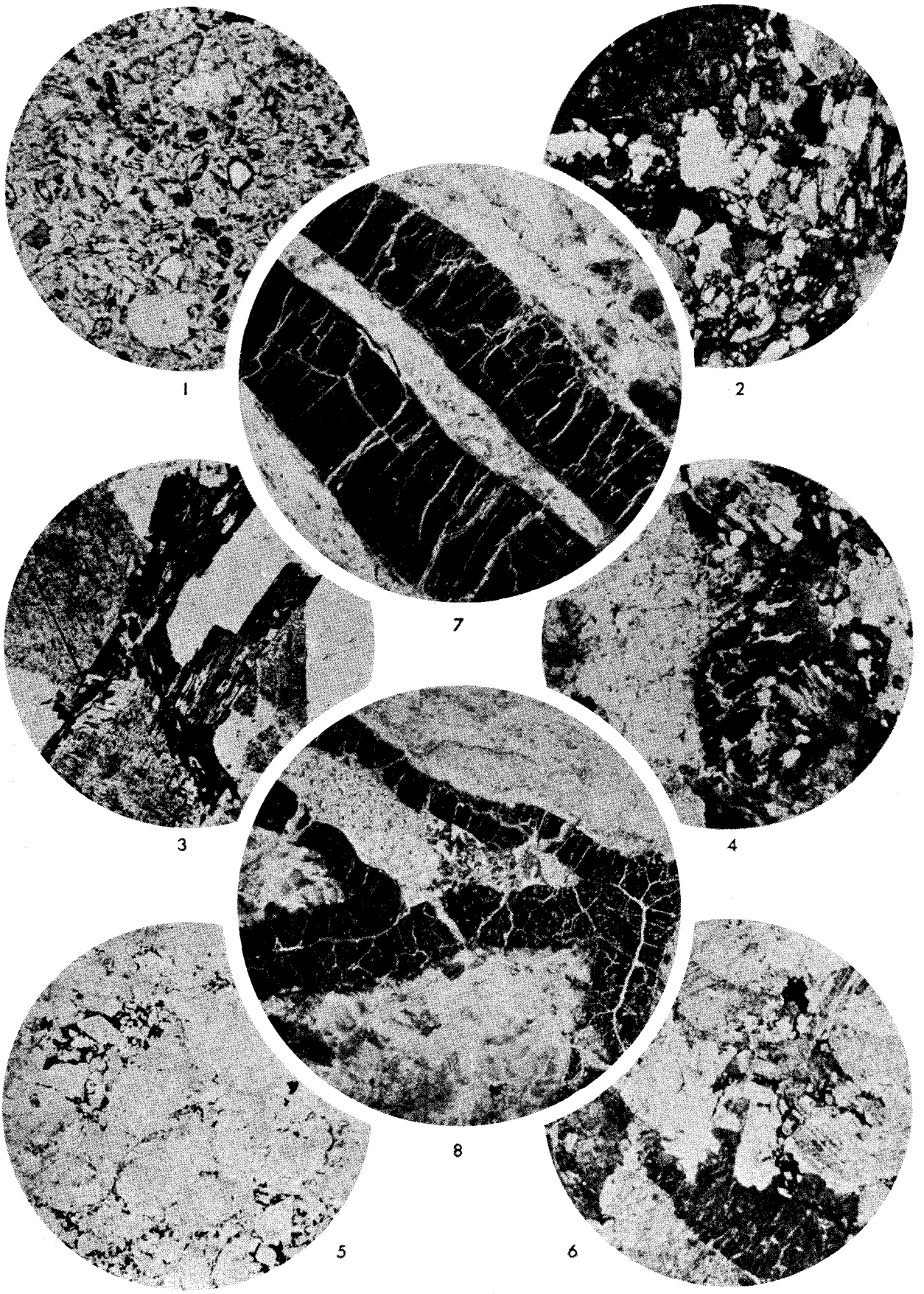
FIG. 4. — Granulite. *Lame mince, lumière polarisée,* × *10* (p. 291).
Microcline-perthite maclé ; inclusions de quartz, grandes plages épigénétiques d'albite ; recristallisation en puzzle du quartz, à l'est de la préparation.

FIG. 5. — Syénite. *Lame mince, lumière naturelle,* × *10* (p. 294).
Faciès typique : remarquer la disposition des éléments noirs, entre les vides interfeldspathiques.

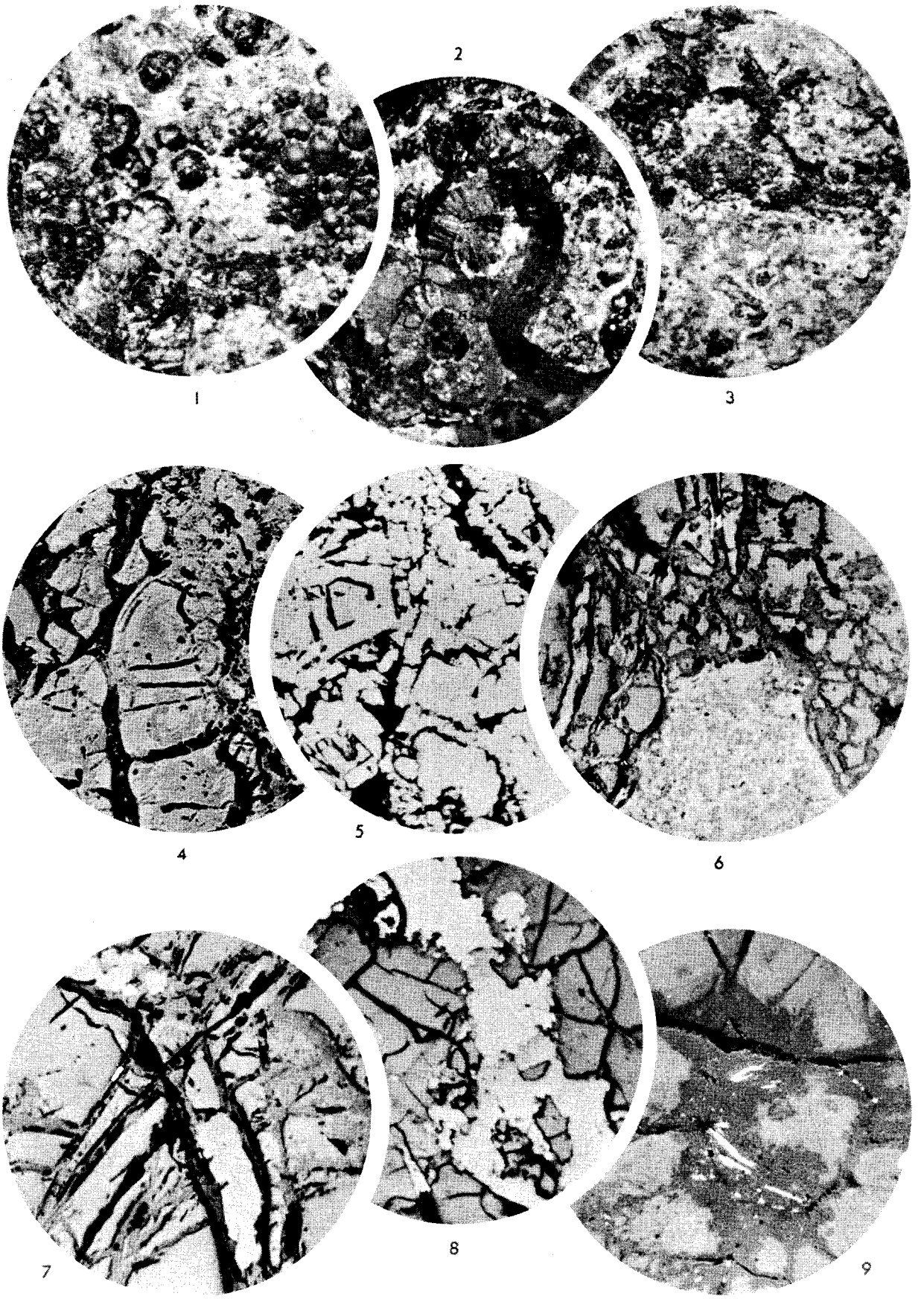
FIG. 6. — Syénite. *Lame mince, lumière polarisée,* × *10* (p. 294).

FIG. 7. — Minerai du montage 5. *Section polie, lumière naturelle oblique,* × *5* (p. 296).
Filonnets de pechblende dans la granulite : celle-ci est écrasée et orientée parallèlement à l'ouverture des filonnets. De la pyrite souligne les fissures naturelles de la pechblende.

FIG. 8. — Minerai du montage 5. *Section polie, lumière naturelle oblique, grandeur naturelle* (p. 296).
Brèche à ciment de pechblende au contact granulite-minette ; sulfuration de cette dernière (plage du centre, et contact nord).



Jean et Jacqueline A. SARCIA. — *Gîtes d'uranium du Nord-Limousin. II. - La mine Henriette*



Jean et Jacqueline A. SARCIA. — *Gîtes d'uranium du Nord-Limousin. II. - La mine Henriette*

Ceci implique évidemment pour la pechblende un dépôt très voisin de la surface, ou tout au moins dans des zones assez fortement atteintes par l'altération supergène.

LA QUESTION D'AGE

Les mesures effectuées tant par le C.E.A. qu'à l'extérieur (1) attribuent à la pechblende de la colonne Henriette un âge variant entre 105 et 140 millions d'années : ce qui la dissocie nettement de la séquence métallogénique normale de l'orogenèse hercynienne. Il ne saurait davantage s'agir de remaniement secondaire hydrothermal : l'absence ou la pauvreté de gangues habituelles à ce type est ici caractéristique.

Mais il convient peut-être de rapprocher de ce fait — qui demanderait d'ailleurs à être confirmé par de nombreuses analyses — du caractère assez particulier du complexe

(1) *Cf.* J. GEFFROY et J. A. SARCIA. — *Op. cit.*, p. 58.

PLANCHE IV

FIG. 1. — Minerai du niveau 302. × *10* (p. 302).
Sphérolites de pechblende sur argile blanche, tapissant les fissures d'une mylonite granulitique bréchiforme, argileuse et rubéfiée.

FIG. 2. — Minerai du niveau 302. × *5* (p. 302).
Deux sphérolites cassés : ils sont centrés sur de la limonite dont la pechblende est isolée par un mince liséré argileux blanc, bien visible sur la photographie. La forme vaguement polygonale du vide axial évoque celle d'un ancien cristal de pyrite, déjà oxydé au moment du dépôt de la pechblende.

FIG. 3. — Minerai de la faille de la Sapinière, montage 51. × *5* (p. 301).
Mouches de pechblende auréolée d'argile blanche, sur un miroir de faille limonitisée. Le tout porte les traces légères d'un nouvel écrasement avec déplacement.

FIG. 4. — Minerai du niveau 202. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 298).
Brèche de pechblende (gris clair) corrodée, en voie de suroxydation (gris moyen), noyée dans la parapechblende (gris foncé, poreux).

FIG. 5. — Minerai du niveau 202. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 299).
Association de pyrite (sections carrées ou dérivées) et de marcassite (plages polycristallines englobant les précédentes).

FIG. 6. — Minerai du niveau 135. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 300).
La parapechblende (gris foncé) ronge la pechblende (gris clair) dont les fissures naturelles sont parfois soulignées par de la pyrite (blanc). Vers l'axe, mélange de parapechblende et de melnicovite, issues de la destruction des minéraux primaires.

FIG. 7. — Minerai du niveau 235. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 299).
Pechblende (gris clair) fissurée et suroxydée (gris moyen, en creux) avec remplissage de galène (blanc gris).

FIG. 8. — Minerai du niveau 235. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 299).
Cassure dans la pechblende, comblée par de la blende (gris plus clair que la pechblende, et en creux) et de la galène (blanc gris) ; au NW, plage corrodée de pyrite (blanc, fort relief).

FIG. 9. — Minerai du niveau 202. *Section polie, lumière naturelle réfléchie,* × *120* (p. 299).
Sulfure bismuthifère (lames blanches) accompagné de mouches de galène dans parapechblende qui corrode la pechblende.

granulitique du Nord-Ouest du Limousin, qui se différencie des granites de la région (1) par une évolution métasomatique sodique puis lithique, évidente dans les pegmatites (2) et manifeste aussi dans la masse grenue, du moins pour la première phase : albitisation et muscovitisation, différenciations hololeucocrates, syénitisation. L'évolution du complexe a pu se poursuivre longtemps après la « mise en place » initiale du granite syncinématique hercynien qui lui aurait servi de trame, et s'accentuer à la faveur d'ébranlements tardifs prouvés d'autre part (3). Les lamprophyres ne constitueraient-ils pas alors une sorte de « magma résiduel » résultant de l'expulsion, par la phase alcaline terminale, d'une grande partie du fer, du magnésium, du calcium et du potassium ?

Il est évidemment tentant de rattacher la libération de l'uranium et sa concentration sous forme de pechblende dans les dislocations les plus récentes de la région, à cette ultime manifestation de l' « activité » de la granulite : c'est résoudre aisément le problème de l'âge de la pechblende limousine et, de façon générale, de toutes les pechblendes du même type (« épithermal », intragranulitique) toutes très « jeunes » (Limousin, Portugal). Néanmoins, la fréquence dans le monde de provinces uranifères grossièrement superposables aux provinces sodolithinifères ne laisse pas d'être assez troublante.

Manuscrit remis le 29 décembre 1956.

A D D E N D U M (4)

Les produits noirs de néoformation ne sont probablement pas toujours constitués seulement par de l'oxyde uraneux : ***néopechblende*** (études en cours, en collaboration avec J. Geffroy).

Nous avons récemment prélevés à Margnac des produits similaires en enduits concrétionnés dont l'épaisseur permettrait de meilleures études microscopiques. En section polie, ils présentent des réflexions internes brunes entre nicols croisés ; en lames minces, ils sont anisotropes, avec structure fibreuse. Les examens aux rayons X, pratiqués par MM. Branche et Moreguat au Laboratoire central de minéralogie du C.E.A., ont révélé un diagramme caractéristique de ***coffinite***. Cette détermination n'infirme d'ailleurs en rien les hypothèses génétiques formulées ici.

---

(1) Sauf du « complexe granulitique » de Millevaches qui lui est à maints points de vue comparable.

(2) Essentiellement potassiques, en poches intragranulitiques dans le Nord du secteur (au-delà de Bessines), elles passent, vers le Sud, à des types à phase terminale sodolithique (région de Chanteloube), puis aux filons à albite, lépidolite et topaze à cheval sur le contact avec les gneiss (région d'Ambazac). Les contours de la granulite sont de plus en plus francs du Nord vers le Sud, la migmatite de contact de moins en moins développée, l'allure conforme aux gneiss de moins en moins évidente. Les filons et petits massifs de granulite hololeucocrate, par contre, se différencient d'autant mieux dans la granulite que l'on va vers le Nord.

(3) Selon les levés effectués actuellement au Nord de Bessines par Jean-Pierre Gautsch, Géologue stagiaire au C.E.A., des granulites hololeucocrates, du même type que celles qui se différencient dans la région d'Henriette, recoupent les mylonites de la branche occidentale de la dislocation d'Argentat qui affecte la granulite à deux micas ; elles sont elles-mêmes recoupées par les lamprophyres (J.-P. GAUTSCH ; travail en cours, communication orale). Comparer au massif de Millevaches (E. RAGUIN, *Op. cit.*).

(4) Note ajoutée en cours d'impression.